



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

АГРОБИ ТЕХНОЛОГИИ

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

МАТЕРИАЛЫ

МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

«БИОЛОГИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ:
ПОЧВА, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОДУКЦИЯ»

МОСКВА 2023

УДК 574/577(063)
ББК 28л0

Биологизация землепользования: почва, технологии, продукция: материалы международной научно-практической конференции (Москва, 28 - 31 августа 2023 г.) Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва: Постер-М, 2023 – 484 с.

Рецензенты:

Е.Н. Пакина – доктор с.-х. наук, профессор, директор Агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института РУДН

С.Ю. Селивановская – доктор биол. наук, профессор, директор Института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета

Ответственные редакторы:

Евдокимова М.В., к.б.н.; Кулачкова С.А., к.б.н.; Дабахов М.В., д.б.н.;
Яковлев А.С., д.б.н.; Морачевская Е.В., к.б.н.; Еланский С.Н., д.б.н.; Козлов Д.Н., к.г.н.

Редакционная коллегия:

Абдулханова Д.Р.; Прудникова Е.В.; Терехова В.А., д.б.н.; Горленко А.С., к.б.н.;
Якименко О.С., к.б.н.; Рахлеева А.А., к.б.н.; Калита М.М.; Ковалева Е.И., к.б.н.; Копельчук Н.А.;
Федосеева Е.В., к.б.н.; Якушев А.В. к.б.н.; Козлов И.А.

ISBN 978-5-6049991-9-6

DOI: 10.61271/n3559-8999-6385-v

В первую часть сборника материалов Международного форума «Агротехнологии: достижения и перспективы развития» вошли статьи и аннотации докладов участников его основного мероприятия – Международной научно-практической конференции «Биологизация землепользования: почва, технологии, продукция». Специалистами представлены результаты исследований в области разработки биологических средств, которые в ближайшей перспективе могут стать альтернативой агрохимикатам. Рассмотрены вопросы обеспечения оптимального функционирования почвенных экосистем, совершенствования правовой защиты почв, внедрения методов информатизации для производства экологически чистой продукции и сохранения почвенного плодородия. Доклады представляют широкий спектр исследований в данных направлениях и будут интересны специалистам в области сельскохозяйственного производства, управленцам, научно-исследовательскому сообществу и молодым специалистам данной профессиональной сферы. Сборник содержит 78 статей, аннотации и тезисы 9 докладов. Общее количество участников конференции – 188.

Ключевые слова: органическое земледелие, биологизация, защита растений, биопрепараты, химическая нагрузка, плодородие, мониторинг качества почв, информатизация сельскохозяйственного производства, функции почв

The volume includes the first part of the proceedings of the International Forum "Agrobiotechnologies: Achievements and Development Prospects" and contains materials from the participants of its main event, the International Scientific and Practical Conference "Biologization of Land Use: Soils, Technology, and Production". The experts presented the findings of their studies in the field of biological agents, which could soon become an alternative to agrochemicals. The issues of the optimal functioning of soil ecosystems, enhancing legal soil protection, introducing information technology and digitization techniques for the production of environmentally friendly products, and maintaining soil fertility are considered. The reports presented embrace a wide range of research in these areas and will be of interest to specialists in the field of agricultural production, managers, the academic community, and young professionals who are starting their activities in this field. The volume contains 78 articles, and 9 abstracts. Total number of participants of the symposium is 188.

Keywords: organic farming, biologization, plant protection, biological products, chemical load, fertility, soil quality monitoring, information technology in agriculture, soil functions.

© ООО «Эко-terra», 2023 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемые вниманию читателя материалы Международного форума «Агробиотехнологии: достижения и перспективы развития» включают в себя статьи, посвященные обсуждению базовых направлений биологизации земледелия, биодиагностики природных и антропогенных изменений почв, а также технологий их восстановления.

Эти вопросы нашли отражение в пленарных докладах и выступлениях на секционных заседаниях проходившей в рамках форума конференции «Биологизация землепользования: почва, технологии, продукция». Особого внимания заслуживают темы, связанные с экологической оценкой, нормированием и управлением качества почв и получаемой в условиях разного рода агрохимической и прочей антропогенной нагрузки продукции земледелия. При этом рассматриваются особенности контакта почв агроландшафтов с сопредельными природными средами и природными комплексами земель разного хозяйственного назначения, таких как земли поселений, промышленности, транспорта и др. На проходившем в составе мероприятий форума IV международном симпозиуме «Биодиагностика и экологическая оценка окружающей среды: современные технологии, проблемы и решения» большое внимание уделялось вопросам оценки биологической активности почв как ключевому показателю их плодородия, экологического здоровья и устойчивости к антропогенным воздействиям.

Методам восстановления почв и доведения их экологического качества до состояния, удовлетворяющего требованиям к системам органического производства, посвящена молодежная школа «Ремедиация почв: инновационные подходы к восстановлению экологических функций». Рассматриваемые на форуме вопросы посвящены решению ряда тесно связанных между собой задач: получения экологически чистой продукции, развития и внедрения в практику современных разработок в области агро- и биотехнологий, направленных на использование природного потенциала агроэкосистем.

Среди почвоведов и экологов все больше утверждается понимание того, что развитие биологизированного и органического земледелия служит драйвером для сохранения природных качеств почв и окружающей среды не только агроландшафтов, но и сопредельных с ними территорий. Необходимо отметить, что контактирующие с почвой компоненты окружающей среды (недра, атмосферный воздух, животный и растительный мир и др.) защищены соответствующими законодательными актами в области экологии, при этом почвы как компонент окружающей среды ввиду отсутствия утвержденного зако-

на о почвах такой защитой не обладают. Принятие на федеральном уровне закона «Об охране почв» способствовало бы с одной стороны поддержанию экологического состояния почв, соответствующего требованиям к системам органического производства, с другой стороны развитию единой государственной системы мониторинга и контроля качества почв. В условиях определенной дезориентированности потребителей органической продукции и населения в целом необходимо развеять сложившуюся неопределенность в этой области, а также оценить реальную ситуацию на всех стадиях производства чистой продукции от поля до прилавка по линии: здоровая почва – здоровая продукция – здоровая окружающая среда – здоровое общество. В процессе реализации этой задачи науке о почве России, ответственной за экологическое состояние почв и их ресурсный потенциал, отводится особая роль в оценке и регулировании сложившейся природно-антропогенной ситуации. Наука, практика и система образования в области почвоведения заняли центральное место в решении проблем, связанных не только с получением чистой продукции, но и с обеспечением продовольственной безопасности на государственном и мировом уровнях. Производство органической продукции возможно благодаря введению в практику новых агротехнологий, исключающих негативное влияния на почвы агроландшафтов и на природный комплекс сопредельных с ними земель (особо охраняемых природных территорий, поселений и др.), а также при выборе оптимальных с точки зрения экологического качества участков земель (экологическое и продовольственное эталонирование земель).

Председатель организационного комитета,
заведующий кафедрой земельных ресурсов и
оценки почв факультета почвоведения
МГУ имени М.В.Ломоносова,
д.б.н., профессор А.С. Яковлев

Российские производители органической продукции, а также продукции с улучшенными характеристиками, руководствуются в своей деятельности федеральными законами «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками» и на действующие межгосударственные и национальные стандарты. Распоряжением Правительства от 04.07.2023 № 1788-р утверждена «Стратегия развития производства органической продукции до 2030 года» - основной документ, направленный на развитие внутреннего рынка органической сельхозпродукции, увеличение экспорта такой продукции и использование новых агротехнологий, а также задающий целевые индикаторы для отрасли.

Эти нормативные и программные инструменты создают новые возможности для наращивания производства продукции с минимальным применением традиционных пестицидов либо вообще исключая их использование, что соответствует мировому тренду на биологизацию. Тем не менее, изменившиеся внешние условия требуют решения таких задач, как переориентация на новые экспортные направления, развитие собственных разработок микробного синтеза и расширение доступа к ним для производителей сельхозпродукции.

Международный форум «Агробиотехнологии: достижения и перспективы развития» позволит последовательно и системно обсудить актуальные вопросы развития биологизации в России, инструменты поддержки "зеленой" агротехнологии, оценить потенциал рынка экологической продукции. МГУ имени М.В.Ломоносова создал крупнейшую в стране профильную площадку для встречи всех участников отрасли и обсуждения ими принципов и подходов, направленных на популяризацию этого направления в России.

Заместитель руководителя
Автономной некоммерческой организации
«Российская система качества»
Е.А. Саратцева

Уважаемые коллеги!

Мы знаем, что Россия занимает лидирующую позицию в мире по площади земель сельскохозяйственного назначения, входит в ТОП-5 стран по площади пашни и запасам природных ресурсов, обладает природными условиями для обеспечения продовольственной безопасности страны. Однако под влиянием внешних факторов, в том числе интенсивных технологий производства сельскохозяйственной продукции, скорость процесса деградации земель в России оценивается в 1,5-2 млн га в год, что приводит к ежегодному недополучению до 4 млн тонн зерна.

В этих условиях важным инструментом снижения темпов деградации российских и мировых сельхозугодий становится применение биологического метода – системного подхода к производству сельскохозяйственной продукции устойчивым путем, подразумевающим широкое применение препаратов микробного синтеза: биологических средств защиты и стимуляции роста растений, пробиотических кормовых добавок, деструкторов пожнивных остатков и других инновационных разработок.

Для того, чтобы снизить последствия интенсивных методов производства и выстроить систему управления плодородием почв, компания «Иннопрактика» в 2020 году инициировала проект «Иннагро» – программу испытаний российских биологических и безопасных препаратов для АПК. По состоянию на 2023 г. препаратами из портфеля «Иннагро» были обработаны более 10 тыс. га посевов пшеницы, ячменя, подсолнечника, сои, риса, плодово-ягодных и других культур в более чем 30 регионах страны. Использование интегрированных схем защиты – то есть сочетания биологических препаратов и традиционных пестицидов – позволило снизить пестицидную нагрузку на окружающую среду до 90% при сохранении урожайности.

Важно, что партнерами проекта «Иннагро» выступают в том числе и флагманы отечественного агробизнеса: компании «ФосАгро», «Черкизово», «Мираторг», «БИО-ТОН», «Дамате». Крупнейшие холдинги, которые быстро встраиваются в мировые тренды, оценили перспективы биологизации и активно поддерживают ее на своих производственных площадках.

Директор
Дирекции развития агро- и
биотехнологий компании Иннопрактика
В.Н. Авдеенко

**Международная научно-практическая конференция
«Биологизация землепользования:
почва, технологии, продукция»**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Развитие биологизации сельского хозяйства в России	8
Новые агробiotехнологии в производстве продукции земледелия.....	96
Биологизации земледелия в оптимизации экологического состояния сельскохозяйственных земель и сопредельных ландшафтов	204
Развитие информатизации и систем мониторинга агробиоценозов в производстве экологически чистой продукции	328
Вопросы диверсификации сортов и видов сельскохозяйственных культур для обеспечения биологизации землепользования.....	361
Биологизация земледелия как направление повышения устойчивости развития сельских территорий.....	415
Аннотации докладов	457
Финансовые партнеры	470
Информационные партнеры	479
Авторский указатель	481

РАЗВИТИЕ БИОЛОГИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИИ

ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В УЗБЕКИСТАНЕ

Азимова Н.Ш.

*Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан,
г. Ташкент, Узбекистан
azimovanodira@mail.ru*

Согласно статистике, к 2030 году население мира достигнет 8,5 млрд человек [1]. Такой быстрый рост потребует производства достаточного количества пищи. Однако в результате усиления воздействия антропогенных факторов на природу снижается возможность выращивания качественной и натуральной продукции. В целях обеспечения населения качественными и безопасными продуктами питания возникает необходимость внедрения и использования биологических средств для повышения эффективности выращивания органической продукции в сельском хозяйстве. Решение этой глобальной проблемы может быть достигнуто только с помощью надлежащих научных подходов.

В последние годы под влиянием различных факторов усиливается развитие инфекционных болезней растений, снижается эффективность действия химических пестицидов, что приводит к необходимости применения больших доз химических пестицидов или производства новых видов химических соединений, что, в свою очередь, представляет опасность для человека, почвы и окружающей среды.

Деградация, загрязнение и засоление почв происходят на всех орошаемых почвах, в том числе на хлопковых и зерновых полях. Почва теряет важные микроэлементы: подвижный фосфор (ниже нормы на 93%), обменный калий (ниже нормы на 68,3%), гумус (ниже нормы на 70,3%) [2].

Во всем мире проводятся исследования по производству биопрепаратов на основе эффективных микроорганизмов. В Республике Узбекистан с 90-х годов прошлого века проводятся науч-

ные исследования по разработке биопрепаратов [3]. Разработанные к настоящему времени биопрепараты и биоудобрения обладают стимулирующими, фунгицидными, бактерицидными, инсектицидными и азотфиксирующими, фосфат- и калиймобилизующими свойствами. Институт микробиологии АНРУз занимает лидирующие позиции в стране по производству биопрепаратов и биоудобрений на основе местных штаммов микроорганизмов. К настоящему времени создано, испытано и включено в перечень препаратов, разрешенных к применению на территории республики, около 20 биопрепаратов и биоудобрений. Кроме того, данной проблемой занимаются ученые Института защиты растений, Института генетики и экспериментальной биологии растений АНРУз, Национального университета Узбекистана, которые также разработали ряд биологических удобрений и биопрепаратов.

Впервые в нашей республике на основе азотфиксирующих бактерий *Azotobacter chroococcum* А-2 был создан биопрепарат Ер Малхами (Бальзам земли) [4], защищенный патентами (УЗ4262В; 1АR02780), внесенный в список препаратов, разрешенных к применению на территории республики. Полезные свойства этого биопрепарата объясняются его стимулирующим действием на растения и антагонистической эффективностью в отношении фитопатогенов. Применение препарата позволяет уменьшить применение азотных минеральных удобрений. До сих пор его применяют на полях сельскохозяйственных культур с целью повышения плодородия почвы, ускорения роста растений и одновременно предотвращения образования фитопатогенной флоры - возбудителей болезней растений.

Хлопок – одна из основных технических культур в нашей республике. Поэтому в нашей стране большое внимание уделяется производству биопрепаратов, используемых при выращивании хлопчатника. В частности, среди них такие препараты, как Вербактин, Триходермин.

Для биоконтроля вертициллеза хлопчатника создан комплексный микробный препарат Вербактин [5], в состав которого входят штаммы *Bacillus licheniformis* 234 и *Streptomyces roseoflavus* 33. При использовании этого биопрепарата и изучении сообщества микробов в корневой системе хлопчатника было показано, что он проявляет высокую антагонистическую активность в отношении различных фитопатогенов и не оказывает угнетающего действия на полезную микрофлору [6, 7].

Биопрепарат Триходермин создан на основе активного штамма гриба-антагониста *Trichoderma viride*, выделенного из местного

образца почвы, и в настоящее время внедряется в производство. В 2019 году в Бухарской области было установлено, что активный рост растений и количество бутонов и коробочек при применении Триходермина на 5-6 больше, чем у эталонного препарата Фитовак, который, однако, тоже показал эффективный результат при посадке в Бухарской области. При изучении нормы расхода установлено, что оптимальной является обработка Триходермином в дозе 1,0 л препарата на 30 кг семян (1 га) [8].

Из культуральной жидкости штаммов грибов *T.harzianum* UzCF-55, *P.canescens* UzCF-54, *F.moniliforme* UzGC-12 создан ростостимулирующий биопрепарат Микроустиргич комплексного действия [9]. Биопрепарат содержит активные метаболиты, такие как фитогормоны, антибиотики и ферменты микромицетов, которые проявляют выраженные антагонистические свойства в отношении фитопатогенов. Благодаря составу действующих веществ гиббереллина и индолуксусной кислоты, целлюлозоразрушающих ферментов и антибиотиков и витаминов биопрепарат ускоряет рост и развитие сельскохозяйственных культур, повышает иммунитет, урожайность, защищает растения от различных грибных и бактериальных болезней и стрессов [10].

На основе 3-х видов микроводорослей (*S. obliquus*, *S. Acuminatus* и *S. quadricanda*), относящихся к роду *Scenedesmus*, разработан и рекомендован для обработки филлосферы растений препарат Serhosil [11].

Бактериальное удобрение Fosstim-1 для технических культур (хлопчатник, сахарная свекла) разработано на основе фосфат-мобилизующих штаммов бактерий *B. megaterium* BM-1, *B. polymyxa* BP-700, *B. subtilis* BS-26 [12]. Авторы отмечают, что применение этого комплекса на овощных культурах (огурцы и картофель) оказывает стимулирующее действие на развитие корневой системы и способствует мобилизации фосфора, развитию полезных микробных сообществ в ризосфере, повышающих коэффициент использования вносимых и почвенных элементов. Это приводит к улучшению корневого питания овощных культур за счет макро- и микроэлементов, повышению урожайности и качества овощной продукции без ущерба для почвенного плодородия. Авторами особо подчеркивается наличие эффективности даже при снижении нормы минеральных удобрений на 50 и 75% [13].

Давранов К. и др. разработали микробиологическое удобрение Fitobiosol на основе штаммов микроорганизмов *Azotobacter chroococcum* A-2, *Bacillus subtilis* B-1 (CK5-256), *Pseudomonas putida* Pp-1 (CK5-251), *Trichoderma harzianum* THNUU-1. Микроорганизмы,

входящие в состав биопрепарата, синтезируют физиологически активные вещества, стабилизирующие рост растений и защищающие их от различных заболеваний. За счет образования комплекса активных колоний в корневой системе растений повышается развитие корневых волосков и усвоение солей и других веществ в почве. Препарат позволяет сократить применение минеральных удобрений на 25-50% от традиционного количества и повышает урожайность сельскохозяйственных культур на 15-25%.

Microzume-1 - экологически безопасное органическое удобрение, содержащее ферменты, фитогормоны, антибиотически активные вещества, устраняющее болезни растений, применяемое при предпосевной обработке и подкормке семян при возделывании зерновых и зернобобовых культур. Microzume-2 рекомендуются для предпосевной обработки и подкормке семена хлопка и другие сельскохозяйственных культур [2]. Microzume-1 создан на основании скрининга активных непатогенных местных штаммов грибов и актиномицетов, широко распространенных в различных почвах республики. В состав препарата Microzume-2 входят местные штаммы микроорганизмов, выделенные из различной степени засоленности почв, микромицетов и актиномицетов, обладающих ферментативной активностью. Уничтожает эпифитно-патогенную микрофлору вокруг семени, увеличивает всхожесть и появление всходов, повышает устойчивость к негативным воздействиям внешней среды (болезням, обезвоживанию, холоду и жаре). Повышает плодородие почвы и биологическую активность, способствует усвоению растительных остатков и органических веществ в почве.

Шакировым З.С. на основе ассоциативной бактерии *Azospirillum brasilense* UT13-1 разработан биопрепарат Azos-Uz, защищенный патентом № IAP 06609. Бактерия, содержащаяся в биопрепарате, прочно адсорбируется на поверхности корня растения, покрывая всю поверхность корня и обеспечивая растение биологическим азотом, фитогормонами (индоллил-3-уксусная кислота, гиббереллин, цитокинин), повышает урожайность за счет усиления метаболизма растений и водного режима, защищает растения от патогенных бактерий, грибов и нематод путем биологической борьбы.

На основе штамма бактерий *B. thuringiensis* 94 [14] разработан биоинсектицидный препарат Экобак [15], который проходит испытания в различных хозяйствах. Биоинсектицидный препарат Экобак содержит споро-кристаллический комплекс экологически безвредного штамма *Bacillus thuringiensis* № 94, титр которого составляет 10^9 в 1 мл. Данный биоинсектицидный препарат обладает инсектицидной активностью в отношении вредных насекомых, таких как хлопковая

совка, белокрылка, тля, непарный шелкопряд, 1-2-летние личинки колорадского жука, капустная совка, вишневый слизень, сливовый ложнощитовка, сливовая тля, листовертка. Биопрепарат «Экобак» оказывает активное действие на вредных вредителей и обладает инсектицидной активностью 86-90%. Препарат не оказывает вредного воздействия на полезных энтомофагов.

Кроме них, в ООО «Ангузал Агросервис» при Институте генетики и экспериментальной биологии растений АНРУз производятся и реализуются биопрепараты Спорагин, Престиж, Ан Био, Бактомин и Амила-Про.

Спорагин – разработан на основе штамма бактерий *Bacillus subtilis*, обладает фунгицидными свойствами. Обследования плантаций и лесонасаждений грецкого ореха, предоставленные в 2018 и 2019 г. в трех областях Узбекистана показали, что наиболее распространенным заболеванием является марссониоз. В двухлетних полевых испытаниях фунгицидов против марссониоза на листьях, побегах и плодах грецкого ореха биологическая эффективность Споррагин составила 20,9-45,0% [16].

Таким образом видно, что в Узбекистане созданы и эффективно применяются различные биологические удобрения и биопрепараты для стимуляции роста и развития, защиты от грибных, бактериальных болезней и вредителей, повышения качества и урожайности сельскохозяйственных культур. В сельском хозяйстве такой подход необходим, поскольку он позволяет не нанести чрезмерного химического вреда почве, не нарушить нормальную деятельность почвенной микробиоты. Наиболее совершенными и эффективными биопрепаратами в республике можно считать биопрепараты, стимулирующие рост и развитие растений, повышающие иммунитет и устойчивость растений к неблагоприятным условиям, обладающие защитным действием против фитопатогенов.

Литература

1. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP/248.
2. Ахмедова З.Р., Яхяева М.А., Хамраева З.Т., Шонахунов Т.Э., Хусанов Т.С., Ибрагимов А.А., Жумаяров Ш.И. Табиий оғат юз берган худудлар тупрок унумдорлигини тиклашда экологик хавфсиз биопрепаратлар ва уларнинг композицияларини қўллаш чоралари /

International scientific-practical conference actual issues of agricultural development: problems and solutions. June 6-7, 2023. С. 885-889.

3. Аипова Р., Абдыкадырова А.Б., Курманбаев А.А. Биологические препараты в органическом земледелии. Биотехнология и селекция растений. 2019, 2(4). С. 36-41. DOI: 10.30901/2658-6266-2019-4-04.
4. Shurigin V. V., Lyan Yu. V., Davranov K. Properties of *Azotobacter chroococcum* A-4 bacteria. Uzbek. biol. zh. 2012, V. P. 20–23. (In Russian).
5. Khodzhibaeva S. M., Zolotilina G. D., Fedorova O. A., Karimova H. M., Hamidova H. M., Abdullaev N. D., Tashpulatov Z. Z., Gulyamova T. G. Microbial preparation Verbaktin for biocontrol of fungi diseases and stimulation of cotton growth / Patent. IAP 2012 0370 8A 01N. Uzb. March 31, 2014.
6. Золотилина Г.Д., Ходжибаева С.М., Федорова О.А. Микробное сообщество корневой системы хлопчатника при использовании комплексного микробного препарата / Труды Института микробиологии Национальной Академии Азербайджана 2012. - Т.10 - №1 - С.127-130.
7. Золотилина Г.Д., Ходжибаева С.М., Федорова О.А., Ташпулатов Ж.Ж. Штамм *Bacillus licheniformis*-234 для защиты хлопчатника от вертициллезного вилта и стимуляции роста хлопчатника / Патент № IAP 04648. - 20.05.2014 г.
8. Тилляходжаева Н.Р., Автономов В.А., Хайтбаева Н.С. / Иммуностимулирующее действие биопрепарата на хлопчатник в Бухарской области // Science and World International scientific journal, № 3 (79), 2020, Vol. I. –С. 47-49.
9. Turaeva B., Zukhritdinova N., Azimova N., Karimov Kh., Tokhtakhunova A., Khamidova Kh. Dynamic study of physiologically active substances synthesized by micromycetes included in biopreparation «Microustirgich» / International scientific journal «Internauka» №12 (34) 2017 г. С. 11-14.
10. Байбаев Б.Г., Зухритдинова Н.Ю., Абдуллаев Т., Хамидова Х.М. Тураева Б.И. Микромицеты – стимуляторы роста растений. / V съезд Микробиологов Узбекистана, 2012 г., Ташкент, Узбекистан. С.92.
11. Djumaniyasov I., Yuldasheva Ch. E., Djumaniyasova G. I., Yakubov Ch. F., Zaripov R. N., Berejnova V. V., Yusupov Ch. Association of green algae of *Scenodesmus* genus for application in plant growing / Patent. IAP 20100618. Uzb. 2010.
12. Джуманиязова Г.И. Фосформобилизующие бактерии и биопрепараты на их основе / Дисс. доктор биол. наук 03.00.07.-03.00.23. Институт микробиологии АНРУз. Ташкент, 2012. 101 с.

13. Муродова С.С., Давранов К.Д. Комплексные микробные препараты. Применение в сельскохозяйственной практике / *Biotechnologia acta*, V. 7, No 6, 2014. –С. 92-101.
14. Халилов И.М., Султанов Р. А., Мухсимов Н.П., Хужаев О.Т., Шакиров З.С., Кадырова Г.Х. Штамм *Bacillus thuringiensis* 94, обладающий инсектицидной активностью против непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*) и хлопковой совки (*Helicoverpa armigera*) / Патент: IAP 06806. 2021 г.
15. Халилов И.М., Кадырова Г.Х., Шакиров З.С. Разработка регламента получения бактериального инсектицидного препарата на основе бактерий *B. thuringiensis* 94 против непарного шелкопряда//ДАН РУз. 2019, №3. С.75-79.
16. Сафаров А.А., Хасанов Б.А., Бойжигитов Ф.М. Болезни грецкого ореха в Узбекистане и меры борьбы с ними / *Узбекский биологический журнал*/ №5, Ташкент, 2019. – С. 42-50.

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИТНОГО ПРЕПАРАТА «ХИТОЗАН – ДИОКСИД ТИТАНА» НА МИКОБИОТУ РИЗОСФЕРЫ ОГУРЦА

*Андреевская В.М.^{1,2}, Бондарева Е.В.^{1,2}, Ильина А.Д.^{2,3},
Лисовой А.М.^{2,3}, Федоренко Д.Е.^{2,3}*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
биологический факультет, г. Москва, Россия¹
Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии
(ВНИИФ), Одинцовский район, Московская область, Россия²
Российский государственный аграрный университет —
МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия³
nikaandreevskai@yandex.ru, bondarevae.v@yandex.ru*

С увеличением населения планеты возрастает потребление продовольственных ресурсов, в том числе сельскохозяйственных культур, что приводит к повышению антропогенной нагрузки на окружающую среду в целом и на почву в частности. Интенсивная эксплуатация земель приводит к тому, что растения растут в условиях экологического стресса [6]. Они становятся уязвимыми для возбудителей болезней и вредителей. Сегодня невозможно полностью отказаться от химического контроля качества и количества урожая, но во многих развитых странах помимо увеличения урожайности сельскохозяйственных культур значимой темой становится правильное питание, употребление в пищу экологически чистых и безвредных продуктов [2]. Это связано с популяризацией в обществе здорового образа жизни, биологизацией сельского хозяйства и с новыми достижениями в области аграрной науки [5, 7]. Одним из действенных методов биологизации земледелия и снижения экологического стресса растения является применение регуляторов роста органической природы с пролонгированным эффектом. Этим требованиям отвечают хитозан содержащие препараты [4, 10]. Данного типа препараты широко изучаются, так как хитозан обладает высокой биологической активностью, оказывая иммуностимулирующее действие на растение, благодаря чему можно снизить пестицидную нагрузку, повысив выживаемость растений [3]. Для повышения эффективности препаратов хитозана в них добавляют активные частицы, ускоряющие и улучшающие поступления необходимых элементов в растения. Но используемые сейчас удобрения не-

достаточно быстро преобразуются в биодоступные для растений формы. Поэтому остается открытым вопрос, связанный с поиском успешных «добавок» для создания композитного препарата с хитозаном. Для реализации данного исследования в качестве активных частиц был выбран диоксид титана (TiO_2). Исследования показывают, что в требуемых дозах TiO_2 способен положительно влиять на рост растений, особенно на поглощение растениями фосфора [11, 13]. TiO_2 активирует так же биодоступность питательных микроэлементов (Zn, Cu и Fe) и Al [14]. Эти результаты свидетельствуют о том, что TiO_2 имеет некоторое сродство с фосфатными соединениями и ионами металлов в почве, чтобы переводить их в растворимую форму, чтобы увеличивать их биодоступность.

Одну из главнейших ролей в образовании почвы и поддержании ее плодородия играют грибы. Корни растений выделяют в окружающую среду экссудаты, привлекая микромицеты, которые обеспечивают растения витаминами, аминокислотами, ферментами и т.д. Вокруг корня формируется ризосфера и ризоплана, защищающая растения от фитопатогенных микроорганизмов, как механически за счет перекрытия сайтов адгезии на поверхности корней, так и за счет выделения широкого круга антибиотиков [9]. Сельскохозяйственная деятельность изменяет состав микологических сообществ вокруг корня растения, снижая устойчивость популяции микроорганизмов, что может привести к ослаблению растений. Поэтому важно понимать какие изменения происходят в сообществе почвенных грибов при внесении удобрений [8]. Целью этого исследования стало изучение влияния композитного препарата «хитозан с диоксидом титана» на почвенные микромицеты.

Исследования проводились в ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии в Центре инновационных нанокompозитных биологически активных препаратов в инновационной лаборатории микробиологии и лаборатории искусственного климата (ЛИК) совместно с ИМЕТ РАН.

Для исследований готовили почвогрунт, состоящий из песка, гумуса и садовой почвы в соотношении 1:1:3. Данный субстрат равномерно перемешивали и наполняли им сосуды для выращивания огурца сорта Престиж. Этот сорт является экспериментальным партенокарпическим и внесен в Государственный реестр в 2007 году. В почвогрунт перед посадкой семян огурца были внесены гранулы композитного препарата «хитозан – диоксид титана» лиофильной сушки в

количестве 2 штуки рядом с одним семенем. Композитный препарат был исследуем в следующих вариациях:

К – контроль без внесения хитозана;

А – хитозан;

В – хитозан с добавлением диоксида титана в количестве 50% масс (1:1);

С – хитозан с добавлением диоксида титана в количестве 37,5% масс (5:3).

Композитный препарат был получен из высокомолекулярного хитозана (Sigma-Aldrich, США) 85% очистки. Для этого готовили раствор, состоящий из 0,9 мл ортофосфорной кислоты (Компонент-реактив, Россия, 87 масс %) и 18 мл дистиллированной воды. Далее, при комнатной температуре в нём растворяли навеску высокомолекулярного хитозана (Sigma-Aldrich, США) массой 0,375г при постоянном помешивании до гомогенного состояния (среднее время растворения составляло 1 час). В полученный раствор добавляли порошок диоксида титана массой 0,25; 0,5 или 0,75 г и перемешивали для равномерного распределения по объему. Так же готовили раствор хитозана без добавления диоксида титана для сравнения. Гранулы композиционного препарата «хитозан-диоксид титана» получали капельным методом. Для этого приготовленный раствор капали в избыток аммиака водного (Компонент-реактив, Россия, 87 масс %) и оставляли минимум на 6 часов. После чего гранулы промывали дистиллированной водой и высушивали. Сушка осуществлялась следующим образом: гранулы композиционного препарата замораживали в течение 5 ч. при температуре -19 °С, далее помешались в лиофильную сушку [12].

Отбор проб исследуемого почвогрунта из корневой зоны огурца производили два раза – до начала опыта и после завершения вегетации растения.

Почвенные образцы высевались на искусственную питательную среду Чапека методом почвенных комочков и культивировали в термостате при 7 суток при 24°С [2]. Идентификацию выделенных микромикетов проводили методом прямого микроскопирования.

По окончанию эксперимента были получены следующие данные. Из контрольных образцов почвы нами были выделены представители родов *Aspergillus*, *Clonostachys*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Talaromyces*, *Trichoderma* и *Wardomyces*. В варианте опыта с добавлением чистого хитозана были выделены грибы и грибоподобные организмы, относящиеся к роду *Alternaria*, *Cephalotrichum*, *Clonostachys*, *Fusarium*,

Trichocladium, *Penicillium*, *Pythium*, *Sporothrix*, *Talaromyces*, *Trichoderma*. При добавления композитного препарата из хитозана и диоксида титана в пропорции 1:1 были отмечены представители родов *Acremonium*, *Alternaria*, *Arthrotrichum*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Clonostachys*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Pythium*, *Sporothrix*, *Talaromyces* и *Trichoderma*. В варианте с хитозаном и диоксидом титана в пропорции 5:3 мы идентифицировали грибы рода *Acremonium*, *Cephalotrichum*, *Clonostachys*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Sporothrix*, *Talaromyces* и *Trichoderma*.

При сравнении структуры микологических сообществ разных вариантов было определено, что доминирующее положение в контроле занимают фитопатогенный гриб *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. (40%), вызывающий корневую гниль огурца, и грибы с целлюлозолитической активностью *Trichoderma viride* Pers. (35%) и *Clonostachys rosea* (Link) Schroers, Samuels, Seifert & W. Gams (39%). Также среди типично встречающихся отмечен гриб *Plectosphaerella cucumerina* (Lindf.) W. Gams (10%), поражающий плоды огурца и приводящий к увяданию растения. В почве с добавлением хитозана преобладали грибы *T. viride* (47%) и *C. rosea* (33%). Фитопатогенные микромицеты и грибоподобные организмы такие как *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl (15%) и *Pythium* sp. (10%) в данном варианте были выделены в качестве типичных, *F. solani* (4%) встречался редко (рис. 1). Добавление диоксида титана в соотношении 1:1 привело к смене доминирующей группы микромицетов в сторону почвенных сапротрофов рода *Penicillium*. Это *Penicillium simplicissimum* (Oudem.) Thom (87%), который по литературным данным может способствовать росту растений, широко распространенный в умеренном климате *Penicillium chrysogenum* Thom (60%) и *Penicillium* sp (63%). Выделенные фитопатогены относятся к группе типичных: *F. solani* (23%) и *A. Alternata* и к группе случайных *Fusarium* sp. (6%), *Pythium* sp. (4%), *Cladosporium* sp. (3%). В данном варианте наблюдается увеличение разнообразия микромицетов ризосферы огурца (рис.1).

При добавлении диоксида титана к концентрации 37% масс. также доминирующую группу грибов составляют представители рода *Penicillium*: *P. chrysogenum* (60%) и *P. simplicissimum* (53%), тогда как доля фитопатогенных микромицетов заметно уменьшилась. Доля оброста комочков *Fusarium* sp. составляет 7%, а *Cephalotrichum stemonitis* (Pers.) Nees – 3% (рис.1).

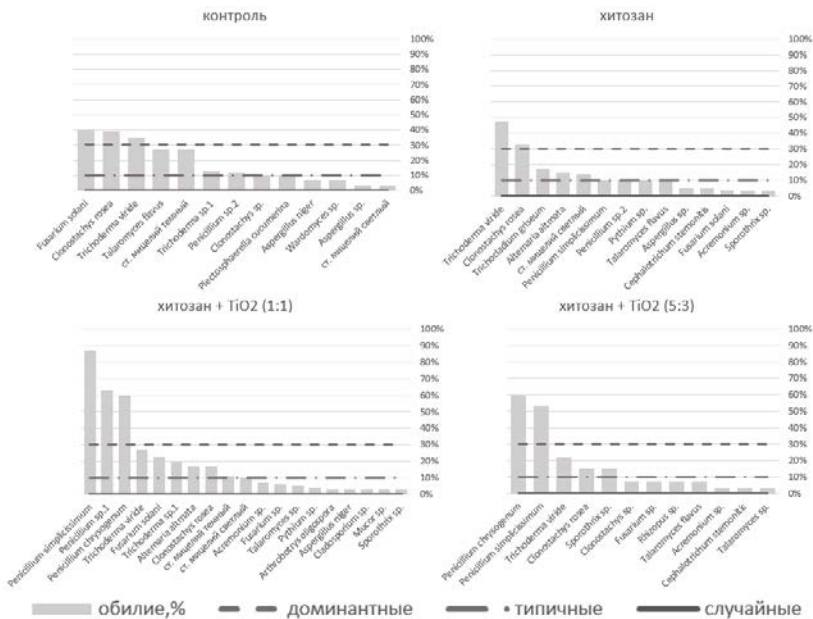


Рисунок 1. Структура сообщества микромицетов ризосферы огурца.

Расчет индекса разнообразия Шеннона показал, что во всех вариантах опыта мы наблюдали среднюю сложность структуры грибного сообщества. Значения индекса не сильно варьировались от образца к образцу и составили 2,2 для контроля, 2,4 для варианта с чистым хитозаном, 2,7 для варианта опыта с добавлением композитного препарата в расчете 1:1 хитозана и диоксида титана; и 2,1 при добавлении диоксида титана в препарат с хитозаном в пропорции 5:3.

По результатам исследования было показано, что диоксид титана при добавлении его в препарат в равной пропорции с хитозаном увеличивает разнообразие сообщества, и численность видов становится более выравненной по сравнению как с контролем, так и при внесении в почву препарата хитозана. Но при оценке экологотрофической характеристики грибного сообщества образцов данного варианта было замечено, что при увеличении разнообразия – количество фитопатогенных микроорганизмов также увеличивается, в то время как добавление в композитный препарат диоксида титана в пропорции 5:3 позволило сократить развитие фитопатогенов в 2-7 раз.

Финансирование. Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, предусмотренного постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 №218 по теме «Высокотехнологичное производство грунтов методами инновационной переработки отходов» (Контракт № 075-11-2021-059 от «24» июня 2021 г., идентификатор государственного контракта 000000S407521QL90002). Исследование выполнено за счет средств гранта РНФ № 22-23-00968.

Литература

1. Башкин В.Н. Современные проблемы биологизации земледелия // Жизнь Земли. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-problemy-biologizatsii-zemledeliya> (дата обращения: 30.06.2023).
2. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. - 304 с.
3. Зими́на Ю.А., Срослова Г.А., Постнова М.В. Применение биопрепаратов на основе хитозана в сельском хозяйстве // биология и биотехнология. - 2018. - №3. - С. 22-28.
4. Карпова Н.В., Шагдарова Б. Ц., Лялина Т. С. Влияние основных характеристик низкомолекулярного хитозана на рост фитопатогенного гриба *Botrytis cinerea* / Н. В. Карпова, Б. Ц. Шагдарова, Т. С. Лялина [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2019. – Т. 55, № 4. – С. 386-395.
5. Колмыков А.В., Авдеев А. Н. Современные аспекты ведения органического сельского хозяйства / А. В. Колмыков, А. Н. Авдеев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии: научно-методический журнал. – 2020. – № 2. – С. 182-187.
6. Нарбаев Зафар Наралиевич Изучение чувствительности растений в условиях экологического стресса // Вестник науки и образования. 2020. №12-2 (90). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-chuvstvitelnosti-rasteniy-v-usloviyah-ekologicheskogo-stressa> (дата обращения: 30.06.2023).
7. Рущицкая О.А. Производство и рынок органической сельскохозяйственной продукции / О.А. Рущицкая, Б.А. Воронин, В.А. Кундиус // Экономика и предпринимательство. -2018.- № 9. - С. 567 – 570
8. Смолин Н. В., Лапина В. В., Дудникова С.А. Формирование состава микрофлоры ризопланы и ризосферы огурца в кокосовом субстрате / Н. В. Смолин, В. В. Лапина, С. А. Дудникова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 3. – С. 33-36.
9. Шапошников А.И., Белимов А.А., Кравченко Л.В. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и фак-

торы эффективности ассоциативных симбиозов 166 (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С.16–22.

10. González Saucedo, Laura Leticia Barrera-Necha, Rosa Isela Ventura-Aguilar, Zormy Nacary Correa-Pacheco, Silvia Bautista-Baños, Mónica Hernández-López, Extension of the post harvest quality of bell pepper by applying an ostructured coatings of chitosan with *Byrsonima crassifolia* extract (L.) Kunth, *Postharvest Biology and Technology*, Volume 149, 2019, Pages 74-82.
11. Mansi Bakshi, Clarisse Liné, Diana E. Bedolla, Ricardo José Stein, Ralf Kaegi, Géraldine Sarret, Ana E. Pradas del Real, Hiram Castillo Michel, P.C. Abhilash, Camille Larue Assessing the impacts of sewage sludge amendment containing nano-TiO₂ on tomato plants: A life cycle study // *Journal of Hazardous Materials*, Volume 369, 2019, Pages 191-198.
12. Nasakina E.O., Kaplan M.A., Sudarchikova M.A., Fedyuk I.M., Konushkin S.V., Baikin A.S., Sergienko K.V., Teterina A.Y., Sevost'yanov M.A., Kolmakov A.G. Mechanical properties of titanium Nickelide–Tantalum–Chitosan composite material. // *Inorg Mater : Appl Res* 2019
13. S. Phziya Tariq Waani, Shagufta Irum, Iram Gul, Khurram Yaqoob, Muhammad Usman Khalid, Muhammad Arif Ali, Umair Manzoor, Tayyaba Noor, Shafaqat Ali, Muhammad Rizwan, Muhammad Arshad TiO₂ nanoparticles dose, application method and phosphorous levels influence genotoxicity in Rice (*Oryza sativa* L.), soil enzymatic activities and plant growth // *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 213, 2021, 111977
14. Sana Ullah, Muhammad Adeel, Muhammad Zain, Muhammad Rizwan, Muhammad Kashif Irshad, Ghulam Jilani, Abdul Hameed, Abid Khan, Muhammad Arshad, Ali Raza, Mansoor A. Baluch, Yukui Rui Physiological and biochemical response of wheat (*Triticum aestivum*) to TiO₂ nanoparticles in phosphorous amended soil: A full life cycle study // *Journal of Environmental Management*, Volume 263, 2020, 110365

**НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ
ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ ЦЕНТРА
ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РГАУ–МСХА
ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА**

Беленков А. И.

*Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия
belenokaleksis@mail.ru*

В 2007 г. на базе Полевой опытной станции в рамках реализации инновационной образовательной программы «Формирование инновационной образовательной среды в Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева для подготовки нового поколения специалистов аграрного профиля» был создан Центр точного земледелия (ЦТЗ) с целью организации и осуществления учебной, научно-исследовательской и инновационной деятельности на основе использования современных агротехнологий и принципов точного земледелия [1, 2].

Для изучения агроэкологической эффективности технологии точного земледелия на опытном поле университета заложен стационарный полевой опыт общей площадью около 6 га, в котором демонстрировались две технологии возделывания сельскохозяйственных культур – традиционная система и система, основанная на принципах точного земледелия.

Главная цель деятельности Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева – обучение студентов технологиям точного земледелия, повышение квалификации профессорско-преподавательского состава, специалистов сельскохозяйственных предприятий, внедрение разработанных учеными университета элементов технологий точного земледелия, пропаганда передовых агротехнологий в области адаптивно-ландшафтного земледелия, передача их заинтересованным сельхозпроизводителям. На базе центра проводились исследования по разработке сортовой агротехники высокопродуктивных сортов полевых культур, способов и приемов энергосберегающих и почвозащитных обработок почв, эффективных способов посева, приемов ухода, уборки урожая с использованием современной широкозахватной техники, оборудованной системой GPS. Велась разработка высокоэффективных экологически безопасных систем защи-

ты растений. Все эти направления позволят выполнять дипломные, магистерские и диссертационные работы студентами и аспирантами различных институтов и факультетов университета [1, 2].

Основными задачами деятельности Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева являлись: отработка на базе полевого стационарного опыта современных технологий точного земледелия; проведение комплексных научных исследований; внедрение элементов новых агротехнологий; освоение и внедрение разработанных учёными университета элементов технологий точного земледелия; обучение студентов, профессорско-преподавательского состава, привлечённых научных работников, практиков АПК; организация, проведение курсов повышения квалификации.

Основой полевого опыта являлся зернопропашной севооборот с чередованием культур: викоовсяная смесь на корм - озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат – картофель – ячмень. Имеющийся в университете комплекс оборудования и машин обеспечивал реализацию основных элементов технологии точного земледелия, в частности, дифференцированное внесение удобрений, учитывающее пестроту почвенного плодородия, использование средств защиты растений с учетом фитосанитарного состояния агроландшафта, проведение агротехнических мероприятий с использованием приборов параллельного вождения и спутниковой системы глобального позиционирования [3, 10].

Результаты четырехлетнего испытания различных сеялок, использованных в опыте и способов посева с.-х. культур приведены в табл. 1.

В наших исследованиях посев зерновых культур (озимой пшеницы и ячменя) проводился, в одном случае, по автопилоту, в другом, по маркеру. При этом посев озимой пшеницы и ячменя на отвальном фоне осуществлялся сеялкой точного высева Д-9-30 с применением системы GPS и маркера. По варианту нулевой (прямой посев) обработки почвы проводился посев пневматической сеялкой прямого посева ДМС только с использованием автопилота. Маркер при работе этой сеялки использовать не удастся в силу конструктивных и технических недоработок. Посев викоовсяной смеси проводится сеялками Д-9-30 на вспашке, ДМС на нулевом варианте с применением автопилота. В отдельные годы исследований наблюдается неодинаковая ширина стыковых междурядий между смежными проходами сеялок при посеве зерновых культур и викоовсяной смеси по маркеру и автопилоту. Допустимое отклонение по ширине стыковых междурядий при посеве сеялками с использованием навигационных приборов + 2,5 см.

Таблица 1. Ширина стыковых междурядий и величина отклонений от стандартной величины междурядий сеялки (в среднем за 2009-2011 гг.)

Культура	Сеялка Д-9-30 (отвалный фон)				DMS 3(нулевой фон)	
	По маркеру		Автопилот		Автопилот	
	Ширина стыкового междурядья, см	Отклонение, см	Ширина стыкового междурядья, см	Отклонение, см	Ширина стыкового междурядья, см	Отклонение, см
Ячмень	15,1	+3.1	13.4	+1.4	12.7	+0,7
Вика+овес	-	-	12.3	+0,3	19.1	+0,3
Оз. пшеница	16,8	+4,8	13.8	+1,8	19.2	+0,4

Примечание: ширина междурядий сеялок: Д-9-30 -12 см, DMS–18,8 см. Ячмень на минимальном фоне высевался сеялкой Д-9-30 со стандартным междурядьем 12,0 см.

В среднем за 3 года исследований по зерновым культурам при посеве по маркеру обнаруживалось превышение приводимого агро-требования (+3.1 для ячменя и +4.8 для озимой пшеницы). При посеве по автопилоту по всем культурам, включая кормовую, выдерживались установленные рекомендации, т.е. не превышали 2,5 см. Использование сеялки DMS 3 на нулевой обработке обеспечивало величину смежных междурядий в пределах +0,3, +0,7 см. Это свидетельствует о качественном проведении сельскохозяйственного мероприятия.

Посадка картофеля осуществлялась картофелесажалкой GL-34T со стандартным междурядьем 75 см по автопилоту и маркеру. Траектория движения агрегата, с использованием системы GPS, повторялась на варианте точного земледелия в ходе проведения гребнеобразования [5], (табл. 2).

По традиционной технологии возделывания картофеля этот прием проводилась при визуальном контроле, т.е. движением агрегата управляет механизатор. Ширина междурядий между проходами картофелесажалки при использовании маркера и автопилота различалась по отдельным годам незначительно, составляя по традиционной технологии интервал в среднем от 60-65 до 80-85 см, т.е. отклонение от стандартного междурядья сажалки (75 см) в пределах от -10 до +15 см. При использо-

вании автопилота ширина стыковых междурядий различалась 1,5-3,3 см. Важным условием развития полноценного растения картофеля является его расположение по отношению к центральной части гребня, формируемое в ходе проведения гребнеобразования после появления всходов. Проведение гребнеобразования в посадках картофеля, которые возделывались по традиционной технологии, обеспечивало формирование растений картофеля с отклонениями от центра от 5 до 15 см по отдельным годам. При выполнении технологии точного земледелия растения картофеля располагались практически по центру ряда с допустимым отклонением порядка 1,5-3,5 см.

Таблица 2. Ширина смежных междурядий и расположение растений картофеля на гребне при различных технологиях возделывания

Год	Ширина междурядий при посадке, см		Расположение растений на гребне, см	
	маркер	автопилот	маркер	автопилот
2009	от 65-до 81	$75 \pm 2,8$	от центра $\pm 6-10$	от центра $\pm 2,8$
2010	от 60-до 80	$75 \pm 3,3$	от центра $\pm 5-15$	от центра ± 3.3
2011	от 70 до 90	$75 \pm 1,5$	от центра $\pm 5-15$	от центра ± 1.5
среднее	от 65 до 83	$75 \pm 2,5$	от центра $\pm 5-13$	от центра ± 2.5

В течение нескольких вегетационных сезонов сотрудники Центра точного земледелия периодически обследовали поля озимой пшеницы с помощью приборов Green Seeker® RT 200, N-tester® и N-sensor® ALS. Главной целью данных обследований было оценить азотный статус озимой пшеницы для проведения своевременной подкормки азотом. Был разработан алгоритм дифференцированного внесения азотных удобрений для формирования урожая озимой пшеницы высокого качества. Алгоритм разработан на основе карт биомассы, построенных с помощью оптических датчиков с применением навигационных систем. Информация, получаемая при эксплуатации указанных приборов, представляется в виде электронных карт, обрабатывается при помощи компьютерной программы SMS Advanced и представляется в виде ГИС. В момент отрастания растений после зимы отмечена большая неоднородность посева, связанная с нерав-

номерностью перезимовки, с применением разных технологий ухода за посевами и неоднородностью почвенных свойств. Первая подкормка озимой пшеницы аммиачной селитрой проводилась в конце апреля. в режиме online. В опыте стандартная доза удобрений на варианте традиционного земледелия по всей площади поля независимо от состояния посевов составляла 70 кг/га азота по д.в., а на варианте точного земледелия дозы азота в подкормке изменялись в зависимости от состояния биомассы. Доза 65-70 кг/га внесена на 12,7 % площади поля, доза 70–80 кг/га – на 66 %, свыше 80 кг/га – на 21 % [7, 8].

Внедрение в сельскохозяйственное производство технологии точного земледелия позволяет дифференцированно воздействовать на конкретные участки поля, что позволяет экономить ресурсы и снизить антропогенную нагрузку на агрофитоценоз. В связи с этим мы изучали совершенствование системы гербицидов не только в отношении сроков и кратности их применения, но и возможности их дифференцированного внесения в системе точного земледелия. Данный способ внесения основывается на неравномерности распределения сорных растений по полю. Данные по сплошному обследованию и потенциальной засоренности посевов говорят о неоднородности распределения сорных растений по опытному участку. В среднем за 6 лет исследований, несмотря на сравнительно небольшую площадь опытного участка, наблюдаются различия в пространственном распространении видов сорняков. Неравномерность распределения сорняков по полю в системе точного земледелия позволяет использовать гербициды дифференцированно, используя систему GreenSeeker RT 200, которая состоит из нескольких оптических датчиков, равномерно расположенных на опрыскивателе. Данная система может использоваться как в дневное, так и в ночное время суток. Таким образом, мы можем вносить препарат дифференцированно на основании показаний оптических датчиков, которые измеряют индекс вегетации биомассы NDVI и сравнивают полученное значение с заданным алгоритмом. После этого в режиме online определяется норма расхода препарата на конкретном участке [4, 9].

В табл. 3 приведены данные за три ротации опытного севооборота по урожайности культур за двенадцатилетний срок. В табл. 4 представлены урожайные данные за период исследований (2009-2016 гг.), когда в опыте ЦТЗ строго учитывались как варианты различных технологий возделывания, так и наличие приемов обработки почвы [6].

Таблица 3. Урожайность культур за три ротации зернопропашного севооборота в зависимости от приема обработки почвы, т/га

№ п/п	Обработка почвы	2009г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
		Виксовая смесь на корм												
1	Отвальная	21,3	20,5	10,8	20,6	22,1	24,5	31,2	25,3	22,8	13,8	7,6	22,6	20,3
2	Нулевая	25,0	19,4	9,4	27,3	24,3	25,3	28,9	27,5	6,0	11,5	3,8	11,0	18,3
Озимая пшеница														
4	Отвальная	4,26	4,70	3,68	6,31	6,12	2,75	6,74	5,00	5,46	5,46	3,59	6,73	5,07
5	Нулевая	5,14	3,98	3,54	6,15	5,87	4,59	6,73	5,52	5,13	4,83	2,55	5,96	5,00
Картофель														
7	Отвальная	40,2	23,0	24,4	19,9	28,6	25,1	31,4	31,0	25,8	27,4	33,5	28,0	28,2
8	Минимальная	36,9	20,0	23,0	18,3	25,9	24,6	26,2	26,7	22,5	25,2	27,5	24,8	25,1
Ячмень														
10	Отвальная	5,20	3,41	2,69	4,33	5,16	3,85	5,52	4,03	4,29	3,70	2,62	2,86	3,97
11	Минимальная	5,59	3,02	2,96	4,20	5,00	4,01	5,22	3,99	4,04	3,79	2,76	2,48	3,92

Таблица 4. Урожайность культур за две ротации севооборота в зависимости от технологии и приема обработки, т/га

№ п/п.	Технология возделывания	Обработка почвы	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее
Озимая пшеница											
1	Традиционная	Отвальная	4,23	4,50	3,65	6,31	5,80	2,75	6,74	5,00	4,87
2		Нулевая	5,09	3,85	3,53	6,15	5,62	4,59	6,73	5,52	5,14
3	Точная	Отвальная	4,28	4,63	3,70	6,52	6,12	2,78	6,75	5,11	4,99
4		Нулевая	5,18	4,11	3,55	6,35	5,87	4,56	6,75	5,60	5,25
Картофель											
5	Традиционная	Отвальная	38,9	21,7	24,0	19,1	27,6	24,9	30,7	30,0	25,9
6		Минимальная	36,3	19,2	22,9	17,5	25,9	23,8	25,4	27,2	24,8
7	Точная	Отвальная	40,5	22,2	24,4	19,9	28,5	25,1	31,1	30,5	27,8
8		Минимальная	37,5	20,7	23,2	18,3	26,2	24,6	26,2	27,7	25,6
Ячмень											
9	Традиционная	Отвальная	5,09	3,35	2,62	4,26	5,16	3,85	5,52	4,04	4,24
10		Минимальная	5,39	2,99	2,83	4,18	5,00	4,01	5,22	3,99	4,20
11	Точная	Отвальная	5,40	3,47	2,76	4,33	5,20	3,88	5,55	4,11	4,34
12		Минимальная	5,78	3,06	3,08	4,20	4,95	4,03	5,20	4,06	4,30

По результатам пятнадцатилетних исследований установлено, что на отвальную обработку почвы лучше отзывались викоовсяная смесь и картофель. Разница в пользу вспашки в сравнении с нулевой и минимальной обработками соответственно составила 2,0 и 3,1 т/га. Озимая пшеница и ячмень на приемы обработки реагировали практически одинаково. Различия между альтернативными вариантами оказались порядка 0,5-0,7 т/га.

Сравнение технологий возделывания трех культур обусловило преимущество точной в сравнении с традиционной. Первоначально прямой посев озимой пшеницы давал более высокие результаты. Картофель и ячмень отвечал ранее установленным закономерностям.

Точное земледелие преобладало над традиционным по озимой пшенице на 0,11 т/га, по картофелю – на 1,8-2,0 т/га, по ячменю – на 0,1 т/га.

В различные годы в зависимости от агроклиматических, почвенных, организационных и прочих обстоятельств лучше проявляли себя комбинация способов обработки почвы в рамках выполнения рекомендаций внедрения и освоения точного земледелия [11].

Литература

1. Агробиотехнологии XXI века: коллективная монография / Коллектив авторов – М.: ООО «Мегаполис», 2022.
2. Балабанов В.И. и др. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие: учебное пособие. М. Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. 2013.
3. Беленков А.И., Железова С.В., Березовский Е.В., Мазиров М.А. Элементы технологии точного земледелия в полевом опыте РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева // Известия ТСХА. 2011. Вып. 6.
4. Беленков А.И., Полин В.Д., Железова С.В. Результаты полевого опыта Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Нивы России. 2018, №5.
5. Беленков А.И., Березовский Е.В., Железова С.В. Совершенствование технологии возделывания картофеля в точном земледелии // Картофель и овощи. 2019, №6.
6. Беленков А.И., Шевченко В.А., Трофимова Т.А., Шачнев В.П. Научно-практические приемы совершенствования обработки почвы в современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия: М.: Инфра-М, 2019.

7. Мазиров М.А., Матюк Н.С., Полин В.Д., Малахов Н.В. Влияние различных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы // Земледелие. 2018, №2.
8. Матюк Н.С., Малахов Н.В. Роль азотных подкормок в повышении плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности севооборотов // Доклады ТСХА. 2017, № 289.
9. Николаев В.А., Беленков А.И., Дмитриевская И.И. Регулирование фитосанитарного состояния посевов зерновых культур на полигоне Точного земледелия // Вестник Алтайского ГАУ. 2017, №2.
10. Точное сельское хозяйство (precision agriculture) / Под ред. Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева. СПб-Пушкин, 2009.
11. Belenkov A., Mazirov M., Arefieva V. Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia // Eurasian Journal of Soil Science. 2018, №7.

РОЛЬ ФАКУЛЬТЕТА ПОЧВОВЕДЕНИЯ МГУ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА В РАЗВИТИИ АГРОКЛАССОВ И АГРООБЪЕДИНЕНИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ РОССИИ

Бобрик А.А.¹, Хаустова А.К.²

*¹ Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия*

*² Федеральный центр дополнительного образования и организации
отдыха и оздоровления детей Министерства просвещения,
г. Москва, Россия.
ann-bobrik@yandex.ru*

В последнее время стремительный рост наблюдается у проектов, направленных на развитие профессиональных интересов учащихся в области аграрного образования посредством внедрения активных форм профориентации. Актуальность данных проектов не вызывает сомнения, что обусловлено курсом государства на импортозамещение и продовольственную безопасность.

Основной задачей современной системы аграрного образования является формирование компетентной личности, конкурентоспособной на рынке труда, способной к саморазвитию. Современные инновационные формы сельскохозяйственного производства могут оказаться привлекательными для детей и подростков.

Текущее состояние аграрного образования сегодня рассматривается в комплексе с трудовым и экологическим воспитанием сельской молодежи, поэтому в настоящее время чаще всего в образовательных организациях создаются агроклассы и агроэкологические объединения. Эффективность образовательной деятельности агроклассов и агроэкологических объединений приобретает, когда работа организована не только в сотрудничестве с высшими учебными заведениями, но и к работе привлечены партнеры реального сектора экономики. Именно системное партнерство может дать эффект реальной профессионализации в сфере земледелия.

По данным мониторинга, проведенного Федеральным центром дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления детей Министерства просвещения РФ в апреле 2022 г. обучающиеся образовательных организаций сельских территорий и малых городов России вовлечены в разнообразные формы деятельности и профессиональной ориентации, такие как: ученическая производственная бри-

гада, агрошкола, агрокласс, школьная микроферма, школьный кооператив, летнее профильное агрообъединение и др. Как показал мониторинг, наиболее распространенными формами объединений в России сегодня выступают: агроклассы и агроэкологические объединения, функционирующие преимущественно на базе школ и организаций дополнительного образования.

Создание и развитие агроклассов и агрообъединений является неотъемлемой частью развития системы непрерывного аграрного образования. Одной из главных задач такого образования является интеграция школьного дополнительного агрообразования с наукой и практической деятельностью, высокотехнологичными агропромышленными предприятиями, представителями реального сектора экономики. Это позволяет создать индивидуальный трек развития для каждого обучающегося и обеспечить преемственность между общим и профессиональным образованием, определиться с выбором будущей профессии, подготовить выпускников агроклассов к освоению программ высшего профессионального образования.

Цель создания агроклассов и агрообъединений на базе общеобразовательных учреждений при участии научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений определяет их задачи:

- повысить престиж профессий, связанных с сельским хозяйством;
- повысить уровень сельскохозяйственной и экологической грамотности обучающихся;
- привлечь обучающихся в освоение естественно-научных дисциплин;
- развить навыки использования традиционных и современных научных методов;
- познакомить обучающихся с перспективными направлениями и достижениями сельскохозяйственной науки;
- обеспечить профориентации школьников через освоение профессиональных проб под руководством наставников для освоения навыка выбора профессии;
- развить естественнонаучный кругозор мышления, сформировать установки на бережное отношение к природным ресурсам и готовности к активной деятельности по сохранению окружающей среды;
- сформировать патриотическое сознание, гражданскую ответственность, любовь и уважение к Родине на основе единых патриотических ценностей, гордости за собственную страну, ее историю и уникальную природу.

Проект агроклассов и агрообъединений в образовательных организациях набирает популярность во многих регионах РФ. Федераль-

ным центром дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления детей Министерства просвещения РФ разработан проект методических рекомендаций по развитию агроклассов и агрообъединений в образовательных организациях России. Был проведен XII Всероссийский слет агроклассов и агроэкологических объединений «АгроСтарт», участниками которого стали представители 30 субъектов Российской Федерации. Абсолютным победителем Слета стала сборная команда Орловской области. Ребята уже не первый раз принимают участие в данном мероприятии и серьезно готовились к нему, практически все хотят связать свою жизнь с профессиями в данной сфере и работают на учебно-опытных участках или в семейных фермерских хозяйствах.

Следующим важнейшим шагом является интеграция в проект агроклассов и агрообъединений РФ факультета почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, который является одним из ведущих учебно-научных центров в области почвоведения и экологии. Большое внимание на факультете уделяется вопросам биологизации землепользования, разработкам в области агро- и биотехнологий, направленных на максимально полное использование природного потенциала агроэкосистем, обеспечению воспроизводства плодородия почв и защиты растений от болезней и вредителей, мониторингу и оптимизации экологического состояния и плодородия почв в конкретных регионах РФ и других стран, решению проблем продовольственной безопасности. Данные направления активно развиваются на кафедрах агрохимии и биохимии растений, общего земледелия и агроэкологии, земельных ресурсов и оценки почв, общего почвоведения и др. Факультет почвоведения обладает современной приборной базой, что позволяет проводить исследования на высоком уровне.

В работу по аграрным направлениям традиционно вовлечены не только сотрудники, аспиранты и студенты факультета, но и школьники, которые принимают участие в различных почвенно-экологических научно-образовательных мероприятиях. Работа со школьниками является одной из важнейших задач, стоящих перед факультетом. В 2022 году сотрудниками факультета проведено более 60 мероприятий для школьников, привлечено более 1200 обучающихся из России, Беларуси и Казахстана. Организация просветительских мероприятий ведет к повышению уровня экологического образования и привлечению абитуриентов. Баланс традиций и инноваций в дополнительном образовании является ключом к привлечению талантливой молодежи на факультеты и кафедры почвоведения и экологии российских ВУЗов [1].

Изучение основ почвоведения должно стать обязательной частью аграрного образования в рамках рассматриваемого проекта. Понимание

процессов, происходящих в почве, связи плодородия почвы с экологической обстановкой в конкретном регионе позволит учащимся в полной мере решать проблемы агрохимии и земледелия. Участие факультета почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова позволит успешно развивать проект агроклассов и агрообъединений, привлекать молодежь к решению проблем устойчивого развития, созданию новых агробιοтехнологий в производстве продукции земледелия, к развитию информатизации и систем мониторинга агробιοценозов в производстве экологически чистой продукции.

Литература

1. Бобрик А.А. Традиции и инновации в популяризации почвоведения// Материалы Международной научной конференции XXVI Докучаевские молодежные чтения «Матрица почвоведения» / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб., 2023. С. 9–11.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЗИРОВАННОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Дабахова Е.В.

*Центр агробиотехнологий Приволжского исследовательского
медицинского университета, г. Нижний Новгород, Россия
dabakhova@yandex.ru*

Экологизация сельского хозяйства является одним из значимых элементов устойчивого развития российской экономики и основой для сохранения здоровья населения как потребляющего сельскохозяйственную продукцию, так и проживающего на сельских территориях. В понятие «экологизированного» в рамках данной статьи включены два направления – органическое и биологизированное сельское хозяйство.

Термин «органическое сельское хозяйство» определен на законодательном уровне. Он включает «совокупность видов экономической деятельности, которые определены Федеральным законом от 29 декабря 2006 года № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства» и при осуществлении которых применяются способы, методы и технологии, направленные на обеспечение благоприятного состояния окружающей среды, укрепление здоровья человека, сохранение и восстановление плодородия почв» [4]. Технологии работы с органической продукцией на всех стадиях (от производства и переработки до инспектирования, сертификации, маркировки, хранения, реализации) достаточно жестко регламентированы нормативными правовыми актами, которые запрещают применение ряда материалов, в том числе большинства традиционных минеральных удобрений и химических средств защиты растений в растениеводстве, антибиотиков и гормональных препаратов в животноводстве [5, 6, 7].

Органическое производство, как правило, является достаточно затратным на начальных этапах, характеризуется большей трудоемкостью и себестоимостью получаемой продукции. Продукция органического сельского хозяйства имеет более высокую стоимость, что позволяет производителям добиться приемлемого уровня рентабельности, но, с другой стороны, это же является ограничивающим фактором для ее потенциальных потребителей. В связи с этим рынок органических продуктов в России является небольшим: их доля занимает 0,13% [3].

Под биологизированным сельским хозяйством в рамках статьи понимается производство, которое ориентировано на снижение хими-

ческой нагрузки на окружающую среду, максимальное использование природных механизмов регулирования агроэкосистем, при этом не содержащее жестких запретов на применение минеральных удобрений и ядохимикатов, антибиотиков и т.д. Ряд исследователей рассматривает это как синтез органического и традиционного (интенсивного) сельского хозяйства, обладающий высокой актуальностью для крупномасштабного производства товарной продукции, агробиоценозам которого необходимо химической нагрузки, восстановление почвенной биоты для повышения количества и качества урожая [1, 2].

Использование элементов биологизации (применение побочных продуктов животноводства в качестве органических удобрений, сидератов и т.д.) в той или иной степени встречается достаточно часто, однако в силу отсутствия комплексного подхода, а также недостаточной квалификации специалистов, это не всегда не приводит к улучшению экологической ситуации на сельской территории. В ряде случаев, напротив, вызывает негативные последствия, что нередко происходит, например, при непродуманном применении высоких доз органических удобрений.

Таким образом, несмотря на значимость экологизации сельскохозяйственного производства, ее масштабы и темпы являются относительно невысокими. Это во многом обусловлено спецификой приемов биологизации, которая заключается в том, что их использование не всегда дает видимый экономический эффект в краткосрочной перспективе. В связи с этим переход на экологизированное сельское хозяйство возможен, если:

руководитель (собственник) бизнеса является социально ответственным и готов отказаться от части прибыли на определенном временном отрезке при переходе от интенсивных технологий к биологизированным;

хорошо понимает природу биологизации и возможность получения существенного экономического эффекта в средне- и долгосрочной перспективе.

Кроме этого, следует понимать, что технологии органического и биологизированного сельского хозяйства являются более сложными, чем традиционные, так как направлены на регулирование экосистем, в то время как в традиционных технологиях уровень регулирования в большинстве случаев не выходит за рамки популяционного. Биологические препараты, широко применяемые в экологизированном сельском хозяйстве, также являются достаточно сложными для работы объектами, так как в сравнении с химическими аналогами их эффективность в большей степени зависит от внешних факторов, в силу чего технологии использования биопре-

паратив в земледелии сложнее стандартизировать, чем применение традиционных агрохимикатов. В силу этого эффект от биопрепаратов будет во многом определяться квалификацией и опытом специалиста, работающего с ними.

В связи с этим одним из ключевых условий успешной реализации органического и биологизированного сельского хозяйства является наличие кадров, обладающих соответствующими компетенциями.

04 июля 2023 года распоряжением Правительства Российской Федерации была утверждена «Стратегия развития производства органической продукции в Российской Федерации до 2030 года», в рамках которой обозначена потребность в кадрах для развития органического сельского хозяйства. Предполагается, что в период до 2025 года необходимо готовить 2 тыс. специалистов, руководителей и предпринимателей в сфере органического сельского хозяйства ежегодно, а с 2027 года – 4 тыс. (включая повышение квалификации) [3]. Еще большую потребность отрасль испытывает в отношении кадров, способных реализовывать биологизированные технологии.

Кадровое обеспечение данных направлений представляет собой сложную комплексную задачу, которая охватывает подготовку специалистов как для создания средств и технологий для экологизированного земледелия и животноводства, так и, собственно, для ведения такого рода хозяйства. Отдельной задачей является подготовка потребителей органической продукции и продукции, полученной при реализации биологизированных технологий, так как только наличие на нее спроса будет являться залогом развития данного направления.

Успешное выполнение вышеуказанной задачи возможно при вовлечении в процесс всей системы общего, профессионального и дополнительного образования. При этом чем раньше будет начат процесс экологического воспитания и просвещения, тем более эффективно будет решаться данная проблема.

Действенным инструментом подготовки кадров для экологизированного сельского хозяйства на уровне общего образования могут стать агроклассы, которые кроме профориентационной работы способны сформировать понимание значимости органических и биологизированных производств, а также преимуществ получаемой продукции. Целесообразно создание специализированных агроклассов с привлечением сельскохозяйственных организаций, которые могут выступить в качестве базовых площадок по демонстрации экологизированных технологий. Следующим этапом может стать объединение региональных агроклассов в единое общероссийское движение, что позволит перейти на более высокий уровень эффективности функционирования данной системы.

В рамках высшего образования подготовка кадров для экологизированного сельского хозяйства осуществляется в системе аграрных вузов России. Образовательные программы, в той или иной степени связанные с экологизацией сельскохозяйственного производства, реализуются как на уровне бакалавриата, так и на уровне магистратуры. Например, в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева в 2023 г. ведется набор на профили «Органическое сельское хозяйство» (направление подготовки 35.03.04 Агротехнологии), «Технологии адаптивного и органического плодородия, виноградарства и питомниководства» (направление подготовки 35.04.05 Садоводство); в Ставропольском ГАУ – «Биологизированные технологии в традиционном и органическом земледелии» (направление подготовки 35.03.04 Агротехнологии), в МГАВМиБ-МВА имени К.И. Скрябина – «Ресурсосберегающее и экологически безопасное производство в животноводстве» (направление подготовки 36.04.02 Зоотехния) и др. В целом количество образовательных программ рассматриваемого профиля пока является немногочисленным и реализуется в основном в ведущих аграрных вузах.

При разработке основных образовательных программ вуз самостоятельно определяет профессиональные компетенции (ПК), от которых зависит набор учебных дисциплин и их содержание, с учетом профстандартов. В связи с этим ключевым фактором, обеспечивающим соответствие образовательных программ требованиям работодателей и формирующим востребованные компетенции, является наличие соответствующих профессиональных стандартов.

В настоящее время для области профессиональной деятельности «Сельское хозяйство» разработано 19 профстандартов. Особенностью подхода Совета по профессиональным квалификациям агропромышленного комплекса, ответственного за разработку отраслевой системы квалификаций, является системное описание вида профессиональной деятельности с полным представлением карьерной траектории в рамках одного профессионального стандарта. В связи с этим в относительно небольшом числе профстандартов описано около 90% квалификаций, имеющих в отрасли.

Что касается экологизированного сельского хозяйства, то только в стандарте «Специалист по зоотехнии», утвержденном приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 14.07.2020 № 423н, выделена обобщенная трудовая функция «Организация органического животноводства» (зоотехник в органическом сельском хозяйстве), в рамках которой описаны трудовые функции «Разработка технологии производства продукции органического животноводства» и «Организация добровольной сертификации органического производства».

Кроме этого, в ряде профессиональных стандартов встречаются отдельные трудовые действия, ориентированные на биологизацию технологий. Так, например, в профессиональном стандарте «Агрохимик-почвовед», утвержденном приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 02 сентября 2020 № 551н, в перечне трудовых действий агроэколога присутствует действие «Разработка приемов биологизации земледелия с целью снижения химической нагрузки на компоненты окружающей среды» (необходимые умения – разрабатывать биологизированные системы обработки почвы, севооборотов, удобрения, защиты растений; определять виды, способы и дозы применения биологических препаратов в растениеводстве). Подобный уровень описания не позволяет сформулировать профессиональные компетенции и критерии их достижения при разработке образовательных программ для подготовки специалистов в области биологизации земледелия. В связи с этим необходимо «Разработку приемов биологизации...» описывать не на уровне трудового действия, а на уровне отдельной полноценной трудовой функции.

Описание квалификаций, связанных с экологизацией сельскохозяйственного производства, должны быть включены в профессиональные стандарты «Агроном» и «Работник в области ветеринарии». Описание деятельности в области органического сельского хозяйства при этом целесообразно вести на уровне обобщенных трудовых функций, то есть отдельных квалификаций, в отношении биологизированных технологий – соответствующие трудовые функции могут быть добавлены к уже существующим квалификациям.

Важнейшую роль в подготовке специалистов для реализации экологизированных технологий в сельскохозяйственной отрасли играет система дополнительного профессионального образования. Программы переподготовки и курсы повышения квалификации могут быть реализованы образовательными организациями (специализированными институтами ДПО, аграрными вузами и т.д.) совместно с профильными предприятиями реального сектора экономики в рамках сетевого взаимодействия.

Именно система дополнительного профессионального образования способна максимально быстро реагировать на изменяющиеся запросы рынка труда, развитие технологий, и оперативно отражать все это в образовательных программах. Так, например, в Нижегородской области под руководством компании «Иннопрактика» на базе ведущих сельскохозяйственных организаций создана сеть испытательных площадок, на которых в рамках производственных опытов в течение 5 лет изучается эффективность применения биологических препаратов. Полученные результаты планируется положить в основу про-

граммы ДПО, целью которой будет формирование компетенций по эффективному использованию изученных биопрепаратов в условиях региона.

Следует отметить, что для эффективной подготовки кадров для экологизированного сельского хозяйства необходима разработка единой согласованной концепции, объединяющей все уровни образования и систему отраслевых квалификаций, а также создание соответствующих ей рабочих инструментов – методических подходов, рекомендаций, шаблонов программ и т.д. Это может быть реализовано при условии создания рабочего органа, основой которого может выступить отраслевой союз или ведущий вуз с привлечением всех заинтересованных сторон.

Литература

1. Аваданов Д.С. и др. Перспективы развития органического земледелия в Дагестане // Проблемы развития АПК региона. 2020, № 4 (44).
2. Имашова С.Н. и др. Концепция экологизации земледелия в современном мире // Известия Дагестанского ГАУ. 2020, № 1 (5).
3. Стратегия развития производства органической продукции в Российской Федерации до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 4 июля 2023 г. № 1788-р
4. Федеральный закон № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ».
5. ГОСТ Р 56104-2014 «Продукты пищевые органические. Термины и определения».
6. ГОСТ Р 57022-2016 «Продукция органического производства. Порядок проведения добровольной сертификации органического производства».
7. ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации».

ЛИГНИН КАК ФАКТОР БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Ковалев И.В., Ковалева Н.О.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия
kovalevmsu@mail.ru*

Предложена концепция, объясняющая генезис гумуса отдельных типов почв с позиций биохимического состава растений. Разработана системная методология исследования трансформации лигнина в ряду: ткани растений–опад–подстилка–почва–гуминовая кислота. Предложена типизация процессов биохимических превращений лигниновых фенолов в почвах зонального ряда: лесной, степной, луговой, тропический, агро-антропогенный типы. Доказано, что структура молекулы гуминовой кислоты во многом определяется филогенетическим происхождением лигнина; показаны вероятные пути трансформации лигнина в почвах в зависимости от термодинамических условий среды.

Введение. Постановка проблемы «биохимии лигнина в почвах» теснейшим образом сопряжена с проблемой изучения формирования основы почвенного плодородия – гумуса и предназначена для решения как фундаментальных проблем в почвоведении, так и для практического использования в современном сельскохозяйственном производстве, в частности биологизации земледелия как научной и технологической основы органического сельского хозяйства. Неслучайно лигнин играет одну из ведущих ролей в процессах гумусообразования в почвах. Неуклонное развитие методов тонкой биохимии почв и использование нанотехнологий в почвенных исследованиях дают возможность взглянуть по-новому на устоявшиеся научные парадигмы, в том числе на теорию гумусообразования и способы управления почвенным плодородием.

Объекты исследования: южнотаежные березо-осиновые леса и агроэкосистемы, в том числе и осушенные, Коломенского ополья Московской области; дубово-липовые широколиственные леса («Тульские засеки») на серых лесных почвах; березовые колки лесостепи и агроэкосистемы Брянской области на агросерых почвах; типичный чернозем (Кисловодская котловина).

Методы исследования: поскольку результаты, получаемые общепринятыми методами выделения лигнина (класон-лигнин, «остаточный лигнин»), слишком грубы даже для растительных материалов и

чрезвычайно завышены для образцов подстилки и почвы, мы пользовались методикой И. Хеджеса и И. Ертеля [3] в приведенной ниже модификации [1, 2]. Определение лигнина в почвах включало щелочное окисление образца оксидом меди при 170⁰ под давлением в азотной среде; осаждение гуминовых кислот; концентрацию фенольных продуктов под давлением на компактных одноразовых колонках С18. Колонки, после того как через них пропустили образец, высушивались, а лигнин растворялся в этилацетате. Процедура эвапорирования этилацетата на ротаторном испарителе позволила выделить собственно препараты лигнина. Составляющие лигнин фенолы после предварительной дериватизации и превращения их в триметилсилиловые эфиры, на газовом хроматографе с масс-спектрометром Heweled-Packard Palo Alto CA USA разделялись на пламенно-ионизационном детекторе, оборудованном капиллярной колонкой. Щелочное окисление исследуемых образцов оксидом меди дало 11 фенолов, которые сгруппированы по их химической природе в 4 структурных семейства: ванилиновые (V), сиригиловые (S), *n*-кумаровые (C) и феруловые фенолы (F). Сумма продуктов окисления (VSC) отражает общее содержание лигнина в образце.

Результаты исследования. Разработана и апробирована системная методология изучения биохимического круговорота продуктов окисления лигнина в различных биомах и в основных типах почв (серых лесных, черноземах, красноземах и др.), в том числе и почв сельскохозяйственного использования. Трансформация биополимера впервые изучена практически во всех звеньях цепи, начиная от растительных тканей и опада и заканчивая гумусовыми веществами. Предложена научная гипотеза, объясняющая генезис продуктов окисления лигнина в составе гумуса отдельных типов почв в различных природных зонах и позициях ландшафта с учетом биохимического состава растений. Изучены факторы и установлены причинно-следственные связи состава органического вещества почв (гумуса) и биохимического состава различных частей растений, выявлена особая роль лигниновых фенолов подземных органов растений в процессе гумификации. Показаны закономерности трансформации лигнина в почвах в зависимости от термодинамических условий среды и агро-антропогенного использования. Раскрыты пути и механизмы стабилизации продуктов окисления лигнина на всех уровнях структурной организации почв: в геохимически сопряженных катенах, по профилю почв, в почвенных агрегатах и конкреционных новообразованиях, в гранулометрических фракциях, на уровне молекулярных взаимодействий.

В частности, значимо установлено, что наибольшее содержание лигниновых фенолов свойственно не надземным, а подземным тканям

растений [1, 2]. Коэффициент корреляции содержания лигнина в почве и биомассы корней – 0,92-0,99. Наибольший вклад корневого лигнина присущ луговым экосистемам и особенно в степных сообществах со значительным преобладанием подземной биомассы над надземной, где отношение подземных органов к надземным достигает 20. В лесных экосистемах это отношение значительно ниже, отношение подземных органов к надземным – 3-7. Наименьшая роль корней в круговороте лигнина обнаружена в агро-антропогенных экосистемах с равными долями надземной и подземной биомассы, достигая 1. Соотношения лигниновых фенолов в корневой биомассе повторяют закономерности, свойственные надземным органам.

Установлено, что наибольшее суммарное (VSC) количество продуктов окисления лигнина в рассматриваемых горизонтальных рядах почв приурочено к почвам естественных биогеоценозов с наивысшей биопродуктивностью: серая лесная почва Тульских засек, черноземы Курского заповедника. При этом, показана линейная зависимость увеличения степени измененности боковых цепочек лигниновых структур. Так в почвах южной тайги она составляет 5-8 %, в лесостепи – 9-10 %, в черноземах – 10-12% и, достигая максимальных значений в красноземах тропического леса до 30-50 %, то есть фактически следует за величиной периода биологической активности. В условиях антропогенного использования количество лигнина в почвах уменьшается по сравнению с естественными аналогами [1].

Установлено распределение лигниновых фенолов на всех уровнях структурной организации почв. На уровне почвенного профиля наибольшее суммарное количество продуктов окисления (VSC) лигнина в рассматриваемых рядах почв приурочено к верхним гумусово-аккумулятивным горизонтам – до 12–18 мг/г Сорг., наименьшее (1–4 мг/г Сорг.) – к нижним частям профилей. В гумусовых горизонтах количественно преобладают альдегиды, а в иллювиальных – кислоты. Последнее обусловлено большей подвижностью кислот в профиле почв. Вероятно, именно ванилиновая кислота обладает наибольшей миграционной способностью в профилях таежных почв, внося свою долю в пул органических кислот, формирующих подзолистые и глеевые горизонты. Агрегатный уровень организации почвенной массы демонстрирует, что на поверхности агрегата в окислительных условиях наблюдается меньшее количество продуктов окисления лигнина и более высокая степень его окисленности в ванилиновых и сирингиловых единицах, нежели внутри агрегата, где складывается восстановительная обстановка и преобладают факультативные анаэробные микроорганизмы. На уровне элементарных почвенных части: содержание лигниновых фенолов с уменьшением размера

частиц количество лигнина в них значительно снижается ($p < 0,001$) – в 10 раз по сравнению с фракциями крупных частиц. Однако именно к наиболее мелким илистым и пылеватым фракциям приурочены величины максимальной степени окисленности и степени трансформации боковых цепочек биополимера, что способствует их стабилизации глинистыми минералами. При этом в мелких фракциях характерно и наибольшее содержание биофильных элементов.

На молекулярном уровне оригинальные результаты о количестве и степени трансформации молекул биополимера в ряду: «ткани растений – подстилка – почва – дневные гуминовые кислоты – погребенные гуминовые кислоты» позволяют оценить решающую роль ароматических структур лигнина в гумификации почв. В обозначенном ряду увеличивается количество ароматических кислот по отношению к альдегидам во всех типах объектов независимо от общего количества лигнина в них и достигает максимума в препаратах гуминовых кислот из погребенных почв [1]. Тем самым, наши результаты подтверждают положение о нарастающем карбоксилировании лигниновых остатков как о главном процессе их трансформации в гумус. Лигнин высших растений принимает участие в формировании молекул специфических соединений гумуса почв, причем, как алифатических, так и ароматических их частей. Высокая корреляция содержания продуктов окисления лигнина в почве с площадью пиков лигниновых структур на ^{13}C ЯМР-спектрах гуминовых кислот при 147 ppm и 56 ppm является доказательством участия последних в формировании гумуса почв. В почвах с контрастным окислительно-восстановительным режимом складываются благоприятные условия для вхождения фенольных соединений в состав органо-железистых комплексов. Распашка и осушение (5–20 лет последствий дренажа) вызывает глубокую разрушительную трансформацию и таких, казалось бы, устойчивых соединений как лигниновые фенолы, в конкреционных новообразованиях [1].

Результаты исследований оригинальны, во многом не имеют аналогов в мировой научной практике, и могут быть использованы при:

– разработке технологий применения органических удобрений. В зависимости от содержания и композиционного состава лигнина растений в органическом удобрении корректируется его норма внесения в почву. Лигнин считается главным источником образования, обновления и воспроизводства почвенного органического вещества. Поэтому важна оценка направленности процессов гумификации, уровней плодородия почв, оптимизации использования средств коррекции урожая, особенно в системах точного земледелия, где «точность» – результат реализации новых знаний.

– производстве гуминовых препаратов, их идентификации и сертификации. Впервые стало возможным идентифицировать генезис гуминовых препаратов. Допускается, что именно благодаря лигнину в почве образуются гуминовые вещества, придающие почвенному органическому веществу и его стабильной части – гумусу, особые свойства и функции. Разработка новых продуктов от сорбентов до препаратов гуминовых веществ на основе биополимера-лигнина, отвечает современным тенденциям науки.

– биоконверсии и консервации отходов гидролизной, деревообрабатывающей и иной промышленности, имеющей сырьевым источником лигниносодержащие соединения. Показаны возможные механизмы и скорость трансформации лигниновых фенолов в зависимости от композиционного состава лигнина древесных и травянистых растений в разных почвенно-географических условиях, и на этой основе – выбор оптимальной технологии утилизации лигноцеллюлозы. Например, как известно, система злаковых культур на 80-90 % состоит из высокомолекулярных соединений – целлюлозы и лигнина, которые могут быть использованы в различных областях народного хозяйства. Успех зависит от понимания макромолекулы лигнина и его трансформации, чтобы разработать подходы к переработке любого возобновляемого растительного сырья на принципах «зеленой химии», исключая применение токсичных реагентов и минимизирующих экологическую нагрузку на природную среду. Гидролизный лигнин превратился из отхода производства в ценное сырье для сельского хозяйства (биопрепараты и удобрения).

– анализе устойчивости почв к агрогенному воздействию. Агроантропогенное использование (распашка, осушение, производственное лесоразведение) вызывает ускоренную деструкцию макромолекулы лигнина при сохранении неизменными главных лигниновых структур. В результате в почвах с контрастным окислительно-восстановительным режимом складываются благоприятные условия для стабилизации лигниновых фенолов в составе глинистых минералов, на поверхности и внутри агрегата, в составе металлорганических комплексов, гуминовых кислот.

– оценке современных приемов обработки почвы и приемов биологизации земледелия. Наблюдается усиление микробиологической активности почв, что делает возможным участие лигниновых фенолов в реакциях хелатообразования и гумусообразования, формируется агрономически ценная структура. Проявление аллелопатических свойств лигниновых фенолов при длительном использовании приемов биологического земледелия требует систематических исследований биохимии лигнина в почвах. Например, в практике использования

технологии системы нулевой обработки почвы, которая известна как технология No-till, в первые годы получаем высокие урожаи, а уже на 3-4 годы резкое снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23–24–00155, экспедиционные работы за прошлые годы выполнены в рамках госзадания МГУ № 121040800146–3.

Литература

1. Ковалев И.В. Биохимия лигнина в почвах // автореф. дис. докт. с.-х.н., М. 2016, 50 с.
2. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Лигниновые фенолы как основа биопрепаратов // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. 2021. № 2. С. 29–42.
3. Ertel J.R., Hedges J.I. The lignin component of humic substances: Distribution among the soil and sedimentary humic, fulvic and base-insoluble fractions // Geochim. Cosmochim. Acta. 1984. V. 48.

ПРИРОДОВЕДЧЕСКАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ НА ПУТИ ОТ «ЗДОРОВЬЯ ПОЧВЫ» ДО КОНЦЕПЦИИ «ЕДИНОГО ЗДОРОВЬЯ» И ОБРАТНО

Кожевин П.А.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия
kozhevina@mail.ru*

Проблема биологизации землепользования (“биологическое”, “органическое”, “биотехнологическое”, “экологическое”, “разумное” земледелие) непосредственно связана с концепцией “здоровья” окружающей среды, которая в начале 2000-х годов стала популярной среди практиков и политиков, а затем и в научном сообществе. Необходимость поддержания “здоровья” почвы сейчас очевидна при решении локальных и глобальных проблем. В настоящее время за рубежом обсуждается и концепция “единого здоровья” (“one health”) с анализом взаимосвязей между микроорганизмами, почвой и здоровьем людей, растений и животных [4]. Примерно такой же смысл был представлен в нашем определении “здоровья” окружающей среды как “способности биосистемы в заданных пространственных границах поддерживать продуктивность растений и животных, сохранять приемлемое качество почвы, воды и воздуха, а также обеспечивать здоровье людей, животных и растений” [3].

В теоретическом плане наш подход включал элементы автаркии с упором на микроцентричность, поскольку именно микроорганизмы являются необходимым и достаточным условием для создания и сохранения биосферы за счет организации и настройки (“fine tuning”) биогеохимических циклов элементов на базе ведущего цикла органического углерода. Следует сказать, что к 1989 году в СССР была создана мощная крупнотоннажная микробиологическая промышленность по продукции кормовых белково-витаминных добавок на основе парафинов нефти (отходы в доходы) и природного газа [1]. Таким образом, вне зависимости от климатических перемен решалась ключевая проблема животноводства, но в годы перестройки эта отрасль была ликвидирована одной из первых. Акцент на природоподобие на региональном уровне в настоящее время предполагает поиски путей более полной замкнутости биогеохимических циклов для обеспечения экологической устойчивости. Ведущий цикл органического углерода представлен двумя ветвями – автотрофная ассимиляция CO₂ и гетеротрофная деструкция органики. В эту

полноценную и замкнутую природную микробную систему аддитивно и гармонично в ненарушенных местообитаниях подключены растения и животные, но в агроэкосистеме именно они вышли на первый план с соответствующими целевыми функциями получения продукции растениеводства и животноводства.

Задача микробиолога – попытаться использовать функциональный потенциал микроорганизмов для получения высококачественной сельскохозяйственной продукции на достаточно высоком уровне при минимизации экологического ущерба для окружающей среды. Интенсивное сельскохозяйственное производство на самом деле ведет с природной микробной системой “войну”, включая уничтожение ключевых популяций циклов азота при массивном применении азотных удобрений и ингибиторов нитрификации. Применение фосфорных и калийных удобрений делает “лишними” популяции везикулярно-арбускулярной микоризы, которая к тому же может существенно улучшать структуру почвы (гломалин как почвенный “клей”). Однако микориза вместе со всеми почвенными грибами устраняется фунгицидами. Не нужны и естественные продуценты фитогормонов, поскольку имеются химические аналоги. Этот краткий список из множества других антисистемных воздействий мы приводим лишь для указания на некоторые разрушенные функциональные блоки, работоспособность которых следует восстановить до заданного уровня.

Не менее значимыми являются микробиологические задачи в деструкционных маршрутах разложения органических отходов, которые нередко по экономическим соображениям рассматриваются агробизнесом как “токсичные активы” и после сброса в окружающую среду становятся токсичными уже для всех обитателей этой зоны.

Отметим ключевые моменты подхода:

- помимо классических микробных удобрений (ризобии, ВAM) необходимы комплексные микробные удобрения на основе природных микробных сообществ, выделенных без подращивания на питательных средах непосредственно из эталонной ненарушенной почвы данного региона (эффект “home-field advantage”), что ведет к успеху за счет умножения, казалось бы, небольших частных эффектов в случае множественной лимитации по Митчерлиху,
- необходима также линейка микробных препаратов целевого назначения, включая, например, продуцентов биофунгицидов для борьбы с нежелательными грибами и продуцентов осмолитов для снижения стрессовой напряженности у растений при засухе,
- реклама или даже наличие суперпопуляции (например, ГМО) с рекордной функциональной характеристикой *in vitro* (положительной или отрицательной) для заданной мишени (растение, животное,

человек) никогда не гарантирует достижение стабильного ожидаемого эффекта, поскольку после интродукции такая популяция попадает в сложнейшую естественную систему и для выживания будет подчиняться системным правилам или погибнет в силу экологической семантики (отсутствие смысла в природоведческом контексте),

- характерная для микробных удобрений нестабильность эффектов, включая даже изменение знака с положительного на отрицательный, связана с состоянием природной микробной системы в момент интродукции и посева, что вытекает из настоятельного требования С.Н. Виноградского “схватывать на лету“ микробные процессы в природе на основе “динамической“ микробиологии с пониманием событий в линейном времени (хронос), циклическом времени (сукцессии) и прицельным управлением популяциями в нужный момент (кайрос) в нашем случае,
- частичное и вместе с тем достаточно эффективное управление микробной системой в рассматриваемых задачах должно учитывать ее целевую функцию (телеономия), связанную с переносом и хранением вещества (стехиометрия), энергии (с упором на экологическую эксергию) и информацией (информбиотики и другие сигнальные метаболиты),
- опыт показывает, что вполне уместными и эффективными при решении подобных задач оказываются нейросети, теория игр, марковские цепи и другие модели [1].

Практическая проверка возможности реализации идеи проведена более 20 лет назад в Белгородской области, руководство которой в те годы поставило на первый план, казалось бы, неразрешимую задачу получения высококачественной сельскохозяйственной продукции с минимизацией загрязнения окружающей среды на основе принципа “отходы в доходы“ и создания рабочих мест для интересных решений, которые были не “прорывными“, а технологиями реально “закрывающими” проблемы.

Указанные выше и другие микробиологические решения проверены в организации “биологического” сельскохозяйственного производства - от комплексных микробных удобрений целевого назначения до крупнотоннажного компостирования “токсичных” отходов животноводства на биополигонах с получением ценного органического удобрения. Подход в целом оказался успешным, но для понимания, повторения и развития подхода необходимо учитывать не только возможности, но и проблемы, связанные с фундаментальными системными ограничениями.

Такие ограничения экологу очевидны, например, в попытках молекулярных биологов “кавалерийским наскоком” спасти сельское

хозяйство от потерь при заморозках путем интродукции генно-инженерных “лед-минус“ бактерий или совершить прорыв посредством исправления расточительности ризобий, нитрогеназа которых при азотфиксации выбрасывает такой лакомый энергоресурс как водород. В первом случае борьба с “лед-плюс” микроорганизмами представляется контрпродуктивной и даже опасной, поскольку именно эти популяции в аэропланктоне реально контролируют климат (кристаллизация переохлажденной воды в облаках) и могут обеспечивать дождем растения, которые служили им домом. Во втором случае водород в экосистеме не теряется, а используется микробным сообществом ризосферы с многообразными функциями “активатора” роста растений (PGPR). В общем случае сомнительной представляется надежда на некую синтетическую популяцию, которая решит сразу много проблем. Здесь уместна аналогия с проектом самолета, который бы был самым быстрым, самым высотным, самым легким, самым грузоподъемным, самым надежным и самым дешевым.

Наконец, основная сложность решения рассматриваемой проблемы связана не только и даже не столько с микробиологическим и другими подходами, которые могут предложить большой набор весьма эффективных решений. Мир, в котором мы живем, можно описать как комплекс иерархических систем, каждая из которых в своем пространственно-временном диапазоне проходит четыре фазы адаптационного цикла Холлинга [2]. С этим связаны основные риски и неопределенности. Тем не менее, еще раз подчеркнем, что имеющийся опыт указывает на необходимость серьезного внимания к функциональному потенциалу микроорганизмов при решении проблем обеспечения экологической и продовольственной безопасности на пути к “единому здорovью”.

Литература

1. Кожевин П.А. Природоведческая микробиология в цифровую эпоху // Вестник современных цифровых технологий. 2022. №13. с. 20-31.
2. Кожевин П.А. Показатели почвенного «здоровья» в оценке почв (обзор). // Вестник Московского Университета. Серия 17. Почвоведение. 2023. № 2. с.16-25
3. Кожевин П.А., Анисимов А.И., Правдин В.Г. Биотехнологический путь земледелия (теория и практика) // Белгородский агромир. 2005. №2. с.1-14.
4. Zinsstag J, Crump L, Schelling E, et al. Climate change and One Health. FEMS Microbiol Lett. 2018;365(11):fny085. doi:10.1093/femsle/fny085

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ЕВРАЗИЙСКОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ СОЮЗЕ

Ламанов С.В., Ромашкин Р.А.

*Евразийский центр по продовольственной безопасности
МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия
slamanov@yandex.ru, ecfs.msu@gmail.com*

Мировой рынок органических продуктов является одним из самых динамично развивающийся в мире. За период с 2000 по 2021 годы он вырос более чем в семь раз. Объем мирового рынка органической продукции в 2021 году составил 125 млрд евро, показав максимальный рост в 2018-2019 гг. более 16% в год [1]. По предпандемическим прогнозам Grand View Research, рынок обещал продолжить рост с темпом 10-12 % в год и достичь в 2025 г. уровня 212-230 млрд. долларов. К 2025 году объём мирового рынка органических продуктов мог бы при этом составить от 3-5% от мирового рынка сельхозпродукции [2]. Пандемия внесла правки в первоначальные оптимистические прогнозы в сторону снижения ожидаемых показателей рынка органического сельского хозяйства. Тем не менее, этот сектор мирового сельского хозяйства продолжит рост.

Мировой рынок органических продуктов дефицитный: спрос с 2016 года превышает предложение. При этом дефицит имеет структурный характер: востребованы, в частности, те товарные группы, которые предлагают или могут предложить страны Евразийского экономического союза (ЕАЭС). В этой связи особый интерес представляет оценка перспектив развития этого рынка в ЕАЭС.

Особенности развития органического сельского хозяйства в ЕАЭС. Вопросам развития органического сельского хозяйства было посвящено специальное исследование, проведенное Евразийским центром по продовольственной безопасности МГУ совместно с Всемирным банком в 2019-2020 гг. [3]. Большинство результатов исследования остаются актуальными, особенно с учетом сильного запаздывания и/или отсутствия достоверной статистики о состоянии органического сельского хозяйства в странах ЕАЭС, характеризующихся существенными различиями в специализации и емкости рынка органической продукции (табл. 1).

Таблица 1. Емкость рынка органической продукции и специализация органического сельского хозяйства в ЕАЭС

Страна	Емкость рынка, млн. евро	Специализация
Армения	н/д	Абрикосы, соки, мёд
Беларусь	18 (2018 г.)	Рожь, гречиха, овес, горох, дикоросы
Казахстан	36 млн. долл. США (экспорт, 2021 г.)	Пшеница, соевые бобы, лен
Кыргызстан	13 (2020 г.)	Фрукты, зерновые, фасоль
Россия	220-260 (2021 г.) 0,2% от мирового рынка	Зерновые, крупа, мука, масличные, дикоросы

Источник: исследование Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ [3].

Цели развития органического сельского хозяйства в ЕАЭС. Развивая органическое сельское хозяйство, страны ЕАЭС преследуют следующие цели:

- обеспечение соответствия национального АПК глобальному тренду;
- производство здоровой и питательной пищи;
- развитие экспорта востребованной продукции;
- формирование диверсифицированных и устойчивых сельскохозяйственных систем;
- повышение конкурентоспособности производства и доходов малых форм хозяйствования;
- сокращение зависимости от дорогостоящих ресурсов и ресурсоинтенсивных практик.

Общие черты процесса развития органического сельского хозяйства в ЕАЭС.

Органическое сельское хозяйство развивалось с конца 90-х гг. усилиями сельхозпроизводителей-энтузиастов. В 2010-е годы в процесс вовлекаются органы государственной власти. С некоторым отставанием от «естественного» хода процесса производится подготовка национальных стратегий и других нормативных документов по развитию органического сельского хозяйства. Лидер процесса – Армения. Активен Казахстан, где разработана Дорожная карта развития органи-

ческого сельского хозяйства на 2022-2023 годы. В России стратегия развития производства органической продукции до 2030 года сформирована в июле 2023 года. В целом, во всех странах ЕАЭС в органическое сельское хозяйство вовлечены доли процента сельхозугодий.

Социально-психологические аспекты производства и потребления органической продукции в ЕАЭС. В рамках исследования [3], страновыми экспертами были проведены неструктурированные опросы потребителей органической продукции в Казахстане и Беларуси. Результаты опросов отражают общую для стран ЕАЭС ситуацию, характеризующуюся с наличием ряда стереотипов как в сфере производства, так и потребления органической продукции. Самый распространенный стереотип в сфере производства связан с легкостью перехода на выпуск органической продукции вследствие наличия в достаточном количестве необходимых сельхозугодий. В России и Казахстане, в частности, многие потенциальные угодья под органическое сельское хозяйство находятся в простое много лет, будучи заброшенными.

В сфере потребления выявлены следующие основные стереотипы:

- местная продукция лучше импортной по соотношению «цена – качество»;
- на колхозных рынках частники реализуют натуральную, то есть органическую продукцию.

Стереотипы мешают развитию органического сельского хозяйства, поскольку упрощают задачу и препятствуют выстраиванию механизмов поддержки производителей органической продукции.

При этом реальные (сложившиеся) потребители органической продукции от этих стереотипов освобождены. Основные черты таких потребителей следующие:

- сложившиеся потребители - высокодоходные и образованные группы населения;
- группы со средними доходами являются «условными» потребителями и характеризуют потенциал роста рынка органической продукции;
- проживают в городах (национальные столицы, крупные региональные центры);
- заботятся о здоровом питании;
- имеют малолетних детей;

- осведомлены о преимуществах органической продукции, хотя часто не понимают разницы между органической и экологической продукцией;
- готовы переплачивать за органическую продукцию 40-100% к цене традиционной продукции (при переплате до 30% к закупкам органической продукции подключается средний класс);
- как правило, не испытывают большого доверия к ритейлу;
- не разделяют стереотипа о том, что местная (национальная) продукция лучше импортной.

Факторы, сдерживающие развитие органического сельского хозяйства в ЕАЭС. Для обеспечения устойчивого развития органического сельского хозяйства в ЕАЭС необходимо преодолеть следующие сдерживающие факторы:

- Слабость внутреннего рынка органической продукции: в общем объеме потребления продуктов питания органическая продукция составляет лишь доли процентов. При этом 70-90% произведенной органической продукции поставляется на экспорт.
- Слабость/отсутствие финансовых институтов поддержки производства органической продукции.
- Отсутствие (зачаточное состояние) логистики и инфраструктуры поддержки органического сельского хозяйства.
- Ограниченные финансовые, кадровые и технологические ресурсы производителей.
- Отсутствие достоверной статистики производства, продажи и экспорта органической продукции. В большинстве случаев опираться приходится на экспертные и косвенные оценки.
- Слабая информированность населения об органической продукции.

Возможные сценарии развития органического сельского хозяйства в ЕАЭС. Исследование [3] показало, что можно выделить группу сценарно-формирующих факторов, универсальных для стран ЕАЭС. Комбинация этих факторов определяет возможный сценарий развития органического сельского хозяйства в каждой из стран. Авторами проведен экспертный опрос, в процессе которого экспертам от стран ЕАЭС предлагалось ответить на вопрос, имеются ли в соответствующей стране возможности для развития определенных факторов в краткосрочной перспективе. Результаты опроса представлены в таблице 2.

Таблица 2. Конфигурация сценариев развития органического сельского хозяйства (ОСХ) в странах ЕАЭС

Факторы, получающие развитие в краткосрочной перспективе	Армения	Беларусь	Казахстан	Кыргызстан	Россия
1. Развитие внутреннего рынка органических продуктов.	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
2. Развитие экспорта (создание экспортной экосистемы для органической продукции)	Да	Нет	Да	Нет	Да
3. Гармонизированная с международными стандартами национальная нормативная база по ОСХ	Да	Да	Нет	Нет	Нет
4. Наличие перспектив расширения природных ресурсов для ОСХ	Да	Да	Да	Да	Да
5. Наличие высокой конкуренции со стороны дополнительных видов с/х производства (БИО, ЭКО)	Нет	Нет	Да	Нет	Нет
6. Наличие авторитетных объединений производителей, нефинансовых институтов развития.	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
7. Наличие перспектив создания финансовых институтов поддержки ОСХ	Нет	Нет	Да	Нет	Да
8. Наличие перспектив создания логистики и инфраструктуры поддержки ОСХ	Нет	Да	Да	Нет	Да
Ожидаемый сценарий развития ОСХ	Умеренный	Умеренный	Умеренный	Умеренный	Умеренный

Примечания. Таблица составлена по итогам экспертного опроса. Цветом выделены факторы, оказывающие положительное влияние на перспективы развития ОСХ.

Как видно из таблицы 2, ни одна из стран ЕАЭС не может продемонстрировать положительную динамику всей совокупности сценарноформирующих факторов. В результате, в краткосрочной перспективе наиболее вероятным эксперты считают умеренный сценарий развития.

Хотя конфигурация сценариев различается по странам, есть и ряд общих черт. Так, все эксперты выделяют среди негативных факторов - отсутствие перспектив развития внутреннего рынка органической

продукции. Позитивным фактором во всех странах выступает наличие перспектив расширения природных ресурсов, используемых для производства органической продукции.

Интеграционные меры в рамках ЕАЭС, необходимые для устойчивого развития производства органической продукции. Определенные перспективы для развития органического сельского хозяйства в странах ЕАЭС открывают возможности интеграционного взаимодействия стран-участниц в рамках наднациональных проектов и программ. В настоящее время, несмотря на высокую нормотворческую активность в странах ЕАЭС, отсутствуют систематизированные подходы по вопросу межгосударственного взаимодействия в сфере органического сельского хозяйства.

Как показало проведенное исследование, к перспективным направлениям интеграционного взаимодействия по развитию рынка органической продукции, в реализации которых заинтересованы двое и более партнеров по ЕАЭС, относятся: научно-техническое сотрудничество; развитие национальных информационно-консультационных систем; гармонизация систем государственной регистрации биопрепаратов, средств питания и защиты растений; международное сотрудничество; содействие реализации мер внутренней политики по развитию производства органической продукции; внедрение системы учета и прослеживаемости органической продукции.

Принимая во внимание многофункциональный вектор развития органического производства, а также наличие возможностей для кратного наращивания объемов выпуска органической продукции, целесообразно в рамках существующих направлений реализации государствами ЕАЭС согласованной агропромышленной политики разработать и принять межгосударственную программу развития органического сельского хозяйства и экспорта органической продукции.

Литература

1. Willer, Helga, Bernhard Schlatter and Jan Trávníček (Eds.) (2023): The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2023. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn. Online Version 2 of February 23, 2023. URL: <https://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2023.html>
2. Органический рынок в мире и России, 2021 г. (по данным Национального органического союза РФ и FiBL). URL: <https://rosorganic.ru/files/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%20%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%B>

E%20%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BA%D0%B0%202021%20%D0%B3.pdf?ysclid=lknt8hmn8q895536008

3. Органическое сельское хозяйство в странах Евразийского экономического союза: текущее состояние и перспективы. Евразийский центр по продовольственной безопасности, 2020. URL:
<https://ecfs.msu.ru/resources/publications/doklad-%C2%ABorganicheskoe-selskoe-hozyajstvo-v-stranax-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soyuza-tekushhee-sostoyanie-i-perspektivy%C2%BB>

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Лукин С.В.

*Центр агрохимической службы «Белгородский», г. Белгород, Россия
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия
serg.lukin2010@yandex.ru*

Введение. В России одним из наиболее развитых аграрных регионов является Белгородская область. С 2011 года в ней реализуется программа биологизации земледелия, которая является неотъемлемой составной частью экологизации сельского хозяйства. Основная цель этой программы – создать такую почвенную среду, которая бы самовосстанавливалась и самообогащалась за счет биологических, природных факторов, при этом продуктивность почвы должна быть увеличена как минимум в полтора раза [3, 4].

В практическом плане реализация этой программы осуществляется посредством проектирования и последующего освоения проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия и охраны почв (АЛСЗ) для всех землепользователей области [1, 4]. Проектирование АЛСЗ и последующая оценка эффективности их освоения во многом осуществляются на основе данных государственного агроэкологического мониторинга, проводимого агрохимической службой России [4].

Объекты и методы исследований. Почвенный покров в лесостепной части Белгородской области в основном представлен черноземами типичными и выщелоченными, а в степной зоне – черноземами обыкновенными. Доля эродированных пахотных почв составляет в среднем 47,9% [4]. Среднемноголетнее значение гидротермического коэффициента по Селянинову (ГТК) находится в пределах от 0,9 на юго-востоке до 1,2 на западе области.

В работе использованы материалы агроэкологического мониторинга почв, проводимого агрохимической службой за 9 (2010-2014 гг.), 10 (2015-2018 гг.) и 11 (2019-2022 гг.) циклы сплошного обследования. В почвенных пробах, отбираемых из пахотного слоя, содержание подвижных форм фосфора и калия определялось по методу

Чирикова. Определение остальных агроэкологических показателей проводилось по общепринятым в агрохимической службе методикам.

Результаты и обсуждение. За годы реализации программы биологизации земледелия существенно изменилась структура посевных площадей. Доля бобовых культур увеличилась с 277,2 тыс. га (20,2%) в 2010-2014 гг. до 393 тыс. га (27,4%) в 2019-2022 гг. В основном это связано с увеличением посевов сои с 105,3 тыс. га (7,7%) до 281,6 тыс. га (19,7%). При этом площадь посева зернобобовых культур и однолетних трав существенно сократилась. За эти же годы площадь чистых паров уменьшилась с 128,6 до 47,1 тыс. га, а площадь посева сидеральных культур увеличилась с 124 до 317 тыс. га (табл. 1). В России по валовому производству сои Белгородская область уступает только Амурской области, где эта культура традиционно является одной из основных.

Таблица 1. Динамика площади посева сельскохозяйственных культур и чистых паров, тыс. га

Показатель		Годы		
		2010-2014	2015-2018	2019-2022
Общая посевная площадь		1369,3	1428,5	1432,1
Площадь чистых паров		128,6	64,7	47,1
Площадь посева сидеральных культур		124	303	317
Площадь посева бобовых культур	всего	277,2	350,6	393,0
	соя	105,4	208,6	281,6
	зернобобовые	46,3	17,9	7,9
	многолетние травы	81,3	95,8	79,2
	однолетние травы	44,2	28,3	24,3

Важным направлением биологизации земледелия в лесостепной зоне области является известкование кислых почв. Почвы этой природной зоны в процессе длительного сельскохозяйственного использования существенно подкисляются, если не проводится их известкование. Максимальные объемы известкования 75 тыс. га в год были достигнуты в 2015-2018 гг., а в 2019-2022 гг. они снизились до 43,8 тыс. га в год в связи с сокращением площадей кислых почв. Средняя доза внесения органических удобрений за период с 2010-2014 гг. по 2019-2022 гг. увеличилась с 4,8 до 9,6 т/га, а минеральных – с 97,9 до 114,4 кг действующего вещества/га. В применяемых минеральных удобрениях превалирует азот, доля которого существенно выше, чем фосфора и калия вместе взятых (табл. 2).

Таблица 2. Динамика применения удобрений и известкования кислых почв

Показатель	Годы			
	2010-2014	2015-2018	2019-2022	
Произвестковано кислых почв, тыс. га/год	36,9	75,0	43,8	
Внесено органических удобрений, т/га	4,8	8,1	9,6	
Внесено минеральных удобрений, кг д.в./га	всего	97,9	112,3	114,4
	N	58,2	75,1	74,1
	P ₂ O ₅	20,8	20,6	19,8
	K ₂ O	18,9	16,6	20,5

Реализация программы биологизации земледелия существенно повлияла на основные параметры агроэкологического состояния пахотных почв. Средневзвешенное содержание органического вещества в почвах в 2019-2022 гг. увеличилось на 0,3% по сравнению с 2010-2014 гг. Основная причина этого – в высоких дозах внесения органических удобрений, которые за период 2015-2022 гг. составили более 8 т/га. Для зернопропашных севооборотов ЦЧР положительный баланс органического вещества в почвах формируется при дозах более 8 т/га севооборотной площади. Кроме того, поступление органического вещества в почву существенно увеличилось за счет повышения площади посева сидеральных культур и больших объемов поступления побочной продукции сельскохозяйственных культур за счет возросшей урожайности основной продукции. В то же время минерализация органического вещества почвы сократилась за счет уменьшения площади чистых паров, широкого использования минимальных обработок почв и технологии прямого сева.

Благодаря большим объемам работ по известкованию доля кислых почв сократилась с 45,8% в 2010-2014 гг. до 28,6% в 2019-2022 гг. При этом доля среднекислых почв снизилась с 12,6 до 3,0%. Для сравнения: в почвах Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областей доля кислых почв составляет 31,0, 71,0, 77,9, 77,3% соответственно [2].

Благодаря достигнутому уровню внесения удобрений, особенно органических, содержание в почвах пашни подвижных форм P₂O₅ за этот же период было стабильным, а K₂O увеличилось на 14 мг/кг (табл. 3). По содержанию подвижных форм P₂O₅ и K₂O пахотные почвы Белгородской области являются самыми обеспеченными в ЦЧР. Для сравнения: в почвах Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбов-

ской областей средневзвешенное содержание подвижных форм P_2O_5 составляет 104, 129, 98 и 88 мг/кг, K_2O – 135, 112, 138 и 106 мг/кг соответственно [2].

Таблица 3. Динамика основных показателей агроэкологического состояния почв

Показатель		Годы		
		2010-2014	2015-2018	2019-2022
Содержание органического вещества, %		5,0	5,2	5,3
Содержание подвижных форм, мг/кг	P_2O_5	138	146	139
	K_2O	147	172	161
Доля кислых почв, % от площади	всего	45,8	35,5	28,6
	слабокислых	33,0	29,7	25,6
	среднекислых	12,6	5,8	3,0
	сильнокислых	0,2	0,0	0,0

Важным фактором агроэкологического состояния почв является содержание подвижных форм серы и микроэлементов. При низком уровне их содержания в почве рекомендуется применять удобрения, содержащие эти элементы. В настоящее время основным источником их поступления в агроценозы являются органические удобрения. Фактором, существенно снижающим подвижность микроэлементов в почвах, является известкование. За период мониторинга с 2010-2014 гг. по 2019-2022 гг. доля почв, низкообеспеченных серой, марганцем, цинком и медью, снизилась на 9,3, 13,5, 2,0 и 4,4% соответственно (табл. 4). Для нормирования содержания подвижных форм марганца, цинка, меди и кобальта установлены уровни предельно допустимой концентрации (ПДК), составляющие 140, 23, 3 и 5 мг/кг. Пахотных почв с превышением данных ПДК в ходе мониторинга не выявлялось.

Благодаря достигнутому за годы биологизации земледелия уровню внесения удобрений (особенно органических), известкованию кислых почв, внедрению современных агротехнологий существенно увеличилась урожайность сельскохозяйственных культур. В 2019-2022 гг. по сравнению с 2010-2014 гг. урожайность озимой пшеницы выросла в 1,43, ячменя – в 1,4, кукурузы на зерно – в 1,44, подсолнечника – в 1,43, сои – в 1,29, сахарной свеклы – в 1,24 раза (табл. 5).

Таблица 4. Динамика доли почв, низкообеспеченных подвижными формами серы и микроэлементов, % от обследованной площади

Элемент	Уровень низкой обеспеченности, мг/кг	Годы		
		2010-2014	2015-2018	2019-2022
Сера	< 6	95,0	90,4	85,7
Марганец	< 10	53,6	38,5	40,1
Цинк	< 2	99,2	98,8	97,2
Медь	< 0.2	96,9	98,1	92,5
Кобальт	< 0.15	94,3	99,3	98,8

Таблица 5. Динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур [4]

Сельскохозяйственная культура	Годы		
	2010-2014	2015-2018	2019-2022
Пшеница озимая	3,54	4,50	5,09
Ячмень яровой	2,72	3,46	3,82
Кукуруза на зерно	4,97	6,65	7,15
Подсолнечник	2,10	2,66	3,00
Соя	1,60	2,13	2,07
Сахарная свекла	36,8	44,1	45,6

Таким образом, в 2019-2022 гг. по сравнению с 2010-2014 гг. площадь под бобовыми культурами выросла на 115,8, сидеральными – на 193 тыс. га. При этом площадь под чистыми парами уменьшилась на 81,5 тыс. га. Применение органических удобрений увеличилось в 2 раза до 9,6 т/га, минеральных – в 1,17 раза до 114,4 кг/га. В сумме за 2015-2022 гг. было произвестковано 488,4 тыс. га кислых почв. В результате средневзвешенное содержание органического вещества в почве увеличилось на 0,3%, подвижных форм калия – на 14 мг/кг, доля кислых почв сократилась на 17,2%. Наметился тренд к снижению доли почв, низкообеспеченных подвижными формами серы, марганца, цинка и меди. Урожайность озимой пшеницы, ячменя, кукурузы, подсолнечника, сои и сахарной свеклы увеличилась в 1,43, 1,40, 1,44, 1,43, 1,29 и 1,24 раза соответственно.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-17-00169, <https://rscf.ru/project/23-17-00169/>

Литература

1. Кирюшин В.И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов. Спб.: ООО «Квадро», 2018. 568 с.
2. Лукин С.В. Мониторинг агроэкологического состояния пахотных почв Центрально-Черноземного района России // Агрохимия. 2023. № 4. С. 67-77. EDN: DIMNZW.
3. Савченко Е.С. Выступление Губернатора Белгородской области, члена-корреспондента РАН Е.С. Савченко // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 5. С. 525-526.
4. Савченко Е.С., Кирюшин В.И., Лукин С.В. Опыт биологизации агротехнологий при освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Белгородской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022, №6(390). С. 658-661.
5. <http://www.fedstat.ru/indicators/stat.do> (дата обращения 24.04.2023).

ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ РОССИИ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Овчаренко М.М.

*Национальный Агрохимический союз, г. Москва, Россия
rauna-m@mail.ru*

Главным земельным средством, на котором возделываются сельскохозяйственные растения, является почва. В последнее десятилетие сельское хозяйство России на почвенном покрове произвело достаточно высокие объемы зерна, масличных культур, овощей, кормов для животноводства и др. продукции, чтобы в полной мере обеспечивать население продуктами питания, а животных кормами. Для поддержания устойчивого производства сельскохозяйственной продукции и не снижения показателей плодородия почв по уровню содержания азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы внесение органических удобрений под урожай 2022 г. составило 90,0 млн. т., минеральных удобрений на один гектар посева удобренной площади составило более 80 кг/га д.в., внесение известковых мелиорантов на кислых почвах за 2020-2022 г. на площади 1011.3тыс.га.

Науке и производству необходимо изучить: возможности потенциала почв России по переходу на биологическое земледелие. Почвы России сформировались в различных природно-климатических и ландшафтных условиях и по своему генетическому происхождению земли пашни представлены почвами с кислотностью по значению $pH_{KCl} < 6,0$ на площади 36%, с высокой степенью щелочности $pH_{N_2O} > 7,1$ - на площади 17%, с нейтральной средой - на площади 47 % [1].

Оптимальные условия роста и развития сельскохозяйственных растений находятся в пределах значений pH 6,0-7,0. Поэтому выращивание растений на почвах с другими значениями кислотно-основных свойств почв будет вызывать у растений проявление микробно-грибной болезненности, биологический стресс, недостаточность накопления в продукции белково-углеводного и минерально-витаминового комплексов. Насколько будет качественной и полезной такая продукция для человека и животных следует проводить изучение. Известно, что растения формируют свой скелет, тело и пищевую продукцию за счет питательных элементов на 95%, находящихся в почве, наиболее значимые из которых: Ca, Mg, N, P, K, Na, Si, S, Cl, Cu, Zn, Fe, B, Mn, Mo, Co, CO_2 и др. Поэтому для выращивания сельскохозяйственных культур в биологическом земледелии необходимо

подбирать площади различных типов почв, которые в почвенно-поглощающем комплексе имеют достаточные уровни содержания доступных для растений питательных элементов, хорошую биологическую активность микробно-грибной ассоциации и водно-воздушные свойства.

На протяжении 60 лет Агрохимическая служба Минсельхоза России последовательно проводила и проводит исследования химического, биологического, физического состояния и показателей почв земель сельскохозяйственного назначения по полям, элементарным участкам с выявлением типов, подтипов почв и установления степени их плодородия, дефляции, деградации и загрязнения [2, 3].

Для сельхозпроизводителей выдаются картографические и табличные данные, паспорта плодородия почв полей земельных участков и рекомендации по полям под культуры с ассортиментом и дозами удобрений для получения планового урожая растениеводческой продукции. Например, для кислых почв с $pH < 5,5$ рекомендуется внесение естественных кальциево-магневых известняков для доведения кислотности почв до $pH = 5,5-6,0$ и повышения в почве кальция и магния. Если такой агроприем не проводится, то на таких почвах, например, капуста и другие растения заболевают корневыми гнилями. При недостатке в растениях кальция снижается устойчивость стеблестоя, при недостатке магния замедляется образование хлорофилла. Для почв со средним и низким уровнем содержания фосфора, размещенных на площади 58% пахотных земель, при значении $pH_{КС1}$ менее 5,8 рекомендуется в первую очередь применение естественных фосфоритов в молотом виде, называемой фосфоритной мукой, и дополнительно рекомендуется внесение водорастворимых форм фосфорных удобрений. При низком содержании фосфора в почвах у растений медленно закладываются генеративные органы, нарушается образование ДНК, РНК и не нарастает биомасса [4]. Для почв со средним и низким уровнем содержания калия, размещенных на площади 31% пахотных земель, рекомендуется в первую очередь применение естественных солей хлористого калия в молотом виде, а также в виде подкормок гранулированными и водорастворимыми удобрениями, содержащими калий. Для почв с недостаточным содержанием серы, размещенных на площади 67% пахотных земель, рекомендуется применение естественных солей сернокислого кальция, фосфогипса, а также подкормок минеральных удобрений, содержащих серу. На солонцовых почвах для улучшения их водно-физических свойств рекомендуется внесение фосфогипса.

На 59 % пахотных земель в почвах содержится низкое содержание органического вещества. Поскольку органическое вещество почв

является главным источником накопления в почве минеральных форм азота для питания, роста и накопления биомассы растений, то урожайность на почвах с низким содержанием органического вещества составляет 5-12 ц/га зерновых единиц. Поэтому на таких почвах рекомендуется внесение органических удобрений, выращивание бобовых культур, зеленых удобрений и внесение азот содержащих минеральных удобрений.

Таблица. Распределение площадей пахотных земель по отдельным показателям плодородия почв по состоянию на 01.2022 г. (% от обследованных)

Наименование ФО, Субъекта	Кислотность			Органическое вещество			Содержание Фосфора			Содержание Калия		
	Кислые.	Нейтрл.	Щелочн	Высокое	Среднее	Низкое	Высокое	Среднее	Низкое	Высокое	Среднее	Низкое
Российская Федерация	36	47	17	12.	29.	59.	42	34	24	69	19	12
Вологодская дерново- подзолистые.	80	20	0	33	16	51	40	47	13	15	53	32
Московская дерново- подзолист. Серые лесные	73	27		8	28	64	68	17	15	26	56	16
Ростовская черноз. южный, карбонатн. солонцеватые.	0	47	53			100	9	16	75	8	92	0
Оренбургская чернозем южый. карбон., солонцев.	0	39	61		21	79	3	52	45	19	73	8
Красноярский край, подзолистые, Серые лесные, черноземные	38	62	0	41	26	33	16	54	30	63	30	7

Как видно из данных, приведенных в таблице, площади пашни с кислыми почвами размещены в Северном, Центральном, Сибирском и Дальневосточном округах России [5]. На примере данных по содер-

жанию в почве доступных форм фосфора можно показать, какая величина биологического урожая может быть получена на конкретном поле. При содержании фосфора в 120 мг/кг на почвах с нейтральной и кислой реакцией почвенного раствора корневой системой растений может быть поглощено до 10% запаса фосфора или 12 мг/кг P_2O_5 из почвы. Этот уровень может обеспечить получение биологической массы сельскохозяйственной культуры до 25-30 ц/га. В этой же почве определили уровень содержания минерального азота до 36 мг/кг с максимальным использованием 50%, уровень которого может обеспечить получение биологической массы сельскохозяйственной культуры до 20-25 ц/га. Таким образом для каждого типа почв при установлении в них содержания доступных питательных элементов можно планировать тот или иной уровень урожая биомассы без применения минеральных удобрений. Величина этого урожая будет эквивалентна уровню показателей плодородия и составлять в пределах 12-30 ц/га в пересчете на зерновые единицы.

Известно, что органические остатки урожая в виде соломы и корневой системы не обеспечат полный возврат в почву питательных минеральных элементов для последующего урожая, а могут их компенсировать только не более 60% от вынесенного с поля урожая. Поэтому последующая культура в севообороте на этом поле на следующий год будет давать урожай на 20-30% ниже уровня предшествующей культуры прошлого года. Напрашивается предложение о включении выращивания в севообороте промежуточных зеленных культур, с заашкой их в почву и внесения дополнительно органических удобрений. Это обеспечит воспроизводство биологических свойств почвы, будет способствовать накоплению питательных веществ в доступных формах и соединениях почвы, которые будут служить пищевой средой будущего урожая последующей культуры. Однако в целом при выносе урожая с полей происходит истощение почвы минеральными питательными элементами такими как P, K, N, Ca, Mg, S, Cu, Zn и других элементов. Поэтому через определенное время данные почвы необходимо пополнять пищевыми элементами из естественных сырьевых ресурсов таких как хлористый калий, карбонат кальция и магния, трикальций фосфат, органические отходы животноводства, растениеводства и пищевых цепочек. Также следует отметить, что все типы почв бедны микроэлементами такими как B, Cu, Zn, Mo, а щелочные почвы Fe, Mn. Поэтому в настоящее время товаропроизводители проводят некорневые подкормки растений органоминеральными удобрениями с микроэлементами. Возникает вопрос, каким образом компенсировать недостаток микроэлементов в биологическом земледелии. Элементы биологического земледелия Европейские землеполь-

зователи начали внедрять на почвах с рН более 5,5 при содержании доступного фосфора и обменного калия более 600 мг/кг почвы. На таких почвах после внесения микробных препаратов биологический урожай без внесения удобрений может составлять 45-50 ц/га.

Анализ показателей плодородия различных типов почв в РФ показал, что биологическое земледелие с производством урожая сельскохозяйственных культур без применения минеральных удобрений и пестицидов можно осуществлять на всех типах почв, которые имеют средний уровень плодородия по обеспеченности почв органическим веществом, питательными элементами: фосфором, калием, кальцием, магнием, серой, цинком, медью и значением рН в области 5,5-7,5. При соблюдении данных требований на таких почвах в течении 10 лет не понадобится проводить комплекс агрохимических мелиоративных мероприятий.

Литература

1. Андроников В.Л. и др. Почвенный покров и земельные ресурсы РФ М. 2001 под ред. Л.Л. Шишова. Почвенный институт. 2001.
2. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий. М.: Центр науки МСХРФ. 1994.
3. Проведение почвенного обследования сельскохозяйственных земель (научно-методические рекомендации), М.: ВНИИА. 2022.
4. Приемы повышения плодородия почв. (Научно-методические рекомендации). М.: МСХ РФ. 2021.
5. Овчаренко М.М., Некрасов Р.В. Аканова Н.И. Управление плодородием на планируемый урожай, стр.208-215. В сборнике, «Современные проблемы и перспективы развития агрохимии, земледелия и смежных наук о плодородии почв и продуктивности полевых культур в Сибири». Красноярск. 2023.

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ДЛИНУ РОСТКОВ И КОРЕШКОВ ПШЕНИЦЫ

Сатторов Б.Н¹, Партоев К.²

*¹Таджикский государственный педагогический университет
им. С. Айни, Душанбе, Таджикистан*

*²Институт ботаники, физиологии и генетики растений НАН
Таджикистана, Душанбе, Таджикистан
basab00@mail.ru, pkurbonali@mail.ru*

В последние годы со стороны ученых разных стран мира ведутся исследования по выявлению влияния разных химических и органических соединений на рост и развитие, а также на продуктивность растений. Больше внимание исследователей направлено на способы предпосевной обработки семян с использованием биологически активных препаратов и разработанных на их основе полимерных композиций, обладающих широким спектром действий, в качестве полимеров с биологической активностью.

В частности, ряд ученых сообщают, что такие препараты, как ЭРА, Гель, Узхитан и другие оказывают положительное воздействие на продуктивность растений [1, 2]. Установлено, что под влиянием биостимуляторов наблюдается усиление роста и развития зерновых и других культур [3, 4]. В связи с этим перед нами стояла цель – изучить влияние различных биостимуляторов на всхожесть, на длину ростков растения маша (сорт местный), кабачки, огурцов фасоль и маша. Опыты проводились в лабораторных условиях Института ботаники, физиологии и генетики растений Национальной академии наук Таджикистана, расположенного на высоте 840 м над уровнем моря. В лабораторных условиях был заложен опыт по определению влияния водных растворов разных препаратов на всхожесть и длину ростков и корешков пшеницы сорта «Джагер». Для этого брали по 20 шт. семян пшеницы сорта «Джагер» и они были пророщены в чашках Петри. В дне чашки Петри разместили салфетки. В опыте были испытаны следующие варианты: 1. Контроль (вода); 2. Водный раствор ЭРА; 3. Водный раствор соли натрия хлорида, 0,5%; 4. Комплексное микробиологическое удобрение (КМУ), 40%. Семена пшеницы пророщивали в чашках Петри в водном растворе препаратов. Через неделю подсчитали количество проросших семян, длины ростков и корней растений по вариантам опыта.

Как показали исследований количество проросших зёрен пшеницы в вариантах опыта были следующими: контроль – 85%; ЭРА – 85%; натрий хлорид – 70% и КМУ – 20%. Также установлено, что разные препараты по-разному влияют на длину ростков и корешков пшеницы (табл.).

Таблица. Влияние разных препаратов на длину ростков и корешков пшеницы сорта «Джагер» (в лабораторных условиях)

№	Контроль (вода)		Эра		Натрий хлорид, 0,5%		КМУ – 40%	
	Длина ростков, см	Длина корешков, см	Длина ростков, см	Длина корешков, см	Длина ростков, см	Длина корешков, см	Длина ростков, см	Длина корешков, см
1	15.5	13.0	17.5	10.5	16.5	8.0	11.0	1.0
2	15.5	9.0	16.0	11.0	16.0	7.0	6.0	1.2
3	14.0	8.0	19.3	13.0	15.5	7.5	6.5	0.5
4	10.3	10.5	13.3	12.0	16.5	10.0	4.5	1.0
5	15.5	9.5	16.5	10.2	16.5	11.5	0	0
6	14.0	7.0	18.0	16.5	15.5	8.0	0	0
7	15.0	9.0	15.0	7.5	12.5	10.5	0	0
8	13.2	13.0	16.5	12.0	14.5	6.0	0	0
9	15.2	5.5	16.5	13.5	13.5	4.0	0	0
10	14.5	7.0	13.3	6.0	17.0	6.0	0	0
11	13.5	7.5	11.0	9.5	18.4	7.0	0	0
12	13.0	12.5	16.5	9.0	15.0	6.5	0	0
13	13.4	7.0	13.0	10.5	3.5	3.5	0	0
14	11.0	4.5	13.0	8.0	0	0	0	0
15	13.5	10.5	16.5	15.0	0	0	0	0
16	13.5	13.5	13.5	8.0	0	0	0	0
17	10.5	12.5	15.0	9.5	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
Ср.	13.6	9.4	15.3	10.7	14.7	7.3	9.3	1.2

Также определено, что под воздействием разных препаратов наблюдается изменение длины ростков и корешков пшеницы. Осо-

бенно препарат ЭРА вызывает стимуляционный эффект на формирование признаков длины ростков и корешков пшеницы (рис. 1).

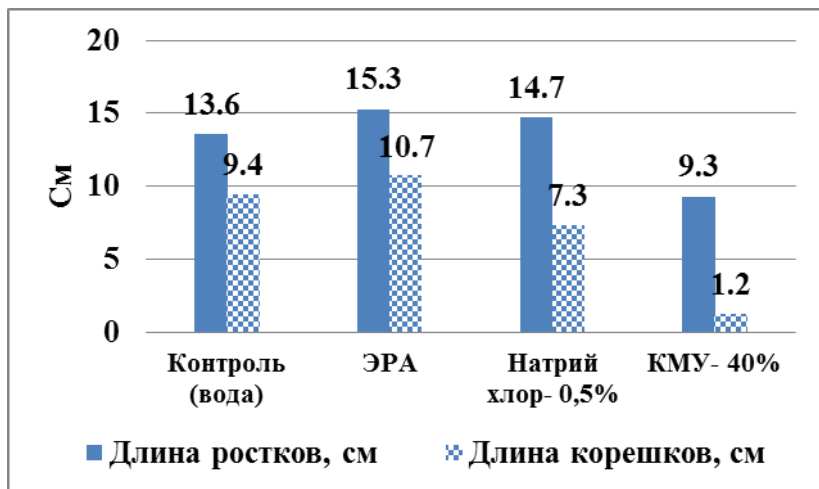


Рисунок 1. Влияние препаратов на длину ростков и корешков пшеницы сорта «Джагер»

Как видно из рисунка, под влиянием препарата ЭРА наблюдается увеличение длины растений пшеницы на 12,5% и длины ее корешков на 13,8% по сравнению с контролем. Также под влиянием хлорида натрия наблюдается увеличение длины ростков на 8,1% по сравнению с контролем. Хлорид натрия приводит к уменьшению длины корешков на 28,8% по сравнению с контролем. Под воздействием препарата КМУ- 40% наблюдается уменьшение длины растений на 46,2% и длины корешков – более, чем в 3,5 раза по сравнению с контролем.

Таким образом, препарат ЭРА в лабораторных условиях положительно повлиял на длину ростков и корешков пшеницы сорта «Джагер», по сравнению с контролем, а препарат КМУ, наоборот, ингибировал эти показатели. Хлорид натрия стимулирует длины ростков и ингибирует длину корешков у пшеницы.

Литература

- Куликов С.Н., Алимова А.К., Захарова Н.Г., Немцев С.В., Варламов В.П. Препараты агрохит и триходермин против болезней картофеля. Прикладная биохимия и микробиология. 2006, Т.42, № 1. - С. 86-92.

2. Куликов С.Н., Тюрин Ю.А., Долбин Д.А. Роль структуры в биологической активности хитозина// Вестник Казанского технологического университета, 2007, № 6. - С. 10-15.
3. Рашидова Д.К. Применение биологически активных полимеров на хлопчатнике. Ташкент, 2015.-132 с.
4. Соколова Е.А., Байданова Е.А. Влияние фито регуляторов на количество зерен в колосе. Материалы седьмой международной конференции. Санкт- Петербург-Репино, 15-18 сентября 2003 г. – С.114-116.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БИОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ НА ОСНОВЕ БАКТОГУМУСОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

Степанов А.Л., Козлова Е.А., Лысак Л.В.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия
stepanov_aleksey@mail.ru*

Гуминовые кислоты – неотъемлемая составляющая почв, во многом определяющая её устойчивость к загрязнению распространёнными экотоксикантами и способность к самоочищению. Существенное влияние на процессы формирования, состав и свойства гуминовых кислот оказывают микробные сообщества почв. Изучение взаимодействия гуминовых кислот и микроорганизмов представляет практический интерес, поскольку полученные данные можно использовать для создания бактериальных препаратов на основе гуминовых кислот, применение которых перспективно в целях ремедиации почв и других объектов окружающей среды от экотоксикантов.

Целью работы было исследование возможности сорбции гуминовых кислот на микробных клетках и создание бактогумусовых препаратов нового поколения для повышения устойчивости и активности целевых микробных популяций в объектах окружающей среды (почвах, грунтах, подземных водах). Работа проводилась с 5 % раствором гумата калия и чистыми культурами бактерий родов *Rhodococcus*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Cytophaga*, *Erwinia*, а также нативным микробным комплексом, выделённым из перегнойно-глеевой почвы (Чашниково, Московская обл.). Эксперименты по детоксикации почв от нефтепродуктов и тяжёлых металлов проводились с дерново-подзолистой почвой. В качестве загрязнителя вносились нефть, дизельное топливо в концентрациях 2, 4% и водорастворимых солей металлов (сульфата меди и ацетата свинца) в пятикратном превышении их предельно-допустимой концентрации. В качестве тест-культуры высаживались растения кресс-салата.

В результате исследований разработана технология сорбции ГК на микробных клетках, подтвержденная методом электронной микроскопии. Обнаружено положительное действие бактогумусовых препаратов, превышающее эффект от инокуляции чистых культур бактериальных суспензий на 50–90 %. Установлено, что исследованные бактерии способны поддерживать численность в составе препарата на основе гуминовых кислот не более 1 года. Обнаружена способность

сохранения в течение длительного периода времени целевых популяций бактерий в объектах окружающей среды, в случае их внесения в составе бактогумусовых препаратов. Применение бактогумусовых препаратов позволило эффективно провести ремедиацию почв, загрязнённых нефтью, нефтепродуктами и тяжёлыми металлами в течение одного вегетационного периода, что выразилось в увеличении биомассы выращенных растений, повышении биологической активности почвы и снижении концентрации поллютантов за счет микробной деструкции (в случае с углеводородами) и снижению токсичности тяжёлых металлов за счет уменьшения их подвижности и биодоступности в почве в результате связывания с гуминовыми кислотами. Полученные данные служат основой создания и применения бактогумусовых препаратов, представляющих собой устойчивый комплекс гуминовых кислот и микроорганизмов, длительное время сохраняющих свои свойства в условиях хранения, внесения в почву и высокоэффективных в целях ремедиации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами и нефтепродуктами.

ЦИАНОБАКТЕРИИ КАК ЦЕННЫЙ БИОРЕСУРС В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Темралеева А.Д.¹, Дидович С.В.²

¹ФИЦ «Пуцинский научный центр биологических исследований РАН»,
г. Пуццино, Россия

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Крыма», г. Симферополь, Республика Крым, Россия
temraleeva.anna@gmail.com, sv-alex.68@mail.ru

Цианобактерии – это группа оксигенных фототрофных бактерий разнообразная по морфологическим, молекулярно-генетическим, метаболическим свойствам, которые позволили им колонизировать и успешно развиваться во всех экологических нишах мира, включая экстремальные местообитания. Их функциональная роль связана со способностью к фотосинтезу, азотфиксации, растворению иммобилизованных форм фосфора и других биофильных элементов, недоступных для растений [23], продукции внеклеточных полисахаридов, которые усиливают агрегацию почвенных частиц, обладают водоудерживающими свойствами и адсорбируют питательные вещества. На сегодняшний день известно более двух тысяч вторичных метаболитов цианобактерий [8], включая алкалоиды, фитогормоны, витамины, пигменты (фикобилипротеины, хлорофилл а и каротиноиды), сидерофоры, цианотоксины, микоспорин-подобные аминокислоты и другие [1, 2, 10, 18, 20]. Цианобактериальные метаболиты показали иммунодепрессивное, противораковое, антибактериальное, антипротозойное, фунгицидное, противовоспалительное, противомаларийное, антикоагулянтное, противотуберкулезное и противовирусное действия [4, 17, 21, 26]. Поэтому многие из них имеют широкий спектр применения в производстве биотоплива, биоудобрений, лекарственных и косметологических препаратов, продуктов питания и кормов для животных, а также для очистки сточных вод [6, 7, 11, 13, 15, 16, 25].

В агропромышленном комплексе остро стоит вопрос обеспечения продовольственной безопасности населения мира, которое по прогнозам превысит 9.6 миллиардов человек к 2050 году, что повлечет за собой необходимость резкого увеличения годового производства зерновых культур примерно на 50%, т.е. с 2.1 млрд т/год до 3 млрд т/год [24]. Подобный рост возможен либо за счет использования новых сельскохозяйственных земель, либо за счет повышения продуктивности уже обрабатываемых. Применение синтетических удобрений и

пестицидов, интенсивная обработка почвы и чрезмерное орошение приводят к ухудшению ее плодородия, истощению почвенных и водных ресурсов, загрязнению окружающей среды и, в конечном счете, увеличению стоимости сельскохозяйственной продукции и возникновению экологических рисков. Использование цианобактерий для биологизации сельского хозяйства приводят к следующим положительным эффектам в агроэкосистемах [12, 19, 24]:

- улучшение растворимости, подвижности и доступности элементов питания растений, в первую очередь азота и фосфора;
- комплексообразование тяжелых металлов и ксенобиотиков для ограничения их подвижности и токсичности при транспорте в растения;
- улучшение физико-химического состояния почв (агрегатного состава, водоудерживающей способности) за счет продукции внеклеточных экзополисахаридов, которые могут составлять до 25% от общей биомассы цианобактерий [14];
- защита от фитопатогенов (грибов, оомицетов, бактерий, включая фитоплазмы, вирусов и нематод);
- прямая стимуляция роста растений благодаря продукции фитогормонов и других биологически активных веществ, влияющих на разнообразные физиологические процессы в растениях, в том числе на стимуляцию корневого роста и ветвления, роста проростков, цветение и созревание плодов [3], а также помогающих противостоять как биотическим, так и абиотическим стресс-факторам, таким как ультрафиолетовое излучение, недостаток влаги, высокие или низкие температуры и соленость [5, 9, 22];
- косвенная стимуляция растений благодаря созданию благоприятных условий для роста PGPR-бактерий (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria).

Так, наши исследования показывают, что механизм влияния бактериализации растений цианобактериальными штаммами на эффективность растительно-микробного взаимодействия связан с культуральными и физиологическими особенностями используемых штаммов (возрастом культуры, наличием ассоциативных с цианобактерией гетеротрофных микроорганизмов, продукцией фитогормонов и т. д.). Это в конечном итоге является одним из решающих факторов стимулирующего или ингибирующего действия на рост и развитие бактериализованных сельскохозяйственных растений.

В лабораторном опыте по изучению влияния цианобактеризации на посевные качества семян томата (*Solanum lycopersicum* L.) установ-

лено, что *Nostoc sphaeroides* ACSSI 150 и *Nostoc linckia* ACSSI 271 (1.5-месячные культуры) с инокуляционной нагрузкой 0.1×10^{-3} мг абсолютно сухой массы (а.с.м.)/мл/семя существенно увеличила энергию прорастания на 50.0-68.7%, скорость прорастания на 7.3-17.7%, дружность прорастания на 8.4-25.3% в сравнении с контролем (обработка водой), всхожесть семян оставалась на уровне контрольного варианта ($p < 0.05$). Установлено, что бактеризация *Nostoc sphaeroides* ACSSI 150 и *Nostoc linckia* ACSSI 271 увеличила длину корешков томата на 144.7-146.2%, высоту проростков на 65.1-67.2%, массу проростков в 2 раза по сравнению с контролем. Подобные рост-стимулирующее воздействие может быть связано с фитогормональной активностью штаммов цианобактерий. Так, 1.5-месячные культуры штаммов *Nostoc sphaeroides* ACSSI 150 и *Nostoc linckia* ACSSI 271 накапливали максимальное количество гетероауксина 0.10-0.17 мкг/мг а.с.м., а через 3.5 месяца наблюдалось его существенное снижение в 2.0-4.2 раза ($p < 0.05$).

При исследовании влияния штаммов цианобактерий разных возрастов (1, 3 и 9 мес.) на всхожесть пшеницы *Triticum aestivum* L. показано, что 1-месячная культура *Nostoc calcicola* ACSSI 82 ингибировала всхожесть семян пшеницы в 1.6 раза, а 9-месячная культура *Nostoc sphaeroides* ACSSI 150 угнетала всхожесть в 2 раза по сравнению с контролем. Было предположено, что данные штаммы могут быть перспективны для разработки биогербицидных препаратов. Дальнейшие исследования их ингибирующего потенциала были протестированы на *Ambrosia artemisiifolia* L. В лабораторном опыте при бактеризации растений в дозе 0.1×10^{-2} мг а.с.м. *Nostoc sphaeroides* ACSSI 150 (9-месячная культура) растение в фазе развития амброзии 2-4 листьев установлена гибель 25% амброзии по сравнению с контролем без обработки ($p < 0.05$).

В конечном итоге, при использовании цианобактериальных препаратов достигаются не только агрономические эффекты, но и экономические и экологические выгоды, выражающиеся в уменьшении производственных затрат и предотвращении загрязнения и почвенной деградации за счет сокращения использования синтетических удобрений и пестицидов для снижения химического пресса в агроценозах. Биологизация агропромышленного комплекса является устойчивым трендом развития землепользования в странах Евросоюза и США: уровень охвата биопрепаратами 76% и 40%, соответственно, в то время как в России — только 2% (по данным исследовательской компании «Abercade»). Современные вызовы, с которыми сталкивается отечественная экономика в целом и сельское хозяйство в частности, включая растениеводство как ведущую отрасль, должны интенсифи-

цировать развитие российского рынка биопрепаратов стимулирующего (биоудобрения) и ингибирующего характера (биологические средства защиты растений).

Литература

1. Abo-Shady, A.M., Osman, M.E.A.H., Gaafar, R.M. et al. Cyanobacteria as a Valuable Natural Resource for Improved Agriculture, Environment, and Plant Protection // *Water Air Soil Pollut.* 2023, №234(313).
2. Alvarez, A.L., Weyers, S.L., Goemann, H.M., Peyton, B.M., Gardner, R.D. Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture // *Algal Research.* 2021, №54. p. 102200.
3. Bareke, T. Biology of seed development and germination physiology // *Adv. Plants Agric. Res.* 2018, №8. p. 336–346.
4. Carpine, R., Sieber, S. Antibacterial and antiviral metabolites from cyanobacteria: Their application and their impact on human health // *Curr. Res. Biotechnol.* 2021, №3. p. 65–81.
5. Chiaiese, P., Corrado, G., Colla, G., Kyriacou, M.C., Roupheal, Y. Renewable sources of plant biostimulation: Microalgae as a sustainable means to improve crop performance // *Front. Plant Sci.* 2018, №9. p. 1782.
6. Demay, J., Bernard, C., Reinhardt, A., Marie, B. Natural products from cyanobacteria: Focus on beneficial activities // *Mar. Drugs.* 2019, №17. p. 320.
7. Favas, R., Morone, J., Martins, R., Vasconcelos, V., Lopes, G. Cyanobacteria and microalgae bioactive compounds in skin-ageing: Potential to restore extracellular matrix filling and overcome hyperpigmentation // *J. Enzym. Inhib. Med. Chem.* 2021, №36. p. 1829–1838.
8. Jones, M.R., Pinto, E., Torres, M.A., Dörr, F., Mazur-Marzec, H., Szubert, K., Tartaglione, L., Dell’Aversano, C., Miles, C.O., Beach, D.G., et al. CyanoMetDB, a comprehensive public database of secondary metabolites from cyanobacteria // *Water Res.* 2021, №196. p. 117017.
9. Kapoore, R.V., Wood, E.E., Llewellyn, C.A. Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices // *Biotechnol. Adv.* 2021, №49. p. 107754.
10. Li, J., Li, C., Smith, S.M. *Hormone Metabolism and Signaling in Plants.* Academic Press Elsevier: London, UK, 2017.
11. Llewellyn, C.A., Kapoore, R.V., Lovitt, R.W., Greig, C., Fuentes-Grünewald, C., Kultschar, B. Deriving economic value from metabolites

- in cyanobacteria. In *Grand Challenges in Algae Biotechnology*; Hallmann, A., Rampelotto, P., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2019.
12. Malamlssa, O. L., Bissonnais, Y., Defarge, C., and Trichet, J. Role of a cyanobacterial cover on structural stability of sandy soils in the Sahelian part of western Niger // *Geoderma*. 2001, №101. P.15–30.
 13. Morone, J., Alfeus, A., Vasconcelos, V., Martins, R. Revealing the potential of cyanobacteria in cosmetics and cosmeceuticals—A new bioactive approach // *Algal Res.* 2019, №41. p. 101541.
 14. Nisha, R., Kaushik, A., Kaushik, C. P. Effect of indigenous cyanobacterial application on structural stability and productivity of an organically poor semi-arid soil // *Geoderma*. 2007, №138. p. 49–56.
 15. Parwani, L., Bhatt, M., Singh, J. Potential biotechnological applications of cyanobacterial exopolysaccharides // *Braz. Arch. Biol. Technol.* 2021, №64. e21200401.
 16. Pathak, J, Rajneesh, Maurya, P.K., Singh, S.P., Häder, D.-P., Sinha, R.P. Cyanobacterial Farming for Environment Friendly Sustainable Agriculture Practices: Innovations and Perspectives // *Front. Environ. Sci.* 2018, №6. p. 7.
 17. Pattnaik, S., Singh, L. Cyanobacteria bioactive compound, their production and extraction with pharmaceutical applications—A review // *Int. J. Curr. Microb. Appl. Sci.* 2020, №9, p. 3394–3405.
 18. Rezanka, T., Palyzová, A., Sigler, K. Isolation and identification of siderophores produced by cyanobacteria // *Folia Microbiol.* 2018, №63. p. 569–579.
 19. Righini, H., Francioso, O., Martel Quintana, A., Roberti, R. Cyanobacteria: A Natural Source for Controlling Agricultural Plant Diseases Caused by Fungi and Oomycetes and Improving Plant Growth // *Horticultrae.* 2022, №8. p. 58.
 20. Rosic, N.N. Recent advances in the discovery of novel marine natural products and mycosporine-like amino acid UV-absorbing compounds // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2021, №105. p. 7053–7067.
 21. Saad, M.H., El-Fakharany, E.M., Salem, M.S., Sidkey, N.M. The use of cyanobacterial metabolites as natural medical and biotechnological tools: Review article // *J. Biomol. Struct. Dyn.* 2020, №8. p. 1–23.
 22. Santini, G., Biondi, N., Rodolfi, L., Tredici, M.R. Plant biostimulants from cyanobacteria: An emerging strategy to improve yields and sustainability in agriculture // *Plants.* 2021, №10. p. 643.
 23. Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., Gobi, T.A. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils // *Springerplus.* 2013, №2. p. 587.

24. Singh, J.S., Kumar, A., Rai, A.N., Singh, D.P. Cyanobacteria: A Precious Bio-resource in Agriculture, Ecosystem, and Environmental Sustainability // *Front. Microbiol.* 2016, №7. p. 529.
25. Vega, J., Bonomi-Barufi, J., Gómez-Pinchetti, J.L., Figueroa, F.L. Cyanobacteria and red macroalgae as potential sources of antioxidants and UV radiation-absorbing compounds for cosmeceutical applications // *Mar. Drugs.* 2020, №18. p. 659.
26. Vijayakumar, S., Menakha, M. Pharmaceutical applications of cyanobacteria—A review // *J. Acute Med.* 2015, №5. p. 15–23.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВИНОА (*CHENOPODIUM QUINOA*) В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Шитикова А.В., Кухаренкова О.В., Воршева А.В.

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, институт Агробиотехнологий, г. Москва, Россия
okuharenkova@rgau-msha.ru*

В мире и в нашей стране ежегодно повышается осведомленность общества о значении отдельных веществ в питании, растет количество людей, которые используют в питании качественные продукты, продукты с многочисленными преимуществами для здоровья. Производство продуктов для здорового питания требует сырье, которое производится по технологиям биологического земледелия, прежде всего без использования химических средств защиты растений и синтетических минеральных удобрений. Биологизация земледелия – один из важнейших способов уменьшения негативного воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду и человека, предусматривает рациональное природопользование и производство безопасной для здоровья продукции. У России имеется огромный потенциал для развития биологизации сельского хозяйства и расширения рынка экологически чистой продукции [2].

В настоящее время одним из перспективных видов новых полевых культур является квиноа (*Chenopodium quinoa* Willd., семейство *Amaranthaceae*). Растения этого вида культивируются в Южной Америке на протяжении тысячелетий (в Перу одомашнивание квиноа началось более 7 тыс. лет тому назад), были и остаются важным компонентом ежедневного рациона коренных жителей. Зерно квиноа имеет более высокую пищевую ценность, чем традиционные злаки (пшеница, кукуруза, рис), характеризуется высоким (до 20% и более) содержанием полноценного по аминокислотному составу белка, не содержит глютен, имеет низкий гликемический индекс. Адаптационный потенциал растения позволяет выращивать квиноа в широком диапазоне агроэкологических условий. Растение имеет высокую экологическую пластичность, устойчиво к действию абиотических стрессов (засуха, низкие температуры, засоление), практически не поражается болезнями. Культивирование

квиноа возможно с использованием различных систем земледелия, в том числе в биологическом земледелии [4, 5, 7].

В настоящее время данная культура возделывается не только на родине – в Перу и Боливии, но также в ряде европейских стран, США и Канаде, в Кении, Замбии, Уганде и других африканских странах, в Гималаях и Индии, многих других регионах мира. В России квиноа как сельскохозяйственная культура не распространена, хотя небольшой практический опыт ее выращивания имеется в Краснодарском крае (ООО НПО «Квиноа Центр») и отдельных фермерских хозяйствах других регионов. Также проводятся научные исследования по оценке адаптивного потенциала и продуктивности этой культуры, разрабатываются приемы агротехники [1, 3, 6].

Цель данных исследований – выполнить комплексную оценку возможности выращивания квиноа в почвенно-климатических условиях Центрального региона России по технологиям биологического земледелия, без применения пестицидов и минеральных удобрений.

Экспериментальные исследования проводились в течение 2020-2022 годов на Полевой опытной станции Российского государственного аграрного университета – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва).

Объектами исследования стали растения квиноа четырех сортов: Cherry Vanilla (селекция Baker Greek Heirloom Seed Company, США), Regalona (селекция исследовательского центра Baer Seed для южной части Чили), Titicaca (селекция Quinoa Quality Enterprise совместно с Копенгагенским университетом Дании) и Q1 (селекция International Center for Biosaline Agriculture (ICBA), ОАЭ). Растения этих сортов, согласно их характеристике, non-GMO varieties, имеют пищевое направление использования зерна и отличаются высокой продуктивностью.

Исследования проводились в условиях полевого опыта, заложенного методом организованных повторений в 4-кратной повторности. Учетная площадь делянок в опыте составляла 1,80 м².

Почва опытного участка – дерново-слабоподзолистая средне-суглинистая на моренном суглинке. В пахотном горизонте мощностью 20-22 см содержится 2,0-2,2% гумуса, 200-250 мг/кг почвы подвижного фосфора (V класс обеспеченности), 130-160 мг/кг почвы подвижного калия (IV класс обеспеченности), pH_{сол} 5,3-5,5 (слабокислая), гидролитическая кислотность очень низкая – 1,04-1,16 мг-экв./100 г почвы.

Посев семян проводили вручную сразу после предпосевной обработки почвы (предшественники: 2020 г. – озимая тритикале, 2021 г. – многолетние бобово-злаковые травы, 2022 г. – редька масличная на

семена). Способ посева – широкорядный с междурядьями 45 см. Норма высева семян – 12 кг/га (в зависимости от массы 1000 семян, 4,8-5,0 млн. всхожих семян/га). Семена заделывали в почву на глубину 1,3-1,5 см. В период вегетации проводилась защита растений от сорняков (прополки вручную) и свекловичной листовой тли (применяли биоинсектициды).

В период вегетации выполнялись наблюдения за ростом и развитием растений квиноа, определялись календарные даты наступления основных фенологических фаз, продолжительность периода вегетации в целом. Также проводилось измерение высоты растений в отдельные периоды вегетации и длины метелки. Урожай убирали в фазу полной спелости зерна вручную, путем срезания соцветий секатором. Обмолот зерна (после подсушивания растений вентиляцией) и его сортировку проводили также вручную. Урожайные данные обрабатывали статистически методом дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения Microsoft Office Exel 2019. Определение содержания белка и других веществ в зерне квиноа было выполнено на лабораторном спектрометре TANGO компании Bruker. Ошибка определения составляет не более 1%. Результаты были пересчитаны на стандартную влажность зерна – 14%.

Метеорологические условия в годы исследований были неодинаковы. 2020 год в целом был благоприятным для роста и развития растений квиноа: суммарно за период вегетации квиноа выпало 526 мм осадков, что превысило климатическую норму на 216 мм. Среднесуточная температура воздуха в период вегетации составила 16,2°C. В 2021 году благоприятным по условиям тепло- и влагообеспеченности был июнь. Растения квиноа быстро и успешно прошли фенофазы вегетативного периода. Формирование соцветий и начало цветения квиноа проходило в неблагоприятных метеорологических условиях – весь июль стояла жаркая и сухая погода. Также начало налива зерна совпало с жаркой погодой и недостатком влаги в почве. В 2022 году в период вегетации квиноа выпало на 90 мм осадков меньше климатической нормы. Начало цветения квиноа совпало с недостаточной влагообеспеченностью. Формирование, налив зерна и созревание проходили при высоких температурах и остром недостатке влаги – в августе выпало всего 3,1 мм осадков, а среднесуточная температура воздуха была на 2,2°, 3,8° и 6,8°C выше климатической нормы соответственно в I, II и III декады месяца.

В наших опытах при посеве во II декаду мая через 6-8 дней появлялись всходы (семядольные листья над поверхностью почвы), в конце июня – начале июля начиналось формирование соцветий (метелок) на растениях. Рост метелок, цветение, образование и созревание семян

продолжалось до начала III декады сентября. От посева до полного созревания зерна растениям квиноа требовалось 120-125(130) дней.

Растения квиноа в наших исследованиях заметно отличались по высоте, которая определялась условиями выращивания и сортовыми особенностями растений. Высота растений квиноа в фазу полной спелости зерна в условиях опыта изменялась в зависимости от сортообразца и метеорологических условий года от 105 см (Titicaca, 2020 г.) до 173 см (Q1, 2022 г.). Более высокими были растения всех сортообразцов в 2022 году, когда посевы квиноа размещали после многолетних бобово-злаковых трав.

Урожайность культуры – это один из наиболее важных показателей для оценки эффективности ее возделывания в технологиях биологического земледелия в определенных агроэкологических условиях. В наших исследованиях на урожайность квиноа оказывали существенное влияние температура воздуха и количество осадков в отдельные периоды вегетации, а также адаптационные характеристики сортообразцов. Данные об урожайности квиноа представлены в табл. 1.

Таблица 1. Урожайность зерна квиноа, т/га

Сортообразец	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее за 3 года
Cherry Vanilla	3,34	0,95	2,55	2,28
Regalona	2,89	0,60	1,95	1,81
Titicaca	3,08	0,76	2,70	2,18
Q1	2,86	0,99	1,93	1,93
НСР ₀₅	0,48	0,13	0,40	-

В среднем за три года исследований было получено в зависимости от сортообразца 1,81-2,28 т зерна с 1 га. Наиболее высокой урожайностью зерна отличались сортообразцы Cherry Vanilla и Titicaca – 2,28 т и 2,18 т/га соответственно. Следует отметить высокую экологическую пластичность всех изучавшихся сортообразцов квиноа – при их возделывании они были способны формировать урожай в годы с различными метеорологическими условиями, в том числе при недостаточной влагообеспеченности в репродуктивный период. Но урожайность существенно варьировалась, разница по урожайности в годы исследований была значительна. Наиболее высокую урожайность зерна все сортообразцы формировали в более благоприятном по метеорологическим условиям 2020 году. В 2021 году образование соцветий, начало цветения и налива зерна совпали с жаркой погодой и

недостатком влаги в почве. Урожайность была значительно ниже, особенно по сравнению с 2020 годом – на 2,39–2,29 т (Cherry Vanilla, Titicasa и Regalona) и на 1,87 т/га (Q1).

Урожайность зерна в опыте при достаточно близкой для всех сортообразцов густоте стояния растений к уборке, составляющей 600–650 тыс. растений/га, зависела от массы зерна с одного растения и его крупности – массы 1000 зерен. Формирование наиболее высокой урожайности сортообразцами Cherry Vanilla и Titicasa в 2020 г. было обеспечено в значительной степени за счет более полновесных метелок – с массой зерна 17,56–17,79 г/растение, а сортообразца Cherry Vanilla – еще и более крупным зерном.

Растения квиноа в благоприятных условиях образуют достаточно крупные, длиной до 30 см и более, и разветвленные метелки с большим количеством зерен – до 4,6–5,9 тыс. зерен/метелку. Масса 1000 зерен варьировала в опыте от 1,68 г (Regalona, 2021 г.) до 3,05–3,10 г (Q1 и Cherry Vanilla, 2020 г.), а диаметр зерен – от 0,5 до 2,0 мм.

Кроме величины урожая в биологическом земледелии при выращивании квиноа важно ежегодно получать пригодные для посева семена. Наиболее важными количественными и одновременно качественными показателями, позволяющими судить о пригодности семян к посеву, являются энергия прорастания и всхожесть. Минимальная всхожесть семян урожая 2021 и 2022 гг. составила 84–89%, мало (только на 1–4%) отличалась от энергии прорастания.

Зерно квиноа – источник высококачественного белка. Питательную ценность зерна квиноа оценивают, прежде всего, по содержанию белка. Содержание белка в зерне квиноа 14%-ной влажности в годы исследований было достаточно высоким, изменялось в зависимости от метеорологических условий периода вегетации и сортовых особенностей растений от 12,72% (сортообразец Titicasa) до 13,48% (сортообразец Cherry Vanilla), а сбор белка – от 232,4 кг до 307,3 кг/га (табл. 2).

Таблица 2. Содержание белка, жира, углеводов в зерне квиноа и его зольность

Сортообразец	Белок, %	Сбор белка, кг/га	Жир, %	Крахмал, %	Пищевые волокна, %	Зола, %
Cherry Vanilla	13,48	307,3	13,48	52,96	7,27	5,62
Regalona	12,84	232,4	12,84	54,49	6,56	5,00
Titicasa	12,72	277,3	12,72	55,36	6,87	5,00
Q1	13,22	255,1	13,22	53,00	7,32	5,40

Зольность зерна была высокой, что свидетельствует о богатстве минеральными веществами. Эти показатели качества зерна, а также достаточно высокое содержание жира и пищевых волокон говорят о высокой питательной ценности зерна квиноа. А высокая энергия прорастания и всхожесть также свидетельствуют о возможности быстрого получения полезных для употребления в пищу проростков.

Проведенные исследования показали, что за счет квиноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) возможно расширить ассортимент сельскохозяйственных культур, возделываемых в биологическом земледелии для обеспечения перерабатывающей промышленности сырьем для производства инновационных продуктов повышенной пищевой и биологической ценности, а населения – безопасными для здоровья продуктами питания; получать в агроэкологических условиях Центрального региона России 1,8-2,3 т зерна с 1 га с высоким содержанием белка на дерново-подзолистых почвах без применения синтетических минеральных удобрений и пестицидов, только за счет природного потенциала агроэкосистем. Для полного цикла развития растений квиноа, от посева до полной спелости зерна, требуется 120–125(130) дней и сумма активных температур 2300-2400°C.

Литература

1. Кухаренкова О.В. Опыт выращивания новой псевдозерновой культуры – квиноа (*Chenopodium quinoa*) в ЦРНЗ / О.В. Кухаренкова, Е.М. Куренкова // Доклады ТСХА: Сборник статей, Москва, 02–04 декабря 2020 г. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2021. – С. 104-107.
2. Рахматов М.Х. Альтернативная система земледелия на примере биологической / М.Х. Рахматов, Н.А. Рябцева // Современные технологии и достижения науки в АПК: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, Махачкала, 22-23 ноября 2018 года. – Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова, 2018. – С. 46-50. – EDN VOLFQW.
3. Шитикова А.В. Опыт интродукции квиноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) как полевой культуры в Центральном регионе России / А.В. Шитикова, О.В. Кухаренкова // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры: Материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. Минск, 28 июня – 01 июля 2022 года. Том Часть 1. – Минск: Белтаможсервис, 2022. – С. 288-291. – EDN ZCEFBL.

4. Jacobsen S. E. The scope for adaptation of quinoa in Northern Latitudes of Europe //Journal of Agronomy and Crop Science. – 2017. – T. 203. – №. 6. – C. 603-613.
5. Olivera L. et al. Nutritional Value, Methods for extraction and Bioactive Compounds of Quinoa. – 2022. DOI: 10.5772/intechopen.101891.
6. Shitikova A.V., Kukharenkova O.V., Khaliluev M.R. The Crop Production Capacity of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) – A New Field Crop for Russia in the Non-Chernozem Zone of Moscow’s Urban Environment //Agronomy. – 2022. – T. 12. – №. 12. – C. 3040.
7. Wang N. et al. Effects of management practices on quinoa growth, seed yield, and quality //Agronomy. – 2020. – T. 10. – №. 3. – C. 445.

ГАРМОНИЗАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ С СОПРЕДЕЛЬНЫМИ ПРИРОДНЫМИ СРЕДАМИ И ТЕРРИТОРИЯМИ ПРОЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

Яковлев А.С.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия
yakovlev_a_s@mail.ru*

В основе работы по гармонизации экологического состояния агроландшафтов с естественным состоянием окружающей природной среды лежат законы функционирования ноосферы (сферы разума) Вернадского [1], направленные на формирование территорий, близких к естественному природному состоянию. Это территории, где встречаются и взаимодействуют друг друга интересы природы и человека, требующие разумного решения вопросов практического природопользования. Соответственно, могут быть обоюдно рассмотрены определенные научные, правовые и административно-управленческие требования к системе: здоровая почва – чистая (органическая) продукция – безопасная и комфортная среда обитания человека – качество окружающей среды в целом.

В настоящее время, необходимость в гармонизации экологического состояния агроландшафтов (АЛ) с качеством окружающей среды (ОС) и состоянием территорий сельских поселений не вызывает сомнения. В современных условиях в процессе мониторинга, контроля качества почв и продукции сельского хозяйства основная опора делается на санитарно-гигиенические нормы, направленные преимущественно на защиту человека. Экологическая составляющая защиты природы еще недостаточно развита и не всегда соответствует указанным в гигиенических нормах параметрам. Не развита также область экологического нормирования в части экологического эталонирования и определения граничных значений качества почв, в том числе природоохранного зонирования территорий. Кроме того, должным образом не налажена и не скоординирована система мониторинга и контроля качества почв и сопредельных с ними природных сред в зоне агрохимической обработки сельскохозяйственных угодий, выполняемая различными ведомствами.

В результате с утратой биоразнообразия почв и ОС в целом, а также недостаточно эффективного экологического мониторинга и контроля, растет социальное напряжение в местах контакта сельского населения с

территориями интенсивной химической обработки полей. В то же время наблюдается неуклонный рост интереса к развитию системы органического сельского хозяйства как в мире, так и в нашей стране (рис. 1).



Рисунок 1. Динамика земельных площадей для органического сельского хозяйства и объемов розничных продаж органической продукции в 2000-2018 гг. [9]

Природоохранная сфера и аграрный сектор заинтересованы в гармонизации экологического состояния агроландшафтов с состоянием сопредельных природных сред с целью восстановления естественных природных условий для получения чистой продукции и комфортной жизни населения.

В этой связи, при наличии определенной дезориентированности населения и потребителей органической продукции необходимо развеевать сложившуюся неопределенность и оценить реальную ситуацию в области получения и реализации чистой продукции от поля до прилавка по линии: здоровая почва – здоровая продукция – здоровая окружающая среда – здоровое общество.

В процессе реализации этой задачи науке о почве России, ответственной за экологическое состояние почв и ее ресурсный потенциал, отводится особая роль в оценке и регулировании сложившейся природно-антропогенной ситуации. Наука и практика почвоведения оказались в центре рассматриваемых проблем, подразумевая выход на решение задач мирового уровня.

Так, созвучным проблемам, обсуждаемым на нашем форуме, был посвящен доклад Римскому клубу «Преодолевать пределы», подготовленный группой ученых МГУ [10], препринт которого был представлен 23 марта 2022 г. в рамках спецсеминара «Время, хаос и математи-

ческие проблемы» в МГУ имени М.В.Ломоносова ректором Московского университета, академиком РАН В.А. Садовничим и иностранным членом РАН А.А. Акаевым. На спецсеминаре обсуждалась концепция «планетарных границ» (ПГ), определяемых как «безопасное пространство для развития человечества» [13].

В частности, одной из ключевых ПГ служит утрата биоразнообразия почв и ОС в целом, связанная напрямую с применением в сельском хозяйстве агрессивных агрохимикатов и влиянием факторов внешней антропогенной нагрузки, приводящих к нарушению разнообразия природных систем и потере их устойчивости к антропогенному воздействию.

Ученые МГУ [10] пришли к выводу, что человечество в настоящее время оказалось на переломе своей истории. В то же время, они считают, что возникшие глобальные проблемы – это не пределы роста, а вызовы, которые можно и нужно преодолеть. Для их преодоления необходимо, во-первых, направить формирующийся технологический уклад не на рост потребления, а на решение указанных глобальных проблем в экологии и других направлениях деятельности.

Так, в области сельскохозяйственной продукции такое решение возможно путем введения в практику новых агрономических технологий, выбора оптимальных с точки зрения экологического качества участков земель (экологическое и продовольственное эталонирование земель), новых методов подавления роста сорной растительности и паразитов, исключая негативное влияние на почвы и сопредельные с агроландшафтами земли, таких как: особо охраняемые природные территории (ООПТ), земли поселений и др. При этом важно подчеркнуть, что по данным академика РАН Г.В. Добровольского [5] более 90% биологического разнообразия живых организмов сосредоточено непосредственно в почве.

Цель нашей работы мы видим в поэтапной гармонизации экологического состояния агроландшафтов с естественным состоянием окружающей природной среды по линии: здоровая почва – высокое качество сельскохозяйственной продукции – безопасная и комфортная среда обитания для человека. В свою очередь, поэтапное введение системы органического земледелия с соблюдением соответствующих природоохранных требований рассматривается нами в качестве ключевого драйвера развития в области сохранения природного качества почв и ОС в целом, а также качества жизни населения сельскохозяйственных регионов страны. Предполагается, что достигнуть этого можно путем совершенствования внутреннего и внешнего экологического функционирования почв и земель агроландшафтов [11].

Необходимо отметить, что «внутреннее функционирование» характеризуется физическими, химическими и биологическими показате-

телями экологического состояния почвы, а «внешнее функционирование» – прямой – обратной связью почв с сопредельными природными средами: атмосферным воздухом, водными объектами, недрами, животным и растительный миром. Известно, что характеристика этих двух видов функционирования лежит в основе современной системы оценки и нормирования качества почв и других компонентов ОС [2, 5, 6, 11] (рис. 2).

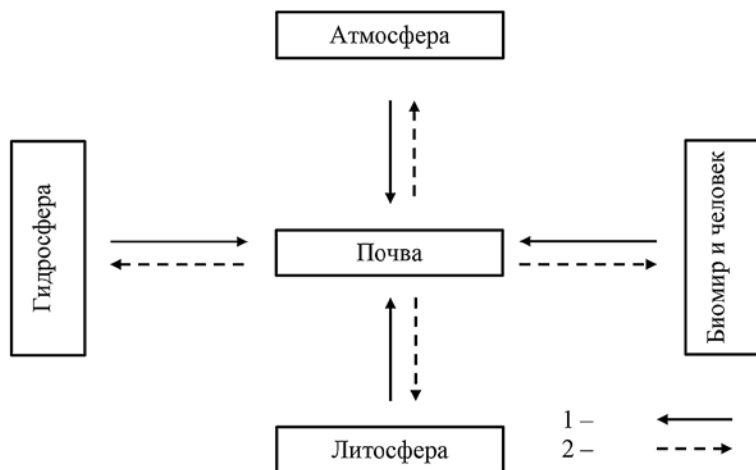


Рисунок 2. Прямые и обратные связи почв с геосферами Земли: 1 – прямые связи; 2 – обратные связи по [5].

Кроме того, определенного внимания требует экологическая оценка прямой – обратной связи земель сельскохозяйственного назначения с сопредельными территориями разного хозяйственного назначения: землями промышленности и транспорта, поселений, ООПТ, землями под лесом и водными объектами. В этой связи можно говорить о необходимости экологически ориентированного (сбалансированного) землеустройства территории [12]. В процессе такого землеустройства должны быть учтены не только прямое негативное воздействие агроценозов на сопредельные земельные участки, такие, как земли ООПТ и сельских поселений, но и варианты обратной связи, т.е. влияние соседних участков разного хозяйственного назначения на экологическое качество сельскохозяйственных земель. Производственная деятельность на этих участках может оказывать, как прямое и опосредованное негативное воздействие на почвы агроландшафтов и возделываемую на них сельхоз продукцию. Например, негативное влияние земель промышленности и транспорта может проявиться в

воздействии выбросов в атмосферу, сбросах загрязняющих веществ на рельеф, размещении отходов и др. В итоге, возможно загрязнение АЛ нефтепродуктами, тяжелыми металлами, радионуклидами, патогенной микрофлорой и др. В этой связи можно говорить о целях выбора земельных участков для получения чистой продукции, т.е. об инвентаризации и эталонировании территории [8], служащей, в частности, основой применения приемов точечного земледелия [3]. Эти подходы предполагают выбор земельных участков по своим природным и агрохимическим показателям, соответствующим требованиям федерального законодательства в части получения органической продукции [7].

В свою очередь, внутреннее функционирование земель в границах земельных участков может быть охарактеризовано по результатам комплексной оценки физического, химического и биологического состояния природных комплексов земель [4].

Соответственно, внешнее функционирование каждого земельного участка может быть представлено, как прямая и обратная связь его природного комплекса земель (ПКЗ) с природными комплексами сопредельных с ним земельных участков (рис. 3).

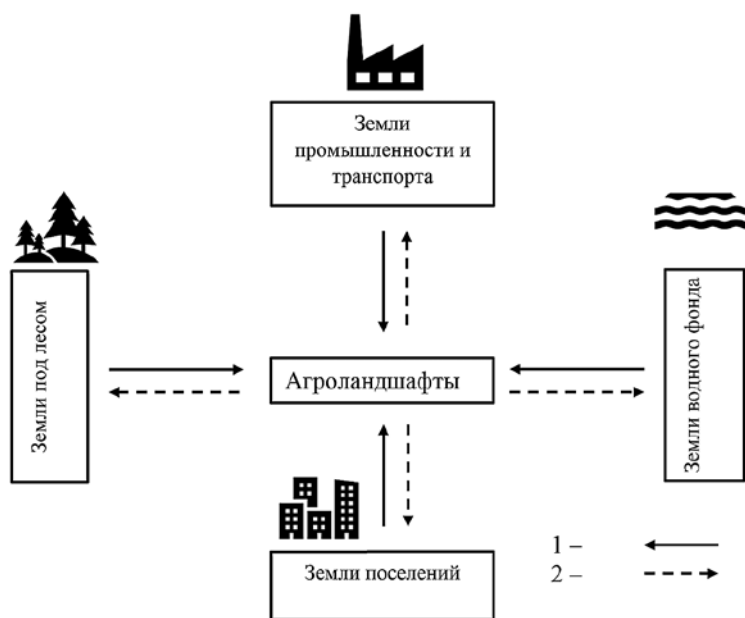


Рисунок 3. Прямые и обратные связи ПКЗ агроландшафтов с ПКЗ прилегающих земельных участков различного хозяйственного назначения: 1 – прямые связи; 2 – обратные связи.

При этом, если закономерности формирования и распространения почв в пространстве определяются законами природы, то территории земельных участков организуются человеком согласно правилам в области природопользования и землеустройства, установленным законодательством. В данном случае можно проследить практическую реализацию положений ноосферного закона В.И. Вернадского [1], в котором говорится о ключевой роли антропогенного фактора в формировании современной ноосферы. Так каждый земельный участок, выделенный в процессе землеустройства, с учетом вида его хозяйственного назначения, несет определенное антропогенное влияние на сложившийся в рамках территории земельного участка ПКЗ, а также на природу сопредельных с этим участком земель (рис. 3). Например, земельные образования, выделенные под земли промышленности и транспорта, ограниченные санитарно-защитными зонами, могут оказывать существенное влияние на природный комплекс сопредельных с ними земель, в том числе, на территории сельскохозяйственного и селитебного назначения, соответствующие более высоким экологическим требованиям. В этой связи ответственность предприятий не должна ограничиваться только санитарными нормами и санитарно-защитными зонами. В данном случае важно также охарактеризовать экологические риски для природных сред сопредельных земельных образований. Здесь можно говорить о необходимости выделения не только санитарно-защитных, но и природно-защитных зон. В данном случае регулирование негативного межтерриториального воздействия предполагает проведение экологической экспертизы проектов землеустройства с предшествующей ей оценкой воздействия на окружающую среду (ОВОС). Необходимо отметить, что данная процедура в практике землепользования проводится достаточно выборочно и крайне редко [12].

Заключение. Подводя итог по определению задач гармонизации экологического состояния агроландшафтов и сопредельных с ними природных сред и территорий поселений, можно выделить наиболее важные аспекты научного и правового регулирования качества почв и земель сельскохозяйственного назначения с учетом поэтапного развития системы органического земледелия, в частности:

- расширение органического производства в России может быть рассмотрено как перспективный драйвер развития системы охраны и восстановления природных свойств почв России;
- разработка единых подходов к экологической и санитарно-гигиенической оценке и нормированию качества агроландшафтов на основе консолидирующей идеи внутреннего и внешнего функ-

ционирования почв, а также природных комплексов земельных участков разного хозяйственного назначения;

- объединение разрозненных структур экологического мониторинга и контроля на базе единых принципов нормирования качества почв и антропогенного воздействия на них с целью укрепления вертикали системы управления и разрешительной деятельности.
- ключевым вопросом, способным консолидировать усилия по устранению межведомственной разобщенности в области охраны почв и ОС в целом, и сбалансированного ведения органического земледелия служит подготовка и принятие федерального закона «Об охране почв» и соответствующих региональных законов, учитывающих особенности природных условий и видов хозяйственного использования земель регионов России.
- соблюдение определенной этапности в развитии органического сельского хозяйства. С нашей точки зрения, переход на систему органического земледелия не должен носить характер кампанейщины. Важно отметить, что санитарно-экологические требования в области «почва – чистая продукция» должны вводиться с учетом научно-обоснованной системы применения различных вариантов органического земледелия при получении сельскохозяйственной продукции в условиях замены рискованных препаратов и технологий на более безопасные для ОС и населения.

Литература

1. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М., 2016.
2. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. М., 1998.
3. Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Шестакова М.В., Скаженник М.А., Чижиков В.Н. Определение оптимальной для риса дозы NPK по результатам микрополевого опыта на основе макрокинетической модели роста // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса // Под ред. В.В. Окоркова. ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ Иваново: 2020. С. 15–20.
4. ГОСТ Р 59055-2020 «Земли. Термины и определения». М., 2020.
5. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Учение об экологических функциях почв. М.: Издательство Московского университета. 2012. 412 с.
6. О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих

технологические показатели наилучших доступных технологий. Постановление Правительства РФ от 13.02.2019 № 149.

7. Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный закон от 03.08.2018 № 280-ФЗ.
8. Огородников С.С. Опыт эталонирования почв сельскохозяйственных угодий при помощи различных методологических приемов (на примере территории бывшего совхоза «Тихий Дон» Куркинского района Тульской области). Автореф. дисс. 2022. URL: <https://istina.msu.ru/dissertations/453198768/>.
9. Органическое сельское хозяйство в странах Евразийского экономического союза: текущее состояние и перспективы. Евразийский центр по продовольственной безопасности, 2020. 104 с. URL: https://ecfs.msu.ru/images/publications/Organic_in_Eurasia.pdf
10. Преодолевая пределы роста. Основные положения доклада для Римского клуба: монография / под ред. В. А. Садовниченко. М.: Издательство Московского университета. 2023. 99 с. URL: <https://spkurdyumov.ru/uploads/2023/05/preodolevaya-predely-rosta.pdf>
11. Яковлев А. С. Земли и почвы как самостоятельные компоненты окружающей среды, вопросы их оценки, нормирования и управления (обзор) // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2023. Т. 78. № 2. С. 5–15.
12. Яковлев А.С., Сизов А.П., Горленко А.С., Огородников С.С. Эколого-землеустроительная экспертиза и вопросы экологического нормирования. М., 2020. 136 с.
13. Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin F. S., III, Lambin, E., Lenton T. M., Scheffer M., Folke C., Schellnhuber H. J., Nykvist B., de Wit C. A., Hughes T., van der Leeuw S., Rodhe H., Sörlin S., Snyder P. K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., Karlberg L., Corell R. W., Fabry V. J., Hansen J., Walker B., Liverman D., Richardson K., Crutzen P., Foley J., Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecol. Soc.* 2009. Vol. 14. №32. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>

НОВЫЕ АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФИТОМАССЫ *LIMNOSPIRA FUSIFORMIS* (CYANOPROKARYOTA) В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Баженова О.П.¹, Михайлов В.В.²

¹*Омский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина, кафедра экологии, природопользования
и биологии, г. Омск, Россия*

²*Омский аграрный научный центр,
лаборатория полевого кормопроизводства, г. Омск, Россия
olga52@bk.ru, slava.mikhaylov.1989@mail.ru*

Увеличение численности населения Земли в конце XX–начале XXI вв. привело к резкому возрастанию потребности в продуктах питания. При этом рост урожайности сельскохозяйственных культур достигается применением пестицидов, способных загрязнять почвенный покров и накапливаться в растениях. Для снижения этого негативного влияния активно проводится биологизация сельского хозяйства, связанная с использованием биологически активных препаратов: биостимуляторов, био- и микробиоудобрений [4–7, 13].

Многие микробиоудобрения используются в жидком виде в качестве корневых подкормок в фазу бутонизации (цветения) у зернобобовых, а семена зерновых культур перед посевом замачивают в биостимуляторах и в биоудобрениях или опрыскивают ими растения в фазу кущения и колошения [6, 7, 10].

Основу биопрепаратов составляет комплекс (при условии совместного культивирования) микроорганизмов, обладающих следующими функциями: антагонисты фитопатогенов (бактерии родов *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* и грибы родов *Penicillium*, *Trichoderma*), гумусообразователи (*Streptomyces*, *Trichoderma*), обогатители почвы азотом (*Pseudomonas*, *Rhizobium*), калием (*Bacillus circulans*, *B. mucilaginosus*) и фосфором (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizo-*

bium, Penicillium), производители фитогормонов (*Agrobacterium, Bacillus, Pseudomonas, Rhizobium Streptomyces, Trichoderma*) [9].

Метаболиты, синтезируемые микроорганизмами (антибиотики, сидерофоры, метаболиты гормональной природы, биосурфактанты, липополисахариды, флагеллин, а также летучие органические соединения), обладают элиситорными свойствами и стимулируют защитные реакции растений [8].

Таким образом, в состав биологически активных препаратов помимо самих почвенных бактерий, адаптированных к обитанию в определенном типе почв, сложившихся в соответствующих климатических условиях, входят продукты их жизнедеятельности, повышающие эффективность их применения и вспомогательные материалы природного происхождения, позволяющие создать условия их максимального использования.

Помимо бактерий и грибов в почве обитают и цианопрокариоты (цианобактерии), образующие с ними симбиотические связи и влияющие на рост и развитие не только почвенной микрофлоры, но и на сами сельскохозяйственные культуры.

Изучение функциональной активности цианопрокариот является перспективным направлением для фундаментальных и прикладных исследований, направленных на развитие органического земледелия, устойчивости природных и техногенных экосистем. В настоящее время цианопрокариоты широко применяются для создания биоудобрений и биопрепаратов с целью повышения эффективности и оздоровления агроэкосистем, что также имеет важное практическое значение [2].

В отличие от цианопрокариот, обитающих в почве, опыт использования цианопрокариот, выделенных из водных экосистем весьма ограничен [3], но проведенные исследования уже показали высокую эффективность применения их комплексов с бактериями в растениеводстве. Показано, что при использовании суспензии цианопрокариот для обработки семян овощных культур и хлопчатника увеличивается их всхожесть, повышается энергия роста и урожайность растений, происходит защита от фитопатогенов и в целом оздоровление растений, обусловленное антиоксидантным эффектом [2].

Применение биоудобрений, созданных на основе цианопрокариот, приобретает особое значение в условиях глобальных климатических изменений, сопровождающихся повышением температуры воздуха и аридизацией на юге России, в том числе на юге Западной Сибири [11]. В условиях недостатка влаги, наиболее выносливыми оказались растения, семена которых были обработаны цианопрокариотами [2].

Вследствие большого разнообразия цианопрокариот, которые могут быть использованы для создания искусственных альго-бактериальных комплексов, и нехватки биоудобрений, используемых в растениеводстве, необходимы дальнейшие исследования, связанные с поиском видов, имеющих большой потенциал для сельского хозяйства в целом и, в частности, для растениеводства.

Одним из таких видов может стать нитчатая цианопрокариота *Limnospira fusiformis* (Voronichin) Nowicka-Krawczyk (= *Arthrospira fusiformis* (Voronichin) Komárek et Lund), обитающая в гипергалинном щелочном озере Солёном (г. Омск) и вызывающая в нем «цветение» воды в летне-осенний период [12].

Нитчатые цианопрокариоты родов *Arthrospira* Sitenberger ex Gomont 1892 и *Limnospira* Nowicka-Krawczyk, Mühlsteinová et Hauer 2019 широко распространены в различных водных экосистемах по всему миру, преимущественно в странах с теплым климатом [14, 15]. Питательная ценность этих цианопрокариот известна с древних времен, они широко используются во всем мире как диетический продукт, биологически активная добавка к пище, входят в состав косметических и лечебно-профилактических препаратов.

Выделенный из оз. Солёного штамм лимноспиры получил название О9.13F. На основании молекулярно-генетических и физиологических исследований была дана полная характеристика его генома и физиологических особенностей [16].

В настоящее время этот штамм успешно культивируется в Омском ГАУ, изучаются особенности химического состава получаемой фитомассы и планируется ее применение в производстве лечебно-профилактических пищевых продуктов. В культивируемой фитомассе лимноспиры содержится до 70% протеина и значительное количество витаминов (А, С, Е, В₁ и В₂), что обеспечивает ее высокую пищевую ценность. Содержание токсикантов, в том числе тяжелых металлов (Zn, Cu, Cd, Pb, Hg), мышьяка микотоксинов и радионуклидов (¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr) полностью соответствует установленным нормативам при кормлении сельскохозяйственных животных [1].

Особенности химического состава фитомассы лимноспиры из оз. Солёного и возможность ее получения в значительных объемах при культивировании, определяют высокую значимость этого вида для применения в растениеводстве. Изучение применения лимноспиры из оз. Солёного в качестве биоудобрения для стимулирования роста овощных культур еще не проводилось и требует дальнейшего исследования.

Литература

1. Баженова О.П., Молибога Е.А. Перспективы использования фитомассы *Limnospira fusiformis* (Суанопрокариота) из оз. Солёного (г. Омск) в производстве пищевых продуктов // Цианопрокариоты/цианобактерии: систематика, экология, распространение, использование в биотехнологии. Матер. V Междунар. научной школы-конференции, посв. 150-летию со дня рождения выдающегося альголога А. А. Еленкина (г. Москва, Россия, 13–16 июня 2023 г.). – Москва: 2023.
2. Батаева Ю.В., Синетова М.А., Григорян Л.Н. Биотехнологические возможности цианобактерий, выделенных из экосистем Астраханской области // Цианопрокариоты/цианобактерии: систематика, экология, распространение, использование в биотехнологии. Матер. V Междунар. научной школы-конференции, посв. 150-летию со дня рождения выдающегося альголога А. А. Еленкина (г. Москва, Россия, 13–16 июня 2023 г.). – Москва: 2023.
3. Варавкин В.А., Струков Н.О., Малышева А.И., Тарасов А.А., Косолапова Н.И. Влияние биостимулятора Спирустим РС-4М на массу и качество зерна яровой пшеницы // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса: матер. II Всеросс. (национ.) науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Курск, 21 декабря 2021 г.). Курск, 2021. Ч. 1.
4. Дегтярева И.А., Прищепенко Е.А., Кириллова Н.И. Биоудобрения нового поколения для ярового рапса // Плодородие. 2022, № 6. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.28
5. Коваль Е.В., Огородникова С.Ю. Обработка семян биопленками цианобактерий для повышения устойчивости растений в условиях химического загрязнения метилфосфонатами // Трансформация экосистем. 2022, № 1. DOI: 10.23859/estr-220609
6. Михайлова Н.Н., Елисеева Л.В., Елисеев И.П. Применение подкормки микробиологическими препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит» на посевах гороха // Аграрный вестник Урала. 2022, № 2. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-12-22
7. Павловская Н.Е., Гнеушева И.А., Агеева Н.Ю. Эффективность применения биоудобрения и нового стимулятора на яровом ячмене *Hordeum vulgare* L. // Вестник аграрной науки. 2021, № 1. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.1.48
8. Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Перспективы и возможности микробиологической защиты растений для повышения уровня экологической безопасности в агроценозах (обзор) // Защита и карантин растений. 2022, № 4. DOI: 10.47528/1026-8634_2022_4_10

9. Рябова О.В. К вопросу разработки микробиологических препаратов (фунгицидов и удобрений) для условий Северо-Востока европейской части Российской Федерации // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016, № 1.
10. Рябцева Н.А., Стрельцов А.А. Формирование высокопродуктивных агроценозов ярового ячменя под влиянием росторегулирующих веществ в Ростовской области // *Известия Дагестанского ГАУ. Ежеквартальный электронный научный сетевой журнал*. 2023, № 1(17). DOI: 10.52671/26867591_2023_1_72
11. Рязанова А.А., Воропай Н.Н. Повторяемость атмосферных засух на юге Сибири в конце XX-начале XXI вв. // *Междунар. конф. и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2018 (г. Томск, 5 июня–11 июля 2018 г.)*. Томск, 2018. DOI: 10.5281/zenodo.1246975
12. Экологическое состояние и биоресурсы озера Солёного (г. Омск) / О.П. Баженова, О.А. Коновалова, В.В. Михайлов, Т.В. Бойко; под общей редакцией О.П. Баженовой. Омск: Омский ГАУ, 2023.
13. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Биостимуляторы в агротехнологиях: проблемы, решения, перспективы // *Агрехимический вестник*. 2016, № 1.
14. Bortolini D.G., Maciel G.M., de Andrade A.F.I., Pedro A.C. , Rubio F.T.V., Branco I.G., Haminiuk C.W.I. 2022. Functional properties of bioactive compounds from *Spirulina spp.*: Current status and future trends. *Food Chemistry: Molecular Sciences*. 2022, № 5. p. 1–12. DOI:10.1016/j.fochms.2022.100134
15. Hassan F.M., Mahdi W.M., Al-Haideri H.H., Kamil D.W. Identification of new species record of Cyanophyceae in Diyala River, Iraq based on 16S rRNA sequence data // *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2022, №23(10). p. 5239–5246. DOI: 10.13057/biodiv/d231033
16. Misztak A.E., Waleron M., Furmaniak M., Waleron, M.M., Bazhenova O., Daroch M., Waleron K.F. Comparative genomics and physiological investigation of a new *Arthrospira/Limnospira* strain O9.13F isolated from an alkaline, winter freezing, Siberian lake // *Cells*. 2021, № 10(12). p. 3411–3436. DOI: <https://doi.org/10.3390/cells10123411>

ВЫДЕЛЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ, СПОСОБНЫХ ПРОДУЦИРОВАТЬ БИОСУРФАКТАНТЫ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Бикташева Л.Р.

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
институт экологии и природопользования, г. Казань, Россия
biktasheval@mail.ru*

Биосурфактанты, они же биологические поверхностно-активные вещества, образуемые микроорганизмами, привлекают интерес ввиду широких возможностей их применения. Преимуществами этих веществ является их высокая биоразлагаемость и безопасность для окружающей среды. В сельском хозяйстве существуют несколько областей их применения. Во-первых, биосурфактанты, обладая способностью к изменению поверхностного натяжения воды, возможно применять в качестве адъювантов. Во-вторых, биосурфактанты могут быть использованы в качестве фунгицидов, благодаря их способности подавлять рост фитопатогенных грибов [1].

Способностью производить биосурфактанты обладают различные группы микроорганизмов, такие как представители родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Candida* и другие [2]. Произведенные вещества отличаются в зависимости от видов микроорганизмов, и могут относиться к липопептидам, гликолипидам, софополипидам и другим. В зависимости от типа биосурфактантов, молекулярной массы и их физико-химических свойств зависит и способ действия этих соединений [3].

Массовое применение биосурфактантов, однако ограничено высокой стоимостью их производства. Одним из факторов высокой стоимости является цена субстратов для роста микроорганизмов. Решением этой проблемы может стать использование в качестве субстратов для питания органические отходы. Использование отходов будет способствовать как удешевлению производства биосурфактантов, так и утилизации данных отходов. Среди отходов, исследуемых в качестве субстратов, можно выделить промышленные, сельскохозяйственные и пищевые отходы [4].

Поиск пары субстрата и штамма микроорганизма, способного эффективно продуцировать биосурфактант, представляет одну из за-

дач для исследования. Известно, что на пищевых отходах типа картофельной кожуры или кукурузного жмыха возможно культивировать штаммы родов *Bacillus pumilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas aeruginosa*, на отходах животноводства (животные жиры, отходы рыбного хозяйства) - *Pseudomonas gessardii*, *Nocardia higoensis*, отходы нефтеперерабатывающих заводов - *Brachy bacterium*, *paraconglomeratum*, *Bacillus pseudomycooides*, пищевые отходы - *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida lipolytica* [5]. Важность подбора среды для культивирования объясняется тем, что свойства и строение биосурфактанта может меняться в зависимости от типа сырья [6]. Например, в работе Mouafo et al. (2018) отмечено, что в зависимости от субстрата *Lactobacillus* можно синтезировать гликолипиды или гликопротеины [7].

На первом этапе нашей работы был проведен скрининг микроорганизмов из органических отходов, способных продуцировать биосурфактанты. Для исследования были выбраны и отобраны следующие виды отходов – сырая нефть (O), нефтезагрязненные почвы (OS), жмых подсолнечника (SC), масло после жарки (WFO) и отработанное моторное масло (MO). Микроорганизмы культивировали на минеральной среде, используя отход в качестве единственного источника углерода. Колбы инкубировали 5 суток при 28°C и 120 об/мин, затем смешанную культуру переносили в чашки Петри, откуда в дальнейшем были выделены отдельные изоляты.

Для исключения влияния субстрата на первом этапе изоляты культивировали в глицерин-нитратной среде (NaNO_3 - 4,0 г/л, $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ - 4,0 г/л, KH_2PO_4 - 3,0 г/л, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,5 г/л, KCl - 0,5 г/л, NaCl - 0,5 г/л, $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ - 0,2 г/л, глицерин – 40 г/л) при 28 °C и 120 об/мин в течение 5 дней. Эффективность биосурфактанта оценивали с помощью тестирования бесклеточного супернатанта. Бесклеточный супернатант получали, осаждая клетки в культуральной жидкости. Поверхностное натяжение измеряли на тензиометре K20 (KRUSS, Германия) методом кольца Дю Нуи при комнатной температуре. Тест на эмульгирование (E24) проводили, добавляя в пробирки 5 мл бесклеточного супернатанта и 5 мл нефти, энергично встряхивали в течение 2 мин и измеряли эмульгированный слой через 24 часа. $E24\% = (\text{высота эмульгированного слоя}/\text{общая высота столба жидкости}) \times 100$.

В ходе работы было выделен 21 изолят микроорганизмов, продуцирующих биосурфактанты, которые были охарактеризованы с точки зрения изменения поверхностного натяжения воды и эмульгирующих способностей (рис. 1).

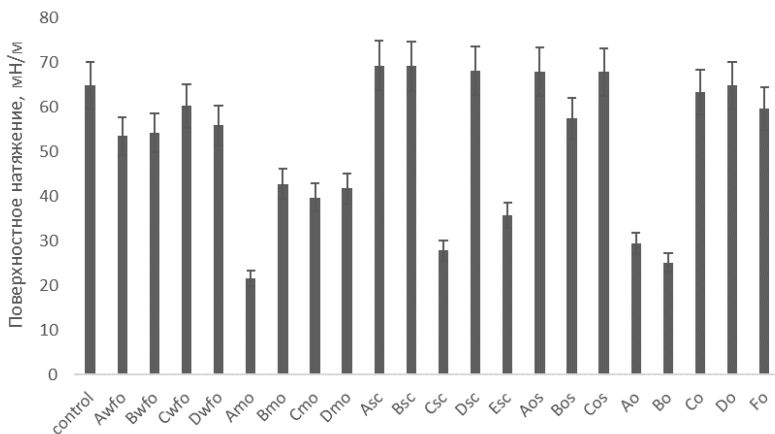


Рисунок 1. Поверхностное натяжение культуральной жидкости изолятов

Установлено, что наиболее эффективными штаммами с точки зрения уменьшения поверхностного натяжения были – Amo (моторное масло), Csc и Esc (жмых подсолнечника), Ao и Bo (сырая нефть), показывая поверхностное натяжение в диапазоне 21,6-35,8 мН/м. Данные штаммы показывают поверхностное натяжение сравнимое с показателями химических ПАВ, что указывает на их высокую эффективность [8].

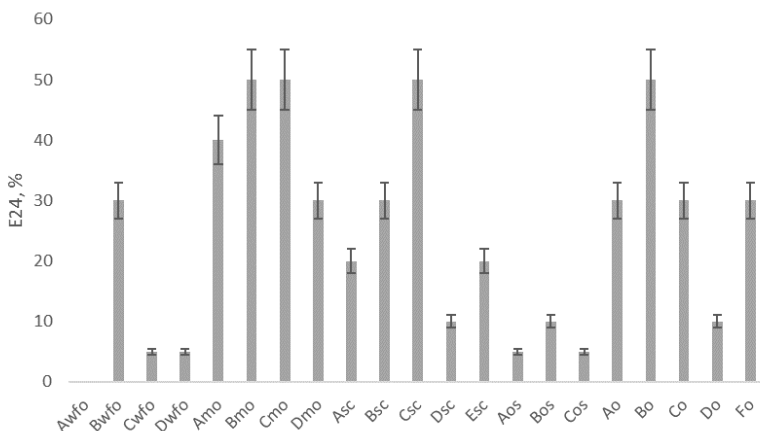


Рисунок 2. Индекс эмульгирования E24

Отмечено, что наибольшей эмульгирующей активностью, по данным индекса эмульгирования равному 50%, обладают штаммы Bmo, Cmo (моторное масло), Csc (жмых подсолнечника), Bo (сырая нефть) (рис. 2). Штамм Awfo показывают минимальную эмульгирующую активность равную 0%.

В результате данной работы из маслосодержащих органических отходов были выделены микроорганизмы, обладающие способностью к синтезу биосурфактантов. Наибольшей эффективностью обладают биосурфактанты, обладающие как высоким индексом эмульгирования, так и уровнем снижения поверхностного натяжения воды, произведенные штаммами Csc, Esc, Ao и Bo.

Литература

1. Mnif, I., Hammami, I., Triki, M.A., Azabou, M.C., Ellouze-Chaabouni, S., Ghribi, D. Antifungal efficiency of a lipopeptide biosurfactant derived from *Bacillus subtilis* SPB1 versus the phytopathogenic fungus, *Fusarium solani* // *Environ Sci Pollut Res Int.* 2015, №22(22), p. 18137-47
2. Santos, D.K.F., Rufno, R.D., Luna, J.M., Santos, V.A., Sarubbo, L.A. Biosurfactants: multifunctional biomolecules of the 21st century// *Int J Mol Sci.* 2016, №17, p. 1–31
3. Jimoh, A.A., Lin, J. Biosurfactant: a new frontier for greener technology and environmental sustainability// *Ecotoxicol Environ Saf.* 2019, №184, 109607
4. Das, A.J., Kumar, R. Production of biosurfactant from agro-industrial waste by *Bacillus safensis* J2 and exploring its oil recovery efficiency and role in restoration of diesel contaminated soil// *Environ Technol Innov.* 2019, №16, 100450
5. Singh, P., Patil, Y., Rale, V. Biosurfactant production: emerging trends and promising strategies// *J Appl Microbiol.* 2019, №126(1), p. 2-13.
6. Zhou, H., Chen, J., Yang, Z. Biosurfactant production and characterization of *Bacillus* sp. ZG0427 isolated from oil-contaminated soil// *Ann Microbiol.* 2015, №65, p. 2255–2264.
7. Mouafo, T.H., Mbawala, A., Ndjouenkeu, R. Effect of Different Carbon Sources on Biosurfactants' Production by Three Strains of *Lactobacillus* spp.// *BioMed Research International*, 2018, p.15.
8. Hill, R.M. Silicone (Siloxane) Surfactants /Ed.: R.A. Meyers, *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (Third Edition), Academic Press. 2003, pp. 793-804.

КОМПЛЕКСЫ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОЦЕНОК, ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ, РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ВЫДЕЛЕНИЯ ЭТАЛОННЫХ ЗНАЧЕНИЙ/УЧАСТКОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Блынский В.А., Лоскутов Д.Л.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия
vblynsky@mail.ru*

Точное земледелие, также известное как точное агропроизводство или цифровое сельское хозяйство, представляет собой направление в агротехнологиях, ориентированное на сбор и анализ данных о изменчивости окружающей среды для принятия управленческих решений в сельском хозяйстве. Эти решения направлены на повышение эффективности использования ресурсов, производительности, качества продукции, прибыльности и устойчивости производства [18]. Одной из основных целей точного земледелия является дифференциация норм технологического воздействия на почвы и растения [14].

Такой подход применим к органическому землепользованию [21].

Органическое земледелие представляет собой подход к сельскому хозяйству, основанный на применении натуральных методов возделывания культур и ведения животноводства без использования синтетических химических удобрений, пестицидов или гормонов роста. Целью является производство экологически чистых продуктов с сохранением природных ресурсов и повышением плодородия почвы [12].

Применение органического земледелия способствует сохранению природных ресурсов, охране биоразнообразия, улучшению качества почвы и повышению плодородия [12].

Для повышения эффективности аграрных процессов и оптимизации использования сельскохозяйственных угодий необходимы точные и надежные оценки показателей плодородия почвы, состояния растительности и других факторов. Применение комплекса методов и алгоритмов с возможностью использования искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) для анализа многомерных пространственно-распределенных аграрно-почвенных данных и формирования экологических оценок, показателей плодородия, растительности и выделения эталонных значений/участков для с/х производства

имеет в данной сфере важное значение. Модели применяются к сельскохозяйственным полям, которые могут быть выделены с помощью существующих моделей классификации землепользования [21].

Для анализа многомерных пространственно-распределенных аграрно-почвенных данных и формирования экологических оценок, показателей плодородия, растительности и выделения эталонных значений/участков для с/х производства применимы: Логико-математический анализ, методы статистического анализа, методика оценки почвенного плодородия, уточняемая показателями NDVI и расчетом средневзвешенного, методика расчета и оценки нормативной урожайности сельскохозяйственных культур, методика агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий, методы ГИС обработки данных в рамках программ SAGA gis, ARQGis [3, 4, 5, 9].

Данные ДЗЗ позволяют определять площади и положение полей, засеянных разными культурами, оценивать их состояние в течение вегетационного сезона и используются для прогнозирования урожайности. Для оценки состояния с/х. растительности используются вегетационные индексы, такие как нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI.

Существуют методики выявления эталонов NDVI как собственного качественного показателя без моделей отклика для основных типов с/х культур [10, 13].

Существуют исследования и разработки, направленные на выделение эталонных участков и определение фоновых значений для земель сельскохозяйственного использования. Эти работы основаны на комплексных методиках мониторинга и анализа почвы, что позволяет оценить плодородие почвы, оптимизировать сельскохозяйственное производство и поддерживать устойчивое использование земельных ресурсов [6, 7, 8].

В настоящее время благодаря значительному прогрессу в сфере информационных технологий, Data science и языковых моделей, для реализации описанных выше методов, активно применяются машинное обучение и искусственный интеллект [2, 15, 16, 17, 20].

В начале данные, соответствующие методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения (утв. Министерством сельского хозяйства РФ и Российской академией сельскохозяйственных наук 17 сентября 2003 г. [4]) дополнялись показателями ООПТ и анализировались геоморфометрические параметры территории, водные ресурсы, характеристики растительности, используемые в дальнейших расчетах.

Определялись значения величины NDVI как качественного показателя, отражающего урожайность/продуктивность земель с/х назначения. Возможно дополнять методику анализом территории на загрязнение и возможность к эрозии.

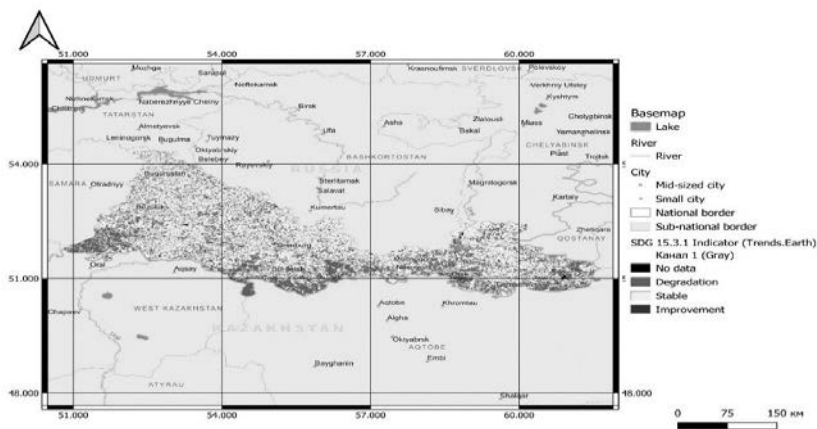


Рисунок 1. Карта экологического состояния земель Оренбургской области по индикатору ЦУР 15.3.1.

После расчетов пороговой величины производится оценка риска роста деградации земель.

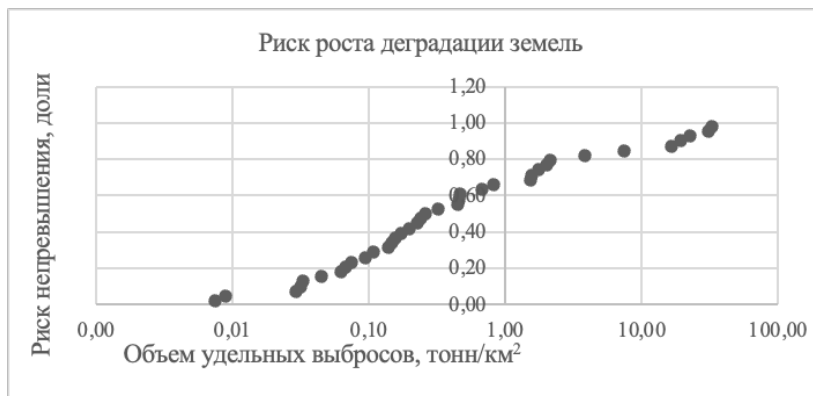


Рисунок 2. График риска роста деградации земель, рассчитанный для суммарных выбросов загрязняющих веществ на территории Оренбургской области.

Как следует из графика, вероятность превышения пороговой величины удельных выбросов, которая для Оренбургской области равна 0,38 тонн на квадратный километр, равна 46%. Для 54 % территориальных единиц рост объемов выбросов не приведет к росту деградации земель по показателям ЦУР 15.3.1. [1].

Производится расчет КПП, дополненного логико-математическими методами. Фоновые значения для расчета берутся как средневзвешенное по каждому учитываемому агрохимическому показателю, за вес была принята площадь участка.

В дальнейшем проводился статистический анализ полученных результатов. Результаты показали, что обоснованно использовать данные по двум годам в одной выборке, выделение необходимо для каждого типа почвы и гранулометрического состава, необходимо использование группы показателей, а именно коэффициента почвенного плодородия, NDVI и нормативной урожайности совместно для выделения эталонных участков.

Также для выделения эталонных участков используется значение коэффициента нормативной урожайности зерновых культур в качестве отражения теоретической продуктивности и особенностей климата, рельефа и иных характеристик поля для выделения наиболее пригодных участков для ведения с/х деятельности [4].

Эталонными назначаются участки со значением КПП, близким к одному, в соответствие с методикой, максимальными значениями Ун и Значениями NDVI от 0,675 до 0,9, не имеющие превышения ПДК, эрозионного риска и других негативных факторов.

С учетом ряда законодательных актов, включая Постановление правительства РФ №149 «О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих технологические показатели наилучших доступных технологий», данная методика эталонирования проверяет и отсекает поля с несоответствием нормативам СанПин. Так же произведено сравнение земель с/х с землями ООПТ – целинных территорий, а также в динамике между собой [11].

Таблица 1. Содержание подвижных форм микроэлементов и тяжелых металлов по с/х полям и ООПТ.

	Свинца Мг/кг	Хрома Мг/кг	Цинка Мг/кг	Марганца Мг/кг
ЗБС	0.96	0.32	0.52	199.02
оз. Глубокое	0.93	0.41	1.58	289.89
с/х поля 2022	0.88	0.25	1.25	63.99

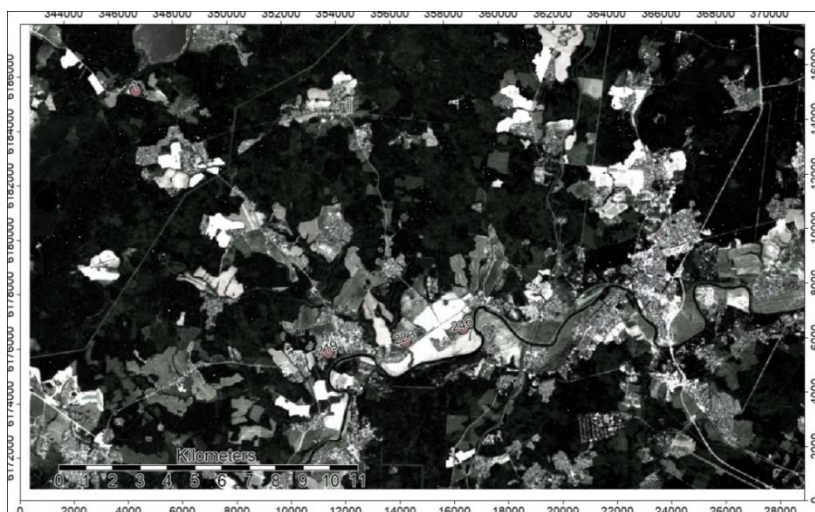


Рисунок 3. Итоговая карта выделенных эталонных участков/полей земель сельхоз назначения Одинцовского района.

Эталонные участки соответствуют содержанию микроэлементов в ООПТ, не противоречат СанПин, а также имеют значительно более высокий показатель плодородия, не снизившийся за промежуток сельскохозяйственного использования от 1990 до 2022 года, а местами даже увеличившийся. Эталонные участки/поля или отдельные точки в этих рамках обладают пространственными характеристиками, агрохимическими и иными необходимыми показателями.

Применимость методики.

Методика может быть использована при производстве чистой продукции в качестве выявления участков с отсутствующим загрязнением и наиболее высокими показателями плодородия, достаточного уровня обеспечивающих возможность продолжительного использования без необходимости внесения удобрений и иных манипуляций, не предусмотренных в цикле производства.

Методика может применяться при выделении необходимого состояния, которое должно быть достигнуто в ходе рекультивации земель данного типа использования или улучшения плодородия в ходе с/х деятельности при применении органических отходов в качестве вторичных ресурсов (рекультиванта и удобрения).

В ходе работы выбраны и применены методики, показатели, индексы и коэффициенты к полученным данным, составлена методика определения эталонных участков с проведением статистического ана-

лиза. Среди исследуемых показателей выделились NDVI, КПП и Ун, как единая группа показателей необходимая для выделения. Совместно уточняющая друг друга и повышающая точность результатов.

Оценена и описана проблематика модели и пути ее нивелирования.

Литература

1. Андреева О.В., Куст Г.С. Оценка состояния земель в России на основе концепции нейтрального баланса их деградации // Известия РАН. Сер. географическая. 2020. Т. 84, № 5.
2. Бекбаева А.М., Мажренова Ш.К., Ермаков Ф.К., Токбергенов И.Т., Куришбаев А.К. Классификация содержания фосфора методами машинного обучения по данным дистанционного зондирования земли // The Scientific Heritage. 2020. №56-3.
3. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации. Под общей редакцией Сапожникова П.М., Носова С.И. – М.: ООО «НИПКЦ ВОСХОД–А». – 2012. – 160 с.
4. Методические рекомендации по оценке качества и классификации земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве (Росземкадастр, ФГУП «Госземкадастрсъемка» - ВИСХАГИ, РосНИИземпроект, 2003. – 170 с.
5. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения (утв. Министерством сельского хозяйства РФ и Российской академией сельскохозяйственных наук 24, 17 сентября 2003 г.).
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 года № 149 «О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих технологические показатели наилучших доступных технологий».
7. Постановление Правительства РФ от 19.07.2012 № 736 "О критериях значительного ухудшения экологической обстановки в результате использования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения с нарушением установленных земельным законодательством требований рационального использования земли".
8. Постановление Правительства РФ от 22 июля 2011 г. № 612 "Об утверждении критериев существенного снижения плодородия земель сельскохозяйственного назначения".

9. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 6 июля 2017 г. № 325 “Об утверждении Методики расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации”.
10. Савин И.Ю., Танов Э.Р., Харзинов С. Использование вегетационного индекса NDVI для оценки качества почв пашни (на примере Баксанского района Кабардино-Балкарии) // Бюл. Почв. ин-та. 2015. №77.
11. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
12. Семенов А.М., Глинушкин А.П., Соколов М.С. Органическое земледелие и здоровье почвенной экосистемы // Достижения науки и техники АПК. 2016. №8. Федеральный закон от 11 июня 2021 г. N 159-ФЗ "О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками".
13. Хвостиков С.А., Барталев С.А. Построение эталонов сезонной динамики NDVI для основных сельскохозяйственных культур // Электронный сборник статей 16-й конференции. Институт космических исследований РАН, Москва, 2018.
14. Якушев В. П., Петрушин А. Ф., Якушев В. В., Блохина С. Ю., Блохин Ю. И., Матвеев Д. А., Митрофанов Е. П. Автоматизация процесса обнаружения и выделения границ внутриполевого изменчивости по аэрокосмическим снимкам и оптическим критериям // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 6. С. 151–162.
15. Acar, E. & Altun, M. (2021). Classification of the Agricultural Crops Using Landsat-8 NDVI Parameters by Support Vector Machine. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9 (1), 78-82.
16. Aicha Moumni, Abderrahman Lahrouni, "Machine Learning-Based Classification for Crop-Type Mapping Using the Fusion of High-Resolution Satellite Imagery in a Semiarid Area", *Scientifica*, vol. 2021, Article ID 8810279, 20 pages, 2021.
17. Folorunso, O.; Ojo, O.; Busari, M.; Adebayo, M.; Joshua, A.; Folorunso, D.; Ugwunna, C.O.; Olabanjo, O.; Olabanjo, O. Exploring Machine Learning Models for Soil Nutrient Properties Prediction: A Systematic Review. *Big Data Cogn. Comput.* 2023, 7, 113.
18. International Society for Precision Agriculture (ISPA). Precision Agriculture Definition. 2021.
19. Parameters by Support Vector Machine. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9 (1), 78-82.

20. Pelta, R.; Beeri, O.; Tarshish, R.; Shilo, T. Sentinel-1 to NDVI for Agricultural Fields Using Hyperlocal Dynamic Machine Learning Approach. *Remote Sens.* 2022, 14, 2600.
21. Precision agriculture and the future of farming in Europe Scientific Foresight Study IP/G/STOA/FWC/2013-1/Lot 7/SC5 December 2016.
22. Viskovic, Lucija & Nizetic Kosovic, Ivana & Mastelic, Toni. (2019). Crop Classification using Multi-spectral and Multitemporal Satellite Imagery with Machine Learning. 1-5.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
И ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ ИОСУРФАКТАНТОВ,
ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ШТАММОВ *BACILLUS*
AMYLOLIQUEFACIENS B-12464
И *BACILLUS MOJAVENSIS* PS17**

**Гордеев А.С.¹, Ежкин Н.А.², Осморская З.И.^{1,2},
Бикташева Л.Р.¹**

¹ Казанский (Приволжский) Федеральный Университет,
Институт экологии и природопользования, г. Казань, Россия

² ООО Органик Парк, г. Казань, Россия
drgor@mail.ru

Вопросы продовольственной безопасности в настоящее время пользуются повышенным вниманием и привлекают к решению ряда проблем современные научные подходы. На фоне экстремальных климатических условий и роста населения формируется одна из важнейших задач: сохранение и увеличение урожайности сельскохозяйственной продукции. Подходы, базирующиеся на биотехнологии, позволяют вносить существенные изменения в системы устойчивости растений перед засухой, недостаток питания и угрозой заражения патогенами [1]. Фитопатогены, преимущественно представленные микроскопическими грибами, представляют серьезную угрозу для сельского хозяйства. Так, ежегодные потери производителей фруктов, овощей и зерновых культур из-за снижения качества урожая и полной гибели растений исчисляются миллиардами долларов [2]. Среди фитопатогенов отмечается высокая опасность грибов рода *Fusarium*, способы борьбы с которыми, как правило, базируются на искусственно синтезированным фунгицидам, например, на основе бензимидазолов и триазолов [3]. Однако повышение устойчивости патогенов и токсичность для окружающей среды накладывают существенные ограничения на дальнейшее применение таких средств защиты растений. В настоящее время оказывается доступным получение биосурфактантов – вторичных метаболитов бактерий, способных продуцировать целевой продукт в контролируемых условиях. Так, одним из наиболее продуктивных производителей биосурфактантов выступают бактерии рода *Bacillus*, продуцирующие биосурфактант липопептидного характера. Липопептиды *Bacillus* являются амфифильными молекулами с цикли-

ческим гидрофильным фрагментом - структурой, образованной 7–10 аминокислотами (в том числе 2–4 D-аминокислотами) и гидрофобным хвостом, бета-гидроксигирной кислотой с 13–19 атомами углерода [4]. Липопептиды, производимые бактериями рода *Bacillus* благодаря своим физико-химическим свойствам способны снижать поверхностное натяжение жидкостей в растворе, эмульгировать малополярные фазы [5] и отличаются биологически активным действием: взаимодействие с биопленками, подавление роста некоторых бактерий [6], а также противогрибковые свойства [7]. Бактерии рода *Bacillus* продуцируют, как правило, такие сурфактанты, как сурфактин, итурин и фенгицин, структура и свойства которых очень схожи [8]. Целью исследования выступила оценка двух штаммов *Bacillus amyloliquefaciens* B-12464 и *Bacillus mojavenensis* PS17 на предмет их фунгицидной активности с характеристикой их физико-химических свойств.

Штаммы *B. amyloliquefaciens* B-12464 и *B. mojavenensis* PS17 (получены в ORGANIC PARK LLC) были культивированы на минеральной среде с глюкозой. Затем смесь биосурфактантов, продуцируемых штаммами, экстрагировали с помощью кислотного осаждения и очищали согласно стандартному протоколу с помощью смеси хлороформом:метанол [9]. Структура полученного биосурфактанта была охарактеризована с помощью анализа ИК-спектров, полученных в режиме НПВО в диапазоне волновых чисел от 600 до 4000 см⁻¹, каждый спектр представлен усреднением 256 сканов. Измерение производилось на приборе Bruker Lumos с блоком ATR при комнатной температуре. Оценка способности биосурфактантов к изменению поверхностного натяжения производилась с помощью автоматического тензиометра Kruss K20 методом отрыва кольца Дью Нуи. Для оценки фунгицидного потенциала полученных биосурфактантов был использован следующий протокол: в колбу с картофельно-глюкозным агаром добавляли раствор биосурфактанта в концентрациях 1000 ppm и 3000 ppm. Питательный раствор с биосурфактантом разливали на чашки. В качестве контрольного образца использовали среду без биосурфактанта. Делали маленькие губки диаметром 0,5 см. Губки пропитывали раствором спор гриба (*Fusarium* sp.) и помещали в центр чашки. В качестве контроля были чашки с картофельно-глюкозным агаром без добавления биосурфактанта с губками, которые пропитаны раствором спор гриба *Fusarium* [10]. На 5 день роста измерили диаметр роста гриба. Вычислили процент зарастания поверхности питательного субстрата. Все исследования проводили в трех повторностях.

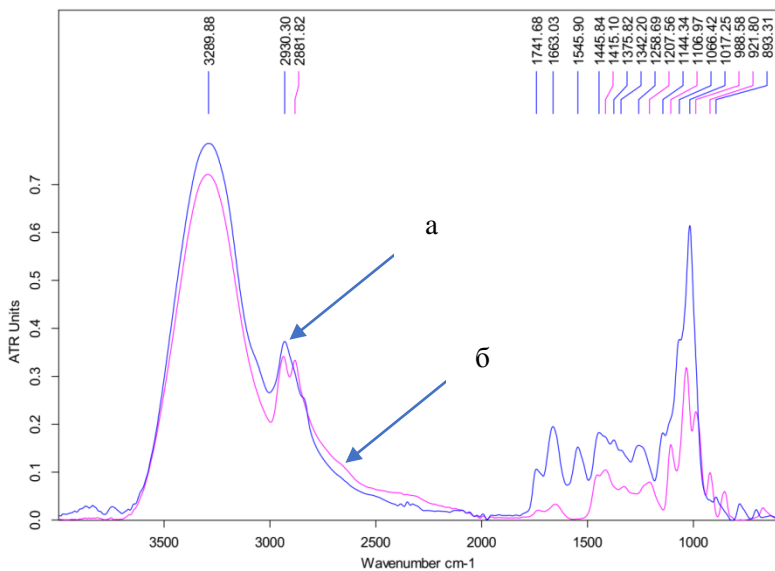


Рисунок. ИК-спектры полученных биосурфактантов: *а* - липопептид, выделенный из *B. amyloliquefaciens* В-12464, *б* - липопептид, выделенный из *B. mojavensis* PS17

Характер ИК-спектров демонстрирует схожесть составов полученных биосурфактантов, а также близость к известным результатам для данного способа получения из подобных микроорганизмов [11]. Наблюдаемые на спектрах пики поглощения при 3298 см^{-1} указывают на валентные колебания, обусловленные вкладом гидроксильных групп сорбированной влаги, а также amino групп, входящих в пептидную цепь, длинными алкильными цепями, пики, отмеченные 2930 , 2881 и 1741 см^{-1} относятся к алифатическим цепям ($-\text{CH}_3$ и $-\text{CH}_2$), а также присутствию карбонильных групп (рис. 1). Важно отметить, что интенсивная полоса поглощения при 3327 см^{-1} во всех образцах, характерная для растяжения связей $-\text{NH}$, указывала на присутствие пептидов. Наличие связи CO-N подтверждается пиком на 1663 см^{-1} , а комбинация N-H и C-N проявляется при 1545 см^{-1} . Поглощение в области $1258\text{-}1207\text{ см}^{-1}$ для всех образцов обусловлена адсорбцией карбонильной группы лактона, характерной для образцов липопептидов, в продуктах, полученных биотехнологическим путем [12]. Эти данные согласуются с аналогичными исследованиями по получению липопептидов на различных субстратах и демонстрируют сочетание алифати-

ческих и карбонильных групп [13]. Значения поверхностного натяжения для образцов оказались сопоставимы: для раствора липопептида, выделенного из *B. amyloliquefaciens* В-12464 оно составило 26,36 мН/м, а для раствора липопептида, выделенного из *B. mojavensis* PS17 оно составило 27,12 мН/м, что сопоставимо с литературными значениями для данного рода микроорганизмов [14]. По итогам измерения площади подавления роста патогенного гриба для липопептида, выделенного из *B. mojavensis* PS17 было выявлено отсутствие ингибирующего эффекта при дозе биосурфактанта в 1000 ppm, значение площади покрытия было незначительно ниже контрольного: 78% и 87% соответственно. Доза липопептидов, составляющая 3000 ppm, позволила выявить активное подавление роста *F. graminearum*. Площадь покрытия поверхности чашек составила 48%, в отличие от 87% для контрольных образцов. При этом для липопептида, выделенного из *B. amyloliquefaciens* В-12464, не было отмечено никаких изменений по сравнению с контрольным образцом, то есть его фунгицидная активность не была проявлена в аналогичных концентрациях. Таким образом, было выявлено структурное сходство полученных биосурфактантов, схожие значения поверхностного натяжения жидкости, но различные фунгицидные свойства для биосурфактантов, выделенных из штаммов *Bacillus amyloliquefaciens* В-12464 и *Bacillus mojavensis* PS17.

Литература

1. Munaweera, T.I.K. et al. Modern plant biotechnology as a strategy in addressing climate change and attaining food security // *Agric & Food Secur.* 2022. Vol. 11, № 1. P. 26.
2. Shuping, D.S.S., Eloff J.N. The use of plants to protect plants and food against fungal pathogens: a review: 4 // *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines.* 2017. Vol. 14, № 4. P. 120–127.
3. Dean, R. et al. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology // *Molecular Plant Pathology.* 2012. Vol. 13, № 4. P. 414–430.
4. Zhao, H. et al. Biological activity of lipopeptides from *Bacillus* // *Appl Microbiol Biotechnol.* 2017. Vol. 101, № 15. P. 5951–5960.
5. Deleu, M. et al. Interfacial and emulsifying properties of lipopeptides from *Bacillus subtilis* // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* 1999. Vol. 152, № 1. P. 3–10.
6. Mondol, M.A.M., Shin H.J., Islam M.T. Diversity of Secondary Metabolites from Marine *Bacillus* Species: Chemistry and Biological Activity: 8 // *Marine Drugs.* Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2013. Vol. 11, № 8. P. 2846–2872.

7. Meena, K.R., Kanwar S.S. Lipopeptides as the Antifungal and Antibacterial Agents: Applications in Food Safety and Therapeutics // BioMed Research International. Hindawi, 2015. Vol. 2015. P. e473050.
8. Toral, L. et al. Antifungal Activity of Lipopeptides From Bacillus XT1 CECT 8661 Against Botrytis cinerea // Frontiers in Microbiology. 2018. Vol. 9.
9. Kim, P.I. et al. Production of Biosurfactant Lipopeptides Iturin A, Fengycin and Surfactin A from Bacillus subtilis CMB32 for Control of Colletotrichum gloeosporioides. Korean Society for Microbiology and Biotechnology, 2010. Vol. 20, № 1. P. 138–145.
10. Olmedo, C. et al. Antifungal potential of biosurfactants produced by strains of Bacillus spp. (Bacillales: Bacillaceae) selected by molecular screening // Revista de Biología Tropical. <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>, 2022. Vol. 70, № 1. P. 636–646.
11. Lin, S.C. et al. Structural and immunological characterization of a biosurfactant produced by Bacillus licheniformis JF-2 // Applied and Environmental Microbiology. American Society for Microbiology, 1994. Vol. 60, № 1. P. 31–38.
12. Ferré, G., Besson F., Buchet R. Conformational studies of the cyclic l, d-lipopeptide surfactin by Fourier transform infrared spectroscopy // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 1997. Vol. 53, № 4. P. 623–635.
13. Zhu, Z. et al. Comparative study on the properties of lipopeptide products and expression of biosynthetic genes from Bacillus amyloliquefaciens XZ-173 in liquid fermentation and solid-state fermentation // World J Microbiol Biotechnol. 2013. Vol. 29, № 11. P. 2105–2114.
14. Al-Ajlani, M.M. et al. Production of surfactin from Bacillus subtilis MZ-7 grown on pharmamedia commercial medium // Microbial Cell Factories. 2007. Vol. 6, № 1. P. 17

БИОФУМИГАЦИЯ – АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ ПРИЁМ, СНИЖАЮЩИЙ КОЛИЧЕСТВО ПОЧВЕННОЙ ИНФЕКЦИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Ерохова М.Д.¹, Кузнецова М.А.²

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
отдел болезней картофеля и овощных культур, Большие Вязёмы, Россия
maria.erokhova@gmail.com

Вследствие изменения общего международного подхода к защите растений, в развитых странах постепенно происходит удешевление продуктов для здорового питания: их стоимость в день на одного человека (в долларах США), в Великобритании составляет в 2019 г. 1,937, в 2020 г. – 1,911, в 2021 г. – 1,95 [9]. В России данные показатели доступности продуктов питания составляют в 2019 г. 3,264, в 2020 г. – 3,42, в 2021 г. – 3,678 [9]. Так, в европейских странах принята Директива ЕС 2009/128/ЕС, нацеленная на снижение применения средств защиты растений (СЗР) и продвижение интегрированной защиты растений в странах-членах ЕС [7]. В рамках этой директивы поощряется разработка национальных планов интегрированной защиты и активное внедрение биофумигации, севооборота с сидеральными культурами (в качестве покровных культур) и иных агротехнических приёмов [2, 7]. Поэтому в разных странах ассортимент разрешённых и эффективных СЗР, применяемых для борьбы с почвенной инфекцией многих фитопатогенов, цистообразующих нематод (*Glododera pallida*, *Globodera rostochiensis*) и семенами сорных растений постепенно уменьшается. Так защита растений против почвенных фитопатогенов (например, против *Verticillium albo-atrum sensu lato* [8] и *Colletotrichum coccodes*, *Helminthosporium solani*, *Streptomyces scabiei*, *Rhizoctonia solani*, *Polyscytalum pustulans* [3]) направлена на предотвращение накопления их почвенной инфекции. Также – на сохранение полезной микробиоты и на увеличение содержания органического вещества. Поэтому в России и в европейских странах всё большую популярность набирает выращивание биофумигирующих культур из семейства Капустные – горчицы сарепской *Brassica juncea*, эруки посевной *Eruca sativa*, редьки посевной *Raphanus sativus* [1, 4, 5, 10] и в меньшей степени – сорго, сорго-суданковых гибридов, а также однолетнего люпина и донника. В Великобритании растения из семейства Капустные выращивают 8–14 недель с середины июля по начало ноября,

в период, когда поле не занято выращиванием основной культуры [5]. После того, как растения достигают фазы цветения, их измельчают и растительную массу заделывают в почву.

Клетки растений семейства Капустные содержат глюкозинолаты. Глюкозинолаты не обладают токсичностью. Каждому растений свойственен свой профиль глюкозинолатов [5]. Продукты их гидролиза (в особенности, изотиоцианаты) являются токсичными газами. Целевыми объектами, против которых применяется биофумигация, являются картофельные цистообразующие нематоды (КЦН), но также этот агротехнический приём эффективен против ряда почвенных фитопатогенов и семян сорных растений.

Изотиоцианаты ингибируют клеточное дыхание и другие функции КЦН [5]. Они также стимулируют отрождение их личинок, которые в отсутствие подходящего растения-хозяина погибают. Токсичные вещества также парализуют и убивают личинок напрямую. Отмечена корреляция, чем дольше экспозиция и доза изотиоцианатов, тем больше погибает личинок КЦН. При этом на почвах с высоким содержанием органического вещества происходит сорбция изотиоцианатов, что снижает эффективность биофумигации [6]. Также отмечается сортовая специфичность: одни сорта растений накапливают больше глюкозинолатов, чем другие. Например, сорт горчицы сарепской *Brassica juncea* ISCI 99 отличается повышенным образованием глюкозинолатов в растительных клетках (синигрина) при достаточном количестве свежей растительной массы в летний период (40–70 т/га) [5].

Для раскрытия всего потенциала эффективности от применения биофумигирующих культур семейства Капустные необходимо следовать следующим рекомендациям [3, 5]:

1. Применять минеральные удобрения для увеличения количества образующихся глюкозинолатов и растительной биомассы (азота – 100–150 кг/га, сульфатов – 25–50 кг/га);
2. Высевать семена биофумигирующих культур на глубину 2–3 см при норме расхода семян 8–10 кг/га;
3. Растительную массу биофумигирующих культур сразу после измельчения необходимо заделать в тёплую почву ($> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) на глубину 25–35 см при наступлении у растений фазы цветения;
4. Рекомендуется оставить не менее 2 недель до посева новой культуры после заделки в почву, чтобы избежать фитотоксичности у последующей культуры.

Литература

1. Банадысев С.А. Биофумигация почвы в картофелеводстве // Картофельная система, 2020, № 1, с. 20-27.
2. Ерохова, М. Д. Аспекты интегрированной защиты картофеля от болезней в современных условиях устойчивой интенсификации сельского хозяйства Европы / М. Д. Ерохова, М. А. Кузнецова // Биосфера. – 2022. – Т. 14, № 3. – С. 163-167. – DOI 10.24855/biosfera.v14i3.691. – EDN GNFPМК.
3. Ерохова, М. Д. Биофумигация почвы растениями из семейства Капустные / М. Д. Ерохова, М. А. Кузнецова // Защита и карантин растений. – 2021. – № 8. – С. 39-40. – DOI 10.47528/1026-8634_2021_8_39. – EDN MSHTZH.
4. Кузнецова, М. А. Ризиктониоз -опаснейшее заболевание картофеля / М. А. Кузнецова, М. Д. Ерохова // Защита и карантин растений. – 2021. – № 4. – С. 31-34. – DOI 10.47528/1026-8634_2021_4_31. – EDN CVNSAU.
5. Agriculture and Horticulture Development Board (2019). Biofumigation for management of potato cyst nematodes (PCN) (https://projectbluearchive.blob.core.windows.net/media/Default/Potato%20knowledge%20library/BiofumigationGuide3035_190710_WEB.pdf)
6. Best4Soil (2020) Factsheet: Biofumigation: practical information, advantages and disadvantages <https://www.best4soil.eu/>
7. DIRECTIVE 2009/128/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides (Text with EEA relevance) // Official Journal of the European Union. L 309. P. 71–86.
8. EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health), 2014. Scientific Opinion on the pest categorisation of *Verticillium albo-atrum sensu stricto* Reinke and Berthold, *V. alfalfae* Inderb., HW Platt, RM Bostock, RM Davis & KV Subbarao, sp. nov., and *V. nonalfalfae* Inderb., HW Platt, RM Bostock, RM Davis & KV Subbarao, sp. nov.. EFSA Journal 2014; 12(12):3927, 40 pp. doi:10.2903/j.efsa.20143927.
9. FAO (2023) FAOSTAT <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
10. Ngala, B.M., Haydock, P.P., Woods, S. and Back, M.A. (2015), Biofumigation with *Brassica juncea*, *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* for the management of field populations of the potato cyst nematode *Globodera pallida*. Pest. Manag. Sci., 71: 759-769. <https://doi.org/10.1002/ps.3849>
11. Scottish Pesticide Surveys Database (SCOPEs) <https://www.sasa.gov.uk/content/scottish-pesticide-surveys-database-scopes-arable-crops#app-top>.

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ, БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРТОФЕЛЯ

Зубрицкая Я.В.^{1}, Близнюк У.А.^{1,2}, Борщеговская П.Ю.^{1,2},
Золотов С.А.¹, Ипатов В.С.², Чуликова Н.С.³, Черняев А.П.^{1,2},
Малюга А.А.³, Авдюхина В.М.¹, Шик А.В.¹, Беклемишев М.К.¹,
Родин И.А.^{1,4}*

¹ *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
г. Москва, Россия*

² *Научно-исследовательский институт ядерной физики
им. Д.В. Скобельцына, г. Москва, Россия*

³ *Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий
Российской академии наук, г.Краснообск, Россия*

⁴ *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования Первый Московский государственный медицинский
университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения
Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия
zubritckaia.iv18@physics.msu.ru

Картофель, как третья по значимости продовольственная культура после риса и пшеницы, активно выращивается в более чем 150 странах мира. Россия занимает 3 место по объемам производства данной культуры производя более 30 миллионов тонн картофеля в год [1]. Кроме того, картофель также служит ключевым сырьем для производства крахмала, глюкозы и спирта [2]. Для поддержания уровня производства в условиях растущего спроса необходим качественный семенной материал, требования к которому становится всё строже в связи с изменением климата и вызванным им распространением различных бактериальных, вирусных и грибковых инфекций [3]. Мировые потери урожая картофеля от болезней ежегодно составляют до 11,6% валового сбора [4]. Одним из часто встречающихся заболеваний является ризоктониоз – поражение клубней и растений картофеля фитопатогенным грибом *Rhizoctonia solani*. В производстве для борьбы с инфекциями растений используются химические активные вещества, применение которых может негативно повлиять на микрофлору почв и состояние окружающей среды, а также привести к росту устойчивости патогенов к действию данных веществ. Тенденция перехода к экологически чистым технологиям в сельском хозяйстве привела к росту применения радиационных технологий в данной сфере. Предпо-

садочная обработка ионизирующим излучением способна как обеспечить микробиологическую защиту растений, так и увеличить урожайность и скорость роста культур [5].

Воздействие ионизирующего излучения на вещество облучаемого продукта приводит к изменениям в его химическом составе. Таким образом, факт радиационной обработки может быть обнаружен посредством физико-химических методов анализа. Существующие методы выявления факта облучения не охватывают все категории продукции и могут требовать сложного и дорогостоящего технического оборудования для проведения. Основанный на применении флуорофоров экспресс-метод «отпечатков пальцев» широко применяется для различения объектов сходного химического состава и отличается от других распространённых методов анализа высокой точностью и универсальностью.

Целью данной работы являлось исследование влияния предпосадочной обработки низкоэнергетичными ускоренными электронами на урожайность, биометрические показатели и фитосанитарное состояние клубней картофеля с естественным заражением грибом *Rhizoctonia solani*, а также проверки эффективности флуориметрического метода «отпечатков пальцев» в установлении факта проведения радиационной обработки.

В исследовании воздействия предпосадочной обработки клубни картофеля сорта Лина с естественным заражением грибом *Rhizoctonia solani* (*R. solani*), предоставленные СФНЦА РАН, подвергались облучению ускоренными электронами в дозах от 20 Гр до 3000 Гр. В качестве источника ионизирующего излучения был использован ускоритель электронов УЭЛР-1-25-Т-001 с максимальной энергией пучка 1 МэВ и средней мощностью пучка 25 кВт. В целях повышения равномерности облучения, во время каждого сеанса обработки клубни картофеля подвергались облучению с двух противоположных сторон.

Контроль равномерности облучения проводился посредством компьютерного моделирования с использованием программного обеспечения Geant4, базирующегося на методе Монте-Карло. В результате моделирования было получено, что вся доза поглощалась в поверхностных слоях клубня, находящихся не глубже 4 мм. Таким образом, внутренние слои картофеля не подвергались воздействию излучения, а склероции гриба *R. Solani*, залегающие в клубнях на глубинах около 2 мм, получали большую часть дозы.

Полевые исследования, направленные на изучение фенологии и урожайности культуры, проводились на сельскохозяйственной опытной станции Элитная, расположенной в лесостепном Приобском районе в окрестностях г. Новосибирска. Полученный урожай проходил фракционный анализ и анализ фитосанитарного состояния на предмет склероциальных и несклероциальных форм заболеваний, вызываемых *R. solani*.

Для проведения анализа методом «отпечатков пальцев» клубни сорта Лина и Агата нарезались на параллелепипеды размерами $(15 \times 5 \times 5)$ мм³, помещались в полипропиленовые пробирки и облучались рентгеновским излучением в дозах 100 и 1000 Гр с использованием установки ДРОН УМ-2 с рентгеновской трубкой БСВ-23 с медным анодом. Мощность поглощённой образцами дозы определялась с помощью дозиметра Фрике и составила $1,8 \pm 0,2$ Гр/с.

Для получения экстрактов и последующего химического анализа образцы заливали раствором дистиллированной воды и аскорбиновой кислоты, после чего помещали на орбитальный шейкер для экстракции на 12-20 часов. Для мониторинга биохимических изменений в составе образцов и возможности выявления факта облучения по прошествии времени анализ проводился непосредственно после облучения, а также на 2 и 6 сутки после него. В полученные экстракты добавляли карбоцианиновые красители, вступающие в индикаторные реакции агрегации и окисления. Предполагается, что на протекание этих реакций влияет химический состав экстрактов клубней, облученных разными дозами. Проводилась оценка интенсивности флуоресценции смесей краситель-вещество в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах длин волн, и исследование спектров поглощения экстрактов в видимом диапазоне, и затем анализ полученных данных методами главных компонент и линейного дискриминантного анализа. Визуализация результатов проводилась в виде двумерных графиков в координатах главных компонент и LDA-факторов.

Исследование показало, что предпосадочная обработка семенных клубней картофеля, зараженных *Rhizoctonia solani* ускоренными электронами с энергией 1 МэВ в дозах 20–150 Гр снижала скорость развития культуры, а в дозах выше 150 Гр – полностью подавляла её рост. Дозы от 20 Гр до 100 Гр снижали количество крупных клубней в среднем на 10–20 %, а количество средних и мелких клубней увеличивалось на 5–15 % и 3–10 % соответственно. Облучение семенного картофеля также уменьшило склероциальные и несклероциальные формы болезней, вызванных *Rhizoctonia solani*, в клубнях нового урожая. Был установлен сигмоидальный характер зависимости урожайности культуры и поражения урожая фитопатогенным грибом от дозы облучения. Из полученных зависимостей было выявлено, что облучение электронами с энергией 1 МэВ в дозах от 20 Гр до 30 Гр является наиболее эффективным для предпосадочной обработки семенного картофеля, поскольку проникновение низкоэнергетических ускоренных электронов исключительно в верхние слои клубней картофеля обеспечивает подавление заболеваний, вызванных *Rhizoctonia solani*, не менее чем на 10 % от значений для необлученных образцов при снижении показателей урожайности не более чем на 25 %.

Посредством анализа методом «отпечатков пальцев» удалось различить необлученные образцы картофеля и образцы, облученные дозами 100 и 1000 Гр. Успешность различения на 0, 2 и 6 день для сорта Лина составила 100%; 79% и 96%, соответственно, а для сорта Агата – 73%; 100% и 100%. Было получено, что увеличение количества исследуемых образцов на дозу, видов используемых красителей и вариаций фиксирования флуоресценции образцов увеличивает точность анализа.

Результаты, полученные в исследовании, могут быть использованы в качестве рекомендаций по предпосадочному облучению клубней картофеля для повышения качества нового урожая и послужить развитию методики качественного, экспрессного и экономически выгодного способа контроля проведения радиационной обработки.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 22-63-00075.

Литература

1. Прогноз ФАО: Мировое производство картофеля может удвоиться в ближайшие 10 лет. [Электронный ресурс]. URL: <https://fruitnews.ru/home/category/analitika/prognoz-fao-mirovye-proizvodstvo-kartofelya-mozhet-udvoitsya-v-blizhajshie-10-let.html> (дата обращения: 29.07.2023).
2. Регулирование качества картофеля при выращивании. АГРОМАРТ [Электронный ресурс]. URL: <https://agro-mart.kz/regulirovanie-kachestva-kartofelya-pri-vyrashhivanii/> (дата обращения: 29.07.2023).
3. Singh B. K. et al. Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward //Nature Reviews Microbiology. 2023. С. 1-17.
4. Неменуца Л.А. Современные технологии защиты клубней картофеля в технологиях семеноводства //Защита картофеля. 2020. №. 1. С. 15-16.
5. Санжарова Н.И., Козьмин Г.В., Бондаренко В.С. Радиационные технологии в сельском хозяйстве: стратегия научно-технологического развития //Инноватика и экспертиза: научные труды. 2016. №. 1. С. 197-206.

КАЧЕСТВО СЫРЬЯ *DASIPHORA FRUTICOSA* L. ПРИ ГИДРОПОННОМ МЕТОДЕ ВЫРАЩИВАНИЯ

Казиева А.Ю., Мулюкин М.А.

*Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия
amina.kazieva.2015@mail.ru*

Dasiphora fruticosa L. Rydb, или лапчатка кустарниковая (син. *Potentilla fruticosa* L.) – многолетний декоративный кустарник из семейства *Rosaceae*. С давних времен во многих культурах цветки и листья используются как лекарственное сырье благодаря выраженным лечебным свойствам. По мнению многих авторов кустарник является новым источником важных биологически активных веществ (дубильных, аскорбиновой кислоты, аминокислот, тритерпеноидов, фенольных соединений, жирных кислот и др.) [1, 2]. Надземные органы растения проявляют выраженные антимикробные, стимулирующие иммунитет, противовирусные, антиоксидантные свойства [3]. Помимо этого, благодаря длительному и обильному цветению, препятствию развития эрозии почвы и выраженной резистентностью к кислотности почвы, зимо- и засухоустойчивости растение используется в ландшафтном дизайне [1, 3-5].

На территории севера Западной Сибири природные популяции *D. fruticosa* резко сокращаются. Связано это с низкой видовой пластичностью и конкурентной способностью растения, а также с активной хозяйственной деятельностью человека. На сегодняшний день лапчатку кустарниковую характеризуют как редкое реликтовое мезофитное растение северо-востока Европы и европейской части России [4].

Имеющиеся литературные данные относительно химического состава, физиологии, биоморфологических особенностей и др. не дают целостной и объективной картины в силу своего разрозненного характера. Многие вопросы, касающиеся выращивания, размножения и анализа химического состава курильского чая остаются недостаточно изученными. Сбор лекарственного сырья интродуцированной лапчатки кустарниковой связан с рядом проблем, основной из которых является сложность при вегетативном или семенном размножении. Поэтому все большую актуальность приобретают вопросы ускоренного размножения и сохранения аборигенных видов лекарственных растений северных регионов нашей страны.

При выращивании растений лапчатки кустарниковой использовалась гидропонная установка «Система – 4Д» горизонтального типа в

режиме периодического затопления. Для гидропонной системы применяли полностью растворимое в воде удобрение Ferticare hydro и Yara liva calcinit, Нитрат кальция (Кальциевая селитра). Поддерживали оптимальные условия культивирования: рН питательного раствора 5,8-6,0, температура раствора +20 С. Подача питательного раствора проводилась 15 минут 5 раз в сутки, замена питательного раствора – через 7 дней [5].

Сбор и сушка сырья, выращенного в условиях гидропоники, проводили в соответствии с ГОСТ 24.027.0-80 [6].

Количественный пигментный анализ сухого измельченного сырья *Dasiphora fruticosa* проводили спектрофотометрическим методом [7]. В основе метода лежит способность пигментов поглощать световые лучи с определенной длиной волны (λ , нм). Анализ проводился на спектрофотометре ПЭ – 5400 В.

Метод основан на экстракции пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) из сухого растительного материала 96% спиртом, очистке экстракта и измерении оптической плотности растворов смеси в диапазоне длин волн 470-665 нм. Определение хлорофиллов происходит в области красных максимумов поглощения, а каротиноидов – синих.

Для расчёта концентрации хлорофиллов *a* (Chl a) и *b* (Chl b) регистрировали оптическую плотность при длине волн (λ) 665 и 649 нм соответственно относительно 96%-го этилового спирта в кювете с толщиной поглощающего слоя 1 см. Оптическая плотность для расчёта концентрации каротиноидов (Car) определялась при $\lambda = 470$ нм.

Количественное определение суммы дубильных веществ в пересчете на танин проводили по методике ОФС.1.5.3.0008.15 [8] титриметрическим методом.

Количественное определение общего содержания фенольных соединений проводили по общепринятым методикам с использованием реактива Фолина-Чокальтеу и карбоната натрия [1,2]. Экстракцию растительного материала проводили на ультразвуковой ванне с использованием 70%-го этилового спирта в качестве экстрагента. В пробирку помещали растительный экстракт, затем реактив Фолина-Чокальтеу. Закрывали пробирку и убирали на 5 мин в темное место. Далее внесли карбонат натрия и убирали на 1,5 ч в темное место для установления комплексообразования.

Оптическую плотность растворов снимали на спектрофотометре Shimadzu UV 1900i при длине волны 765 нм. В качестве раствора сравнения использовали дистиллированную воду. Толщина поглощающего слоя составляла 1 см. Концентрацию фенольных соединений находили по градуировочному графику, приготовленному по серии растворов галловой кислоты.

При выращивании лапчатки кустарниковой гидропонным методом отмечено, что продолжительность прегенеративного периода значительно сократилась (рис. 1)

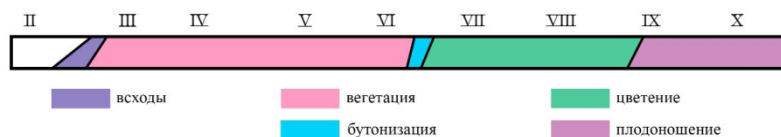


Рисунок 1. Феноспектр *Dasiphora fruticosa* в условиях светокультуры за 2021 г.

Вегетационный период у лапчатки кустарниковой в гидропонных условиях продлился 108 дней или 3,6 месяца, тогда как в условиях открытого грунта вегетационный период в среднем длится 4 месяца. Период бутонизации также сократился: 1 месяц в условиях открытого грунта и неделя в условиях гидропоники. Цветение продолжительное, как в открытом грунте, так и в гидропонных условиях.

Важно отметить, что при выращивании *D. fruticosa* в открытом грунте при интродукции цветение наступает на второй год жизни [4], тогда как при выращивании гидропонным методом через 130 дней.

Сырье курильского чая, выращенного в условиях гидропоники, является перспективным в лекарственном отношении. Концентрации потенциально опасных элементов находятся в пределах допустимых значений СанПин 2.3.2.1078-01, что позволяет считать лекарственное сырье лапчатки кустарниковой экологически чистым [9].

Известно, что в сухих листьях *D. fruticosa*, выращенной в открытом грунте, содержится 0,15-0,175 мг/г каротиноидов [10]. Высокая концентрация хлорофиллов у растений, выращенных в условиях гидропоники, говорит об активном протекании метаболических процессов и об успешной адаптации растений к гидропонным условиям (рис. 2). Количество каротиноидов в высушенном сырье *D. fruticosa* достигает 3,3 мг/г, что значительно больше, чем у растений, выращиваемых в открытом грунте, по литературным источникам.

Согласно литературным источникам, высушенные листья лапчатки кустарниковой содержат от 0,7% до 17% дубильных веществ [11].

В сырье *D. fruticosa* на долю дубильных веществ приходится 25,65%, что свидетельствует об интенсивном протекании энергетических и фотосинтетических процессов в данных растениях по сравнению с растениями, выращиваемыми в открытом грунте.

Фенольные соединения имеют существенное значение в адаптации растений к неблагоприятным условиям. По литературным источникам в сырье, состоящем из листьев лапчатки кустарниковой, максимальное суммарное содержание фенольных соединений составляет 29 мг/г, в сырье, состоящем из цветков этот показатель возрастает до 42 мг/г. В сырье лапчатки кустарниковой, выращенной в условиях гидропоники, содержащем всю надземную часть растения содержится 94 ± 4 мг/г фенольных соединений, что значительно превышает таковые по литературным данным [12].

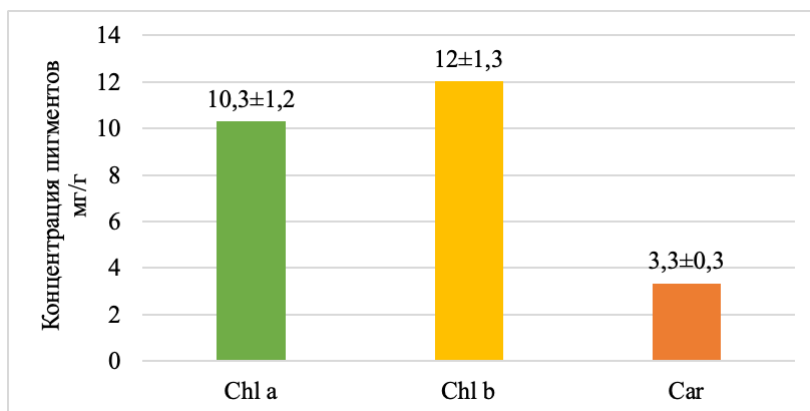


Рисунок 2. Пигментный состав сырья *D. fruticosa*

Проведенные нами исследования показали преимущества использования гидропонных установок для выращивания сырья лапчатки кустарниковой. Помимо значительного ускорения периода цветения, в который растение представляет наибольшую лекарственную ценность, отмечено, что содержание пигментов и БАВ значительно выше в сравнении с растениями, выращиваемыми в открытом грунте по литературным источникам.

Литература

1. Gould K, Wood S and Smreciu A 2013 *Dasiphora fruticosa*: shrubby cinquefoil Retrieved from: <https://era.library.ualberta.ca/items/f6bd9b42-8e4a-42de-872c-013d22f202e2>
2. Syrpas, M.; Subbarayadu, K.; Kitrytė, V.; Venskutonis, P.R. 2020 High-Pressure Extraction of Antioxidant-Rich Fractions from Shrubby Cinque-

foil (*Dasiphora fruticosa* L. Rydb.) Leaves: Process Optimization and Extract Characterization. *Antioxidants*, 9, 457

3. Mitich, L. W. 1995 Cinquefoils (*Potentilla* Spp.) — The Five Finger Weeds. *Weed Technology*, 9 (4), 857–861.
4. Корзун Б.В., Вавилова Л.В. Морфобиологические особенности и способы размножения лапчатки кустарниковой (курильского чая) *Potentilla* L. в предгорной зоне республики Адыгея // Новые технологии, 2015. №3. С. 11–21.
5. Казиева А.Ю., Макарова Т.А., Самойленко З.А., Гулакова Н.М. Выращивание лапчатки кустарниковой методом гидропоники // Безопасный Север – чистая Арктика: мат-лы IV Всерос. науч.-практ. конф. – Сургут: ИЦ СурГУ, 2022. С. 28–31.
6. ГОСТ 24.027.0-80. Сырье лекарственное растительное. Правила приема и методы отбора проб. [Электронный ресурс] // URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200022938>.
7. Попова М.А., Кузиванова О.А. Методика определения содержания фотосинтетических пигментов спектрофотометрическим методом: сравнение способов фиксации растительного материала: материалы XXIII всерос. молодёж. науч. конф., Сыктывкар, 04–08 апр. 2016 г. Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, 2016. С. 204–206
8. Государственная Фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Т.1 / Москва, 2018. – 1814 с.
9. Кравченко И.В., Мулюкин М.А., Самойленко З.А. и др. Содержание тяжёлых металлов в фитомассе зверобоя продырявленного и курильского чая, выращенных с помощью гидропонного метода // Разработка лекарственных средств – традиции и перспективы: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Томск, 2021. С. 51–53.
10. Стальная М.И., Стальная В.В. О привлекательности использования *Pentaphylloides fruticosa* в составе лечебно-профилактических парафармацевтиков // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире, 2014. №6 (2). С. 8–10.
11. Стальная М.И., Сичко Н.О. Оценка накопления дубильных веществ в разновозрастном курильском чае кустарниковом, произрастающем на северном Кавказе // Новые технологии, 2019. №2 (48). С. 244–255.
12. Храмова Е.П. Особенности накопления фенольных соединений в растениях *Potentilla fruticosa* (Rosaceae) в течение суток // Химия растительного сырья. 2017. №4. С. 97-106.

РАЗРАБОТКА ИЗ ВЕРМИКОПОСТА МИКРОУДОБРЕНИЙ С БИОГЕННЫМИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ

Колесниченко Е.Ю. , Олива Т.В., Колмыкова Е.В.*

*ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный
университет имени В.Я. Горина,
агрономический факультет, Белгород, Россия
Kolesnichenko_EJ@bsaa.edu.ru

Управление природными ресурсами требуют нового подхода и должны основываться на научно-обоснованных нормативах качества компонентов окружающей среды (ОС) [12, 13]. В настоящее время в требования к обращению побочных продуктов животноводства внесены изменения. Использование и реализация побочных продуктов животноводства осуществляются на основании технических условий, утвержденных их изготовителем, определяющих характеристики побочных продуктов животноводства, способы их обработки, переработки и условия использования, методы контроля и требования к безопасности.

Биотехнологический подход к утилизации органических отходов предприятий агропромышленного комплекса методом вермикюльтивирования при использовании популяции компостных червей остается современным [4, 10]. В период 2016 – 2023 годы нами разработаны агротехнологии по подготовке субстрата и выращиванию компостных червей рода эйсения гибридной линии Белгородская в вермилаборатории лаборатории биотехнологических исследований, способ получения вермикопоста и методы выделения гуминовых биологических удобрений [6, 7, 8], что соответствует рекомендациям Перечня инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года (в редакции Распоряжения Правительства РФ от 14.03.2022 № 499-р: Инициатива III. Экология. Экономика замкнутого цикла). Гуминовые вещества имеют ряд преимуществ перед синтетическими удобрениями и стимуляторами роста и развития растений [3, 5]. Доказано, что гуминовые вещества (ГВ) оптимизируют дыхание и метаболизм, ускоряют передвижение питательных веществ и интенсивность фотосинтеза.

Место проведения работ – учебно-научная лаборатория биотехнологических исследований агрономического факультета, вермилаборатория, испытательная лаборатория БелГАУ, фермерское хозяйство

КФХ «Шанс» (Белгородская область, Чернянский район, село Верхнее Кузькино).

Функциональные особенности спектра действия гуминовых кислот (ГК) определяются способом их получения и качеством исходного сырья – субстрата [10]. Нами разработан состав и условия изготовления биологических функциональных микроудобрений направленного действия с использованием микроэлементов: предложена модификация метода экстракции и осаждения ГВ из вермикомпоста с применением экологически безопасного для ОС комплексона дикарбоновой кислоты янтарной кислоты и включением в композиции биогенных элементов (цинка, марганца, меди и кремния). Янтарная кислота не является удобрением, но ее стимулирующее влияние на рост растений доказано [1, 2]. В процессе разработки вермигуматов биогенные элементы переводили из формы неорганической соли (сульфаты цинка, меди и марганца, соль натрия кремнекислого мета 9-водного кремния) в хелатную. Впервые для разработки вермигуминовых удобрений использованы наноксид меди (99,8%, размер наночастиц 50 нм) и наноксид кремния (99,8%, размер наночастиц 20 нм). По данным научной литературы применение наночастиц и их оксидов в композициях удобрений перспективно [9]. Выбор микроэлементов для получения новых удобрений был обоснован низким уровнем и валовых, и подвижных форм цинка и марганца в пахотных почвах Белгородской области, присутствием кремния в почве в нерастворимой форме, недоступной для растений, и бактерицидными свойствами разных форм соединений меди, что в перспективе дает возможности создавать биофунгициды. Препараты содержат в 1 л: гуминовых кислот не менее 78г, питательные вещества фосфор, калий, кальций, натрий, сера и биогенные микроэлементы.

В КФХ «Шанс» был проведен полевой опыт по общепринятой методике полевого опыта с овощными культурами по Доспехову Б.А. Изучали стимулирующее влияние вермигуминовых удобрений на рост и развитие Белокочанного гибрида капусты Зенон F1 с поздним сроком созревания по вариантам: вариант 1 –раствор 0,001% Вермигумат-4 с янтарной кислотой; вариант 2 – раствор 0,001% Вермигумат-4 + Zn, вариант 3 – раствор 0,001% Вермигумат-4 + Mn; вариант 4 –раствор 0,001% Вермигумат-4 + Cu; вариант 5 – раствор 0,001% Вермигумат-4 + Si; вариант 6 – раствор 0,001% Вермигумат-4 + наноCuO; вариант 7 – раствор 0,001% Вермигумат-4 + наноSiO₂; вариант 8 – контроль с дистиллированной водой. Для производственного опыта выделили 40 рядов (1 опытный ряд и 4 промежуточных) по 35 растений капусты в каждом варианте. В процессе опыта проводили измерение роста растений,

листьев, выполняли авторские фотографии. Обработку растений капусты 0,001% растворами вермигуматов проводили по схеме: первая – 13 июня 2022 г.; вторая – 28 июня 2022 г.; третья – 05 июля 2022 г.; четвертая – 19 июля 2022 г. Методом рандомизации отбирали образцы растений капусты по три из каждой группы. Для проведения испытаний перевозили в учебно-научную лабораторию биотехнологических исследований агрономического факультета, составляли среднюю пробу. Для изучения влияния вермигуматов на фотосинтетическую активность растений выполняли измерения в листьях общего хлорофилла, хлорофилла *a* и хлорофилла *b*, каротиноидов, делали высечку ткани листа, измеряли и взвешивали лист. Количественное определение пигментов проводили по методике в модификации Сущук Н.А., Кисличенко В.С. [11].

В табл. 1 показаны результаты по изучению влияния вермигуматов на морфометрические признаки растений Белокочанного гибрида капусты Зенон F1.

Таблица 1. Влияние вермигуматов на морфогенез листа капусты (13.06.2022)

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант опыта	Вермигумат-4	Вермигумат-+Zn	Вермигумат-+Mn	Вермигумат-+Cu	Вермигумат-4+Si	Вермигумат-4+ наноCuO	Вермигумат-4+ наноSiO	Контроль
S листа, м ²	391,89	237,3	355,58	270,46	254,04	386,48	337,48	341,77
Длина, см	12,97	10,14	14,2	9,31	10,75	12,98	11,77	12,98
S/длина	30,22	23,42	25,04	29,06	23,64	29,78	28,66	26,32

Анализ данных таблицы показывает, что вермигуминовые удобрения по-разному влияют на развитие листа капусты, но общая тенденция, стимулирующая рост присутствует. Вермигуматы с наноксидом меди, Вермигумат-4 и Вермигумат-4+Mn стимулируют развитие листовой пластинки с увеличением площади листа по сравнению с контролем. Полифункциональное удобрение с марганцем стимулирует рост листа в длину.

Дальнейшая оценка эффективности применения разных вермигуминовых удобрений показала, что вермигуматы положительно влияли на развитие и рост растений капусты. На диаграмме рис.1. и рис.2 показана динамика высоты, количества листьев, длины и ширины листа растений капусты под влиянием вермигуминовых удобрений. Анализ данных диаграммы рис. 1 показывает, что в период ювенильного роста растений капусты вермигуминовые препараты стимулируют развитие растения: под влиянием Вермигумта-4 увеличивается длина ($p \leq 0,05$) и ширина листьев растения и общее количество листьев по сравнению с контролем; под влиянием Вермигумата-4+Zn высота растений ($p \leq 0,05$), длина и ширина листьев растения, а также общее количество листьев по сравнению с контролем; под влиянием Вермигумата-4+Mn увеличивается длина и ширина листьев растения и общее количество листьев по сравнению с контролем; под влиянием Вермигумата-4+Cu увеличивается высота растений ($p \leq 0,05$), длина и ширина ($p \leq 0,05$) листьев растения и общее количество листьев по сравнению с контролем; под влиянием Вермигумата-4+Si увеличивается высота растений ($p \leq 0,05$), ширина ($p \leq 0,05$) листьев растения и общее количество листьев по сравнению с контролем; под влиянием Вермигумата-4+наноCuO увеличивается высота растений ($p \leq 0,05$), ширина ($p \leq 0,05$) листьев растения и общее количество листьев по сравнению с контролем; под влиянием Вермигумата-4+наноSiO увеличивается высота растений ($p \leq 0,05$), ширина листьев растения и общее количество листьев по сравнению с контролем.

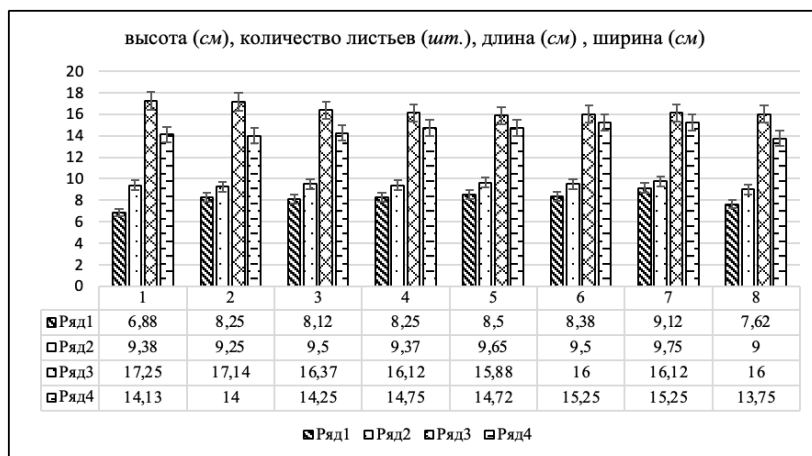


Рисунок 1. Влияние вермигуминовых удобрений на высоту (ряд 1), количество листьев (ряд 2), длину (ряд 3) и ширину (ряд 4) листа растений капусты, 28.06.22

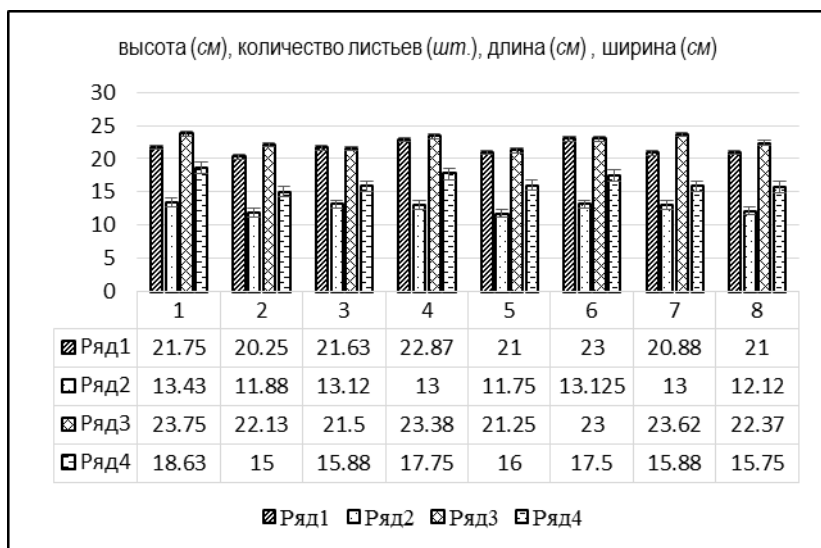


Рисунок 2. Влияние вермигуминовых удобрений на высоту (ряд 1), количество листьев (ряд 2), длину (ряд 3) и ширину (ряд 4) листа растений капусты, 19.07.22

Анализ данных диаграммы рис. 2 показывает, что в период интенсивного роста растений капусты вермигуминовые препараты стимулируют развитие растения: под влиянием Вермигумта-4 продолжает увеличиваться длина и ширина листьев ($p \leq 0,005$) растения и общее количество листьев по сравнению с контролем; под влиянием Вермигумата-4+Zn сила стимулирования роста снижается; под влиянием Вермигумата-4+Mn увеличивается высота растения и общее количество листьев по сравнению с контролем; под влиянием Вермигумата-4+Cu продолжает увеличиваться высота растений ($p \leq 0,05$), длина и ширина ($p \leq 0,05$) листьев растения и общее количество листьев по сравнению с контролем; под влиянием Вермигумата-4+Si сила стимулирования роста снижается; под влиянием Вермигумата-4+наноCuO продолжает увеличиваться высота растений ($p \leq 0,05$), ширина ($p \leq 0,05$) листьев растения и общее количество листьев по сравнению с контролем; под влиянием Вермигумата-4+наноSiO увеличивается длина и ширина листьев растения, общее количество листьев по сравнению с контролем.

В табл. 2 и 3 показаны результаты по изучению динамики содержания зеленого и желтого пигментов в листьях капусты под влиянием применения вермигуминовых удобрений.

Таблица 2. Соотношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в листьях капусты

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант опыта	Вермигумат-4	Вермигумат-4 + Zn	Вермигумат-4 + Mn	Вермигумат-4 + Cu	Вермигумат-4 + Si	Вермигумат-4 + nanoCuO	Вермигумат-4 + nanoSiO	Контроль
Ch _a / Ch _b	1,30	1,18	1,31	1,32	1,68	1,22	1,39	1,40

Соотношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* показывает, что все растения в опытных группах и в контрольной группе не испытывают стрессовых воздействий из окружающей среды. Значения соотношения *a/b* (от 1,3 до 1,68) показывают, что ассимиляция диоксида углерода в листьях идет по типу C₃ – циклу Кальвина.

Таблица 3. Соотношение общего хлорофилла к каротиноидам в листьях капусты

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант опыта	Вермигумат-4	Вермигумат-4 + Zn	Вермигумат-4 + Mn	Вермигумат-4 + Cu	Вермигумат-4 + Si	Вермигумат-4 + nanoCuO	Вермигумат-4 + nanoSiO	Контроль
Ch / Cr	2,71	2,60	2,66	2,65	2,44	2,56	2,51	2,41

Величина соотношения уровня общего хлорофилла к каротиноидам в целом однотипная и варьирует незначительно от 2,41 до 2,71, что еще раз подтверждает отсутствие стресса у растений капусты под влиянием обработки вермигуматами.

Дальнейшие исследования показали, что масса кочана капусты варьировала от 2,5 кг до 4,2 кг. Влияние вермигуминовых удобрений на урожайность капусты в пересчете на гектар представлена в табл.4.

Таблица 4. Влияние вермигуминовых удобрений на урожайность капусты

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант опыта	Вермигумат-4	Вермигумат-4 + Zn	Вермигумат-4 + Mn	Вермигумат-4 + Cu	Вермигумат-4 + Si	Вермигумат-4 + nanoCuO	Вермигумат-4 + nanoSiO	Контроль
Урожайность, т/га	85,4	85,8	85,6	86,6	85,8	86,9	86,8	84,4

Из данных таблицы видно, что урожайность капусты гибрида Зе-нон F1 под влиянием вегетативной обработки 0,001% растворами вермигуминовых удобрений возросла в среднем на 1,2–3,0%.

Итак, проведение полевого опыта продемонстрировало, что разработанные вермигуминовые удобрения имеют высокое стимулирующее действие на ростовые процессы растений в начальную и вегетативную фазу развития растений капусты.

Возможная практическая значимость полученных результатов исследования заключается в разработке технологии по организации биологической вермигуминовой утилизации органических отходов сельскохозяйственного производства и перевода отходов в разряд продукции – биологические удобрения, имеющих ярко выраженный стимулирующий эффект на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Верховцева Н.В., Кубарев Е.Н., Балашов Г.Р., Роберт А.Э. Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) органическими кислотами природного происхождения в разреженной среде на рост и развитие растений // *Агрохимия*. 2023. №4. С. 51 – 61.
2. Грабовская Н.И., Бабенко О.Н., Сафронова Н.М., Хусаинова Р.К. Особенности применения янтарной кислоты в качестве биостимулятора и адаптогена растений // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики*. Сер. Естеств. и техн. науки. 2020. № 1. С. 28–32.

3. Исмаилов С.Д. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур при применении вермикомпоста / Исмаилов С.Д., Пашаев Р.А. // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 4. – С. 75 – 83.
4. Колмыкова Е.В., Олива Т.В. Проблема загрязнения окружающей среды отходами животноводческих предприятий / В книге: Отходы разных производств и замкнутые циклы. Материалы международной студенческой конференции. 2022. С.44 – 45.
5. Мирзоев Б. Г., Солехзод Б.А., Ганизода В.А., Якубова М. М. Использование вермикомпоста, как фактора повышения урожайности сельскохозяйственных культур // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. 2020. № 3 (210). С. 30-33.
6. Олива Т.В. Экологическая безопасность с.-х. технологий и управление качеством продукции на основе современных методов с.-х. биотехнологии / В кн.: Национальные проекты и сбережение нации. М.: ИНИОН РАН. 2008. С. 365 – 368.
7. Олива Т.В., Кузьмина Е.А. Вермикомпост как источник гуминовых удобрений // Успехи современной науки. 2016. Т.9. № 12. С. 117 – 120.
8. Олива Т.В., Колесниченко Е.Ю. Экологические аспекты производства и применения вермикомпоста // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2022. № 4(26). С. 41 – 46.
9. Рабинович Г.Ю., Любимова Н.А. Биосинтез наночастиц металлов и оксидов металлов и их использование в качестве компонентов удобрений и препаратов для растениеводства (обзор литературы). – ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», г. Москва. 2021.
10. Сенкевич О.В., Антонов Г. И., Ульянова О. А., Хижняк С. В. Сравнительная оценка биологической активности вермикомпостов на основе отходов производств // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 4. С. 75–80.
11. Сущук Н.А. Изучение хлорофиллов и каротиноидов выжимок плодов RIBES NIGRUM / Сущук Н.А., Кисличенко В.С.//Научные ведомости. Серия медицина. Фармация. 2013. № 25. (168). Выпуск 24/1. С. 72 – 74.
12. Шоба С.А., Яковлев А.С., Рыбальский Н.Г. Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель М.: НИА-Природа, 2013. – 310 с.
13. Яковлев А.С., Евдокимова М.В. Подходы к нормированию загрязнения почв в России и зарубежных странах // Почвоведение. 2022. № 5. С. 631 – 641.

СТАБИЛИЗИРОВАННОЕ КОЛЛОИДНОЕ СЕРЕБРО – ДЕЙСТВУЮЩЕЕ ВЕЩЕСТВО СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Крутяков Ю.А., Кудринский А.А., Жеребин П.М.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
химический факультет, г. Москва, Россия
yurii@petrol.chem.msu.ru*

Серебро и его соединения занимают уникальное место в ряду биологически активных веществ. Этот элемент не относится к жизненно важным, но при контролируемом поступлении в растение способен оказывать заметное положительное влияние на протекание многих физиологических процессов, что обуславливает возможность использования серебра в качестве действующего вещества средств защиты растений.

Резкое изменение интенсивности и, главное, направленности действия серебра уже при небольшом изменении его концентрации существенно затрудняет разработку эффективных средств защиты растений на основе растворимых солей серебра и схем их применения [1]. Кроме того, фитотоксичность больших доз серебра позволяет вносить препараты серебра только поэтапно – так, чтобы текущая концентрация серебра постоянно находилась вблизи оптимального значения. В совокупности эти факторы на протяжении многих десятилетий создавали практически непреодолимый барьер на пути создания препаратов серебра, предназначенных для обработки растений, выращиваемых в открытом или закрытом грунте. Только лишь в условиях гидропонного выращивания или в аналогичных строго контролируемых условиях было возможно добиться гарантированного проявления позитивного биологического действия ионов серебра.

Преодолеть затруднения, связанные с точностью дозировки и негативным действием больших доз серебра оказалось возможным только с появлением принципиально нового класса серебросодержащих препаратов – коллоидных растворов, содержащих химически модифицированные частицы металлического серебра [2]. Такие частицы служат своеобразным контейнером – постепенно, под действием кислорода воздуха или в результате окисления эндогенными активными формами кислорода, в частности пероксидом водорода, супероксид-радикалами, серебро окисляется, и в окружающую среду поступают ионы серебра Ag^+ . Медленное высвобождение ионов сере-

бра позволяет, с одной стороны, легко поддерживать требуемую концентрацию ионов и, с другой стороны, эффективно предохранять растения от высоких концентраций серебра, являющихся фитотоксичными. Роль химического модификатора поверхности частиц, помимо очевидной функции стабилизации коллоидного раствора, заключается в его способности влиять на связывание частиц с функциональными участками клеточной стенки растительной клетки.

В биологических средах серебро в степени окисления +1 является наиболее термодинамически устойчивой формой существования этого металла. Несмотря на то, что известны случаи биогенного восстановления ионов серебра до металла в клетках некоторых бактерий и грибов, переход ионов Ag^+ в Ag^0 в растительных тканях практически не происходит, поэтому влияние серебра на растения обусловлено только процессами с участием ионов Ag^+ .

Катионы Ag^+ , как и ионы других металлов, способны вступать в реакции комплексообразования с широким кругом электронодонорных лигандов, включающим многочисленные кислород-, азот-, и серосодержащие соединения, в частности карбоновые кислоты, амины, аминокислоты и тиолы. Особенно прочные комплексы ионы серебра образуют с соединениями серы и, в меньшей степени, азота. По устойчивости комплексов с этими лигандами серебро занимает уникальное промежуточное положение между биогенными элементами – медью, железом, кобальтом – с одной стороны и такими фитотоксикантами, как ртуть, свинец, кадмий. Как следствие, ионы серебра потенциально способны связываться с большинством органических соединений, составляющих растительную клетку, а также вытеснять другие металлы – Cu, Fe, Co, Mn, Zn – из менее устойчивых комплексных соединений. Учитывая то, что растительные белки содержат и азот, и серу, и то, что в ионы металлов входят в состав кофакторов, а также то, что ферментативная активность белков чрезвычайно сильно зависит от даже небольших изменений структуры молекулы, становится понятной чувствительность растительного организма даже к сравнительно небольшим количествам серебра.

Каталитически активные белки за многие миллионы лет эволюции достигли такого совершенства, что произвольное изменение их структуры практически гарантированно приводит к снижению или даже к полному прекращению работы этих молекулярных машин, поэтому при действии больших доз серебра, нормальное функционирование ферментных систем нарушается вплоть до гибели клетки. Безусловно, изменение активности ферментов при связывании с серебром определяется концентрацией ионов Ag^+ и неодинаково выражено для различных белков. В этом и состоит ключ к пониманию

многообразия форм проявления и видовой специфичности биологического действия серебра на высшие растения. Так, при увеличении концентрации серебра вначале затрагиваются наиболее чувствительные белки и физиологические процессы, затем менее чувствительные. При этом, несмотря на наблюдаемое общее подавление ферментативной активности, баланс различных путей метаболизма растительного организма сдвигается, что может привести к значительной активации одних процессов на фоне других [3].

Приведенные рассуждения хорошо согласуются с экспериментальными наблюдениями. Так, уже в середине 70-х годов XX века было надежно установлено [4], что в растительном организме к наиболее подверженным действию серебра относятся физиологические процессы, регулируемые фитогормоном этиленом. Зачастую наблюдаемое биологическое действие ионов серебра в низких и средних дозах – это действие ингибитора отклика растения на этилен. Причиной такого действия серебра является, по-видимому, способность ионов Ag^+ вытеснять сходные по электронной структуре ионы меди (I) из локализованного на клеточной мембране рецептора этилена ETR1 (Ethylene Receptor 1). Так, например, ионы серебра стимулируют рост стебля, корня и листьев, ветвление корней, раннее цветение, предотвращают опадание листьев и увядание цветков, наблюдаются и многие другие эффекты, традиционно ассоциируемые с ингибированием биосинтеза этилена или с уменьшением чувствительности растений к нему, в частности стимуляция транспорта ауксинов, усиление продуцирования биогенных полиаминов, что в свою очередь ускоряет пролиферацию клеток.

Серебро способно вытеснять ионы меди и из других металлопротеиновых комплексов, в частности из медь-зависимых ферментов, к которым относятся многие оксидазы, Cu/Zn супероксидсмутаза. Медь входит в состав регуляторных белков, принимает участие в электронном транспорте при фотосинтезе, дыхании в митохондриях, ответе на окислительный стресс и гормональной регуляции, играет важную роль в передаче сигналов транскрипции и системах перемещения белков, окислительного фосфорилирования и мобилизации железа. Серебро, замещая медь, потенциально может влиять на все эти процессы, оказывая, в итоге, многогранное влияние на организм растений. Ранее нами было обнаружено ингибирование серебром активности полифенолоксидазы и каталазы [4]. Оксидазы ответственны за разрушение многих эндогенных и экзогенных биологически активных соединений. Серебро в небольших концентрациях способно снижать активность этих ферментов, что, в свою очередь приводит к накоплению в тканях растений ауксинов, полифенолов, аскорбиновой

кислоты, что приводит к соответствующим изменениям в метаболизме. Ингибирование супероксиддисмутазы приводит к накоплению в растительных тканях супероксид-радикала O_2^- , что, в свою очередь, вызывает развитие контролируемого окислительного стресса, являющегося основным механизмом активации неспецифического иммунитета растений.

К настоящему времени убедительно показано, что действие как ионов, так и коллоидных частиц [5] серебра на растения видоспецифично, что можно объяснить различной степенью вовлеченности этилена в регуляцию роста и развития растений у разных видов, а также межвидовыми отличиями структур этилен-связывающих рецепторов, медь-зависимых ферментов и их чувствительности к действию ионов серебра.

В биологическом действии коллоидных частиц серебра можно выделить три основных аспекта в порядке убывания их влияния на функционирование растительных клеток:

1. Действие ионов серебра, медленно и в течение длительного времени выделяющихся при окислении металлического серебра молекулярным кислородом и активными формами кислорода (АФК).

2. Действие образующихся при окислении частиц серебра промежуточных продуктов – пероксида водорода и радикальных АФК.

3. Действие самих частиц – механическое, например, закупорка пор.

В то же время проникновение стабилизированных частиц серебра внутрь клетки существенно затруднено, подавляющее большинство попавших на клетку частиц находится на внешней стороне клеточной стенки [6]. Следует отметить, что такое расположение частиц приводит к тому, что локальная концентрация ионов серебра вблизи мембраны и, соответственно, локализованных на ней рецепторов, регуляторных и транспортных белков, может существенно превышать внутриклеточную. Таким образом, ионы, генерируемые частицами, действуют, в первую очередь, на мембранные белки, и в гораздо меньшей степени ингибируют внутриклеточные ферменты. Это позволяет добиться одновременно низкой фитотоксичности препаратов на основе стабилизированного коллоидного серебра и высокой эффективности стимулирования роста и развития растений за счет селективной активации, например, их этилен-опосредованного отклика.

Практическое подтверждение биологической эффективности серебра в отношении высших растений авторы рассматривают на примере запатентованной ими технологии стабилизации коллоидного серебра POLYPLATA[®], по которой производятся продукты, экспортируемые и продвигаемые в 36 странах мира – России, Турции, Китае, Республике Корея, Чили, Вьетнаме, Мозамбике, Анголе, Эквадоре, Никарагуа,

Колумбии, странах СНГ и др. В числе препаратов регулятор роста Плантарел, ВР (500 мг/л коллоидного серебра и 500 мг/л полигексаметилен бигуанида гидрохлорида), фунгицид и бактерицид Зильфур, ВКР (3000 мг/л коллоидного серебра, стабилизированного биологически активным амфотерным ПАВ) и ряд других продуктов, зарегистрированных под различными брендами. Получены многочисленные результаты научных и производственных испытаний препарата на зерновых, масличных, садовых и овощных культурах, картофеле, сахарной свекле, винограде в разных агроклиматических зонах мира [7-8].

Литература

1. Krutyakov, Yu.A., Kudrinsky, A.A., Gusev, A.A. et al. Synthesis of positively charged hybrid PHMB-stabilized silver nanoparticles: the search for a new type of active substances used in plant protection products. // Mater. Res. Express 2017, v.4, 075018.
2. Krutyakov, Y., Kudrinskiy, A., Zherebin, P. et al. Correlation between the rate of silver nanoparticle oxidation and their biological activity: the role of the capping agent. // J. Nanopart. Res. 2019, № 21(4), 69.
3. Krutyakov, Y.A., Mukhina, M.T., Shapoval, O.A., Zargar, M. Effect of foliar treatment with aqueous dispersions of silver nanoparticles on legume-rhizobium symbiosis and yield of soybean (*Glycine max* L. Merr.). // Agronomy 2022, v. 12, 1473.
4. Gusev, A.A., Akimova, O.A., Zakharova, O.V., Godymchuk, A.Yu., Krutyakov, Yu.A. et al. Morphometric and biochemical characteristics of oilseed rape exposed to fine-dispersed metallurgical sludge, silver nanoparticles and multi-wall carbon nanotubes. // Advanced Materials Research 2014, v. 880, p. 212-218.
5. Krutyakov, Y., Kudrinskiy, A., Zherebin, P., Yapyrntsev, A., Pobedin-skaya, M., Elansky S. et al. Tallow amphopolycarboxyglycinate-stabilized silver nanoparticles: new frontiers in development of plant protection products with a broad spectrum of action against phytopathogens. // Mater. Res. Express 2016, v. 3 075403.
6. Quah, B., Musante, C., White, J.C. et al. Phytotoxicity, uptake, and accumulation of silver with different particle sizes and chemical forms. // J. Nanopart. Res. 2015, v. 17, 277.
7. Zakharova, O.V., Gusev, A.A., Zherebin, P.M. et al. Sodium tallow amphopolycarboxyglycinate-stabilized silver nanoparticles suppress early and late blight of *Solanum lycopersicum* and stimulate the growth of tomato plants. // BioNanoSci. 2017, v. 7, p. 692–702.
8. <https://polyplata.com/>

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ПРЕМИКСОВ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мамбетжанова Н.Н.¹, Керимбаева А.Д.², Зарипова А.А.¹

¹ *Кыргызский Национальный университет им. Ж. Баласагына, факультет химии и химической технологии, г. Бишкек, Кыргызстан*
² *Институт химии и фитотехнологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан*
nurila.chem@mail.ru

В работе, в качестве органической части премиксов рассмотрена возможность использования гуминовых материалов (ГМ), выделенных из окисленного бурого угля месторождения Кызыл – Кия. ГМ – как полимерные носители, характеризующиеся широким спектром свойств: гидрофильность и поверхностная активность, положительно влияющих на освоение питательных веществ корма в организме животных. Более того, они проявляют высокую реакционную способность и сорбционную емкость, активно связывая в прочные комплексы как ионы металлов, так и органические экотоксиканты в почвенных и водных средах. Для комплексного сочетания премиксов к их органической части были подобраны компоненты минеральной части - продукты переработки образцов Травертина (известняк-ракушечника, месторождения Сары-Таш, участок «Южный Топор» Ошской области Узгенского района), которые включает в себя элементы, характеризующиеся химическими особенностями в составе и свойствах по влиянию на различные параметры жизнедеятельности.

В настоящее время ситуация, сложившаяся на рынке экологически чистой продукции, включая получение препаратов, материалов, технических средств, посевного и посадочного материала для ее производства, требует использования специальных и современных разработок в области агро- и биотехнологий, направленных на максимально полное использование природного потенциала агроэкосистем [1]. Более того, такие отрасли сельского хозяйства, как растениеводство, животноводство, птицеводство, а также разведение рыб – являются определенными качественными векторами его развития, требующими применения в этих областях новых приемов агро- и биотехнологий [2, 3]. Развитие последних необходимо, так как позволяет отказаться от использования химических средств защиты растений, минеральных удобрений и продукции генной инженерии.

В частности, в этом вопросе большое внимание уделяется улучшению, ускорению, увеличению роста, развития и продуктивности скота, птиц или рыбы через расширение технологий получения кормовых добавок - премиксов для них [4]. Применение последних включает в себя несколько актуальных вопросов: расширение спектра инновационных методов получения и возможность комбинации различных составляющих премиксов, через вариацию их химических и биологических свойств.

Так как премиксы, в основном, состоят из органической и минеральной частей, то является весьма актуальным использование природных материалов для последующей их химической трансформации с целью получения компонентов – наполнителей [5].

В работе, в качестве органической части премиксов рассмотрена возможность использования гуминовых материалов (ГМ), выделенных из окисленного бурого угля месторождения Кызыл – Кия. ГМ – как полимерный носитель, характеризующийся широким спектром свойств, такими как гидрофильность, поверхностная активность, положительно влияющих на освоение питательных веществ корма в организме животных. Более того, они проявляют высокую реакционную способность и сорбционную емкость, активно связывая в прочные комплексы как ионы металлов, так и органические экотоксиканты в почвенных и водных средах. Для расширения спектра свойств полимерного носителя была рассмотрена возможность использования природных сорбентов, в частности, производных гуминовых кислот, гуматов, а также гуминовых композитов, полученных на их основе [6, 7].

Для комплексного сочетания премиксов к их органической части были подобраны компоненты минеральной части продукты переработки образцов Травертина (известняка-ракушечника, месторождения Сары-Таш, участок «Южный Топор» Ошской области Узгенского района), которые играют большую роль, так как они включают в себя элементы, характеризующиеся химическими особенностями по влиянию на различные параметры жизнедеятельности, включая состав и свойства. Общую для них функциональную зависимость, можно показать, используя следующую классификацию основных групп минеральных элементов: жизненно необходимые, вероятно необходимые и элементы с неизвестной группой [8].

Применение элементов оценивалось с точки зрения их концентрации в кормах и животном организме, а также природой свойств (макро- и микроэлементы).

Объекты и методы исследования. Нами в работе в качестве источника органической части – премикса, были использованы образцы

окисленного бурого угля месторождения Кызыл – Кия, при щелочной экстракции которых были получены серии гуминовых материалов (ГМ).

Гумат натрия, как продукт щелочной экстракции, в дальнейшем был использован в качестве первичного образца для получения полимерных компонентов премиксов смешанного типа.

Для выделения минеральных компонентов были использованы образцы известняка-ракушечника, соответствующие ГОСТ 9479-98 <Блоки из горных пород для производства облицовочных, архитектурно-строительных, мемориальных и других изделий>, ГОСТ 30629-99 <Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний>, СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции».

Выделение солевых компонентов из Травертина включает в себя несколько стадий: подготовка и обработка образцов известняка растворами минеральных кислот (соляная, серная, азотная) в объеме (10-50 мл), выдерживание обработанных образцов в течение 10-24 часов, с последующим фильтрованием и высушиванием осадка; высушенный фильтр с осадком переносили в тигель, предварительно прокаленный в муфельной печи при температуре $(600 \pm 25)^\circ\text{C}$, в течение 1-2 ч. Тигель вынимали из муфельной печи, охлаждали сначала 5 минут на воздухе, а затем в эксикаторе и взвешивали.

Экстракционные вытяжки образцов были разделены на несколько проб, в каждую из которых при определенных условиях вводили гуминовые кислоты, гумат натрия и композиты.

Для визуализации и изучения поверхности образующихся частиц была использована сканирующая электронная микроскопия. Эти микрофотографии были получены с использованием микроскопа Helios NanoLab 600 (FEI), для чего исследуемые образцы материала готовили и использовали, согласно стандартной методике.

С использованием туннельного электронного микроскопа (ТЭМ) (Hitachi H-7000) была проведена характеристика образцов.

Полученные компоненты – наполнителей смешивались друг с другом в соотношениях (ОЧ:МЧ): 1:0.3, 1:0.5, 1:1.

Результаты и обсуждения. Гуминовые материалы, выделенные из окисленного бурого угля, в дальнейшем были использованы в качестве полимерных носителей для получения гуминовых премиксов (температура $60^\circ - 70^\circ \text{C}$, продолжительность процесса 3-4 ч., pH 9.5 – 10.0, зольность - 10.0 - 11.0 %). В результате экстракции, фракционирования, окислительной обработки была получена серия гуминовых кислот (табл. 1).

Таблица 1. Физико-химический состав гумусовых веществ, выделенных из угля Кызыл-Кия

Образец	Влага, %	Зола, %	Элементный состав органической массы					Функцион. группы, мг-экв/г	
			Мас. %					-COOH	Ar-OH
			C	H	N	S	O		
ГК	9,45	6,56	62,98	3,97	1,05	0,29	31,71	4,02	1,79

Используемые в работе образцы известняка-ракушечника по физико-механическим и эксплуатационным свойствам относятся к группе низкопрочных горных пород, в частности была использована оценка минералогической твердости по шкале Мооса (рис. 1., табл. 2.).



Рисунок 1. Образцы известняка-ракушечника месторождения Сары-Таш, участок «Южный Топор» Ошской области Узгенского района

Таблица 2. Физико-механические характеристики образцов известняка-ракушечника

Наименование свойств	Единица измерения	Значения показателей		
		min	max	среднее
Средняя плотность	кг/м ³	2293	2341	2317
Истинная плотность*	г/см ³	2,39	2,55	2,47
Пористость	%	11	16	13,5
Водопоглощение	%	2,85	3,95	3,4

Данные анализ минерального состава известняка - ракушечника показали, что он является доломитом и включает в себя смесь оксидов кальция, магния, кремния и алюминия (табл. 3.).

Таблица 3. Минеральный состав исследуемых образцов Травертина

№	CaO	MgO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃
Содержание, %	36.5	8.77	3.26	0.04	0.86	0.09	0.03	0.44	0.05	0.46

СЭМ образцов оксида кальция и магния, полученных при разных условиях показывает неравномерную агломерацию этих частиц, состоящих из мелких кристаллитов (рис. 2). Анализ структуры этих образцов характеризует их как агрегат и агломерат, следует отметить, что условия получения влияют на размер образующихся агломератов и межчастичную пористость этих структур, которая прослеживается на снимках.

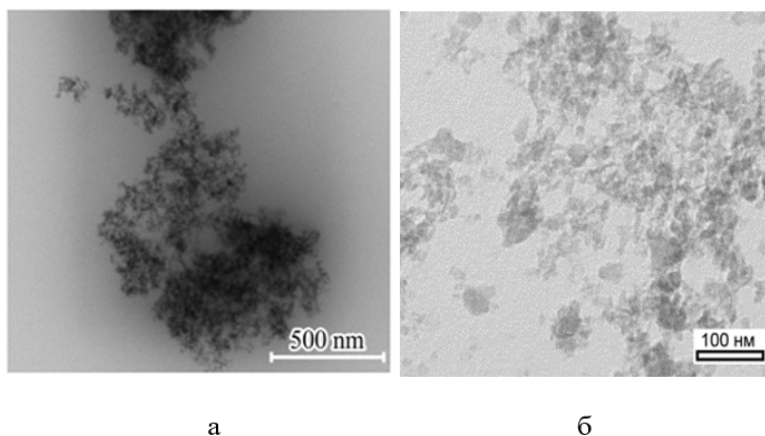


Рисунок 2. СЭМ морфологии частиц оксида кальция (а) и магния (б), полученных при разных условиях.

Введение полимерного стабилизатора, в виде гуминовых кислот или гумата натрия сопровождается изменением общей агломерации материала, что выражается в изменении размеров этих частиц (рис. 3).

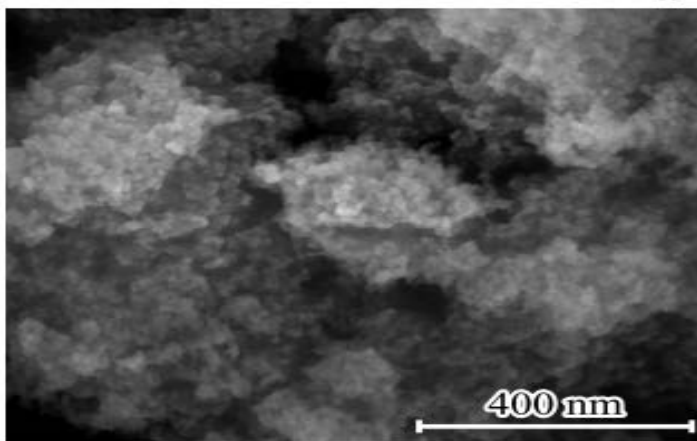


Рисунок 3. СЭМ морфологии частиц оксида кальция, стабилизированных гуминовыми кислотами.

Туннельная электронная микроскопия образцов оксида кальция, полученных при разных условиях, показала, что в зависимости от условий введения полимерного носителя наблюдается образование первичных кристаллических структур, которые в течение времени агрегируя собираются в скопления агломератов (рис. 4).

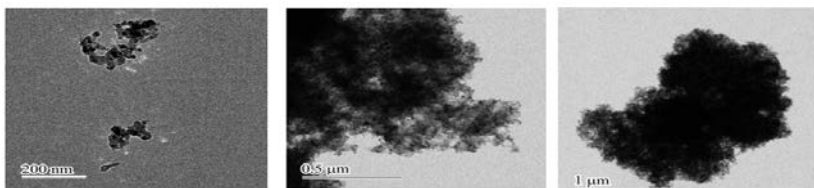


Рисунок 4. ТЭМ образцов оксида кальция, полученных при разных условиях.

В работе выявлено, что гуминовые материалы, как полимерные стабилизаторы могут быть использованы в качестве органической полимерной компоненты гуминовых композитов, в структуре которых стабилизированы частицы оксидов железа, кальция и магния.

Соотношение наполнителей – компонентов можно варьировать условиями синтеза, подбором соотношений первичных реагентов и pH среды. Выявлено, что вариация условий выделения и стабилизации

позволяет получать разные по составу гуминовые композитные премиксы. Так, смешение разных наполнителей и полимерного носителя – стабилизатора позволяет получать обогащенные микроэлементами или же другими полезными и активными веществами премикс-системы.

Литература

1. Коммерческая биотехнология (www.cbio.ru), Россия, СанктПетербург «Modern food biotechnology, human health and development: an evidence-based study» / ВОЗ, 2005
2. Маккарти, П. «Принципы гуминовых веществ», Почвоведение, 166, (2001) 738.
3. Пикколо А. (2016). «Памяти профессора Ф. Дж. Стивенсона и вопрос о гуминовых веществах». Химические и биологические технологии в сельском хозяйстве. 3. DOI: 10,1186 / s40538-016-0076-2.
4. Клычкова М.В., Горянинова О.А., Ильина Г.В., «Премиксы как способ повышения продуктивности животных» / в сборнике: Цифровые технологии живых систем в сельском хозяйстве. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. С. 78-80.
5. Квасенков О.И., Квасенков И.И., «Способ производства комбикормового премикса», патент на изобретение ru 2228067 с1, 10.05.2004. заявка № 2002128452/13 от 23.10.2002
6. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование [Текст] / Под ред. Е.И. Ермакова, А.И. Попов. // СПб.: Изд – во Санкт – Петербург, 2004. – 248 с.
7. Джардималиева Г. И. и др. / «Стабилизация наночастиц магнетита в среде гуминовых кислот и исследование их сорбционных свойств» / КОЛЛОИДНЫЙ ЖУРНАЛ, 2020, том 82, № 1, с. 11–17
8. Мамбетжанова Н.Н., Керимбаева А.Д., Зарипова А.А., «Получение органоминеральных премиксов с компонентами, выделенными из известняка – ракушечника», / Сборник материалов международной научно-практической конференции «Экологическая устойчивость и здоровье населения» // МВШМ, Кыргызстан, Бишкек, 2022 г. Стр. 89-93

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БИОЧАРОВ: ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПИРОЛИЗА И ТИПА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ

*Минкина Т.М., Бауэр Т.В., Манджиева С.С., Сушкова С.Н.,
Rajput V.D.*

*Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии
им. Д.И. Ивановского, г. Ростов-на-Дону, Россия
tminkina@mail.ru*

В настоящее время накопление отходов представляет собой огромную экологическую проблему [1]. Большая часть отходов, производимых ежедневно, приходится на сельскохозяйственные и пищевые продукты. Для линии производственных цепочек в пищевой промышленности необходимы новые подходы и альтернативные стратегии утилизации отходов, которые должны быть сосредоточены на потенциальном повторном их использовании. Важное значение имеет разработка экологически безопасных и экономически целесообразных способов обращения с отходами.

С сельскохозяйственной и экономической точки зрения безопасная переработка пищевых отходов и их использование для восстановления окружающей среды является одним из актуальных вопросов [2]. Наиболее подходящим способом утилизации отходов является их переработка в экологически чистый материал, т.е. биочар [3]. Биочар представляет собой углеродсодержащий материал, образующийся при термическом разложении (пиролизе) биомассы в отсутствие или в ограниченном количестве кислорода [4].

Выбор сырья для биомассы и условия проведения пиролиза, такие как температура, время выдержки, скорость нагрева (°С/мин), регулирование подачи инертного газа, размер частиц биомассы, могут регулировать количество и качество биочара, состав и его гетерогенную структуру [5].

Лук (*Allium cepa L.*) – один из самых важных овощей, широко используется в пищевой и гостиничной промышленности [6], занимает второе место по посевам в мире [7] и после томатов является наиболее распространенным в Европейском союзе, где годовое количество отходов при производстве лука оцениваются примерно в полмиллиона тонн [8]. Валовые сборы репчатого лука в России в 2021 году в хозяйствах всех категорий находились на отметках в 1608,6 тыс. тонн [9].

Такое большое количество отходов при неправильном обращении может вызвать серьезные экологические проблемы в мире.

Картофель является четвертой по значимости культурой в мире после риса, пшеницы и кукурузы и первой среди незерновых культур [10]. Валовой мировой сбор, согласно последним доступным данным ФАО [11], составляет 359 млн тонн и производство может увеличиться до 500 млн тонн в 2025 г. и до 750 млн тонн в 2030 г. Это создает неизбежную потребность в рациональной утилизации побочных продуктов – картофельной кожуры, на долю которых приходится примерно 6–10% производства картофеля, как непригодных для употребления в пищу [12]. Кожура является основным побочным продуктом заводов по переработке картофеля и ее отходы до настоящего времени эффективно не использовались: их либо выбрасывают непосредственно на свалки, либо преобразовывают в малоценный корм для скота или удобрение [13].

Цель данной работы состояла в исследовании синергетического эффекта условий пиролиза (температуры (300–900°C), времени выдержки (30–75 мин), скорости нагрева (5–25°C/мин)) и состава биомассы пищевых отходов растительного происхождения на выход продуктов, их состав и свойства.

В качестве исходного сырья для получения биочаров выбраны два вида пищевых отходов растительного происхождения: кожура картофеля и шелуха лука. Перед проведением пиролиза исходный материал предварительно несколько раз промывали водой, после чего сушили при комнатной температуре, затем при температуре 105°C в сушильном шкафу до полного удаления влаги. Высушенное и частично измельченное сырье загружали в специально изготовленную лабораторную пиролизную установку (объем 2,2 л) из нержавеющей жаропрочной стали и помещали в муфельную печь, подавая в реторту азот (чистота > 99,99%) со скоростью потока 50 мл/мин для создания инертной атмосферы. Исследование влияния одной переменной (температуры (300–900°C)/времени (30–75 мин)/скорости нагрева (5–25°C/мин)) осуществлялось методом поддержания остальных рабочих условий постоянными, соответствующим эталонным согласно работе [14]: максимальная температура нагрева 500°C, скорость нагрева 10°C/мин и время выдержки биомассы 60 мин. После завершения процесса пиролиза реторту охлаждали до комнатной температуры, извлекали и взвешивали полученные образцы биочара и определяли их физико-химические характеристики, являющиеся основными показателями эффективности их применения в качестве сорбентов.

Выход получения биочара рассчитан на сухую массу исходного сырья с учетом его влажности. Определение площади удельной по-

верхности ($S_{\text{ВЕТ}}$) и пористости исходного сырья и полученных из него образцов выполнено на волюметрическом анализаторе «ASAP 2020» (Micromeritics, США) по методу низкотемпературной адсорбции азота. Расчет параметров осуществлен с использованием метода Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ) в интервале относительного давления $P/P_0=0,05-0,33$.

Элементный состав пищевых отходов и полученных из них образцов биочара (С, Н, N) определен на анализаторе Perkin Elmer (модель CHN, 2400 Series II) методом сжигания в потоке кислорода. Содержание общей золы измерялось путем сжигания образцов в муфельной печи при температуре 650 °С в течение 3 часов [15], а содержание кислорода рассчитывалось по разнице между 100% и суммой определяемых элементов и содержанием золы [Aslam et al., 2017]. Результаты исследования элементного состава использованы для расчета атомных соотношений Н/С и О/С, характеризующих степень ароматичности и карбонизации биочара [16].

Таблица 1. Физико-химические свойства и элементный состав шелухи лука и биочаров, полученных из нее при различных условиях пиролиза

Условия пиролиза	Образец	Выход продукта, %	$S_{\text{ВЕТ}}$ ($\text{м}^2/\text{г}$)	Объем пор V ($\text{см}^3/\text{г}$)		Зола, %	Элементный состав, %			
				V _{общ}	V _{микро}		С	Н	N	О
Температура, С°	шелуха лука	-	0	2,12	0,012	1,8	41,4	4,2	2,1	50,5
	300	26,6	517	0,40	0,20	1,2	67,6	2,9	1,3	27,0
	500	27,3	533	0,41	0,20	6,2	74,3	2,0	1,4	16,1
	700	28,0	549	0,42	0,21	6,4	81,6	2,1	1,5	8,4
	900	27,0	548	0,49	0,20	2,5	81,9	2,8	1,4	11,4
Время, мин	30	26,9	504	0,34	0,17	7,0	70,1	2,4	1,3	19,2
	45	26,0	502	0,36	0,18	6,0	73,6	2,3	1,4	16,7
	60	27,3	533	0,41	0,20	6,2	74,3	2,0	1,4	16,1
	75	27,8	524	0,38	0,17	5,5	71,3	2,1	1,3	19,8
Скорость нагрева, °С/мин	5	26,7	524	0,39	0,18	6,3	72,4	2,1	1,4	17,8
	10	27,3	533	0,41	0,20	6,2	74,3	2,0	1,4	16,1
	15	26,6	528	0,41	0,19	6,6	77,6	2,1	1,4	12,3
	20	25,3	510	0,37	0,17	6,6	75,3	2,1	1,3	14,7

Результаты анализа физико-химических свойств и элементного состава биочаров, полученных из различных пищевых отходов в зависимости от условий пиролиза, приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 2. Физико-химические свойства и элементный состав кожуры картофеля и биочаров, полученных из нее при различных условиях пиролиза

Условия пиролиза	Образец	Выход продукта, %	$S_{\text{ВЕТ}}$ ($\text{м}^2/\text{г}$)	Объем пор V ($\text{см}^3/\text{г}$)		Зола, %	Элементный состав, %			
				$V_{\text{общ}}$	$V_{\text{микро}}$		C	H	N	O
Температура, $^{\circ}\text{C}$	кожура картофеля	-	0,88	0,003	-	5,5	42,0	3,8	6,7	42,0
	300	22,9	243	0,020	0,015	7,1	56,9	3,2	4,0	28,8
	500	23,5	250	0,020	0,016	9,5	67,3	2,9	3,7	16,6
	700	24,0	258	0,021	0,016	11,3	72,1	2,0	3,0	11,6
	900	23,3	257	0,025	0,015	11,1	74,3	1,9	2,7	10,0
Время, мин	30	21,7	215	0,012	0,012	8,0	63,1	2,4	3,1	23,4
	45	23,0	222	0,016	0,013	9,6	65,6	2,3	3,0	19,5
	60	23,5	250	0,020	0,016	9,5	67,3	2,9	3,7	16,6
	75	22,7	234	0,014	0,013	12,5	71,3	1,7	2,4	12,1
Скорость нагрева, $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$	5	22,8	236	0,017	0,012	4,1	72,4	2,9	3,8	16,8
	10	23,5	250	0,020	0,016	9,5	67,3	2,9	3,7	16,6
	15	23,9	255	0,022	0,016	10,2	71,1	2,8	3,9	12,0
	20	24,8	259	0,024	0,016	9,4	69,9	2,4	3,6	14,7

Средний выход продукта составляет 27% для биочара, полученного из шелухи лука и 23% – из кожуры картофеля. Установлено, что потери веса растительной биомассы при температуре $<400^{\circ}\text{C}$ происходят за счет удаления воды, улетучивания неконденсирующихся газов и разложения сложных компонентов, таких как лигнин, целлюлоза и гемицеллюлоза [17]. Высокая температура пиролиза (900°C) интенсифицирует карбонизацию биомассы, что приводит к снижению веса полученного биочара (табл. 1, 2).

Для обоих видов исходного сырья установлено, что в целом, с повышением температуры пиролиза происходит увеличение площади

удельной поверхности и общего объема пор биочара (табл. 1, 2). При схожих параметрах пиролиза площадь поверхности биочара из шелухи лука почти в два раза выше, чем из кожуры картофеля и достигает максимума при температуре 700 С° (549 м²/г). По мере повышения температуры, времени и скорости нагрева отмечается увеличение содержания углерода, снижение водорода, азота, кислорода и повышение общей зольности, что характерно для всех исследуемых биочаров (табл. 1, 2).

Увеличение содержания углерода с повышением температуры пиролиза является результатом повышения степени карбонизации биочаров, а снижение содержания N, H и O связано с непрерывным разложением и улетучиванием соединений, содержащих в своем составе данные элементы (гемицеллюлоза, целлюлоза, лигнин) [18]. Температура пиролиза оказывает более выраженное влияние на элементный состав биочара, чем время и скорость нагрева. Помимо условий пиролиза на элементный состав биочаров существенное влияние оказывает тип исходного сырья. Так, содержание N в образцах биочара из кожуры картофеля при всех рассматриваемых условиях пиролиза выше из-за высокого содержания элемента в исходном сырье (6,7%), чем для биочаров, полученных из шелухи лука.

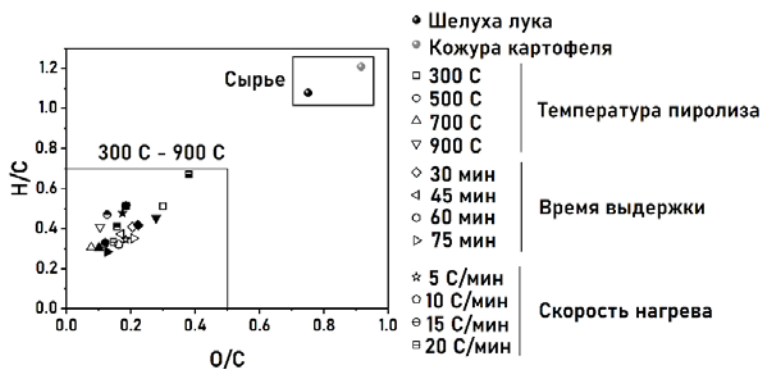


Рисунок 1. Диаграмма Ван Кревелена для исходного сырья и биочаров, полученных из него при различных условиях пиролиза

Данные различия в элементном составе биочаров обуславливают изменения в соотношениях H/C и O/C, которые влияют на их стабильность и ароматичность. На рисунке 1 представлена диаграмма Ван-Кревелена для исходного сырья и биочаров, полученных из него при разных условиях пиролиза. Каждому исходному сырью соответствует

верхняя точка с координатами (1,20; 0,92) для шелухи лука и (1,07; 0,75) для кожуры картофеля. При повышении температуры пиролиза, скорости нагрева и времени выдержки биомассы отмечается снижение атомных соотношений Н/С и О/С (рис.), что свидетельствует о повышении ароматичности поверхности полученных биочаров, карбонизации и устойчивости к окислению за счет происходящих процессов дегидрирования и дезоксигенирования лигнина и целлюлозы [18].

В целом, биочар, полученный при более высоких температурах пиролиза (700-900°C), имеет более высокую степень карбонизации, и соответственно, более низкую полярность и более высокую устойчивость к окислению. Минимальное соотношение Н/С (0,30) характерно для образца из кожуры картофеля, а и О/С (0,08) – для образца из шелухи лука. При этом средние значения О/С и Н/С для биочара из шелухи лука составляют 0,17 и 0,36, для кожуры картофеля - 0,19 и 0,44, соответственно. Согласно Европейскому сертификату биоугля (European Biochar Certificate (ЕВС)), оптимальные соотношения О/С и Н/С для карбонизированного продукта должны быть близки к 0,4 и 0,7, соответственно [19].

Таким образом, выполнена серия экспериментов с обработкой температурных режимов пиролиза (300, 500, 700, 900°C), скорости нагрева (5, 10, 15, 20 °С/мин) и времени выдержки биомассы (30, 45, 60, 75 мин) для оптимизации параметров получения биочаров из пищевых отходов растительного происхождения: шелухи лука и кожуры картофеля. С повышением температуры и времени пиролиза выявлена общая тенденция увеличения показателей площади удельной поверхности и объема пор. При этом данные показатели биочаров убывают в зависимости от типа исходного сырья в ряду: шелуха лука > кожура картофеля. Оптимальными условиями формирования пористости у биочара из шелухи лука является температура 700 °С, длительность пиролиза 60 мин и скорость нагрева 10 °С/мин, для образцов из кожуры картофеля – 700 °С, 60 мин, 20 °С/мин, соответственно.

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке проекта БРИКС Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение No. 075-15-2022-1247.

Литература

1. Maji S., Dwivedi D.H., Singh N., Kishor S., Gond M. 2020. Agricultural Waste: Its Impact on Environment and Management Approaches. Emerging Eco-friendly Green Technologies for Wastewater Treatment. Springer, Singapore, pp. 329-351.

2. Nguyen H.T., Crittenden K., Weiss L., Bardaweel H. Recycle of waste tire rubber in a 3D printed composite with enhanced damping properties // *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 368. P. 133085.
3. Elkhalfa S., Al-Ansari T., Mackey H.R., McKay G. Food waste to biochars through pyrolysis: A review // *Resources, Conservation and Recycling*. 2019. Vol. 144. P. 310-320.
4. Weber K., Quicker P. Properties of biochar // *Fuel*. 2018. Vol. 217. P. 240-261.
5. Suguihiro T.M., de Oliveira P.R., de Rezende E.I.P., Mangrich A.S., Marcolino Junior L.H., Bergamini M.F. An electroanalytical approach for evaluation of biochar adsorption characteristics and its application for lead and cadmium determination // *Bioresource Technology*. 2013. Vol. 143. P. 40–45.
6. Krishnappa B., Saravu S., Shivanna J.M., Naik M., Hegde G. Fast and effective removal of textile dyes from the wastewater using reusable porous nano-carbons: a study on adsorptive parameters and isotherms // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. P. 79067-79081.
7. Alonso-Lemus, I.L., Escobar-Morales, B., Lardizabal-Gutierrez, D., Torre-Saenz, L. de la, Quintana-Owen, P., Rodriguez-Varela, F.J. Short communication: Onion skin waste-derived biocarbon as alternative non-noble metal electrocatalyst towards ORR in alkaline media. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2019. Vol. 44 Is. 24. P. 12409-12414.
8. FIBRACEP, 2017. Valorization of European onion waste by-products into dietary fibre-based formula with hypocholesterolemic, hypoglycemic, and antioxidant effects. – URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/782061> (дата обращения: 2022-12-19).
9. Лук репчатый. Посевные площади и валовые сборы по регионам РФ в 2007-2021 гг. – М.: Экспертно-аналитический центр агробизнеса, 2021. URL: <https://ab-centre.ru/news/luk-repchatyy-ploschadi-i-sbory-v-rossii-v-2001-2021-gg> (дата обращения: 2023-01-20).
10. Yang X., Kwon E.E., Dou X., Zhang M., Kim K-H., Tsang D.C.W., Ok Y.S. Fabrication of spherical biochar by a two-step thermal process from waste potato peel // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol. 626. – P. 478–485.
11. FAOSTAT. Retrieved 8 June 2022. Countries – Select All; Regions – World + (Total); Elements – Production Quantity; Items Potatoes; Years 2020. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/> (дата обращения: 2023-01-20).
12. Liang S., McDonald A. G., Coats E. R. Lactic acid production with undefined mixed culture fermentation of potato peel waste // *Waste management*. 2014. Vol. 34. Is. 11. P. 2022-2027.

13. Camire M. E., Violette D., Dougherty M.P., McLaughlin M.A., Potato peel dietary fiber composition: effects of peeling and extrusion cooking processes // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1997. Vol. 45. Is. 4. P. 1404-1408.
14. Abbas Q., Liu G., Yousaf B., Ali M.U., Ullah H., Mujtaba M.A., Munir, Liu R. Contrasting effects of operating conditions and biomass particle size on bulk characteristics and surface chemistry of rice husk derived-biochars // *Journal of analytical and applied pyrolysis*. 2018. Vol. 134. P. 281-292.
15. ГОСТ 11022-95 (ИСО 1171-97) Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности (с Изменением № 1), - Взамен ГОСТ 11022-90; введ. 1997-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2006. 8 с.
16. Li Y., Gupta R., Zhang Q., You S. Review of biochar production via crop residue pyrolysis: Development and perspectives // *Bioresource Technology*. 2023. Vol. 369. P. 128423.
17. Shen Z., Hou D., Jin F., Shi J., Fan X., Tsang D.C.W., Alessi D.S. Effect of production temperature on lead removal mechanisms by rice straw biochars // *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 655. P. 751-758.
18. Chowdhury Z.Z., Karim M.Z., Ashraf M.A., Khalid K. Influence of carbonization temperature on physicochemical properties of biochar derived from slow pyrolysis of durian wood (*Durio zibethinus*) sawdust // *BioResources*. 2016. Vol. 11. Is. 2. P. 3356-3372.
19. Schimmelpfennig S., Müller C., Grünhage L., Koch C., Kammann, C. Biochar, hydrochar and uncarbonized feedstock application to permanent grassland – Effects on greenhouse gas emissions and plant growth // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2014. Vol. 191. P. 39-52.

ОБРАБОТКА СЕМЯН БИОПРЕПАРАТАМИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ЛЬНА В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Носевич М.А., Камылина Н.Ю.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Санкт-Петербургский государственный аграрный
университет, факультет агротехнологий, почвоведения и экологии,
г. Санкт-Петербург, Россия
mnosevich@yandex.ru; kamylinanadja@mail.ru*

Лен-долгунец и лен масличный – ежегодно возобновляемый сырьевой ресурс. В настоящее время лён стал единственным источником растительного сырья для текстильной промышленности в России. Льнопродукция широко используется в различных секторах экономики страны. Льняное волокно – один из самых крепких растительных материалов, устойчивых к воздействию высоких температур и света. Семена льна используются в продовольственных и диетических целях, в производстве функциональных продуктов питания с целью увеличения их биологической и пищевой ценности, что может существенно повлиять на развитие отрасли [1].

Возделывание льна-долгунца прекращено на значительных площадях в исторически сложившихся благоприятных агроклиматических зонах страны, в то время как почти половина посевных площадей сосредоточена в зонах, где индексы экономической эффективности производства в 1,5-2,0 раза ниже [2]. К благоприятным агроклиматическим зонам для выращивания льна относится вторая зона, в которую входит и Ленинградская область.

Цель исследований – определить влияние инокуляции семян микробными препаратами на рост, развитие и продуктивность разновидностей льна в условиях Ленинградской области.

Исследования проводились на малом опытном поле кафедры растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ в 2022 г. Объектами исследований являлись: разновидности евразийского подвида льна – лён-долгунец сорта Альфа и лён межеумок сортов ЛМ 98 и Уральский; микробные препараты Ризобакт марки РЖФ, содержащие новые штаммы микроорганизмов В2, М, Сл.

При проведении исследований использовались «Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгуном и льном масличным», и методы статистической обработки данных [3, 4, 5].

Эффективность применения препаратов Ризобакт марки РЖФ на льне в условиях Ленинградской области изучалась в двухфакторном мелкоделяночном опыте. Эксперимент включал 12 вариантов: Фактор А – разновидность евразийского подвида: лён-долгунец, лён-межеумок; Фактор В – применение биопрепарата Ризобакт различных марок РЖФ: без применения биопрепарата (далее (К) или (б/п)), Ризобакт марки РЖФ (штамм В2) (далее В2), Ризобакт марки РЖФ (штамм М) (далее М), Ризобакт марки РЖФ (штамм Сл) (далее Сл). За контроль были взяты варианты каждого сорта без применения биопрепарата. Площадь опытной делянки составляла 1,2 м² в 4кратном повторении. Размещение повторений – систематическое, варианты в повторениях размещены рендомизированно. Семена льна обрабатывались биопрепаратами при посеве в соответствии со схемой опыта из расчета 0,4 л/т, а в контрольных вариантах – дистиллированной водой. Температура воздуха в период проведения обработки была на уровне 17-18°С, влажность воздуха находилась в пределах 60-65%.

Посев льна проводили 3 мая. Способ посева льна – узкорядный, с нормой высева: сорт Альфа – 22 млн шт./га, сорт ЛМ 98 и Уральский – 6 млн шт./га. Глубина заделки семян в почву составляла: лен-долгунец – 1-2 см. Для снижения краевого эффекта по краям делянок дополнительно высевали защитные ряды изучаемых сортов льна.

Почва опытного участка дерново-карбонатная выщелоченная, среднесуглинистая, залегает на толще элюво-делювых карбонатных пород. Агрохимический анализ почвы показал, что в слое 0-30 см содержится: гумуса – 4,2%, подвижных форм фосфора – 423, обменного калия – 266 мг/кг почвы, степень насыщенности почвы основаниями – 87%, почва обладает слабокислой реакцией (рН_{KCl} 5,2) и не нуждается в известковании.

За вегетационный период льна-долгунца сумма активных температур составила 1412°С, осадков выпало 184 мм, гидротермический коэффициент находился на уровне 1,3, что характеризует условия роста и развития культуры как влажные.

За вегетационный период льна масличного для раннеспелого сорта Уральский (с 20 мая по 27 августа) сумма активных температур составила 1824°С, осадков выпало 218 мм, для позднеспелого сорта ЛМ 98 (с 15 мая по 9 сентября) – 1996°С и 287 мм осадков. Гидротермический коэффициент составил 1,2 и 1,4 соответственно, что характеризует (по Селянинову) вегетационный период льна масличного как нормального и избыточного увлажнения соответственно.

Результаты исследований показали, что полевая всхожесть у льна-долгунца находилась на уровне 74% в контрольном варианте и с применением препарата В2. В вариантах с применением препаратов

Ризобакт марки РЖФ М и Сл наблюдалось увеличение этого показателя на 4,1-6,1% и составило 79,0 и 79,5% соответственно. У льна масличного сорта ЛМ 98 отмечено увеличение полевой всхожести в вариантах с применением препаратов Ризобакт марки РЖФ (В2) на 2,7%, (М) на 5,1% и (Сл) на 17,3% по сравнению с контролем (67,2%). Бактеризация семян сорта Уральский Ризобакт марки РЖФ также увеличивала всхожесть семян на 3,1, 2,9 и 0,4% соответственно.

Наибольшая разница по полевой всхожести отмечена между контролем и опытными вариантами, где проводилась инокуляция микробными препаратами М и Сл у льна-долгунца сорта Альфа, у льна масличного только у сорта ЛМ 98. Диапазон различий между этими вариантами составила 4,4-4,9 и 5,1-17,3%. Обусловлено это тем, что погодные условия в период посев – всходы были засушливыми (ГТК мая составил 0,99), поэтому предпосевная обработка микробными препаратами разновидностей льна способствовала появлению протекторного эффекта на стресс растений в условиях недостатка влаги. Положительная роль бактерий в устойчивости растений заключается в том, что более развитые растительные организмы лучше противостоят любым неблагоприятным воздействиям [6].

Сохраняемость растений льна масличного к уборке находилась на высоком уровне и варьировала в 2022 г. от 92,0 до 99,5%. При этом наблюдалась тенденция к увеличению сохраняемости растений льна различного генотипа в вариантах с применением биопрепаратов относительно контроля.

В год проведения исследований отмечена зависимость урожайности льнопродукции от применяемых биопрепаратов (рис.). Так применение изучаемых штаммов препарата Ризобакт марки РЖФ урожайность льно соломы и тресты достоверно превышала контрольный вариант на 0,18-0,84 и 0,09-0,58 т/га соответственно при НСР₀₅ по соломе – 0,33 и тресте – 0,24 т/га. Действие всех штаммов препарата Ризобакт марки РЖФ оказывало положительный эффект на выход всего и длинного волокна. В этих вариантах выход волокна составил: всего от 25,0 до 26,1 и длинного от 17,2 до 17,6%, что выше контроля на 3-4 и 4-5% соответственно. Этим обусловлена достоверная прибавка урожайности волокна – на 0,02-0,22 т/га (при НСР₀₅ – 0,07 т/га) и длинного волокна – на 0,08-0,22 т/га (при НСР₀₅ – 0,04 т/га) по отношению к контрольному варианту.

Предполагаем, что предпосевная обработка льна-долгунца новыми штаммами агрохимиката Ризобакт марки РЖФ способствует появлению протекторного эффекта на растениях в условиях дефицита влаги и положительно влияет на формирование волокнистой части стебля.

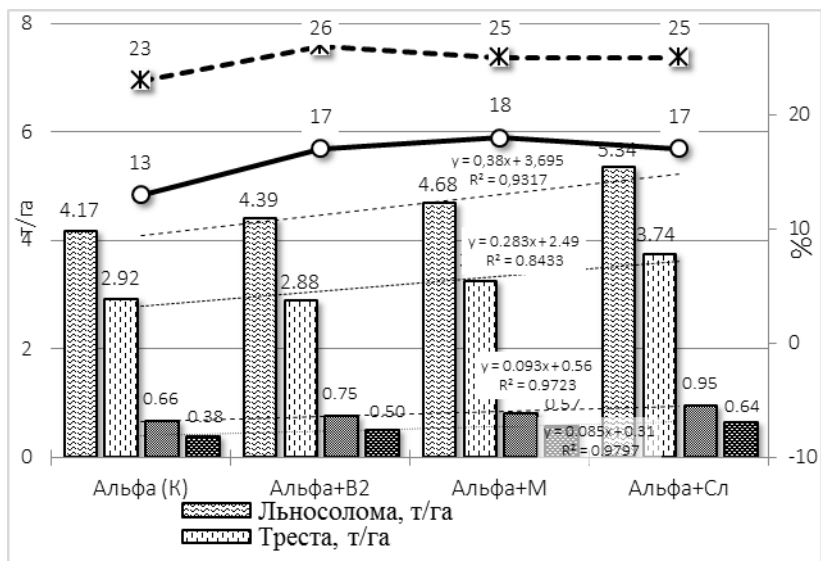


Рисунок. Урожайность льнопродукции сорта Альфа, используемого на волокно, т/га

Коэффициент достоверности аппроксимации R^2 по урожайным данным льнопродукции составил от 0,84 до 0,98, что говорит о высокой степени соответствия трендовой модели исходных результатов и точно описывает полученные данные.

За год проведения эксперимента на урожайность семян льна влияли: разновидность культуры, сортовые особенности и изучаемые биопрепараты.

Урожайность семян льна-долгунца по вариантам опыта была на уровне 1,3-1,5 т/га. Штамм Сл изучаемого препарата оказывал достоверное положительное влияние на показатель семенной продуктивности сорта Альфа, так как в этом варианте прибавка составила 0,13-0,17 т/га по сравнению с другими вариантами при НСР₀₅ для частных различий 0,11 т/га.

Наибольшая урожайность семян на уровне 4,0 т/га отмечена у льна масличного сорта ЛМ 98 в вариантах, где перед посевом проводилась инокуляция микробными препаратами Ризобакт марки РЖФ (М) и (Сл), что достоверно выше на 0,59-0,75 по отношению к контролю, на 0,28-0,44 т/га по отношению к сорту Уральский и на 2,52-2,81 т/га по отношению к льну-долгунцу сорта Альфа (при НСР₀₅ для частных различий 0,26, для разновидности (фактор А) – 0,13 и применения биопрепарата (фактор В) – 0,15 т/га).

В 2022 г. у сорта ЛМ 98 отмечена достоверная прибавка урожайности семян 0,35-0,75 т/га от действия микробных препаратов при НСР₀₅ 0,22 т/га (табл.). У сорта Уральский препараты В2 и М не оказывали влияния на урожайность семян, так как существенные различия данных находились в пределах ошибки эксперимента. В варианте, где применялся штамм Сл получена достоверная прибавка в урожайности, которая составила 0,31 т/га по сравнению с контролем.

Сравнивая урожайность семян различных сортов льна масличного, можно отметить, что в условиях Ленинградской области максимально реализует потенциальную семенную продуктивность сорт ЛМ 98 (табл.). В почвенно-климатических условиях области этот сорт сформировал урожайность семян 3,8 т/га, что достоверно выше на 0,3 т/га (НСР₀₅ по фактору А – 0,16 т/га) по сравнению с сортом Уральский. Препараты Ризобакт марки РЖФ (М) и (Сл) оказывали наибольшее положительное действие на семенную продуктивность льна масличного, учитывая увеличение этого показателя на 0,26 и 0,53 т/га или 7 и 13% в этих вариантах.

Таблица. Урожайность семян различных сортов льна масличного в зависимости от применения микробных препаратов, т/га

Сорт (фактор А)	Урожайность (т/га) по:		
	вариантам	фактору А	фактору В
ЛМ 98	3,42	3,84	3,42
	3,77		3,64
	4,01		3,68
	4,17		3,95
Уральский	3,42	3,50	
	3,51		
	3,35		
	3,73		
НСР ₀₅	0,31	0,16	
			0,22

Избыточные атмосферные осадки в августе 2022 г. не способствовали накоплению жира в семенах льна, поэтому процент масличности находился на невысоком уровне. По вариантам опыта маслич-

ность находилась у льна-долгунца от 20 до 26%, а у льна масличного от 26-29 (сорт ЛМ 98) до 32-33% (сорт Уральский). Наибольший выход масла был в вариантах, где применялись различные штаммы препарата Ризобакт марки РЖФ независимо от разновидности и сорта льна. Накопление масла на уровне 33% в семенах льна сорта Уральский отмечено в вариантах с применением препаратов Ризобакт марки РЖФ (М) и (Сл). У сорта Альфа и ЛМ 98 под влиянием изучаемых штаммов В2, М, Сл в семенах увеличивалась доля масличности на 3-6 и 1-2% соответственно.

Показатель выхода масла зависел от урожайности семян и от процента масличности. По вариантам опыта наибольший сбор масла на уровне 1,2 т/га был получен у сортов ЛМ 98 и Уральский в варианте, где применялся штамм Сл, что на 7-25% больше по сравнению с другими вариантами опыта.

Применение микробных препаратов также положительно оказывало эффект на накопление жира в семенах льна-долгунца и сбор льняного масла с единицы площади. Различия по этим показателям между контролем и вариантами опыта была небольшой 3-6% и 0,03-0,06 т/га соответственно.

При определении экономической эффективности мы рассчитали себестоимость и рентабельность возделывания разновидностей льна только по использованию основной продукции: на волокно – лен-долгунец и семена – лен межеумок. Самая высокая рентабельность при возделывании льна-долгунца на волокно 24,1 и 30,8% получена при инокуляции сорта Альфа препаратом Ризобакт марки РЖФ (М) и (Сл), что выше на 6 и 13% соответственно в сравнении с контролем. Это обусловлено получением высококачественной тресты за номером 1,75 и 2,0 и уровнем урожайности более 3,0 т/га. Применение препарата Ризобакт марки РЖФ (В2) также является эффективным приемом, но уровень рентабельности был ниже по сравнению с лучшими показателями на 4-11%, но выше на 2% по отношению к контролю. Себестоимость тресты снижалась на 1,56-3,38 тыс. рублей по сравнению с контрольным вариантом при обработке семян сорта Альфа штаммами М и Сл.

Данные экономической эффективности производства льна на семена показали, что возделывать культуру в условиях Ленинградской области эффективно, т.к. по всем вариантам опыта была получена положительная рентабельность, уровень которой варьировал от 77 до 89 у сорта ЛМ 98 и от 49 до 55% у сорта Уральский. При применении штаммов М и Сл у сорта ЛМ 98 уровень рентабельности повышался на 9-12%. У сорта Уральский такой четкой закономерности не было отмечено, так, как только обработка семян перед посевом штаммом

Сл обеспечивала увеличение уровня рентабельности производства на 2-6%.

Выводы:

1. Использование препарата Ризобакт марки РЖФ с новыми штаммами микроорганизмов М и Сл стимулирует прорастание семян льна, что, в свою очередь, повышает полевую всхожесть у сорта Альфа на 4-5, сорта ЛМ 98 – на 5-17, сорта Уральский – на 3%, при этом проявляется адаптация растений к экстремальным условиям внешней среды, увеличивая сохраняемость растений к уборке на 3-4%.

2. Обработка семян перед посевом микробным препаратом Ризобакт марки РЖФ со штаммами (М) и (Сл), генетические особенности сорта Альфа оказывают синергетическое воздействие на урожайность льнопродукции льна-долгунца. В этих вариантах была получена достоверная прибавка урожайности: льносоломы на 0,5-1,2 (13-16%), тресты – 0,3-0,8 (10-22%), всего волокна – 0,2-0,3 (9-31%) и длинного волокна – 0,2-0,3 т/га (33-41%).

3. При возделывании льна масличного сортов ЛМ 98 и Уральский на семенные цели необходимо инокулировать перед посевом новыми штаммами Сл препарата Ризобакт марки РЖФ, это позволит получать урожайность семян на уровне 4,0 т/га, что на 0,3-0,8 т/га или 8-18% больше по сравнению с контролем.

4. С экономической точки зрения эффективнее возделывать лен-долгунец на волокно сорта Альфа с инокуляцией перед посевом био-препаратом Ризобакт марки РЖФ (Сл), это способствует снизить себестоимость производства тресты на 3,4 тыс. руб./т, увеличит рентабельность производства на 13%.

При возделывании льна масличного сортов Уральский и ЛМ 98 на семенные цели необходимо включать в предпосевную обработку семян инокуляцию микробным препаратом Ризобакт марки РЖФ (Сл), что способствует снижению себестоимости – на 120 и 810 руб./т, при этом увеличится уровень рентабельности на 2 и 12% (55 и 89%) соответственно.

Литература

1. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Рыжов А.И. Лен вчера, сегодня, всегда. М.: ИПО "Полигран", 1995. – 117 с.
2. Чекмарёв П.А., Понажёв В.П., Поздняков Б.А. и др. Зонально-адаптивные технологии производства льна-долгунца. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 185 с.
3. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом/ ВНИИ льна. Торжок, 1980. – 75 с.

4. Лукомец В.М. и др. Перспективная ресурсосберегающая технология производства льна масличного: метод. рек. М.: ФГНУ «Росинформгротех», 2010. – 52 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., стереотип. М.: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
6. Воробейков Г.А. Микроорганизмы, урожай и биологизация земледелия: учебное пособие: СПб., 1998. – 120 с.

СРАВНЕНИЕ АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БАКТЕРИЙ РОДА *PSEUDOMONAS* С БАКТЕРИЦИДАМИ ОБЛАДАЮЩИМИ РАЗЛИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ ДЕЙСТВИЯ

Панчук С.В.¹, Тареева М.М.¹, Воронина М.В.², Игнатов А.Н.²

¹Федеральный научный центр овощеводства», Московская обл.,
Одинцовский г.о., п. ВНИИССОК, Россия,

²Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы,
г. Москва, Россия
s.v.panchuk@mail.ru

Эволюция рода *Pseudomonas* (гамма-протеобактерии) основана на сотнях миллионов лет, проведенных в основном в водной среде обитания [1], при тесном взаимодействии и конкуренции с другими микроорганизмами. В настоящее время *Pseudomonas* - одни из самых распространенных бактерий в агроценозах, и являются сапрофитными обитателями воды, почвы, симбионтами или патогенами растений и животных [1, 2]. Бактерии рода *Pseudomonas* нашли широкое применение в биотехнологии, защите и регуляции роста и развития растений, и в биоремедиации [2]. Большинство штаммов *Pseudomonas*, используемых для борьбы с болезнями растений, были выделены из почвы, ризосферы растений или воды. Некоторые штаммы могут защищать растения подавляя или конкурируя с фитопатогенами, другие - вызывая системную устойчивость растений. В настоящее время этот род насчитывает более 220 легитимных видов [2]. Таксономия *Pseudomonas* постоянно совершенствуется, благодаря применению мультилокусного секвенирования (MLSA) и анализу геномных последовательностей бактерий [2]. Лалукат и др. [3] выделяют три основные таксономические линии *Pseudomonas*, включающие группы *P. aeruginosa*; *P. fluorescens* и *P. pertucinogena*.

Антагонизм к фитопатогенным микроорганизмам у флуоресцентных псевдомонад в основном связан с эффективной конкуренцией за железо, опосредованной сидерофорами [4]. В основе прямого антимикробного действия большинства коммерчески-используемых в защите растений штаммов псевдомонад лежит синтез антибиотических веществ – цитолитических пептидов, антибиотиков, цианидов и ферментов, разрушающих оболочки клеток фитопатогенов. Феназины – наиболее распространенные антибиотики, синтезируемые псевдомонадами. Множество вариантов заместителей в структуре феназинов

обеспечивает широкий спектр свойств каждого производного [5]. Фенолазы – не уникальное свойство псевдомонад, они также встречаются среди штаммов других родов бактерий [6-10], основным механизмом их действия является генерация активных форм кислорода, вызывающих окислительный стресс у целевых микроорганизмов [11].

Системная индуцированная устойчивость растений (SAR), вызываемая псевдомонадами была изучена у целого ряда модельных растений и сельскохозяйственных культур. Для ряда случаев, индуцированный иммунитет проявлялся только у определенного вида растений [12], но некоторые псевдомонады имеют широкий спектр иммунизирующей активности [13], как правило, проявляющийся у бактерий, эффективно колонизирующих растение. Классическая системная приобретенная резистентность (SAR) связана с накоплением растением PR-белков [12], экспрессией каскадов сигнальных молекул, или синтезом хитиназо-подобных ферментов [13]. Примечательным оказался факт, что антимикробная активность псевдомонад не является прямо пропорциональной продуктивности *in vitro* идентифицированных действующих веществ. Это можно объяснить как предполагаемым различным качественным составом синтезируемых антимикробных веществ и наличием у дополнительных веществ, обладающих синергичным антимикробным действием [14]. Антимикробная активность метаболитов штаммов псевдомонад обычно значительно ниже фунгицидной, и доступная информация по этой теме ограничена.

Коллекция 52 штаммов рода *Pseudomonas* (*Pseudomonas fluorescens*, *P. chlororaphis*, *P. putida*), набор 14 антибиотиков различного механизма действия в чистом виде и с комбинации с коллоидным серебром (препарат Зерокс) и ряд коммерческих биологических и химических бактерицидов (в целом - 94 варианта) были оценены по антимикробному действию в отношении 7 референтных штаммов фитопатогенных бактерий видов *Pectobacterium carotovorum*, *Dickeya* spp. *Agrobacterium tumefaciens*, *Xanthomonas campestris*, *Clavibacter michiganensis*, *X. vesicatoria* и *Pseudomonas syringae*. Они были оценены стандартным методом лунок на двух типах агаризованных сред – питательном агаре и агаре Кинга Б. Полученные данные были проанализированы методом Факторного анализа при помощи пакета программ Statistica v. 10 (StatSoft, TIBCO, Palo Alto, CA, USA).

Полученные результаты выявили ряд штаммов, которые по своей общей активности, измеренной как факторная оценка (score) совокупности реакций 7 видов бактерий, не уступали чистым антибиотикам и превосходили ряд коммерческих биопрепаратов (Табл.), например, штаммы №№25, 18, 23 и 3. Невысокий ранг некоторых коммерческих препаратов при оценке *in vitro*, объясняется, вероятно, значительной

ролью механизмов, индуцирующих системную приобретенную резистентность растений в полевых условиях.

Таблица. Ранжирование некоторых вариантов бактерицидных веществ по совокупной Факторной оценке.

Ранговая позиция варианта	Вариант (вещество, штамм, концентрация)	Факторная оценка (Factor score)
1	Гентамицин +Зерокс	2,72633
18	Налидиксовая кислота +Зерокс	1,2195
19	Штамм 25*	1,15162
27	Штамм 18	0,16039
28	Фитолавин 1%	0,02288
29	Штамм 23	-0,00387
30	Штамм 3	-0,01955
31	Фармайод 0,10%	-0,03413
32	Штамм 43	-0,06379
33	Фитолавин + Зерокс	-0,12066
34	Нистанин	-0,17308
35	Штамм 17	-0,18857
44	Фитоплазмин 0,10%	-0,30216
64	Фитоплазмин 0,01%	-0,62453
66	Бинорам 1%	-0,64162
72	Стрекар 1%	-0,8164
84	Фармайод 0,01%	-0,84737
87	Бинорам 0,01%	-0,85598

* Жирным шрифтом выделены штаммы псевдомонад, превосходившие по антибактериальной активности коммерческие препараты.

Заключение. Бактерии рода *Pseudomonas* могут являться перспективной основой для разработки препаратов защиты растений нового поколения, эффективных в отношении различных представителей фитопатогенных бактерий родов *Pectobacterium*, *Dickeya*, *Agrobacterium*, *Xanthomonas*, *Clavibacter* и *Pseudomonas syringae*. Дальнейший

структурно-функциональный анализ состава антибактериальных веществ каждого из штаммов должен прояснить перспективность их применения в качестве средств защиты растений.

Финансирование. Работа была поддержана грантом системы научных грантов РУДН (проект № 202193-2-000).

Литература

1. Morris, C.E., Monteil, C.L., Berge, O. The life history of *Pseudomonas syringae*: linking agriculture to earth system processes. // *Annual review of phytopathology*. 2013, №51. P.85-104.
2. Peix, A., Ramírez-Bahena, M.H., Velázquez, E. The current status on the taxonomy of *Pseudomonas* revisited: an update. // *Infection, Genetics and Evolution*, 2018, №57, p.106-116.
3. Lalucat, J., Mulet, M., Gomila, M., García-Valdés, E. Genomics in bacterial taxonomy: impact on the genus *Pseudomonas*. // *Genes*. 2020, №11(2). p. 139.
4. Lemanceau, P., Alabouvette, C. Suppression of fusarium wilts by fluorescent pseudomonads: mechanisms and applications. // *Bio Sci Techn*. 1996, №3. p. 219–234.
5. Laursen, J. B., Nielsen, J. Phenazine natural products: biosynthesis, synthetic analogues and biological activity / // *Chem. Rev*. 2004. №104. p. 1663–1685.
6. Kyoung-Ja, K. Phenazine 1-carboxylic acid resistance in phenazine 1-carboxylic acid producing *Bacillus* sp. B-6. // *J. Biochem. Mol. Biol*. 2000, №33. p. 332–336.
7. Mavrodi, D. V. et al. Diversity and evolution of the phenazine biosynthesis pathway. // *Appl. Environ. Microbiol*. 2010, №76. p. 866–879.
8. Choi, E. J. et al. 6-Hydroxymethyl-1-phenazine-carboxamide and 1, 6-phenazinedimethanol from a marine bacterium, *Brevibacterium* sp KMD 003, associated with marine purple vase sponge // *J. Antibiot*. 2009, №62. p. 621–624.
9. Soliev, A. B. et al. Bioactive pigments from marine bacteria: applications and physiological roles // *Evid. Based Complement. Alternat. Med*. 2011, №10. p. 1–17.
10. Rao, Y. M. Oxidative-stress-induced production of pyocyanin by *Xanthomonas campestris* and its effect on the indicator target organism, *Escherichia coli* // *J. Industr. Microbiol. Biotech*. 2000, № 25. p. 266–272.

11. Zheng, H. et al. Redox metabolites signal polymicrobial biofilm development via the NapA oxidative stress cascade in *Aspergillus*. // *Curr. Biol.* 2015, № 25. p. 29–37.
12. Van Loon, L.C. Induced resistance in plants and the role of pathogenesis-related proteins. *Eu J Plant Pathol.* 1997, №109. p. 753–765
13. Leeman, M. et al. Induction of systemic resistance against fusarium wilt of radish by lipopolysaccharides of *Pseudomonas fluorescens*. *Phytopathology.* 1995, №85. p. 1021–1027.
14. Morales, D. K. et al. Control of *Candida albicans* metabolism and biofilm formation by *Pseudomonas aeruginosa* Phenazines // *mBio.* 2013, № 4. p. 1–9.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ
ПРОЛОНГИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ И ЛИСТОВОЙ
ОБРАБОТКИ ЛИГНОГУМАТОМ НА ПОЧВОГРУНТ,
СОСТАВ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И
МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИСТЬЕВ
ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ (*RIBES NIGRUM* L.)**

Почтенная А.И.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
г. Москва, Россия
aalena-1111@yandex.ru*

Плодоводство в наши дни в связи с возникновением новой экономической и политической обстановки развивается в бурном темпе [7]. Интенсификация земледелия в садах в качестве выведения новых отечественных сортов и разработки новых форм удобрений пока не привело к существенному улучшению технологии производства ягод, что говорит о больших перспективах в дальнейшем развитии отечественного производства.

Оптимальное содержание азота в листьях смородины черной - $2,6 \pm 0,2$ %, фосфора — 0,6 %, калия — $1,5 \pm 0,5$ %, меди – 6 ± 2 мг/кг сухой массы [1, 10], а также по данным другой группы исследователей [5], плоды *Ribes nigrum* L. держат особую позицию среди остальных ягодных культур повышенным содержанием железа и относительно высоким содержанием молибдена и марганца. Группа ученых [10] определили в листьях черной смородины самые высокие концентрации кальция, и чуть меньшее количество калия и магния. Содержание элементов в растениях в большей части зависит от условий возделывания, в том числе методов агротехнологии, абиотических или биотических условий и статуса питания [11]. Для правильной адаптации саженцев и получения качественного урожая почвогрунт должен обеспечивать растения необходимым уровнем питательных веществ, что обычно достижимо только при применении агрохимикатов.

В современном садоводстве оптимальному агрохимическому составу почвы, качеству посадочного материала и его адаптации уделяется много внимания, так как от них зависят: стрессоустойчивость культур, образование и предотвращение опадения завязей, количество урожая, экономическая окупаемость. Следовательно, одним из верных путей интенсификации ягодной отрасли является применение высоко-

технологичных отечественных удобрений с пролонгированным действием в полимерной оболочке (зарубежными аналогами являются Osmocote® и Basacote®). Производителем заявлено высвобождение питательных веществ на протяжении всего периода вегетации – 2-3, 3-4 или 5-6 месяцев.

Большой интерес представляет применение лигногуматов на почвах интенсивного сельскохозяйственного использования с добавлением удобрений и пестицидов. В частности, показано, что лигногуматы могут как усиливать, так и снижать токсичность ксенобиотиков, оказывать синергическое или антагонистическое действие на рост растений и устойчивость к пестицидам в окружающей среде в зависимости от конкретных химических и физиологических механизмов [2].

Лигногумат оказывает положительное действие на рост и развитие растений, действуя как регулятор роста: благоприятствует увеличению длины побегов, активизации ферментов, увеличению интенсивности фотосинтеза, что делает растение более устойчивым к экологически неблагоприятным факторам внешней среды, особенно это актуально в зонах с резкими колебаниями температур и зонах рискованного земледелия [6, 8, 9]. В исследовании [4] лигногумат применяли по листу в виде 0,05% раствора. С каждым годом число новых стимулирующих веществ увеличивается, в связи с этим возникает необходимость более глубокого и детального изучения сущности действия на растения, разработки рациональных и эффективных приемов применения.

Поэтому целью работы стало изучение влияния пролонгированных удобрений Osmocote, отечественного аналога Ruscote и листовой обработки лигногуматом на агрохимические свойства почвогрунта, состав питательных веществ и морфометрические показатели листьев черной смородины.

Объекты и методы

Опыт проводился с 27.06.22 по 28.08.22 на участке Почвенного стационара Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Объектами исследований были одногодичные саженцы черной смородины (*Ribes nigrum* L.), почво-грунт, состоящий из торфа, песка, суглинка и плодородного грунта, с содержанием pH_{H_2O} -7,5, NO_3^- - 15,7 мг/кг почвы, NH_4^+ - 46,0 мг/кг почвы, подвижного фосфора (P_2O_5) – 542,0 мг/кг почвы, обменного калия (K_2O) – 300,0 мг/кг почвы, подвижного цинка (Zn) – 37,3 мг/кг почвы, подвижной меди (Cu) – 10,7 мг/кг почвы, а также пролонгированные удобрения Osmocote Bloom 2-3M NPK 12-7-18+МЭ и Ruscote Цветочный NPK 12-10-18+МЭ (оксид серы (VI) - 8,0 %, кальция оксид - 9,0%, бор - 0,1%, медь - 0,07%, оксид магния - 3%, марганец - 0,1%, оксид молиб-

дена (VI) - 0,05%, цинк - 0,06%), а также удобрения с аналогичным составом макроэлементов без оболочки: аммиачная селитра, двойной суперфосфат и хлористый калий. Также проводилась листовая обработка 0,05% раствором препарата Лигногумат АМ (ЛГ) – промышленно производимый аналог природных гуминовых веществ, получаемый путем термической переработки лигносульфоната, в основе которой лежит окисление и гидролитическая деструкция лигнинсодержащего сырья. Опрыскивание проводили до полного смачивания листа через каждые 10 дней, всего было 5 обработок.

Для закладки полевого опыта снимался 20-ти сантиметровой слой почвы и засыпался плодородный грунт. Площадь опытных делянок составила 1 м², всего 24 делянки. Повторность – 3, в каждой повторности 5 растений. Размеры всей площадки 41,6 м². Удобрения вносили в грунт заделкой на глубину 10-15 см перед высадкой саженцев смородины. Варианты опыта включали: (1) Контроль (почвогрунт); (2) ЛГ (опрыскивание 0,05% раствором Лигногумата АМ); (3) NPK (почвогрунт + традиционные удобрения без оболочки - 17,4 г/м² аммиачной селитры (вносили в почву из расчета 60 кг N/га), 18 г/м² двойного суперфосфата (60 кг P₂O₅/га) и 15 г/м² хлористый калий (90 кг K₂O/га) + ЛГ; (4) Osmocote (почвогрунт + 50 г/м² Osmocote Bloom 2-3M (вносили в почву из расчета 60 кг N/га) + Лигногумат; (5) Ruscote (почвогрунт + 50 г/м² Ruscote Цветочный (вносили в почву из расчета 60 кг N/га) + ЛГ; (6) NPK в той же дозе; (7) Osmocote в той же дозе; (8) Ruscote в той же дозе. Почву для агрохимических анализов отбирали с 10 сантиметрового слоя и делали смешанный образец на каждом варианте. Образцы (листья и образцы грунта) был отобраны в конце августа и высушены на воздухе.

Агрохимические показатели плодородия почвы определяли по следующим методикам: pH определяли ионометрически в водной вытяжке, обменный аммоний – фотометрически, нитраты по Грандваль-Ляжу – фотометрически, подвижный фосфор и обменный калий из вытяжки по Кирсанову (P₂O₅ – фотометрически с окрашиванием по Дениже, K₂O – на пламенном фотометре) [3]. В листьях черной смородины определяли содержание макроэлементов после мокрого озоления по Гинзбург в конц. серной кислоте с добавлением конц. хлорной кислоты в качестве катализатора: азота – методом Кьельдаля, фосфора – фотометрически с окрашиванием по Дениже (фотометр КФК-3-01 «ЗОМЗ», Россия), калия – на пламенном фотометре «ЛЕКИ FR640». Измерение площади листа проводилось с помощью приложения для смартфона Petiole.LeafArea. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы Microsoft Excel.

Таблица. Результат агрохимического анализа почвогрунта и листьев черной смородины

Показатель	Вариант							
	Контроль	ЛГ	НРК + ЛГ	Озмоскот + ЛГ	Ruscote + ЛГ	НРК	Osmocote	Ruscote
Средние показатели плодородия в почвогрунте								
pH (нью)	7,4±0,05	7,5±0,01	7,6±0,02	7,6±0,01	7,8±0,02	7,5±0,01	7,7±0,02	7,6±0,01
NO ₃ ⁻	7,1±0,81	5,9±1,79	20,4±3,91	27,9±3,14	9,6±0,02	33,4±0,13	11,3±1,12	27,1±1,28
NH ₄ ⁺	9,2±0,89	18,8±0,30	12,1±0,30	14,6±0,30	29,1±7,65	23,2±1,77	28,2±5,10	28,7±7,69
P ₂ O ₅ мг/кг	507,0±6,76	639,5±8,79	591,2±5,41	614,6±2,03	620,3±8,79	610,3±6,76	609,3±4,06	681,5±11,50
K ₂ O	300,0±6,53	272,3±6,53	346,2±6,53	370,3±6,63	283,3±23,57	349,3±0,00	304,2±5,89	381,4±6,06
CaO	1612,1±11,96	1742,8±58,49	1593,3±6,65	1607,4±5,32	1441,0±115,65	1588,6±146,23	1555,7±46,53	1603,6±18,61
Среднее содержание элементов в листьях черной смородины								
N	1,7±0,01	2,2±0,01	2,4±0,02	2,5±0,02	2,0±0,05	2,2±0,05	2,2±0,03	2,4±0,01
P ₂ O ₅	0,9±0,01	1,2±0,13	0,6±0,06	0,5±0,01	0,6±0,04	0,5±0,05	0,5±0,03	0,7±0,05
K ₂ O	2,1±0,04	2,1±0,05	1,6±0,00	1,5±0,02	1,3±0,01	1,3±0,25	1,5±0,03	1,9±0,01
CaO	2,3±0,01	2,3±0,00	2,3±0,01	1,8±0,02	1,6±0,01	2,4±0,02	1,8±0,01	1,6±0,01

Результаты и обсуждение

После наблюдений двухмесячного действия удобрений установлено статистически значимое увеличение всех агрохимических почвенных показателей (почвенная кислотность, нитратный азот, аммонийный азот, подвижный фосфор, обменный калий) как в вариантах с применением пролонгированных удобрений, так и традиционных (табл. 1). Показатель кислотности почвы был наибольшим на варианте Ruscote + ЛГ и отличался от остальных на 0,1-0,4 ед. Максимальная концентрация нитрат-ионов обнаружена на варианте NPK, катиона аммония – на вариантах Ruscote + ЛГ, Osmocote и Ruscote, подвижного фосфора – на варианте Ruscote. Варианты с лигногуматом – NPK + ЛГ, Osmocote + ЛГ, Ruscote + ЛГ отличались меньшим содержанием NO_3^- и NH_4^+ , чем в вариантах без лигногумата - NPK, Osmocote, Ruscote. Также стоит отметить, что применение удобрений Osmocote и Ruscote в сочетании с некорневой обработкой лигногуматом компенсировало вынос макроэлементов по сравнению с почвогрунтом до закладки опыта, чего нельзя сказать про содержание обменного кальция – на всех вариантах опыта наблюдался вынос этого элемента из почвогрунта.

Данные исследования элементного состава листьев черной смородины (табл. 1) при внесении удобрений пролонгированного действия с/без лигногумата по общему азоту значимо выше относительно контрольного варианта: среднее содержание азота составило 2,2-2,5 % на вариантах с удобрениями и лигногуматом и превысило контроль на 0,6%. В вариантах с листовой обработкой общий азот был выше. Показатели содержания фосфора и калия в листьях на контрольном варианте были выше, чем на вариантах с удобрениями, что, вероятно, связано с ростовым разбавлением, т.к. прирост побега и площадь листа на этих вариантах больше (рис. 1, 2). На варианте Ruscote содержание фосфора и калия было выше, чем на вариантах NPK и Osmocote.

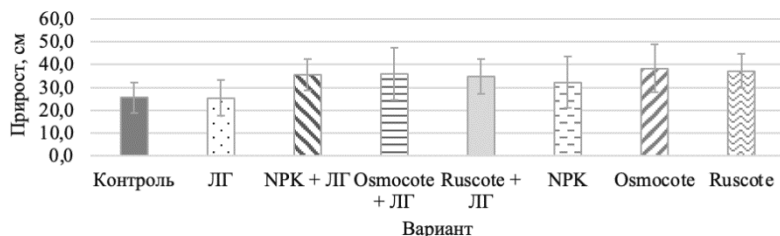


Рисунок 1. Средний прирост главного побега за два месяца исследований, см.

Значимое увеличение площади листа (рис. 2) отмечено на вариантах NPK + ЛГ, Ruscote по сравнению с контрольным вариантом, а также увеличение на уровне тренда в варианте Osmocote. Увеличение прироста главного побега также на уровне тренда на вариантах с удобрениями и лигногуматом (рис. 1).

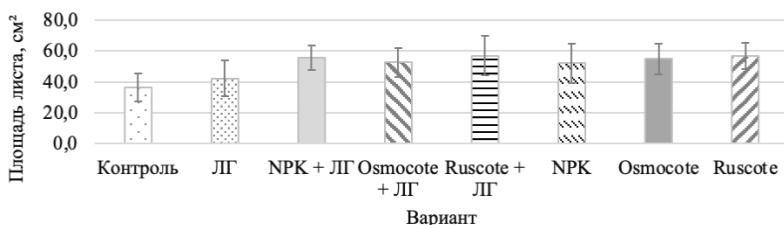


Рисунок 2. Средняя площадь листа, см².

Выводы:

1. Некорневая обработка 0,05% раствором Лигногумата АМ при применении как традиционных, так и пролонгированных удобрений способствовала уменьшению содержания аммонийного и нитратного азота почвогрунта в сравнении с применением только удобрений.
2. Сочетание удобрений Osmocote и Ruscote с листовой обработкой Лигногуматом АМ в агротехнологии выращивания черной смородины способствовало компенсации выноса макроэлементов из почвогрунта, однако содержание обменного кальция не было восполнено ни на одном варианте.
3. Оптимальное содержание азота и фосфора в листьях черной смородины было достигнуто только при применении пролонгированных удобрений как с, так и без Лигногумата АМ, причем применение удобрения Ruscote способствовало сбалансированному содержанию как азота и фосфора, так и калия в листьях.
4. Применение Лигногумата АМ в условиях отсутствия удобрений способствовало поддержанию концентрации азота в листьях на высоком уровне в сравнении с контрольным вариантом.
5. Дальнейшее внедрение лигногумата в схему применения удобрений требует дополнительных исследований на многолетних культурах с точки зрения их перспективы для снижения нагрузки на агробиоценоз и уменьшения затрат при сельскохозяйственном производстве.

Литература

1. Кондаков А.К. Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур. — Мичуринск, 2006. — 254 с.
2. Куликова Н. А., Перминова И.В., Лебедева Г.Ф. Связывание атразина гумусовыми кислотами некоторых почв //Почвоведение. – 2003. – №. 10. – С. 1207-1212.
3. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, О.А. Амелянчик – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
4. Неганова Н.М., Полиенко Е.А., Безуглова О.С. Влияние лигногумата на плодородие чернозема обыкновенного карбонатного под различными культурами //Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования. – 2012. – С. 191-193.
5. Петрова С.Н., Кузнецова А.А. Состав плодов и листьев смородины черной *Ribes nigrum* (обзор) //Химия растительного сырья. – 2014. – №. 4. – С. 43-50.
6. Почтенная А. И., Пашкевич Е.Б. Влияние лигногумата на показатели почвенного плодородия и продуктивность растений //Мониторинг, охрана и восстановление почвенных экосистем в условиях антропогенной нагрузки. – 2022. – С. 437-441.
7. Сайфетдинов А.Р., Лягоскина Н.Р. Современное состояние и направления развития отечественного пловодства в условиях реализации программы импортозамещения //Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – №. 1 (385). – С. 79-84.
8. Тихонова М.А., Мурсалимова Г.Р., Нигматьянова С.Э. Регулирование процессов роста и развития винограда в условиях Приуралья //ББК 42.3 Я73. – 2018. – С. 61.
9. I Ketut Suada, Anak Agung Ngurah Gede Suwastika, I Kadek Ngestika Pradnyana et al. Application of Trichoderma spp. and Lignohumate to suppress a pathogen of clubroot (*Plasmodiophora brassicae* WOR.) and promote plant growth of cabbage //Int J Biosci Biotechnol. – 2019. – Т. 6. – С. 79-94.
10. Nour V., Trandafir I., Cosmulescu S. Antioxidant capacity, phenolic compounds and minerals content of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) leaves as influenced by harvesting date and extraction method //Industrial Crops and Products. – 2014. – Т. 53. – С. 133-139.
11. Pavlović A. N. et al. Characterization of commercially available products of aronia according to their metal content //Fruits. – 2015. – Т. 70. – №. 6. – С. 385-393.

КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА В ОРГАНИЧЕСКИЕ БИОПРЕПАРАТЫ И УДОБРЕНИЯ

Рубцов А.А.

*Кемеровский государственный университет
Институт биологии, экологии и природных ресурсов,
г. Кемерово, Россия
alex.rub@bk.ru*

В последние годы активно обсуждаются две взаимосвязанные проблемы, – деградация почв в результате их многолетней интенсивной эксплуатации и проблема использования отходов животноводства в качестве натурального источника пополнения органики, микро- и макроэлементов, микробиоты в них. По оценке специалистов, на животноводческих и птицеводческих фермах в России накапливается около 280-290 млн т навоза и помета в год, в том числе: навоза крупного рогатого скота – 217 млн т/год, свиного – 46 млн т/год, помета птицы – 17 млн т/год, навоза других животных – 6 млн т/год [5] Их использование регламентируется государственными стандартами и методическими рекомендациями [1, 3], так как вместе с органикой в атмосферу, в почву, в поверхностную и грунтовую воду попадают семена сорняков, источники паразитарных заболеваний и другие вредные для населения токсичные продукты: микроорганизмы, аммиак, меркаптаны, амины, сероводород, карбоновые кислоты, карбонильные соединения, сульфиды, фенолы. К сожалению, недооценивается практическая значимость переработки навоза в новые биоорганические продукты, пригодные, в том числе, для становления органического земледелия, в основе которого главенствующую роль будет иметь микробиота. Соответственно, должны быть разработаны технические инструменты достижения цели. Это могут быть перерабатывающие комплексы с таким режимом утилизации отходов животноводства, в результате которого возможно получение безопасного биоорганического продукта на основе гумусовых веществ, фитогормонов, полезной микрофлоры. Она может способствовать переводу минеральных элементов почвы в более доступную форму для растений. Определенные группы анаэробных бактерий способны поддерживать и усиливать адаптационные свойства растений в условиях засухи и

других абиотических стрессов. Некоторые виды из популяции микробиоты, например, *Bacillus subtilis*, в определенной степени являются индукторами устойчивости растений к фитопатогенам [4].

Исследования в плане переработки отходов животноводства активизированы во многих государствах Евразии. Более активно они развивались в ФРГ. Там разработаны биогазовые установки для переработки отходов животноводства и биомассы растений [6]. В основе биотехнологии лежит метод анаэробного сбраживания. Они широко используются в мире и имеют следующие преимущества:

- непрерывность, круглогодичность процесса переработки;
- неограниченные объемы переработки отходов;
- положительный энергетический баланс процесса (выработка тепловой или электрической энергии);
- экологичность (снижение метановых и углеродных выбросов в атмосферу);
- получение жидкого органического удобрения (эффлюента).
- Вместе с тем все биогазовые технологии на основе классической схемы имеют недостатки:
- большие первоначальные затраты на строительство и оборудование;
- высокие требования к персоналу по соблюдению технологического процесса в животноводстве и переработке отходов;
- отсутствие приоритета к оптимизации процессов переработки отходов на основе биологизированного подхода и окупаемости продукта.

В Российской Федерации аналогичные комплексы, направленные в большей мере на производство метана, не эффективны, так как имеют свои дешевые энергетические ресурсы (природный газ, электроэнергия), с одной стороны, и суровые климатические особенности, а также непозволительно большие сроки окупаемости подобных установок, с другой стороны.

Последние тенденции в развитии мирового пространства направлены на улучшение экологической ситуации, связанное со стремлением максимально исключить техногенный груз на окружающую среду. Намечена тенденция к снижению использования пестицидов в земледелии на 50% и развитие технологий органического фермерства [8].

В июле 2023 г. премьер-министр М. Мишустин подписал распоряжение об утверждении Стратегии развития органической сельскохозяйственной продукции в России до 2030 года. Основные цели стратегии – развитие внутреннего рынка органической продукции,

увеличение экспорта и внедрение новых агротехнологий. При производстве органической продукции не используются минеральные удобрения и химические вещества, что позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду. Целевым показателем В Российской Федерации является площадь земель, на которых применяется технология органического земледелия. К 2030 году она должна составлять более 4,2 млн га против 656 тыс. га в 2021 г. [9].

Вероятно, управляя потоками углерода в агроценозах, возможно реально сократить объем парниковых газов [7].

Применительно к условиям Российской Федерации эти тенденции также актуальны, а переработка отходов животноводства не стала менее значимой проблемой. Поэтому нами принято решение поэтапно ее решать.

На первом этапе планируется строить комплексы модульного типа. Как показали предварительные расчеты и практика, достаточно вначале ввести в строй модуль по переработке отходов с производительностью 1т в сутки. На нем в течение 2-х лет производить разработку технологии получения органического продукта, обучение персонала и получение товарной продукции (удобрение или регулятор роста растений), внесение в реестр удобрений МСХ РФ.

За это время происходит окупаемость затрат на производство, обучение персонала, продвижение продукта на рынок и подготовка проекта большой биогазовой станции на весь объем отходов животноводческого комплекса. В качестве примера такого подхода к решению проблемы является комплекс переработки отходов животноводства в органические удобрения БГУ-20 на основе патента РФ №2747414 «Биореактор модульный» [2]. Данный комплекс эксплуатируется с 2020 г. на территории подсобного хозяйства ИЦИГ СО РАН в Академгородке г. Новосибирска.

Технические характеристики комплекса:

- производительность 1 тонна удобрения в сутки;
- потребляемая мощность электроэнергии - 5 кВт/час, 1 тонна воды /сутки;
- занимаемая площадь 300м²;
- обслуживающий персонал -2 человека;
- стоимость – 15 млн. рублей;
- окупаемость оборудования – 2года.

В состав комплекса входят: узел подготовки сырья, узел модульных биореакторов (ферментаторов), узел выходного субстрата, склад готовой продукции.

Узел подготовки сырья (УПС) находится в отдельном помещении и включает в себя приёмную емкость, в которую производится

выгрузка навоза в количестве 1-2 т/сутки (рис. 1). Далее следует подача сырья в виброгрохот ГИЛ 1.5 x 0.75, устройство, отделяющее жидкую фракцию навоза КРС от различных неорганических включений (мусора, камней, песка).

Жидкая фракция навоза с параметрами влажности 92-94% и температурой в диапазоне от +15 до +24°C перекачивается фекальным насосом в подготовительную емкость, в которой необходимо гомогенизировать сырье посредством механической мешалки, оптимизировать значение температуры до 35°C, отрегулировать дозировку суточного перелива сырья.



Рисунок 1. Узел подготовки сырья.

Узел модульных биореакторов представляет собой 3 одинаковых последовательно соединенных ферментера в виде металлических цилиндрических емкостей (рис.2).

На каждом ферментере находятся устройства подогрева трубчатые теплонагреватели с теплоносителем для разогрева емкостей, а также электрические подогреватели для обеспечения потерь тепла в стационарном режиме.

Равномерность процесса анаэробного сбраживания сырья обеспечивается стабильностью температуры. Температура в емкостях +37,8°C и +38,5°C, что соответствует температуре отделов ЖКТ коровы.



Рисунок 2. Узел модульных биореакторов (ферментеров)

Перемешивание сырья механическими мешалками препятствует образованию корки на поверхности жидкой фракции в ферментере. Материал корпуса и вынос теплообменников за пределы емкостей позволил добиться высокой степени однородности субстрата в ферментере, повысить производительность комплекса и качества удобрения.

В третьем биореакторе - ферментере производится дображивание субстрата и его обеззараживание при температуре от $+52$ до $+54^{\circ}\text{C}$. Слив суточной порции производится одномоментно один раз в сутки в выходную емкость посредством использования водяного затвора.

Технологический режим в ферментерах сопровождается выделением биогаза, содержащего биометан. Откачка биогаза в гибкий газгольдер производится коммутирующей аппаратурой при давлении до 0.1 МПа. Количество биогаза, производимого в комплексе, не покрывает всех затрат тепловой энергии на подогрев ферментеров, поэтому в расчетах окупаемости проектов комплекс переработки отходов животноводства с рабочим объемом менее 90 м^3 биогаз не учитывается. Общий рабочий объем модульных ферментеров составляет 20 м^3 . Поскольку процесс анаэробного сбраживания в них происходит непрерывно, то суточная порция входного сырья и выходного субстрата при 20-дневном цикле составляет не более 1 тонны. Отличительной особенностью технологического процесса в модульных биореакторах – ферментерах является отсутствие каких – либо добавок, вытяжек из

органического сырья, химических и других воздействий. В них сохраняется мультиштаммовость бактерий, как в желудке коровы.

Узел выходного субстрата предназначен для очистки полученного продукта от не переработанных бактериями растительных остатков (рис. 3).



Рисунок 3. Узел выходного субстрата

Выполнен данный узел на базе вибросита. Угол наклона сетки и частота вибраций позволяет получить в накопительной емкости раствор удобрений с влажностью 98% и размерами частиц, не превышающих 80 мк, что соответствует размеру форсунок большинства опрыскивателей отечественного производства. Это позволяет использовать органический продукт без дополнительных затрат для подкормки растений сельскохозяйственных культур по листу одновременно с обработкой полей фунгицидами.

Склад готовой продукции представляет собой помещение для хранения готовой продукции. Органический продукт после определения качества органолептических и биохимических показателей разливается в еврокубы емкостью 1м³. Их необходимо опечатать и перевезти на склад. Условия хранения позволяют выдержать срок 40 суток для окончания процесса ферментизации с выделением незначительного количества биометана.

Эксплуатация промышленного образца БГУ-20 показала безаварийный, надежный непрерывный режим работы и окупаемость за 2-3 года.

Полевые исследования полученного органического продукта в разных регионах РФ (Новосибирская обл., Краснодарский край, Подмосковье, Вологодская обл.) в 2020-2022 гг. подтвердили высокую эффективность от использования на разных полевых культурах (зерновых, овощных, плодовых, декоративных, лесных видах растений и др.). При этом усовершенствованы элементы технологии внесения в почву, на листовую поверхность посевов и насаждений как в крупных агрохолдингах, так и в мелких фермерских хозяйствах. Увеличение урожая продукции картофеля и овощей (капусты, моркови, свеклы, зеленных) было на уровне 17-32% и более.

В целом, результаты реализации проекта позволяют считать конструкцию комплекса и схему ведения бизнеса перспективной, достойной для дальнейшего распространения и внедрения в производство.

Литература

1. ГОСТ33830-2016 Межгосударственный стандарт. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016.
2. Патент 2747414 Российской Федерации МПК C02F 11/02, A01C 3/00 Биореактор модульный / Кононов В.Н., Рубцов А.А. // (Патент RU номер 2747414) / Заявитель и патентообладатель: Кононов В.Н., Рубцов А.А. – № 2020122799, заявлено 03.07.2020 г.; опубл. 04.05.2021 – Бюл. № 13.
3. РД-АПК 1.10.15.02-08. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета, – М., 2008.
4. Сидорова Т.М., Асатурова А.М., Хомяк А.И. Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов (обзор) / Сельскохозяйственная биология, 2018.
5. Соколова Н. Р., Кондратьев А. В. Навоз и помет превратить бы в доход / ТБО 2020. С.1-6.
6. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe Teil II (FNR, Hrsg.): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow 2007.
7. <https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/novyi-standart-vozobnovljaemogo-organicheskogo-selskogo-hozjajstva-dlja-borby-s-globalnym-potepeniem-startuet-v-2020-godu.html>
8. <https://propozitsiya.com/ES-planiruet-sokratit-ispolzovanie-pesticidov-i-prodvigat-organicheskoe-fermerstvo>
9. <http://www.mcx.ru>.

ГРИБО-БАКТЕРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ

Чудинова Е.М.¹, Платонов В.А.¹, Еланский С.Н.^{1,2}

¹*Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы,
Аграрно-технологический институт, г. Москва, Россия*

²*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
биологический факультет, г. Москва, Россия
chudinova_em@pfur.ru, snelansky@gmail.com*

Растения находятся в тесном взаимодействии с микроорганизмами, окружающими их. Широко известны примеры стимуляции роста растений микроорганизмами. На основе грибов и бактерий создаются различные биопрепараты, часто обладающие не только ростостимулирующим, но и защитным действием. Одной из проблем биопрепаратов является проблема сохранности жизнеспособности микроорганизмов. Особенно трудно сохранить в жизнеспособном состоянии полезные бактерии, не способные формировать споры. Между тем, как показывают литературные данные, большинство грибов содержат эндобионтные бактерии. Так, при тестировании штаммов грибов из нескольких хорошо известных мировых коллекций (University of Houston (UH; Houston, USA), Los Alamos National Laboratory (LANL; New Mexico, USA), University of Neuchâtel (AODJ; Neuchâtel, Switzerland), University of São Paulo (BRA; São Paulo, Brazil)) эндобионтные бактерии были выявлены в большинстве протестированных штаммов грибов [1]. Характер взаимоотношений между грибами и бактериями изучен плохо и в разных случаях может варьировать. Однако, по видимому, бактерии могут переживать неблагоприятные условия внутри мицелия или спор гриба [2]. На основе грибов, содержащих в своем мицелии ростостимулирующие бактерии, могут быть созданы стойкие к воздействиям внешней среды высокоэффективные биопрепараты с большим сроком годности. При этом подбор штаммов грибов с высокой ростостимулирующей активностью позволит дополнительно увеличить эффективность создаваемых биопрепаратов. Целью данной работы было исследование коллекции штаммов грибов РУДН и МГУ имени М.В.Ломоносова на предмет их ассоциации с бактериями.

Материалы и методы. В работе использовали штаммы грибов из коллекции чистых культур Агробиотехнологического департамента АТИ РУДН и кафедры микологии и альгологии МГУ. Наличие ассо-

цированных бактерий изучали методом постановки ПЦР по тотальной ДНК из грибного мицелия. ДНК выделяли как описано в статье Еланского с соавторами [3], ПЦР-реакцию ставили по бактериальным праймерам к участку ДНК 16S рибосомной РНК (27c/519r-ТТб) [4]. ПЦР-продукты разделяли с помощью электрофореза в агарозном геле и визуализировали наличие ПЦР-продукта на УФ-транс-иллюминаторе. Хорошо выраженные на фореze полосы ампликонов вырезали из геля, очищали и секвенировали.

Бактерии из мицелия штаммов грибов выделяли следующим образом. Растили грибы сначала на среде с пенициллином, затем на среде без антибиотика, далее гомогенизировали мицелий в стерильных условиях, делали несколько разведений гомогената, который затем помещали на питательную среду с тиабендазолом. После появления бактериальных колоний их по одной перемещали в новую чашку Петри. Видовую принадлежность изолятов бактерий определяли с помощью ПЦР с последующим секвенированием 16S последовательности по праймерам, указанным выше.

Результаты и обсуждение. С помощью постановки ПЦР по бактериальным праймерам на матрице ДНК, выделенной из грибного мицелия, было проанализировано 83 изолята разных видов грибов. Были проанализированы патогенные виды грибов (*Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. solani*, *Clonostachys solani*, *Plectoshaerella cucumerina*, *Colletotrichum coccodes*), и виды грибов, показавшие в лабораторных условиях защитный эффект от патогенных организмов (*Epicoccum nigrum*, *Vjerkandera adusta*, *Chaetomium globosum*, *Arthrobotrys oligospora*). В 45 образцах удалось получить единственный ампликон, в 8 ПЦР-продукт отсутствовал, в 30 было несколько ампликонов разного размера. Все хорошо выраженные полосы вырезали из геля, очищали и секвенировали. Однако определить видовую принадлежность бактерий удалось только у 30 образцов. У 23 проверенных образцов прочитать последовательность было невозможно из-за присутствия в пробе нескольких матриц ДНК, у 22 штаммов получившийся ПЦР-продукт был слишком низкой концентрации, ампликоны этих штаммов не секвенировали.

Наибольший интерес для развития концепции грибо-бактериальных комплексов в создании биологических препаратов стимуляции растений представляет изучение сапротрофных грибов. Согласно нашим и литературным данным *E. nigrum*, *V. adusta*, *C. globosum* обладают антагонистической активностью против некоторых патогенных грибов. В штамме *Vjerkandera adusta* был обнаружен хорошо выраженный ПЦР-продукт, но прочитать последовательность не удалось из-за наложения сигнала нескольких ДНК-матриц.

По-видимому, в этом штамме присутствовало несколько видов бактерий. В штаммах *E. nigrum* и *C. globosum* не удалось получить ПЦР-продукт.

Arthrobotrys oligospora - гриб, известный своей нематофаговой активностью. В этом виде гриба мы обнаружили бактерию *Clostridium algidixylanolyticum*. Среди представителей рода *Clostridium* недавно был описан новый штамм, относящийся к *C. beijerinckii*, контролирующей численность галловой нематоды *Meloidogyne incognita* [5]. Возможно, обнаруженная нами бактерия в штамме *A. oligospora* также может воздействовать на нематод.

В патогенных грибах было обнаружено 18 таксономических единиц бактерий. Согласно литературным данным, обнаруженные бактерии можно условно разделить на ростостимулирующие (*Achromobacter spanius*, *Delftia* sp., *Flavobacterium* sp., *Herbaspirillum* sp., *Klebsiella oxytoca*, *Kosakonia sacchari*, *Luteolibacter* sp., *Paenibacillus* sp., *Pseudomonas fulva*, *Rahnella aquatilis*, *Stenotrophomonas maltophilia*), фитопатогенные (*Kosakonia cowanii*, *Lelliottia amnigena*, *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas* sp., *P. oryzihabitans*, *Serratia marcescens*) и нейтральные для растений (*Acinetobacter baumannii*).

Как следует из результатов работы, многие штаммы грибов содержат ростостимулирующие бактерии. По-видимому, эти штаммы приспособились к эндо- или экзосимбионтному образу жизни, и выделенные бактерии смогут поселяться на других штаммах грибов. Таким образом, можно сформировать грибо-бактериальные комплексы для стимуляции роста растений. К настоящему времени мы выделили в чистые культуры следующие бактерии: *Achromobacter spanius*, *A. xylosoxidans*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Microbacterium* sp., *Micrococcus luteus*, *Micrococcus yunnanensis*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Phyllobacterium myrsinacearum*. В дальнейшем мы планируем оценить их ростостимулирующий потенциал и возможность ассоциации с полезными штаммами грибов.

Финансирование. Работа поддержана грантом РФФ 23-26-00069.

Литература

1. Robinson A.J., House G.L., Morales D.P., et al. 2021. Widespread bacterial diversity within the bacteriome of fungi. *Communications biology*. 4(1). 1168. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02693-y>
2. Spraker J.E., Sanchez L.M., Lowe T.M., Dorrestein P.C., Keller N.P. *Ralstonia solanacearum* lipopeptide induces chlamyospore development in

fungi and facilitates bacterial entry into fungal tissues. *ISME J.* 2016;10:2317–2330.

3. Elansky S.N., Chudinova E.M., Elansky A.S., et al. 2022 Microorganisms in spent water-miscible metalworking fluids as a resource of strains for their disposal. *Journal of Cleaner Production.* 350.. 131438. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131438>
4. Lane D.J. 1991. 16S/23S rRNA sequencing, in: Stackebrandt E., Goodfellow M. (Eds.), *Nucleic acid techniques in bacterial systematics.* John Wileyand Sons, New York. Pp. 115-175.
5. Lian X, Liu S, Jiang L, Bai X, Wang Y. Isolation and Characterization of Novel Biological Control Agent *Clostridium beijerinckii* against *Meloidogyne incognita*. *Biology (Basel).* 2022 Nov 28;11(12):1724. doi: 10.3390/biology11121724. PMID: 36552234; PMCID: PMC9774898

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОННОГО И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЙ НА ВСХОЖЕСТЬ ПШЕНИЦЫ, БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ И ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ

*Чуликова Н.С.¹, Малюга А.А.¹, Близнюк У.А.^{2,3},
Борщеговская П.Ю.^{2,3}, Ипатов В.С.², Зубрицкая Я.В.²,
Чибисова М.С.², Черняев А.П.^{2,3}, Юров Д.С.²*

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, г. Краснообск, Россия

²Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, физический факультет, г. Москва, Россия

*³Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, г. Москва, Россия
natalya-chulikova@yandex.ru

Расширение областей применения достижений атомной науки и техники в различных отраслях экономики, рост доступности оборудования и источников излучения, повышение требований к экологической безопасности технологических процессов определяют перспективы развития радиационных технологий. Во всем мире отмечается увеличение спроса на их использование в хозяйственных целях. Радиационные технологии могут быть внедрены в сельское хозяйство для ускорения развития и повышения урожайности культур, улучшения качества продукции, уничтожения патогенной микрофлоры. По сравнению с химическими, термическими методами, они дают возможность заменить или резко снизить применение химических препаратов. Важным условием при этом остается выбор режимов облучения продуктов [1]. В основе технологии предпосевного облучения семян лежит способность ионизирующих излучений ускорять рост и развитие растений, показана возможность улучшения качества урожая. Определены значения стимулирующих доз (от 3 до 20 Гр) для большинства сельскохозяйственных культур, а также условия, влияющие на эффективность предпосевного облучения. Более высокие дозы, варьирующиеся от 50 Гр до 150 Гр, подавляют прорастание культуры [2]. Несмотря на то, что многие вопросы, связанные с радиационной стимуляцией, были решены, для внедрения технологии необходимы дополнительные исследования. За прошедшие годы практически полностью сменился набор районированных сортов и культур, что требует определения оптимальных доз облучения, их мощностей и времени

между облучением и посевом; но и модернизации технологических процессов; нет ясного понимания механизмов стимулирующего действия облучения, что не позволяет получить устойчивый хозяйственный эффект. Особое внимание должно быть обращено на выяснение факторов, определяющих получение стабильных эффектов стимуляции [3, 4].

Целью данной работы было изучение влияния низкоэнергетического рентгеновского и электронного излучений на всхожесть пшеницы и биометрические параметры проростков культуры, а также их фитосанитарное состояние.

Объектом исследования были выбраны семена пшеницы сорта «Новосибирская 29», урожая 2022 г. с естественным заражением грибами.

Облучение проводилось на ускорителе электронов непрерывного действия УЭЛР-1-25-Т001 с максимальной энергией 1 МэВ (НИИЯФ МГУ, Москва), а также на аппарате 1BPV23-100 с рентгеновской трубкой RAD-100 и молибденовым анодом (ФМБЦ им. Бурназяна, Москва). Для контроля и оценки поглощенной дозы использовали дозиметрический раствор Фрикке. Семена пшеницы упаковывали по 30 шт., в герметично закрывающиеся пакеты. После их облучали в дозах 0, 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100 и 150 Гр. Мощность дозы электронного излучения составила 0.2-1.3 Гр/с, а рентгеновского 0.1 Гр/с.

После проведения облучения семена были доставлены в СФНЦА РАН для дальнейшего исследования. Из пакетов с облученными и контрольными семенами случайным образом отбиралось по 30 семян для каждой дозы, после чего их раскладывали по 10 штук в чашки Петри с питательной средой PDA (картофельно-декстрозный агар), где они прорастали. В ходе эксперимента оценивали энергию прорастания (оцениваемую на 3-й день после посева на питательную среду) и всхожесть семян (на 7-й день после посева) в соответствии с ГОСТ 12038-84 [5]. Длину корней и проросткову облученных и необлученных семенах, количество грибов и диаметр их колоний определяли на 7-й день исследования.

Установлено, что все изученные дозы электронного и рентгеновского излучений существенно не стимулировали энергию прорастания семян яровой пшеницы (рис. 1). А при воздействии электронного воздействия, в некоторых случаях отмечено ингибирование процесса прорастания. В опыте с ионизирующим излучением доза 20 Гр достоверно снижала данный показатель в 1,5 раза в сравнении с контролем и составляла - $50,0 \pm 5,0\%$. Тенденция к увеличению энергии прорастания семян, в сравнении с контролем, была зафиксирована в вариантах опыта с дозами 50, 60, 70, 100 и 150 Гр. В остальных случаях значения были на уровне контрольных.



Рисунок 1. Влияние электронного и рентгеновского излучений в различных дозах на энергию прорастания и всхожесть пшеницы, %

В опыте с рентгеновским излучением, в вариантах с дозами 4, 12, 16, 20, 40, 50, 100 Гр наблюдали тенденцию к стимулированию данного показателя в 1,0-1,2 раза по сравнению с контролем. В остальных случаях значения были на уровне контрольных. Наибольшая энергия прорастания семян пшеницы по сравнению с контролем была при обработке дозой 40 Гр – $90,0 \pm 5,8$ %, а наименьшая - при 60 и 70 Гр – $73,3 \pm 1,7$ и $73,3 \pm 3,3$ %.

При учете всхожести культуры наблюдали тенденцию влияния доз облучения была подобна. Статистически достоверно ни одна из изучаемых доз, как при электронном, так и при рентгеновском излучении, не увеличивала всхожесть культуры в сравнении с контролем. При использовании электронного облучения, в вариантах с дозами 12, 16, 50, 70, 100 и 150 Гр фиксировали тенденцию к повышению данного показателя. Достоверное снижение изучаемого показателя было в вариантах с дозами 8 и 20 Гр в 1,2-1,3 раза. Максимум взшедших семян пшеницы в вариантах отмечено при дозах 12, 16 и 70 Гр – от $86,7 \pm 3,3$ до $90 \pm 5,8$ %. Наименьший показатель был при использовании дозы 20 Гр – $63,3 \pm 1,7$ %.

При рентгеновском облучении семян, в варианте с 16 Гр всхожесть была максимальна – 100%. Достоверно снижали данный показатель дозы 30, 40, 60 и 150 Гр – в 1,2-1,6 раза в сравнении с контролем. Наименьший показатель был при использовании 150 Гр – $59,3 \pm 9,3$ %.

В целом, при анализе всех доз двух видов облучения, установлено, что доза 16 Гр была лучшей по показателям энергии прорастания и всхожести, а доза 30 Гр – худшей.

Облучение семян повлияло также и на биометрические показатели растений (рис. 2).

При ионизирующем излучении, ни одна из доз не оказала статистически достоверного стимулирующего эффекта на рост корней и надземной части пшеницы в сравнении с контролем. Наблюдали лишь небольшую тенденцию к увеличению данных параметров в вариантах с дозами 16 Гр (надземная часть и корни) и 20 Гр (корни).



Рисунок 2. Влияние электронного и рентгеновского излучений в различных дозах на длину проростков и корней пшеницы

Значимое ингибирование длины стеблей проростков в 1,4-2,2 раза, в сравнении с контролем, было в вариантах опыта с дозами 12, 30, 70, 100 и 150 Гр, а корней в 1,3 раза – при дозе 30 Гр. Длина стеблей и корней была максимальной при дозе 16 Гр – $14,0 \pm 2,3$ мм и $20,9 \pm 1,5$ мм соответственно, а минимальной – при 150 Гр – $5,8 \pm 0,5$ мм (стебли) и 4 Гр – $14,7 \pm 0,5$ мм (корни).

Рентгеновское излучение достоверно стимулировало рост корней пшеницы при дозе 4 и 20 Гр, превышая контроль в 1,2 раза. А значимое ингибирование данного процесса было установлено в вариантах 70 и 150 Гр – в 1,2-1,4 раза в сравнении с контролем. При использовании остальных доз была отмечена тенденция стимулирования роста корней. Максимальная длина корня отмечена при дозах 4 и 20 Гр – $17,8 \pm 0,3 (\pm 1,4)$ мм, минимальная – в варианте 150 Гр – $11,0 \pm 0,2$ мм.

Статистически достоверная стимуляция роста надземной части зафиксирована в вариантах 12 и 20 Гр, где показатель был значимо больше контрольного в 1,6 раза. Существенное ингибирование ростовых процессов было при использовании доз 150 Гр в 1,9 раза в сравнении с контролем. Отмечена тенденция к стимулированию роста стеблей пшеницы в вариантах 4, 8, 50, 60, 100 Гр. Максимальная длина стеблей была при дозе 20 Гр – $16,7 \pm 1,8$ мм, а минимальная – при 150 Гр – $5,3 \pm 0,3$ мм.

После проведения анализа полученных результатов методом многомерного ранжирования, было установлено, что воздействие электронного излучения в дозах 16, 50 и 60 Гр – увеличивали темпы роста у растений пшеницы, а дозы 30, 4, 20 и 8 Гр – ингибировали их.

При воздействии рентгеновского излучения, дозы, стимулирующие развитие растений, были в вариантах с 20, 16, 12 и 4 Гр, а снижающие – 150, 70, 60 и 40 Гр.

Анализ полученных результатов влияния доз двух видов облучения показал, что варианты 16 и 20 Гр были с лучшими по показателям длины корней у проростков, а варианты 70 и 150 Гр – худшими.

Также было рассмотрено влияние излучений и на грибы, находящиеся на поверхности семян пшеницы. Так в опытах с ионизирующим и рентгеновским излучением, были отмечены фитопатогенные грибы, в основном относящиеся к роду *Alternaria* sp. – 84,4 и 91,1%, роду *Fusarium* sp. – 9,2 и 7,0% и роду *Bipolaris* sp. – 2,2 и 0,3% соответственно, от общего количества грибов. Грибы, вызывающие плесневение семян, были из родов *Aspergillus* sp. – 2,2 и 0,3% и *Penicillium* sp. – 2,0 и 1,4 % соответственно.

Численность фитопатогенных грибов и диаметр их колоний, различались в зависимости от варианта облучения (рис. 3).



Рисунок 3. Влияние электронного и рентгеновского излучений в различных дозах на количество грибов и диаметр их колоний

Установлено, что дозы ионизирующего и рентгеновского облучения существенно не влияли на количество и диаметр колоний грибов, выросших на семенах. При воздействии ионизирующего излучения, была отмечена незначительная тенденция к снижению количества грибов в вариантах 20, 50, 70 и 150 Гр. Максимальное количество колоний грибов было при использовании доз 4 и 8 Гр – $10,0 \pm 0$ шт., а минимальное – при дозе 50 Гр – $8,0 \pm 0,6$ шт. Диаметр колоний статистически достоверно ни одна из доз не снижала. Однако наблюдали достоверное увеличение радиального роста колонии грибов в вариантах с дозами 100 и 150 Гр в 1,1-1,2 раза больше, чем в контроле. Также отмечена тенденция к увеличению данного показателя в вариантах с дозами 12, 16, 40, 50 и 70 Гр. Максимальный диаметр колоний грибов был при дозе 150 Гр – $35,6 \pm 1,0$ мм, а минимальный – при дозе 30 Гр – $27,9 \pm 0,3$ мм. Анализ данных методом многомерного ранжирования показал, что в целом, стимулируют рост грибов дозы 100, 16, 4 и 40 Гр, а ингибируют – 30 и 20 Гр.

При воздействии рентгеновского излучения достоверное снижение количества грибов было в варианте 150 Гр – в 1,2 раза по сравнению с контролем. Была отмечена незначительная тенденция к снижению количества грибов при использовании доз 4, 12, 16, 30, 40 и 100 Гр. Максимальное количество грибов было отмечено в вариантах 8, 60 и 70 Гр – 10 ± 0 шт., а минимальное – при дозе 150 Гр – $8,3 \pm 0,7$ шт. На диаметр колоний статистически достоверно ни одна из доз не влияла. При этом наблюдали тенденцию к уменьшению данного показателя в вариантах 8 и 40-100 Гр. Максимальный диаметр колоний грибов был при дозе 16 Гр – $35,9 \pm 3,3$ мм, а минимальный – 60 Гр – $30,1 \pm 1,3$ мм. Полученные данные также были проанализированы методом многомерного ранжирования по совокупности признаков. Было показано, что в целом, стимулирующей способностью обладают дозы 20, 16 и 4 Гр, а ингибирующей – 60, 100, 30 и 150 Гр. Установлено увеличение количества грибов и диаметра их колоний при использовании дозы 16 Гр, как при ионизирующем излучении, так и при рентгеновском. В остальных вариантах характер действия облучения был различен.

Таким образом, дозы электронного и рентгеновского облучения от 4 до 150 Гр показали разнообразное действие на семена пшеницы. При использовании электронного излучения для облучения посевного материала, стимулирующим действием на рост и развитие культуры обладали дозы – 16, 50 и 60 Гр, а ингибирующим – 30, 4, 20 и 8 Гр. Энергию прорастания и всхожесть растений более всего стимулировали дозы 100, 150, 70 и 16 Гр, а уменьшали – 20, 8, 40 и 30 Гр. Рост стеблей и корней существенно стимулировали дозы 16, 40, 20 и 8 Гр,

а подавляли – 70, 100, 150, 30 и 4 Гр. Количество колоний грибов на семенах и их диаметр увеличивали дозы 100, 16, 4 и 40 Гр, и значительно снижали – 30 и 20 Гр.

Установлена доза ионизирующего излучения, которая стимулировала как рост растений, так и количество, и рост фитопатогенов – 16 Гр. Дозы 20 и 30 Гр оказывала ингибирующее влияние, как на растения пшеницы, так и на фитопатогены. Доза 4 Гр – ингибировала растения, но при этом стимулировала рост и развитие грибов на семенах пшеницы.

Рентгеновское облучение обладало стимулирующим действием на рост и развитие пшеницы в дозах – 20, 16, 12 и 4 Гр, а угнетающим – 150, 70, 60 и 40, Гр. Энергию прорастания и всхожесть растений более всего стимулировали дозы 16, 12 и 20 Гр, а существенно снижали 70, 30 и 150 Гр. Рост стеблей и корней значимо увеличивали дозы 20, 50, 4 и 16 Гр, а ингибировали – 150, 70 и 40 Гр. Количество колоний грибов на семенах и их диаметр повышали дозы 20, 16 и 4 Гр, и значительно уменьшали – 150, 30, 100 и 60 Гр.

Определены дозы рентгеновского излучения, которые стимулировали как рост растений, так и количество, и рост фитопатогенов – 20, 16 и 4 Гр. Дозы 40, 60 и 150 Гр оказывала ингибирующее влияние, как на растения пшеницы, так и на патогенов грибной этиологии.

В целом, среди всего спектра изученных доз ионизирующего и рентгеновского облучения, выделена одна общая доза – 16 Гр, которая обладает стимулирующим эффектом как на рост и развитие пшеницы, так и на развитие фитопатогенов.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 22-63-00075.

Литература

1. Козьмин Г.В., Кобялко В.О., Лыков И.Н., Саруханов В.Я., Зякун А.М., Павлов А.Н., Николаева Т.С., Фролова Н.А., Логинов А.А. Радиационные агробiotехнологии: исследования микробиологической безопасности и качества облучённой продукции // Труды регионального конкурса проектов фундаментальных научных исследований. – Калуга, 2015. С. 216-225.
2. Chulikova N. S., Malyuga A. A., Bliznyuk U. A. et al. // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2022. Vol. 86(12).
3. Санжарова Н.И., Гераськин С.А., Алексахин Р.М., Козьмин Г.В., Лой Н.Н., Исамов Н.Н. (мл.). Перспективы применения радиационных

технологий в агропромышленном производстве // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. №5. С. 21-23.

4. Санжарова Н.И., Козьмин Г.В., Бондаренко В.С. Радиационные технологии в сельском хозяйстве: стратегия научно-технического развития // Инноватика и экспертиза. 2016. Вып. 1(16). С. 197-206.
5. ГОСТ 12038-84. 2011. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. С. 31.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ БИОПЕСТИЦИДА НА ОСНОВЕ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ В ОТНОШЕНИИ К НЕФТЕУГЛЕВОДОРОДАМ

Шарапова И.Э.

*Институт агробиотехнологии имени А.В. Журавского
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия
i_scharapova@mail.ru*

В настоящее время основная производственная задача сельскохозяйственной агробиотехнологии – снижение потерь урожая, связанных с воздействием различных вредителей, и получение экологически-безопасных продуктов растениеводства [1]. Так, одним из факторов, влияющих на продуктивность и экологическую безопасность сельскохозяйственных культур является воздействие ксенобиотиков (тяжелые металлы, ПАУ, пестициды и др.). В сельскохозяйственном земледелии загрязнение ксенобиотиками снижает плодородие почв и урожайность растений, а продукты растениеводства могут причинить вред здоровью человека и животных [2, 3]. Из-за относительно высокой растворимости ксенобиотики подвижны с потоком грунтовых вод и образуют шлейфы загрязнения в водоносных горизонтах, но около 90% экологической нагрузки приходится на почвы [4]. Вследствие неизбежного выброса в окружающую среду нефтеуглеводороды, в том числе ПАУ, встречаются практически повсюду и являются трудноразлагаемыми загрязнителями, приводящим к значительным негативным изменениям в агробиоценозах [5]. Наибольшей токсичностью обладают нефть, а также нефтепродукты, которые содержат растворимые в воде ароматические углеводороды, включая дизельное топливо и ПАУ [6].

Наиболее перспективными методами для очистки и для предотвращения миграции ксенобиотиков в плодородном слое почвы являются биодegradация и биоаккумуляция различными формами биопрепаратов на основе отселектированных микроорганизмов [7,8]. Биосинтез комплекса ферментов обеспечивает биологическую активность микробной культуры или ассоциации, а также эффективность биодegradации или биоаккумуляции ксенобиотиков [9,10]. Для определения перспективности применения биопестицидных препаратов для детоксикации почв от НУГВ и защиты растений от токсичных органических соединений необходимо оценить их влияние на микробную

культуру. Так, в качестве основы различных биоинсектицидных препаратов в жидкофазной форме и в иммобилизованной на носителе форме (биомодифицированный материал) широко известны энтомопатогенные грибы, в том числе и рода *Beauveria*, а также широкий спектр синтезируемых ферментов, основными из которых являются протеаза, липаза, хитиназа [11]. Установлено, что состав питательной среды при жидкофазном культивировании имеет важное значение для сохранения биологической активности, а также влияет на повышение продуктивности энтомопатогенного гриба – основы биопестицидного препарата [12].

При этом адаптационные возможности, устойчивость и жизнеспособность в стрессовых условиях загрязнения энтомопатогенных грибов не изучены. Однако разработка и внедрение средств биологической защиты сельскохозяйственных растений в сочетании с микробиологическими средствами реабилитации и детоксикации почв от загрязнений ксенобиотиками необходимы и должны способствовать долговременной оптимизации фитосанитарной обстановки в агроценозах, а также улучшению агроэкологического состояния почв.

Цель исследований – определить нефтедеструктивный потенциал штамма энтомопатогенных грибов и бактериально-грибного комплекса в качестве полифункционального биопрепарата в иммобилизованной на носителе форме.

В работе использованы штаммы бактерий и грибов, депонированные в ВКПМ под соответствующими регистрационными номерами: *Beauveria bassiana* F-145; *Pseudonocardia carboxydvorans* AC-2046. Изменение содержания нефтепродуктов в вариантах опыта определено за 60 суток после внесения одинакового количества загрязнителя в песчаную почву. Наблюдения загрязненной почвы при внесении биомодифицированного материала на основе композиции из древесных опилок и вермикулита с иммобилизованной биомассой монокультуры или бактериально-грибной биомассой провели при $T = 18 \pm 5$ °С и влажностью, которую поддерживали на уровне 40-60%. В почвенные пробы вносили высушенную композиционный биомодифицированный материал с содержанием КОЕ/г $1,5 \times 10^7$ из расчета 2г на 1 кг нефтезагрязненной пробы (n=3). Содержание нефти в почве анализировали весовым методом и методом флуориметрии [13]. Результаты представлены в таблице.

В результате проведенных исследований установлено, что сложные микробные сообщества способны осуществлять более глубокую биодеградацию НУГВ, а также за счет синергического взаимодействия и способности энтомопатогена продуцировать индикаторный фермент липазу. Межвидовое взаимодействие, кометаболизм, биохимическое

мическая кооперация микробного комплекса играют важную роль для повышения полноты и скорости деградации и биоаккумуляции опасных веществ в окружающей среде [14]. Имобилизованная на носителе форма биоинсектицидного препарата – биомодифицированный материал – является перспективным приемом получения и применения комплексного биопестицида полифункционального действия в качестве средства для защиты растений от насекомых-вредителей и от токсичных органических соединений. Применение новых биомодифицированных материалов в качестве биопестицидов и средств защиты растений от ксенобиотиков позволит не только повысить уровень урожайности сельскохозяйственных культур, но и позволит получать высококачественную экологически безопасную продукцию.

Таблица. Нефтедеструктивная активность биомодифицированного материала с иммобилизованной биомассой монокультуры энтомопатогена и бактериально-грибного комплекса.

Вариант	Концентрация нефтепродукта, мг/кг	Убыль нефтепродукта, %
Песчаная почва + нефть (контроль)	100,50±0,52	-
Песчаная почва + нефть + биомодифицированный материал (смесь вермикулита с древесными опилками; монокультура <i>Beauveria bassiana</i>)	77,26±1,5	22,8
Песчаная почва + нефть + биомодифицированный материал (смесь вермикулита с древесными опилками; бактериально-грибной комплекс - <i>P.carboxydivorans</i> + <i>Beauveria bassiana</i>)	41,51±2,08	58,7
Песчаная почва + нефть + биомодифицированный материал (древесные опилки; монокультура <i>Beauveria bassiana</i>)	89,16±2,65	10,8
Песчаная почва + нефть + биомодифицированный материал (древесные опилки; бактериально-грибной комплекс <i>P.carboxydivorans</i> + <i>Beauveria bassiana</i>)	63,4±3,27	36,9
Песчаная почва + нефть + биомодифицированный материал (вермикулит; монокультура <i>Beauveria bassiana</i>)	73,5±4,8	26,9
Песчаная почва + нефть + биомодифицированный материал (вермикулит; бактериально-грибной комплекс <i>P.carboxydivorans</i> + <i>Beauveria bassiana</i>)	51,8±3,1	48,2

Литература

1. Maxmen A. Crop pests: under attack. *Nature*. – 2013 – 501 – P.15-17. – URL: <https://www.nature.com/articles/501S15a>
2. Gikas P. Single and combined effects of nickel (Ni(II)) and cobalt (Co(II)) ions on activated sludge and on other aerobic microorganisms: a review. *J Hazard Mater*. – 2008 – 159 – P.187-203.
3. Voyno L.I. Biodegradation of oil-contaminated soils and waters. *Fundamental Research*. – 2006 – 5 – P. 68-70.
4. Dan L., Naidu R., Thavamani P., Macklin J., Megharaj M. Managing long-term polycyclic aromatic hydrocarbon contaminated soils: a risk-based approach. *Environ. Sci. Pollut. Res*. – 2015 – 22 – 12 – P. 8927-9841.
5. Bryanskaya A.V., Uvarova Yu. E., Slinko N. M., Demidov E. A., Rozanov A. S., Peltek S. E. Theoretical and practical issues of biological oxidation of hydrocarbons by microorganisms. *Russian J. Genet.: Appl. Res*. – 2015 – 4 – P. 383-393.
6. Ратушняк А.А. и др. Токсическое действие нефти и продуктов ее переработки на *Daphnia magna* Straus. *Гидробиол. журнал*. – 2000. – 3. – С. 25-29.
7. Varjani S.J. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons. *Bioresour. Technol*. – 2017. – 223. – P. 277-286.
8. Шарапова И.Э., Гарабаджиу А.В. Оценка эффективности способов биоремедиации почв от нефтяных загрязнений. *Инженерная экология*. – 2015. – №2. – С.32-42.
9. Mikesková H., Novotný Č., Svobodová K. Interspecific interactions in mixed microbial cultures in a biodegradation perspective. *Applied. Microbiology and Biotechnology*. – 2012. – 95 (4) – P. 861- 870.
10. Varjani S.J. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons. *Bioresour. Technol*. – 2017. – 223. – P. 277-286.
11. Vidal, S., & Jaber, L. R. (2015). Entomopathogenic fungi as endophytes: plant–endophyte–herbivore interactions and prospects for use in biological control. *Current science*, 46-54.
12. Sharapova I.E. Prospects of using entomopathogenic fungus in development of a biopesticide product with nematicidal activity. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. – 2019. – P. 1878-8181.
13. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв на анализаторе «Флюорат-02». ПНД Ф 16.1.21 - 98.
14. Патент РФ 2787371. Шарапова И.Э. Биомодифицированный материал для очистки почвогрунтов от тяжелых металлов, нефти и нефтепродуктов. Заявка 2022118969. Приоритет 12.06.2022. Дата регистрации 9.01.2023 г.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ХИЩНЫХ КЛОПОВ (*HEMIPTERA*: *HETEROPTERA*) ПРОТИВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СОСУЩИХ ФИТОФАГОВ

Шаталова Е.И.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН,
г. Краснообск, Россия
elenashatalova@mail.ru

Фитосанитарное состояние сельскохозяйственных культур – это залог успешного получения продукции растениеводства. Одним из основополагающих факторов поддержания оптимального фитосанитарного состояния культур являются трофические отношения в агроценозе. В последнее время широкое внимание привлекают к себе биоагенты, принадлежащие к подотряду полужесткокрылые или клопы (*Hemiptera*: *Heteroptera*). Широкое распространение получило применение в тепличных комплексах таких клопов как *Macrolophus pygmaeus* (Rambur, 1839) и *Nesidiocoris tenuis* (Reuter, 1895), для открытого грунта представляет интерес такой клоп как *Nabis* (*Nabis*) *ferus* (Linnaeus, 1758). В настоящий момент накопились некоторые сведения о применении *Macrolophus pygmaeus* и *Nesidiocoris tenuis* по отношению к различным видам тепличных вредителей (белокрылки, трипсы, тли, паутинный клещ), в тоже время сведений о пищевой активности *Nabis* (*Nabis*) *ferus* недостаточно. Расширение сведений о пищевой активности по отношению к другим видам насекомых-жертв, а также к различным их фазам в будущем поспособствует применению данных агентов как в закрытом грунте, на более расширенном спектре культур, так и в открытом грунте, либо выявит их недостатки, ограничивающие такие возможности. В связи с этим целью данного исследования было изучение трофической активности видов клопов (*Macrolophus pygmaeus*, *Nesidiocoris tenuis* и *Nabis* (*Nabis*) *ferus*) по отношению к: имаго паутинного клеща (*Tetranychus urticae* Koch., 1836), яйцам и имаго тепличной белокрылки (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856)) и четырем видам тли (злаковая – *Schizaphis* (*Schizaphis*) *graminum* (Rondani, 1852), черемухо-злаковая *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758), бобовая – *Aphis* (*Aphis*) *fabae* Scopoli, 1763, виковая – *Megoura viciae* Buckton, 1876). Культуры перечисленных насекомых круглогодично содержатся в лаборатории биологического контроля фитофагов и фитопатогенов СФНЦА РАН.

В чашки Петри на увлажненную фильтровальную бумагу помещали лист растения с насекомыми-жертвами в известном количестве (не менее десяти особей), затем помещали одну особь клопа *M. rugmaeus* или *N. tenuis*. Спустя сутки делали учет погибших и выживших особей фитофагов.



Рисунок 1. *Nabis (Nabis) ferus* (Linnaeus, 1758) в лабораторных условиях



Рисунок 2. *Trialeurodes vaporariorum*: А – живая; Б – погибшая в результате нападения *Nesidiocoris tenuis*

По результатам исследования, было отмечено, что наибольшую трофическую привлекательность для *N. tenuis* имеют яйца белокрылки, суточная прожорливость которого составила $102 \pm 9,74$ яйца за сутки, в то время как у *M. rugosus* этот показатель не превышал $2,7 \pm 0,87$ ($p < 0,001$). В тоже время *M. rugosus* съедал незначительно большее количество имаго белокрылки по сравнению с *N. tenuis* – $13,6 \pm 2,27$ и $9,2 \pm 2,3$ жертв в сутки соответственно (рис.2).

Приблизительно равное количество взрослых особей паутиных клещей съедали оба биоагента, и их количество составляло $7,7 \pm 2,24$ у *M. rugosus* и $7,4 \pm 2,1$ у *N. tenuis*. Неохотно оба вида клопа употребляли все виды тлей. Максимально жертвами *N. tenuis* стали $5 \pm 1,08$ особей злаковой тли за сутки, практически не употреблялась клопом бобовая тля ($0,6 \pm 0,28$). Таким образом, пищевая активность клопов *M. rugosus* и *N. tenuis* зависит как от вида жертвы, так и от ее фазы.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №23-26-0007

БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ КАК СБАЛАНСИРОВАННЫЙ ПОДХОД В БИОЛОГИЗАЦИИ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ЗАУРАЛЬЯ

Абрамов Н.В.

*ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, г. Тюмень, Россия
abramovnv@gausz.ru*

Биологизацию земледелия следует рассматривать как многофункциональную систему обеспечения воспроизводства плодородия почв. С одной стороны, это органическое вещество как основной показатель почвенного плодородия, а с другой – биота почвы, которая участвует в трансформации растительных и корневых остатков, органических удобрений. Используя минеральные удобрения, химические средства защиты растений товаропроизводитель аграрного сектора встал на более лёгкий в технологическом исполнении путь, но опасный в экологическом аспекте. Дефицит органического вещества лишает оптимальных условий продуцирования агроценозов. Эта проблема носит глобальный характер, снижение гумуса – основного представителя органического вещества отмечается во многих регионах России [2, 3, 4, 6].

Не исключением данной негативной закономерности является и Тюменская область. По нашим данным на пашне в слое 0-30 см за 22 года гумуса снизилось на 0,8%, за 38 лет – на 1,4%, и только в последние 16 лет – с 2006 по 2022 год содержание гумуса стабилизировалось на уровне 8,1-8,2% [1]. Деградация почвенного плодородия обусловлена такими причинами как:

- отклонение от принципов чередования культур в севооборотах;
- несоблюдение закона возврата элементов питания в почву;
- необоснованная техногенная и химическая нагрузка на почву и т.д.

Проблема плодородия почв обостряется в условиях современной узкой специализации хозяйств. Поэтому цель исследований предусматривает поиск дополнительных источников поступления органического вещества и создание оптимальных условий его трансформации.

Многолетними исследованиями (18 лет – три ротации шестипольных севооборотов) установлено, что в зернопаропропашном севообороте с применением минеральных удобрений на планируемую урожайность зерновых 3,0 т/га, без использования органических удобрений содержание гумуса в чернозёме выщелоченном снизилось с 8,12 до 7,64%. Убыль гумуса наблюдалась и при 100% насыщении зерновыми (пшеница-овёс) с 8,20 до 7,82% в слое 0-30 см.

Введение в севообороты (зернотравянопропашной, плодосеменной) многолетних бобовых трав и промежуточных культур в кормовом севообороте способствовало простому воспроизводству плодородия чернозёма выщелоченного с содержанием гумуса 8,11-8,23%.

Внесение полуперепревшего навоза 60 т/га (10 т/га севооборотной площади) на фоне минеральных удобрений во всех семи изучаемых севооборотах с насыщением зерновыми и зернобобовыми от 33 до 100% обеспечивало стабилизацию гумусного состояния почвы. Дополнительное пополнение органического вещества за счёт использования соломы зерновых и зернобобовых в качестве удобрений привело к расширенному воспроизводству плодородия чернозёма выщелоченного не только в севооборотах, но и под бессменными зерновыми (пшеница-овёс) и бессменной пшеницей с содержанием гумуса 8,09-8,41% (табл.1).

В структуре посевных площадей севооборота следует особое внимание уделить бобовым культурам (горох, вика, бобы и др.), которые даже в суровых условиях Зауралья способны фиксировать до 60 кг/га азота за вегетационный период, а корневые выделения их способствуют растворению труднодоступных для культур фосфорных соединений почвы. В среднем за 6 лет на выщелоченном чернозёме нами получена урожайность ячменя после гороха без минеральных удобрений 2,78 т/га, а яровой пшеницы на тёмно-серой лесной почве – 2,62 т/га, что выше на 0,35 и 0,24 т/га чем по зерновым предшественникам соответственно.

Из всех изучаемых видов органических удобрений самым эффективным и доступным является навоз крупного рогатого скота и торфонавозный, торфожижевой компосты, прибавка от последствия которых на зерновых достигала 0,81-10,2 т/га, а от действия на картофеле – 4,95 – 6,56 т/га (табл. 2). При этом эффективность минеральных удобрений увеличивается на фоне органических удобрений до

30%, что позволяет снизить химическую нагрузку на агроландшафты за счёт сокращения нормы туков.

Таблица 1. Поступление гумуса в почву из соломы зерновых и зернобобовых (в среднем за ротацию севооборотов – 6 лет)

Севообороты, бессменные посевы	Урожайность зерновых, т/га	Выход соломы, т/га	Поступление гумуса, т/га севооборотной площади
Кормовой			
Плодосменный	3,00	3,60	0,23
Полевые			
Плодосменный	3,05	4,69	0,51
Зернотравянопропашной	2,92	3,70	0,41
Зернопаропропашной	3,14	4,60	0,68
Зернопропашной	3,10	3,88	0,57
Зерновой с занятым паром	2,84	3,58	0,66
Зерновой	2,60	4,21	0,70
Бессменные зерновые: пшеница-овёс	2,13	2,77	0,61
Бессменная пшеница	1,81	2,32	0,52

Таблица 2. Прибавка урожайности культур от применяемых органических удобрений (среднее за 6 лет)

Органическое удобрение	Прибавка урожая, т/га	
	зерновые	картофель
Солома при урожайности зерновых 2-3 т/га	0,22	1,57
Сапропель, 60 т/га	0,40	3,04
Сидераты	0,55	2,33
Торф, 60 т/га	0,71	6,19
Навоз, 60 т/га	0,81	4,25
Торфонавозный компост, 60 т/га	1,02	6,56

Существенный резерв использования в качестве органического удобрения для Тюменской области является торф. Запасы его на южной части Тюменской области (без округов) составляют 1,7 млрд. тонн. Применение торфа, навоза и компостов экономически целесообразно использовать на полях, расположенных в радиусе до 3-4 км от мегаферм и торфоразработок. Представляет интерес как органическое удобрение для товаропроизводителей сапропель. Озёрный ил очень варьирует по химическому составу в зависимости от условий его формирования и различается даже по слоям. Запасы сапропеля в 497 озёрах юга Тюменской области оцениваются в 139,2 млн тонн. Однако, учитывая технологию добычи, затраты на применение сапропеля в качестве удобрения не всегда экономически оправданы.

После изыскания дополнительных источников поступления органического вещества проводятся исследования по оптимизации условий трансформации его. Обработка почвы один из основных методов управления процессами гумусообразования. Опыты показали, что при вспашке процесс минерализации органического вещества в целом и гумуса в частности проходил более интенсивно. За ротацию зерно-пропашного севооборота здесь уменьшилось в пахотном слое на 0,28%. Комбинированная, безотвальная и «нулевая» обработки приводили к стабилизации гумусного состояния почвы. Интенсивность процессов синтеза и минерализации гумуса зависела от поступления свежего органического вещества и его распределения по слоям почвы. При безотвальной и нулевой обработках пожнивные корневые остатки, торфонавозный компост оставались в верхних слоях почвы. Корневая система растений имела форму пирамиды с более широким основанием к поверхности почвы, чем при отвальной обработке. Обработка почвы без оборота плста увеличила содержание гумуса в слое 0-10 см на 0,68%, в слое 10-20 см – на 0,30%, а в слое 20-30 см снизила на 0,97%. На поле без основной обработки содержание гумуса увеличилось на 0,31% только в слое 0-10 см. более оптимальные условия образования гумуса формировались при комбинированной основной обработке чернозёма выщелоченного. Периодическое оборачивание тридцатисантиметрового слоя приводило к созданию моногамного по плодородию обрабатываемого слоя с увеличением содержания гумуса до 25% относительно вспашки.

Всё больший интерес проявляют учёные к биологическим препаратам и ферментам для ускоренного, целенаправленного процесса разложения органических удобрений [5, 7]. В наших опытах ферментативный препарат Амилазин ускорял трансформацию соломы льна масличного в слое 0-10 см до 12,1%, а биологические препараты Деструктор и Алтосол – до 14,2 – 15,6%, что превышало контрольный вариант на 5,7-7,4%. Следует отметить, что изучаемые препараты при этом слабо влияли на накопление нитратного азота, но увеличивали

содержание в почве подвижных форм калия на 3,5-1,2 мг/кг, а фосфора – на 5,1-5,7 мг/кг. Применение биологических препаратов и ферментов ведёт к увеличению затрат на 262-440 руб./га. Однако, расчёт норм минеральных удобрений и их внесение с учётом содержания в почве позволяет компенсировать вложения и даже повысить уровень рентабельности последующих культур на 5-7%.

В целях обеспечения расширенного воспроизводства плодородия почв Зауралья, управления продуктивностью агроценозами и получения качественной сельскохозяйственной продукции предлагается разрабатывать систему рационального земледелия на основе биологизации. В данном направлении почву необходимо рассматривать как открытую систему первого порядка. Почвенная биота неотъемлема от этой системы и служит первостепенным фактором, обеспечивающим почвенное плодородие, но не исключает применение средств химизации.

Литература

1. Абрамов Н.В. Воспроизводство плодородия почв УФО // АПК России. – 2017. - №5 (24). С. 1055-1065.
2. Гасанова Е.С., Кожокина А.Н., Мязин Н.Г., Стекольников К.Е., Мухина С.В. Изменение содержания и строения гуминовых кислот чернозёма выщелоченного под влиянием удобрений и дефеката // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2019. - №4 (63). С. 113-122.
3. Гаффарова Л.Г. Динамика запасов гумуса и прогноз углеродсеквестрирующего потенциала зональных почв Республики Татарстан // Вестник Казанского ГАУ. - 2021. - № 3(63). С.27-31.
4. Киселёва А.А., Курмашева Н.Г., Асылбаев И.Г., Хасанов А.Н., Низаметдинов З.М. Мониторинг изменения почвенного покрова северной лесостепной зоны Республики Башкортостан (на примере Иглинского района) // Агрофизика. – 2021. - №3. С. 27-34.
5. Русакова И.В. Эффективность микробных деструкторов послеуборочных остатков в лабораторных и полевых экспериментах // Владимирский земледелец. – 2021. - №2 (96). С. 34-40.
6. Середина В.П., Овсянникова С.В. Оценка гумусного состояния почв естественных экосистем основных почвенно-географических зон Кузбасса // Вестник КрасГАУ. – 2019. - №12. С. 32-37.
7. Сорокина О.Ю. Минеральное питание льна масличного при использовании традиционных и новых органоминеральных удобрений // Масличные культуры. научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. - №3 (175). С. 46-51.

ВЫРАЩИВАНИЕ СОИ (*GLYCINE MAX (L.) MERR.*) В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ

Биймырсаева А.К.¹, Мырзагалиева Э.Б.²

*¹Институт химии и фитотехнологии НАН КР, Международная
высшая школа медицины, г. Бишкек, Кыргызстан*

*²Институт биологии НАН КР, Международная высшая
школа медицины, г. Бишкек, Кыргызстан
baidana644@gmail.com, myrzagalievanura5@gmail.com*

В статье отражены исследования по выращиванию зернобобовой культуры – сои в естественных экологических условиях Чуйской долины. Объектом исследования послужили различные перспективные сорта сои, допущенных к использованию и распространению на всей территории Кыргызской республики. Сроки посева выбраны с учетом биологических особенностей сортов сои оптимальных температур и климатических условий. Для посева семян сои использовали метод рандомизации. По фенологическим наблюдениям выявлен их вегетационный период, варьирующий в пределах 137-150 дней, то есть сорта относятся к средне-позднеспелым и позднеспелым растениям. Был проведен общий анализ на химический состав почвы и воды по ионометрическому и спектрофотометрическому методам, которые выявили самые разные показатели. Почвенный анализ показал содержание гумуса ниже среднего рН почвенной среды оказалось слабощелочной, содержание азота и калия низкое, а фосфора – среднее. Проведенный анализ воды в пробах в отобранных местах показал, что общий химический состав воды находится в удовлетворительном состоянии.

Введение. В настоящее время мировое сельское хозяйство заинтересовано в увеличении посевных площадей различными агрокультурами. В связи с увеличением населения во многих странах мира наблюдается нехватка пищи. Соя занимает ведущее место по посевной площади в мировом сельском хозяйстве. К примеру, по данным Национального статистического комитета КР за 2022 год в Чуйской области было засеяно 706 га, из которых получено 10999 ц., а в 2021 году с такой же посевной площади получили 12419 ц [1]. Для восполнения дефицита растительного белка и масла в нашей стране возделывается соя. По своему биохимическому составу соя богата высоким содержанием белка. Внедрение сои позволит решить ряд экономических и экологических проблем: уменьшить потребление зерна на корм, заменив его соевым шротом; решить проблему питания населе-

ния дешевым полноценным белком и соевым маслом; повысить плодородие почвы и сократить потребление энергоемкого минерального азота за счет замены его биологическим. Целью нашего исследования было выявить, при каких экологических условиях выращены различные сорта сои.

Материалы и методы. В качестве материалов исследования взяты пять различных сортов сои. Для исследования выбраны сорта американские: Эмердж 2т29, Эмердж 2282, Эмердж 3776; отечественные – AS1928KG, AS966KG. Исследования проводились в г. Кант Чуйской долины 2021-2022гг. Метод рандомизации – использован для посева соей площадью 12м². Экспозиции проводились в четырехкратной повторности. Агротехника посева выбрана с учетом условий Чуйской долины. До посева предшественником сои была овощная культура. Фенологические наблюдения проводились через каждые 10-15 дней. Общий химический состав воды и почвы определен по ионометрическому и спектрофотометрическому методам.

Результаты и обсуждение. С 2019 года ведутся исследования по выращиванию сои в Чуйской долине. Нами были взяты пять перспективных сортов сои, из них отечественные сорта получили описания в наших работах [2]. Эмердж 2т29, Эмердж 2282, Эмердж 3776; AS1928KG, AS966KG допущены к использованию с 2021-2022 года на территории Кыргызской Республики. Фенологические наблюдения за 2021 (посев 15.04) год показали их следующую продолжительность вегетационного периода период вегетации составил AS1928KG, AS966KG – 144 дней, Эмердж 2т29, Эмердж 2282, Эмердж 3776 – 137-146 дней; за 2022 (посев 17.04) AS1928KG, AS966KG – 150 дней, Эмердж 2т29, Эмердж 2282, Эмердж 3776 – 135-150 дней. Практически у всех сортов первые всходы появляются в пределах 10-12 дней.

Растение сои требовательно одновременно к теплу и влаге. На выращивание сои влияют несколько факторов окружающей среды. Например, климат, который определяет рост и развитие растений (количество атмосферных осадков, температура не менее 10⁰С, период без заморозков). Для Чуйской долины характерен континентальный климат. В разные времена года наблюдается следующее: жаркое лето, зима умеренно холодная, весна не долгая, теплая, уже к концу мая погода становится устойчивой и без сильных ветров. Большинство осадков приходится на весну и зиму. Чуйская долина – теплый регион страны, где среднегодовая температура составляет 8⁰С. В условиях Чуйской долины для посева семян сои рекомендуется температура в пределах 8-15⁰С. Следующим фактором, влияющим на возделывание данной масличной культуры, является почва. Почвенный покров представляет из себя природный компонент на поверхности суши.

Почва имеет свою структуру, обладающую определенными биологическими, химико-физическими свойствами. Плодородие почвы – важный показатель для землепользования в сельском хозяйстве. Почва должна быть плодородной для обеспечения растений необходимыми минеральными веществами водой теплом и т.д. Почва как бы служит основой для выращивания сельскохозяйственных культур, определяет их рост и развитие. На Севере Киргизии (Чуйской и Таласской долины) преобладают почвы сероземного типа почвообразования: сероземы северные (малокарбонатные). Горно-долинные сероземы северные (малокарбонатные) темные распространены в Чуйской и Таласской долинах и приурочены к средним и нижним частям предгорного шлейфа Киргизского и Таласского хребтов, в пределах абсолютных высот 600 - 900 (1000) м. По рельефу темные сероземы занимают волнистые, местами слабоволнистые сильнонаклонные предгорные равнины, рассеченные руслами рек и селевых потоков, которые образуют конусы выносов и межконусные понижения. По количеству CO_2 эти почвы относятся к слабокарбонатным. Причины пониженной карбонатности связаны с гидротермическими особенностями режима этих сероземов, а также с характером материнских пород. По содержанию воднорастворимых солей темные сероземы относятся к незасоленным. Лишь в почвах межконусных понижений и в пределах всхолмленных древних надпойменных террас наблюдаются признаки небольшого засоления, выражающиеся в образовании на глубине 70-150 см гипсового горизонта. Механический состав северных темных сероземов варьирует от скелетно-песчаных до хрящевато-пылеватых суглинков [3]. Проведенный нами анализ на состав почвы показан в таблице.

Таблица. Химический состав почвы

Культура	pH почвенной среды	Гумус	Общий азот	Подвижная форма фосфора $\text{P}_2 \text{O}_5$, мг/кг	Обменный калий K_2O , мг/кг
Соя	8,15	1,30	0,055	31,0	160,0

Содержание гумуса в верхних горизонтах колеблется в пределах 1,5-1,30 %, по профилю почв падение - плавное. В период образования клубеньков минеральный азот необходим для развития масс органов вегетативной системы. А в почве, по данным агрохимического анализа, азот составил 0,55 %, что говорит о малой обеспеченности нитратом азота. Надо отметить тот факт, что соя известна своим уникальным свойством фиксации азота. Благодаря симбиозу сои и бактерии

Bradyrhizobium japonicum, соя преобразовывает в доступную форму к использованию растением в клубеньках, используя атмосферный азот, почвенный остаточный азот, азотные удобрения. Данная способность сои дает возможность оставлять за собой в почве азот, в котором нуждаются многие сельскохозяйственные культуры. Подвижная форма фосфора составила 31,0 мг/кг, а обменный калий 160 мг/кг. Фосфор играет не маловажную роль в росте и развитии растения, его недостаток сказывается на синтезе белка. Калий участвует во многих физиологических процессах – в образовании крахмала сахара и их транспорте в регуляции обмена углеводов в делении и росте клеток. Еще одним из важных факторов является вода. Водные ресурсы Чуйской области Кыргызской Республики известна своими огромными объемами. В этом регионе есть несколько рек, озер и источников подземных вод, что делает его одним из самых важных регионов для водоснабжения в стране. Одним из важнейших водных источников Чуйской области является река Чу, которая является самой крупной рекой области. Река имеет длину около 1116 километров и берет свое начало в горах Тянь-Шаня. Река Чу питается несколькими притоками, в том числе Кыргызским Алатау и Казахскими горами Улытау. Река используется для орошения, выработки гидроэлектроэнергии и в качестве источника питьевой воды для местного населения. В регионе также есть несколько небольших рек и ручьев, которые являются важными источниками воды для орошения и обеспечивают питьевой водой местные сообщества. Реки Токмак, реки Аламудун и реки Кемин расположены в Чуйской области и обеспечивают водой сельское хозяйство и животноводство [4]. Несмотря на обилие водных ресурсов в Чуйской области, по-прежнему существуют проблемы, связанные с водоснабжением и управлением. Одним из основных источников загрязнения Чуйской области являются сельскохозяйственные стоки. Удобрения и пестициды, используемые в сельском хозяйстве, могут попадать в близлежащие источники воды и вызывать загрязнение [5]. Кроме того, промышленные отходы и неочищенные сточные воды также способствуют загрязнению воды в регионе. Это связано, с тем, что значительная часть малых городов и районных центров не имеет централизованных канализационных систем и очистных сооружений. В открытые водоемы и водотоки без очистки сбрасывается все увеличивающийся объем опасно загрязненных сточных вод, содержащих нитраты, хлориды, хром, нефть и нефтепродукты, соли тяжелых металлов. Наиболее подвержены загрязнению в своих средних и нижних течениях бассейны реки Чу. Основные источники загрязнения расположены в среднем и нижнем течении реки Чу, у села Васильевка, где в реку поступают сточные воды городской канализации.

Здесь отмечается увеличение концентрации вредных и ядовитых веществ (азота нитратного, азота аммонийного, небольшое содержание фосфора). В результате самоочищения воды у поселка Нижне-Чуйский концентрация загрязняющих веществ снижается. Что касается притоков реки Чу, то в р. Кичи-Кемин, Чон-Кемин минерализация незначительна, в верховьях р. Ала-Арча и Аламедин - 80-91 мг/л., в р. Ак-Суу - 481-756 мг/л, в р. Ноуруз и Красная - 6,0 моль/л. [6]. Так же в этих реках наблюдается повышенное содержание загрязняющих веществ. В основном фермеры для выращивания используют гербициды, пестициды, остатки которых выбрасываются в открытые водоемы и являются одним из опасных источников загрязнения водных экосистем. Это загрязнение может иметь негативные последствия также и для человека.

Выводы. Итак, проведены анализы на химический состав воды и почвы, на котором выращивались сорта сои. Соя была выращена в естественных экологических условиях с учетом биологических особенностей каждого сорта без использования гербицидов для обработки, без внесения удобрений. Считается, что высокие урожаи соя дает на плодородных почвах с высоким содержанием гумуса, где рН колеблется в пределах 5-8. Данные анализов почвы констатируют то, что в почве содержание гумуса ниже среднего рН почвенной среды оказалось слабощелочной, содержание азота и калия низкое, а фосфора – среднее. Что касается водных ресурсов для улучшения качества воды, используемых для полива сельскохозяйственных культур, принят ряд инициатив. К ним относятся развитие сооружений по очистке сточных вод, внедрение передового сельскохозяйственного опыта по сокращению стока и поощрение мер по сохранению воды. Кроме того, проводятся постоянные исследования и мониторинг качества воды для обеспечения эффективности и целенаправленности действий. Не смотря на влияние выше исследованных факторов получили среднюю урожайность: Эмердж 2т29 – 26 ц/га, Эмердж 3776 – 32 ц/га, Эмердж 2282 – 30ц/га, AS 1928 KG – 30 ц/га, AS966KG- 33 ц/га.

Литература

1. <http://www.stat.kg/ru/statistics/selskoe-hozyajstvo/>
2. Биймырсаева А.К., Содомбеков И.С.// Республиканский научно-теоретический журнал “Известия вузов Кыргызстана”, №6. - Бишкек, 2022. с. 24-26.
3. А.М. Мамытов. Монография. Почвы Киргизской ССР. Фрунзе, 1974. С. 60.

4. Омуралиева А., Токторалиев Б., Сатыбалдиева А. и др. Оценка качества воды реки Чу (Кыргызстан) с использованием макробеспозвоночных в качестве биоиндикаторов. Экологический мониторинг и оценка. 2020;192(8):511. doi: 10.1007/s10661-020-08402-y
5. Касымов Ю., Сагынбаева С., Ташбаева К. и др. Экологическая оценка качества воды реки Чу по физико-химическим и микробиологическим показателям. Журнал экологических наук и здоровья. Часть А, Токсичные/опасные вещества и экологическая инженерия. 2020;55(8):934-943. doi: 10.1080/10934529.2020.1778928
6. Отчет Национального института стратегических исследований Кыргызской Республики. Бишкек 2022 г. – 51 с.

НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОРГАНИЧЕСКОГО САДОВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

*Варквасова М.А., Бишенов Х.З., Заммоев А.У.,
Бетуганова М.А.*

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский научно-исследовательский институт
горного и предгорного садоводства», г. Нальчик, Россия
kbrapple@mail.ru*

В условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики разрабатывается интенсивная система садоводства, включающая элементы органического земледелия, для производства плодовой продукции, отвечающей требованиям органического земледелия. Внедрение данных элементов в основную традиционную технологию должно позволить получать устойчиво функционирующую садовую экосистему, дающую экологически чистую плодовую продукцию в промышленных масштабах для покрытия потребительского спроса.

Введение. Продовольственная безопасность страны – это не только важная социально-экономическая задача, но и один из главных факторов, определяющих здоровье и социальное благополучие нации. При решении этой проблемы не менее важным вопросом является обеспечение населения высококачественными продуктами питания, сбалансированными по всем основным видам, в том числе и продукцией садоводства. Органическое земледелие – это целый комплекс принципов взаимодействия человека с землей при наиболее эффективном использовании природных ресурсов [6].

Органическая продукция – экологически чистая сельскохозяйственная продукция, сырье и продовольствие, производство которых соответствует установленным Законом требованиям (Федеральный закон «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 03.08.2018 № 280-ФЗ) [5].

Увеличение объемов производства экологически чистой плодовой продукции, соответствующей современным требованиям к органической продукции, является актуальной проблемой, которую предстоит решить для того, чтобы гарантировать право людей на здоровую и плодотворную жизнь, в гармонии с природой и сохранение экологии для будущих поколений [2].

В связи с этим проводятся исследования по внедрению в интенсивную технологию садоводства элементов органического садоводства, для горных и предгорных районов Кабардино-Балкарской Республики и аналогичных территорий Российской Федерации, для получения устойчиво функционирующей, саморегулирующейся садовой экосистемы, дающей экологически чистую плодовую продукцию отвечающей требованиям органического земледелия.

Объекты и методы исследований. Экспериментальные работы проведены с использованием полевого и лабораторного методов исследования. Полевые опыты были заложены на опытных участках ФГБНУ СевКавНИИГиПС (г. Нальчик) в саду 2016 г. посадки. Объектом исследований в 2021-2022 гг. были полукарликовые растения яблони на подвое СК2 (сорта Жансура, Флорина, обладающие иммунитетом к комплексу грибных заболеваний). Опытный участок расположен на равнинном участке. Почвы под садом – чернозем слабощелоченный малогумусный среднемощный. Основные показатели почвы сада: рН водной вытяжки слабокислая, в слое 0-20 см составляет 6,2-6,5, слое 20-40 см – 6,8. Содержание гумуса в поверхностном слое почвы 3,3-4,8%. Содержание нитратного азота (0-20 см) 3,2-4,3 мг/кг; (20-40 см) 0,5-1,8 мг/кг. Количество подвижного фосфора (0-20 см) 297-319 мг/кг; (20-40 см) 215-258 мг/кг. Содержание обменного калия (0-20 см) 140-215 мг/кг; (20-40 см) 115-139 мг/кг.

На контрольном варианте в приствольных полосах гербицидный пар, в междурядьях скашивание растительности навесной скоростной роторной косилкой. Естественный травостой представлен на 85-90% злаковыми, 4-7% крестоцветными и 2-3% бобовыми. На опытных вариантах с дерново-перегнойной системой содержания почвы скашивание травы в приствольных полосах осуществлялась окашивающей косилкой, в междурядьях навесной скоростной роторной косилкой, разработанными в отделе механизации трудоёмких процессов института, обеспечивающие мульчирование травянистой растительности. В варианте чёрный пар скашивание травы в приствольных полосах осуществлялась окашивающей косилкой, в междурядьях проводилось дискование.

Повторность в опытах четырёхкратная, по 6 учётных растений в повторности.

Обсуждение результатов. При разработке органической технологии выращивания яблони в первую очередь необходимо добиться создания устойчиво функционирующих, саморегулирующихся компонентов экосистемы сада [3,4]. Для оптимизации биологического круговорота веществ в агроландшафтах разрабатывается технология возделывания многолетних плодовых насаждений без применения мине-

ральных (особенно азотных) удобрений с сохранением почвенного плодородия путём возмещения выноса питательных веществ за счёт органических удобрений, растительной мульчи, повышения роли биологического азота за счет увеличения доли бобовых культур и стимулирования процессов азотфиксации. Также применение различной частоты скашивания травостоя вызывает определенные сдвиги в сфере минерального питания. Различия в режиме минерального питания находят объяснение, прежде всего, в существенных изменениях круговорота веществ агроценоза, которые происходят в результате сдвигов в биологической продуктивности травяного покрова и динамики органического вещества, определяющих характер выноса и возвращения в почву химических элементов. Особенности динамики синтеза и разложения органического вещества, вызываемые способами воздействия на растительный покров, отражается на процессах превращения и обогащения почвы органикой.

Резкое повышение биологической продуктивности травянистой растительности в создаваемых агроценозах способствует обогащению почвы органическим веществом, повышению ее поглотительной способности. Регулирование травяного покрова усиливает интенсивность этих процессов. Развитие мощного травяного покрова в летний период оказывает положительное влияние на формирование микроклиматического режима в приземном слое воздуха и условий в верхнем горизонте почвы, создает благоприятную среду для развития флоры и фауны. Наблюдается резкое возрастание микробиологических процессов, связанных с утилизацией органического вещества, поступающего на почву в виде отмирающих частей растений и собственной подстилки. В результате происходящих изменений усиливается интенсивность выделения почвой CO_2 как показателя ее биологической активности

Обилие органического вещества и благоприятные условия значительно увеличивают деятельность почвообитающих животных, играющих важную роль в процессах почвообразования и повышения плодородия почвы. Складывающиеся условия под плодовыми насаждениями при развитии мощного травостоя, способствует размножению дождевых червей. Местом обитания их является обильно насыщенный корнями плодовых и травянистых растений мелкоземистый слой.

В почве под плодовыми насаждениями дождевые черви с ранней весны до начала зимы находятся в активном состоянии. За этот период ими осуществляется огромная работа по переработке растительных остатков и перемешиванию органического вещества с минеральной частью почвы. На поверхности одного квадратного метра за сутки нами наблюдалось до нескольких десятков выбросов.

По литературным данным благодаря высокой плодовитости универсального способа размножения количество органического вещества, перерабатываемое червями в лесных почвах, достигает 1/3 и более от общей массы ежегодного растительного опада, а количество перерабатываемой почвы может достигать 50-380т/га [1].

Пропускаемая дождевыми червями через пищеварительный канал почвенная масса тесно перемешивается с органическим веществом, обогащается доступными для растений формами азотной и зольной пищи. Улучшается аэрация почвы и водоудерживающая способность почвенных агрегатов.

Исследования показали, что при редком 2-х кратном скашивании, то есть, где мощное развитие травостоя способствовало увеличению численности дождевых червей по сравнению с частыми укосами. При редком 2-х кратном скашивании дождевых червей в изучаемом объёме почвы было 532 тыс. штук на 1га, при частом скашивании насчитывалось 193 тыс. штук. Превышение по заселенности почвы дождевыми червями на 339 тыс. штук на один гектар. Наименьший перепад численности дождевых червей, в зависимости от условий года, наблюдается на варианте с редким 2-х кратным скашиванием травянистой растительности. Кроме того, визуальным наблюдением установлено, что в слое почвы под редким скашиванием отмечали наибольшее число мелких червей. Это объясняется, складывающимися благоприятными условиями температуры, влаги и органического питания, являющегося инкубатором для развития молодых особей, так как разлагающаяся органическая масса травы представляет собой кормовую базу для червей. На исследуемых вариантах прослеживается чёткая зависимость численности популяции дождевых червей от продуктивности травянистой растительности. Так наименьшее количество дождевых червей наблюдается на варианте «Чёрный пар», а на варианте «Дерново-перегнойная система содержания почвы под естественным травостоем с подсевом бобовых трав, 2-х кратное скашивание» наблюдается наибольшая их численность.

Лучшие результаты по продуктивности травянистой растительности в создаваемых агроценозах получены на варианте «дерново-перегнойная система содержания почвы под естественным травостоем с подсевом бобовых трав, 2-х кратное скашивание». По массе развиваемой вегетативной части превышает контрольный вариант «дерново-перегнойная система содержания почвы под естественным травостоем» на 18-23%. Также лучшие результаты урожайности и качества плодов получены на варианте «дерново-перегнойная система содержания почвы под естественным травостоем с подсевом бобовых трав, 2-х кратное скашивание», средняя

масса плодов превышает контроль на 3,5%, а по урожайности превышение контрольного варианта на 5,7%.

Закключение. Таким образом, экспериментальный поиск элементов органической технологии выращивания яблони направлен в первую очередь на создание устойчиво функционирующих, саморегулирующихся компонентов экосистемы сада. При этом производимая продукция должна соответствовать самым высоким гигиеническим и экологическим требованиям. Резкое повышение биологической продуктивности и видового разнообразия травянистой растительности за счёт увеличения доли бобовых в создаваемых агроценозах, способствует обогащению почвы органическим веществом, повышению ее поглотительной способности. Наблюдается резкое возрастание микробиологических процессов, связанных с утилизацией органического вещества, поступающего на почву в виде отмирающих частей растений и собственной подстилки.

Литература

1. Гаркуша, И.Ф. Почвоведение. Л.: Издательство сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1962. - 448 с.
2. Декларация Рио-де-Жанейро по окружающей среде и развитию // Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 года). - Новосибирск: СО РАН, 1992. - С.24-25.
3. Дорошенко Т. Н. Органические сады на юге России: монография / Т. Н. Дорошенко [и др.]. – Краснодар: 2012. – 141 с.
4. Дорошенко Т.Н., Чумаков С.С. / Особенности регулирования плодоношения яблони в традиционных и органических садах юга России // Известия ОГАУ. 2012. №6 (38).
5. Федеральный закон от 03.08.2018 N 280-ФЗ "Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"
6. https://www.countrysideliving.net/GRD_PRJ_Organic-Intro_Jan05.html

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТИ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЙМЕННО-ЛУГОВОЙ ПОЧВЫ ОТ ВЛАЖНОСТИ

Гюлалиев Ч.Г.

*Институт Географии Министерство Науки и Образования
Азербайджанской Республики, г.Баку,
ch_gulaliyev@yahoo.com*

Экспериментально изучено теплопроводность (λ) и удельная электропроводимость (σ) пойменно-луговой почвы (in WRB- Molli-Cileyic Fluvisoil) (IUSS Working Group WRB. 2014) в зависимости от влажности при фиксированном значении плотности, температуры, частоты электрического поля. Установлено, что сначала с увеличением исходных влажностей удельная электропроводимость и коэффициент теплопроводности увеличиваются интенсивно, далее, при критической влажности (максимальной молекулярной влажности) достигнув своих максимумов, остается почти стабильной.

Полученные результаты являются существенным дополнением для базы данных электрофизических, теплофизических параметров почв и могут значительно снизить погрешность определения влажности почвы при эксплуатации и создании влагометрических приборов.

Введение. Как известно изучение теплопроводности и удельной электропроводности от влажности почвы давно привлекли внимание ученых особенно, агрофизики в связи с возможностью, зная ее характер взаимосвязи с влажностью применения ее в создание многопараметрическим влагометрии [2, 4, 6]. Но несмотря на этих попытки до сих пор не получено ожидаемых результатов. По нашему мнению, это было связано с изучением указанной зависимости проводилось без надлежащего метрологического, обеспечения. Поэтому результаты оказывались недостаточно достоверными и не выявили общих закономерностей. Однако до настоящего времени, несмотря на практическую нужду в установлении связей между электро- и теплофизическими характеристиками, изучение этих свойств почв ведется в основном разрозненно [1, 3, 5, 7]. В настоящем сообщении приводиться попытка показать результаты исследования влияния влажности на теплопроводность и удельную электропроводимость, измеренную на высокочастотном электромагнитном поле (0,4 - 10 МГц), (при которых поляризацией электродов можно заведомо пренебречь) при фиксированном значении плотности и температуры.

Объекты и методы исследования. Для примера исследования провели на пойменно-луговых почвах (in WRB – Molli-Cleyic Fluvisoil) (IUSS Working Group WRB. 2014) в сухостепной зоне Кура – Араксинской низменности Азербайджанской Республики. Разрез расположен в Мугано-Сальянском массиве, село Кюркенди (40°01'57" с.ш. 48°29'08" в. д.) Сабирабадского района Азербайджанской Республики, на правобережной надпойменной террасе реки Кура (на расстоянии 0,5 км от современной ее поймы к юго-востоку от Куры). Почвообразующие породы представляют собой карбонатно-слоистый аллювий реки Кура. Для наглядности ниже приводим морфологические описания пойменно-луговых почв.

Ап 0-22 см – Темно-буроватый, легкоглинистый, крупнокомковатый, плотный, корни-корешки, трещины, влажноватый, переход постепенный, слабо вскипает.

Аувз 22-41 см – Серовато-бурый, легкоглинистый, крупноглыбистый, плотный, корни-корешки, трещины, влажный, переход постепенный, бурно вскипает.

АUz 41-52 см – Буровато-палевый, среднесуглинистый, глыбистый, плотный, корешки, трещины, влажный, переход постепенный, бурно вскипает.

А/В 52-76 см – Палевый, легкоглинистый, структура не выражена, рыхлый, влажный, переход заметный, бурно вскипает.

В/Сg 76-82 см – Буро-палевый, легкоглинистый, плотноватый, влажный, переход заметный, бурно вскипает.

Сg 82-115 см – Желтовато-палевый, легкоглинистый, пластинчатый, плотный, влажный, бурно вскипает.

По климату объекта исследования, находящегося в регионе с мягкой зимой и жарким летом, т.е. в зоне степей и полупустынь, суммарной годовой нормой радиации 140 ккал/см³, среднегодовая температура 140 °С, средняя относительная влажность воздуха 76%. Среднегодовая норма осадков 310 мм, годовая норма испаряемости 900-1000 мм естественная растительность полупустынная. Гранулометрический состав почв в среднем тяжелосуглинистый, иногда легкоглинистый. Содержание ила и физической глины в этой фракции изменяется в широких пределах. В местах, более удаленных от речных русел, на склонах или в неглубоких плоских галлах, где исключается длительный застой поверхностных вод, формируются молодые почвы, но более тяжелого гранулометрического состава. Пойменно-луговые почвы Мугано-Сальянского массива по гранулометрическому составу примерно однообразны. Физическая глина (<0,001 мм) по всему профилю незначительно уменьшается. Выявляются некоторые перемещения илистых фракций из верхних в нижележащие горизонты. Илистых фракций по всему профилю распределяются не равномерно, по профилю их содержание колеблется в пределах от 30,70 до 37,97%.

Содержание гумуса незначительно, около 1,24%, вниз к материнской породе приближается к 0,3-0,2% и меньше. Содержания солей в верхних слоях почв ничтожны, но постепенно повышаются вниз по почвенному профилю. Плотный остаток колеблется от 0,098 до 0,0156%. В целом почвы относятся к незасоленным. Плотность почв меняется в пределах 1,15 – 1,26 г/см³, удельный вес- 2,69 – 2,72 г/см³, общая порозность 52,2 – 57,1%.

Экспериментальные исследования удельной электропроводности определялась с помощью посредством моста переменного тока Л2-7 в диапазоне частот 0,4-10 МГц, температурные измерения проводились с помощью ультратермостата УТ-15. При этом был использован измерительный конденсатор специальной конструкции с термостатирующим устройством, а исследования теплопроводности почвы проводились на основе метода регулярного режима.

Исследования проводились в широком диапазоне влажностей 2-32 %.

Результаты и их обсуждение. Общие типичные черты в характере изменения электропроводности и теплопроводности пойменно-луговых почв с изменением ее влагосодержания предоставлены на нижеследующих рисунках (рис.1 и 2) и на таблицах 1 и 2. По рисункам и таблицам видно, что общие, типичные черты в характере изменения электропроводности (σ) и теплопроводности (λ) почвы с изменением влагосодержания почти повторяют друг друга по форме изменения их величины с увеличением влажности (W). Эта графическая зависимость послужила основой к установлению связей между электро- и теплофизическими коэффициентами почв. Из рисунка 1 видно, что экспериментальные точки зависимости $\sigma(w)$ в области измерения влажности примерно от 9-11% до 26-27% достаточно хорошо укладываются на отрезке прямой.

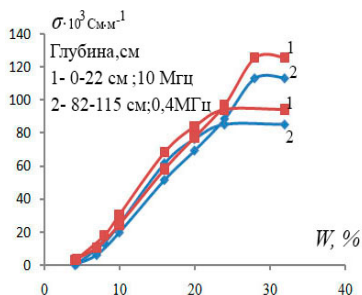


Рисунок 1. Зависимость σ от влажности

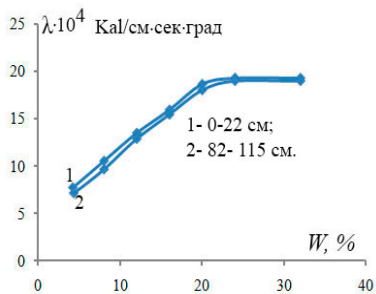


Рисунок 2. Зависимость λ от влажности

Крутизна влажностных характеристик в этом интервале влажностей остается значительной, что характеризует высокую чувствительность электропроводности почвы к изменению ее влагосодержания.

С уменьшением влажности ниже 8-10% (что близко к МГ для данной почвы) как крутизна характеристик $\sigma(w)$, так и величина электропроводности почвы резко снижаются. Подчеркнем, что излом высокочастотной кривой 1 (рис.1) несколько смещен в сторону меньших влажностей по сравнению с низкочастотной кривой 2 (рис.1). В области влажности выше 26-27% (что близко к ППВ) крутизна влажностных характеристик также падает. Кривая, соответствующая в более высокочастотном электромагнитном поле значение удельной электропроводности (σ) имеет выше, чем низкочастотной электромагнитном поле. Уменьшение крутизны характеристики $\sigma(w)$ с уменьшением влажности почвы ниже МГ, по-видимому, обусловлено изменением формы связи влаги. То есть с ее переходом от свободной воды, отмечающейся хорошей проводимостью, к адсорбированной воде, проводимость которой незначительна.

Таблица 1. Зависимость удельной электропроводности (σ) пойменно-луговых почв от влажности при 0,4-10,0 МГц электромагнитного поля

W, %	Глубина							
	22-41 см		41-52см		52-76 см		76-82см	
	f, МГц		f, МГц		f, МГц		f, МГц	
	0,4	10	0,4	10	0,4	10	0,4	10
4,1	0,655	3,697	0,642	3,736	0,81	3,953	1,054	4,148
7	6,756	11,297	8,371	13,409	7,933	12,838	11,625	17,15
10	18,757	23,981	17,96	24,924	17,611	21,887	21,878	28,231
16	47,018	53,124	49,315	60,761	50,685	56,046	55,112	61,332
20	75,347	82,576	86,274	96,292	68,862	77,54	75,646	81,632
24	97,509	106,425	107,877	118,413	86,362	96,628	92,409	101,901
28	113,672	125,738	113,672	125,788	86,362	96,628	92,409	101,901
32	113,672	125,738	113,672	125,788	0,81	3,953	1,054	4,148

Как видно из рис. 2 коэффициент теплопроводности почвы при увеличении влажности сначала резко возрастает, затем, по достиже-

нии максимальной влагоемкости (это совпадает области критических влажности), рост замедляется и при полной влагоемкости прекращается. Этот факт объясняется, что при увлажнении сухой почвы происходит замена воздуха внутри пор, плохо проводящего тепло, хорошо проводящую воду. Возрастание воды в сухой почве постепенно связывает отдельные частицы друг с другом и дает возможность переходу тепла между ними.

Таблица 2. Зависимость коэффициента (λ) пойменно-луговых почв от влажности

W, %	Глубина			
	22-41 см	41-52 см	52-76 см	76-82 см
4,3	7,253	7,451	7,286	6,885
8	10,464	9,814	9,483	9,565
12	13,748	13,094	12,657	12,654
16	16,223	15,905	15,481	15,421
20	18,9	18,964	18,577	18,232
24	18,983	19,585	19,349	19,036

Отсюда видно, что при малой влажности эффективная теплопроводность почв резко возрастает по мере заполнения влагой межпортового пространства. Водные слои на частицах уменьшаются, увеличивается размер манжет между частицами, за счет этого рост величины коэффициента теплопроводности замедляется. Таким образом, коэффициент теплопроводности при дальнейшем увеличении исходных влажностей остается почти постоянной, или стремится к некоторому пределу. Из этих же соображений легко можно понять характер изменения теплопроводности почв.

В табл. 3 представлены отношения теплопроводности от электропроводности, полученные для различных генетических горизонтов, при определенных значениях влажности. Как можно видеть эти отношения не остаются постоянными. С увеличением влажности эти отношения уменьшаются.

Этот факт отрицает существование непосредственной линейной зависимости между электро- и теплофизическими коэффициентами, и подтверждает, что с физической точки зрения, в основном механизмы переноса электрической и тепловой энергии в почвах неодинаковы.

Изменение наклона влажностных характеристик при $W > 26\%$, по-видимому, объясняется неравномерностью заполнения пор водой: при

предельной полевой влажности (ППВ), когда все капиллярные поры заняты водой, заполнение оставшихся частично свободных некапиллярных пор уже мало увеличивает электропроводимость почв.

Таблица 3. Относительные значения электро-и теплофизических параметров пойменно-луговая почв (верхний горизонт)

Частота электрического поля, МГц	Влажность, %					
	4,4	8	12	16	20	24
	λ/σ	λ/σ	λ/σ	λ/σ	λ/σ	λ/σ
0,4	9,28	0,93	0,45	0,31	0,27	0,22
10,0	1,67	0,65	0,37	0,27	0,24	0,20

Надо отметить, что зависимость удельной электропроводимости и теплопроводимости от влажности имеет различную чувствительность, это связано с изменением влажности почвы. Например, коэффициент температуропроводности примерно в области критических значений исходных влажностей, достигает максимумов, при дальнейшем увеличении влагосодержания в почве наблюдается спад. А в этой влажности удельная электропроводимость проявляет тенденцию к насыщенности, то есть экспоненциальному стремлению к некоторой постоянной величине.

Проведенное исследование показало, что изменение крутизны влажностных характеристик электропроводности и теплопроводности обусловлено изменением физического состояния влажности при изменении влажности почвы.

Литература

1. Архангельская Т.А. Параметры зависимости температуропроводности минеральных почв от влажности для различных текстурных классов // Почвоведение, 2020, № 1, стр. 44-55.
2. Болотов А.Г., Карась Т.А., Лёвин А.А. и др. Измерение влажности почв методом частотной диэлькометрии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 12 (110), 2013, с.36-39.
3. Доброхотов А.В, Романов Г.П., Козырева Л.В. Исследование взаимосвязи гидротермических условий почвы с комплексными характеристиками энергомассообмена в системе «почва – растение – приземный слой воздуха». //Агрофизика. – 2020. - №1, С.45-5.

4. Гюлалыев Ч.Г., Герайзаде А.П., Троицкий Н.Б. Метрологические показатели при определении влажности почв методом измерения емкости В сб. Влагометрия с-хоз. материалов. Минск, 1987, с.105-106
5. Гюлалыев Ч.Г. Зависимость удельной электропроводности почвы от ее удельной поверхности, плотности и температуры // Агрэкологічныя праблемы почвазнаўства і землярэбства. Сб. док. XVI міжд. Науч.-прак. Конф. Курскага адд.-я МОО «Абшчэства почвазнаўцаў імяні В.В. Докучаева», прысьвячанай 175-летью са дня нараджэньня В.В. Докучаева. –Курск: ФГБНУ «Курскі ФАНЦ», 2021. С.-107-111.
6. Поздняков А.И., Гюлалыев Ч.Г. Электрофизические свойства некоторых почв Москва-Баку, Adiloğlu, 2004, 240 с., с.109-155. http://www.pochva.com/?content=1&query=%20&by=all&format_search=d&n=49.
7. Чудинова С.М. Диэлектричныя паказатэлі пачвы і катэгорыі пачвеной влягі // Почвазнаўства, 2009, № 4. С. 441-451.

АНАЛИЗ ПОЛНОТЫ И ДОСТАТОЧНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРАВОВЫХ НОРМ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ДЛЯ ОХРАНЫ ПОЧВ КАК КОМПОНЕНТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Дабахов М.В.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия
mvd1969@yandex.ru*

В соответствии с действующим природоохранным законодательством, почва относится к компонентам окружающей среды и подлежит охране для обеспечения конституционного права граждан Российской Федерации на благоприятную окружающую среду. Наряду с почвой согласно ст. 1 Федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 компонентами природной среды являются земли, недра, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир. Фактически, данный закон является вершиной иерархической структуры природоохранного законодательства, обеспечивающего охрану перечисленных компонентов, причем на нижестоящей ступени располагается ряд кодифицированных нормативных актов и федеральных законов, регламентирующих использование и охрану отдельных компонентов природной среды, в том числе Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ, Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ, Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ, Федеральный закон «О недрах» от 01.02.1992 № 2395-1, Федеральный закон «О животном мире» от 24.04.1995 № 52-ФЗ.

При этом очевидно, что из компонентов окружающей среды, перечисленных в федеральном законе № 7-ФЗ от 10.01.2002, почва является единственным, охрана которого не прописана в природоохранном законодательстве на уровне федерального закона. Рассмотрим, насколько обоснована сложившаяся ситуация и каковы ее правовые последствия.

В настоящее время в правоприменительной практике очень часто понятия «земля» и «почва» рассматриваются как синонимы и положения Главы II «Охрана земель» Земельного кодекса автоматически переносятся на почву.

Кроме этого, имеются нормативные акты, которые также рассматриваются как часть природоохранного законодательства в области охраны почв: Федеральный закон "О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения" от 16.07.1998 № 101-ФЗ, ГОСТы серии «Охрана окружающей среды» и «Охрана природы», ряд подзаконных актов, в том числе Постановления Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель», от 22 июля 2011 г. № 612 «Об утверждении критериев существенного снижения плодородия земель сельскохозяйственного назначения». Чрезвычайно важное значение в системе охраны почв имеет документ «Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 238 от 08.07.2010 г.).

Тем не менее, нарушение иерархической структуры нормативных документов, направленных на охрану почв как компонента окружающей среды, связанное с отсутствием соответствующего федерального закона, серьезно осложняет природоохранную деятельность в данной сфере.

В первую очередь необходимо указать на различия в понятиях «земля» и «почва». В соответствии с формулировкой, представленной в ст. 1 Земельного кодекса РФ, земля является природным объектом, рассматриваемым как ресурс и, одновременно, объектом права собственности. При этом наличие почвы на участке не является обязательным, если он относится к категории земель населенных пунктов, промышленности и прочих видов хозяйственного назначения, а также земель водного фонда, что само по себе свидетельствует о невозможности отождествления понятий «почвы» и «земли». В ГОСТ 59070-2020 земли охарактеризованы как «территория, на которой могут быть представлены разные типы почв, но имеющая конкретное хозяйственное назначение».

В связи с этим данный нормативный документ направлен в основном на регламентацию имущественных отношений, а необходимость охраны земель как природного объекта изложена исключительно декларативно и неконкретно.

Понятие «почва» в природоохранном законодательстве имеет чрезвычайно важное значение, поскольку позволяет точно идентифицировать объект, подлежащий охране. Классическое определение данного объекта представлено в ГОСТ 27539-88, в соответствии с которым почва - это «самостоятельное естественно-историческое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и

антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия». При этом прочие определения, характеризующие понятия «почвенный горизонт», «почвенный профиль», «структура почвенного покрова» и прочие, дают понять, что они являются исключительно природными образованиями, в которых антропогенез не имеет приоритетного значения и почвообразование является единственной причиной возникновения почвы как компонента окружающей среды.

Фактически, данное определение выводит за рамки понятия «почва» такие образования, как целый комплекс городских почв, которые не имеют природных почвенных горизонтов или только нижние горизонты исходного профиля, практически все рекультивированные почвы, для формирования которых использовались привозные грунты. При этом данные почвы подпадают под определение «природно-антропогенные объекты» из ст. 1 федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и в полном объеме выполняют экологические функции почвы [3].

Следует отметить, что это определение противоречит и действующей в России классификации почв [5, 9], в составе которых выделены антропогенно-преобразованные почвы, не соответствующие определению понятия «почва» из ГОСТ 27539-88.

Одной из наиболее острых проблем охраны почв как объекта охраны окружающей среды является идентификация и нормирование негативного антропогенного воздействия. В первую очередь, можно обратить внимание на отсутствие должной проработки классификации видов такого воздействия. Фактически наиболее полные определения видов негативного воздействия представлены только в «Методике исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды», где выделены загрязнение земель, а также их захламление, перекрытие искусственными покрытиями или объектами, снятие плодородного слоя и уничтожение.

В ст.8.6 Кодекса об административных правонарушениях дается представление о порче земель, под которой подразумевается самовольное снятие и перемещение плодородного слоя почвы, а также уничтожение плодородного слоя почвы. В данном случае почва рассматривается как составная часть или атрибут понятия «земли».

При этом идентификация каждого вида негативного воздействия с использованием существующей нормативной базы весьма проблематична. Так, например, недостаточно однозначно оформлено значение понятия «загрязняющее вещество». В соответствии с

законом «Об охране окружающей среды», к загрязняющим веществам относят химические элементы и соединения, которые в концентрациях, превышающих установленные нормативы, оказывают негативное влияние на окружающую среду, жизнь, здоровье человека. Однако в настоящее время для почв на федеральном уровне разработаны только санитарно-гигиенические нормативы (ПДК, ОДК). При этом количество нормируемых веществ крайне ограничено, что допускает излишне вольную трактовку понятия «загрязняющие вещества», которая в рамках правоприменительной практики имеет чрезвычайно важное экономическое значение.

В качестве примера можно указать на фосфаты, которые относятся к наиболее важным элементам питания растений, и их концентрация подлежит регулированию для обеспечения плодородия почв. Однако в соответствии с Распоряжением Правительства РФ «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» №1316-р от 8 июля 2015 года фосфаты отнесены к загрязняющим веществам, независимо от их содержания в почве.

В данном случае законодатель игнорировал особенности ряда элементов и соединений природного происхождения, в соответствии с которыми они в зависимости от их концентрации в почве могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на компоненты окружающей среды. При этом фосфаты по степени опасности уравниваются с такими загрязняющими веществами, как тяжелые металлы, полихлорбифенилы, хлорорганические пестициды, нефтепродукты и др.

Более того, согласно позиции Президиума Верховного суда по вопросам применения законодательства об охране окружающей среды, изложенной в Обзоре судебной практики от 24 июня 2022 года, превышение в почве концентрации вещества, не включенного в Перечень загрязняющих веществ, по сравнению с концентрацией этого вещества на сопредельной территории аналогичного целевого назначения и вида использования, может свидетельствовать о причинении вреда окружающей среде. При этом в качестве загрязняющих веществ могут рассматриваться абсолютно любые химические элементы или соединения, чем активно пользуются представители государственных надзорных органов (Росприроднадзор, Россельхознадзор) при выставлении претензий землепользователям, зачастую абсолютно необоснованных.

Очевидно, что необходим пересмотр как указанного выше перечня, так и подхода к идентификации загрязнения, который должен учитывать безопасный уровень содержания элементов и соединений, а

также значение их концентрации в почвах, обеспечивающее высокий уровень плодородия.

В данном случае мы переходим к следующей проблеме законодательной базы в области охраны почв – отсутствие экологических нормативов содержания элементов и соединений в почвах. Как указано ранее, в качестве таковых в настоящее время используются санитарно-гигиенические нормативы (СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»), разработка и актуализация которых осуществляется уполномоченными подразделениями Минздрава РФ и находится в сфере действия законодательства о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения. В природоохранной практике эти нормативы условно рассматриваются как экологические.

Однако при попытке оценки степени загрязнения почв очень часто возникает ситуация, когда загрязняющее вещество не имеет разработанного норматива. Более того, даже если такой норматив имеется, его применимость в рамках правоприменительной практики опротестовывается на основании СанПиН 1.2.3685-21, в соответствии с которыми он предназначен исключительно для населенных мест и сельскохозяйственных земель.

В практической деятельности попытки решения данной проблемы делаются с учетом положений «Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ №238 от 08.07.2010 г.), в соответствии с пунктом б которой в качестве норматива предписывается применять «значение концентрации этого загрязняющего вещества на сопредельной территории аналогичного целевого назначения и вида использования, не испытывающей негативного воздействия от данного вида нарушения».

Фактически, здесь мы имеем дело с применением фонового значения или, что более точно, значения природно-антропогенного фона элемента или соединения в почве. При этом следует иметь в виду следующие моменты:

- в природоохранном законодательстве отсутствуют понятия «фоновый участок», «фоновое содержание вещества в почве», «природный фон содержания вещества в почве» или «природно-антропогенный фон содержания вещества в почве», что дает недопустимо обширное поле для трактовки данных понятий в рамках судебных разбирательств;

- в отличие от системы оценки экологического состояния водной и воздушной среды, отсутствует утвержденная методика определения

фонового содержания элементов и соединений в почвах, в результате чего фоновое содержание веществ в почве, являющееся ключевым показателем в определении степени ее загрязнения, определяется специалистом, не имеющим необходимой квалификации для определения фонового участка и правильного отбора проб, и на основании анализа только одной пробы, независимо от ландшафтных особенностей исследуемой территории.

Такая упрощенная процедура получения фонового значения, практикуемая в рамках надзорной деятельности, обусловлена высокой стоимостью полноценного исследования, необходимого для получения результата, пригодного для расчета степени загрязнения почвы. Однако это упрощение зачастую ведет к ошибкам, имеющим экономическую значимость для природопользователей, а также дает возможность излишне вольного толкования положений нормативных актов, допускающих принятие субъективных решений при выполнении надзорных мероприятий.

Указанные выше проблемы и противоречия создают значительные препятствия при разрешении споров в сфере охраны почв. Как правило, обе стороны судебного разбирательства имеют в своем распоряжении эксперта соответствующий специальности, однако в условиях несовершенства законодательства об охране почв арбитром в данном случае является судья, не имеющий компетенции в области почвоведения и экологии. Результатом является вынесение ошибочных решений и затягивание судебных процессов, что негативным образом отражается на решении актуальных проблем в области охраны почв. Кроме этого, несовершенство нормативной базы, в свою очередь, создает условия для коррупционных правонарушений.

Таким образом, анализ существующих правовых норм, направленных на охрану почв как компонента окружающей среды, позволяет сделать вывод о незавершенности структуры природоохранного законодательства, в рамках которого среди существующих федеральных законов, регламентирующих охрану компонентов окружающей среды, отсутствует Закон об охране почв. При этом соответствующие основополагающие нормы и определения, регламентирующие охрану почв, находятся в составе актов более низкого иерархического уровня – Постановлениях Правительства РФ, ведомственных нормативных актах, нормативно-методических документах, являются неупорядоченными, неполными и имеющими ряд противоречий, затрудняющих их применение в рамках правоприменительной практики.

Кроме этого, имеется острая необходимость в разработке ряда дополнительных нормативных актов и нормативно-методических документов, в том числе:

- устанавливающих требования к процедуре разработки экологических нормативов содержания химических элементов и соединений в почвах,

- методика определения фонового содержания химических веществ в почвах.

Литература

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 №74-ФЗ.
2. Дабахов М.В., Дабахова Е.В. Проблемы оценки размера вреда, причиненного почвам в результате загрязнения// Теория и практика судебной экспертизы. 2022. Т.17. №4. DOI: 10.30764/1819-2785-2022-4-70-79.
3. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почвы. М.: Изд-во МГУ. 1986.
4. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 №136-ФЗ.
5. Классификация и диагностика почв России. М.: Ойкумена. 2004.
6. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 №200-ФЗ.
7. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды (утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ №238 от 08.07.2010 г.).
8. Обзор судебной практики по вопросам применения законодательства об охране окружающей среды (Утвержден Президиумом Верховного Суда Российской Федерации 24 июня 2022 года).
9. Полевой определитель почв. М.: Почвенный ин-т имени В.В. Докучаева. 2008.
10. Постановление Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель».
11. Постановление Правительства РФ от 22 июля 2011 г. № 612 «Об утверждении критериев существенного снижения плодородия земель сельскохозяйственного назначения».
12. Федеральный закон №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002.
13. Федеральный закон «О недрах» от 01.02.1992 №2395-1.
14. Федеральный закон «О животном мире» от 24.04.1995 №52-ФЗ.
15. Федеральный закон "О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения" от 16.07.1998 № 101-ФЗ.

ИННОВАЦИОННЫЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ЦИФРОВОЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ ЗЕРНА

Закладной Г.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова», г. Москва, Россия
vlaza@list.ru*

Выращенное зерно является основой продовольственной безопасности страны.

Во время хранения зерно подвергается поражению вредными насекомыми. У пораженного зернышка вместо половины выеденного эндосперма содержатся «мясо» насекомого, экскременты, личинные шкурки, паутина, мочевая кислота и другие выделения вредителей [1]. Пораженные зерна ядовиты. Их невозможно отделить от здорового зерна. Их содержимое на мельницах и крупозаводах переходит в хлеб, муку, крупы, макароны. Происходит постепенное отравливание населения.

В системе защиты зерна от поражения его насекомыми первостепенное значение имеет раннее их обнаружение до того, как они размножатся и нанесут значительный ущерб.

Гостированные методы анализа зараженности зерна заключаются в отборе от партии зерна в зернохранилище средней пробы 2 кг, доставке ее в лабораторию, просеивании на ситах, выделении, идентификации и подсчете вредных насекомых. По оценкам Сибирского филиала ВНИИЗ (приведенным в отчете о НИР № Гр 74018333, 1974) только отбор проб для одного анализа в одном типовом зерноскладе требует затрат до 30 человеко-часов.

Нередко на хлебоприемных предприятиях бывают десятки складов, а в элеваторах – сотни силосов. Это значит, что для соблюдения требований Инструкции по хранению зерна и ГОСТ 13586.6-93 «Зерно. Методы определения зараженности вредителями» предприятия должны каждые 10-30 суток отбирать сотни средних проб зерна и проводить анализы их на зараженность вредителями.

Из-за такого огромного объема работы по выявлению насекомых в зерне в современных условиях ни на одном предприятии невозможно провести определение зараженности зерна насекомыми в хранилищах в соответствии с требуемыми правилами. Это обстоятельство

приводит к запоздалым оценкам показателя зараженности и большим убыткам из-за непринятия соответствующих мер по предотвращению катастрофического увеличения численности насекомых в зерновых массах. По моим расчетам, основанным на глобальном обследовании, насекомые съедают в год 6-8% выращенного хранящегося зерна. Немало испорченного зерна выбрасывается на свалки.

Указом Президента Российской Федерации № 204 от 07.05.2018 года в целях осуществления прорывного научно-технологического развития поручено Правительству Российской Федерации обеспечить на период до 2024 года ускоренное внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере.

Традиционная оценка состояния государственных запасов зерна представляет собой тяжелый и опасный труд.

Эту актуальную проблему призвана решить система удаленного роботизированного цифрового мониторинга состояния зерна, созданная по поручению Минпромторга РФ. В ее разработке участвовали: ФГБНУ «ВНИИЗ», Кубанский филиал ФГБНУ «ВНИИЗ», ООО «НТЦ Компюс», ОАО «Мельинвест», ООО «ВЛАЗА», АО «Хлебная база Поворино».

Основой системы являются измерители параметров зерновой массы (ИПЗМ). ИПЗМ представляет собой зонд прямоугольного сечения длиной около 1 м. В верхней и нижней частях зонда имеется перфорация для воздухообмена. В районе перфорированной части установлены датчики температуры с разрешающей способностью 0,1°C и относительной влажности воздуха с разрешающей способностью 0,5 %, воспринимающие информацию об этих параметрах зерновой массы в двух ее слоях: на глубине примерно 0-10 см и 70-80 см.

Зонд одновременно представляет собой ловушку насекомых. Его стенки перфорированы отверстиями для проникновения в него насекомых из окружающей зерновой массы. Насекомые, пролезая через отверстия в ловушку, проваливаются вниз зонда. Пролетая через отверстие приемного конуса, расположенного в нижней части зонда, насекомые минуют инфракрасный датчик – счетчик насекомых. Наконец, насекомые попадают в прозрачный сборник, находящийся внизу зонда. Сборник можно легко извлечь из зонда и определить видовой состав и численность каждого вида насекомого.

Идея, заложенная в реализации счетчика, заключается в том, что при проходе через отверстие приемного конуса объект попадает в зону открытого оптического канала. Открытый оптический канал представляет собой свободное пространство между инфракрасным излучателем и инфракрасным приемником, установленными рабочими поверхностями навстречу друг другу. Для повышения чувствительности

применен двухканальный фотоприемник с разнесенными по рабочей поверхности датчиками с расстоянием между ними около 1 мм.

Расстояние между рабочими поверхностями (ширина канала) около 3мм. Высота чувствительной области этого открытого оптического канала около 2 мм.

При отсутствии в открытом оптическом канале посторонних объектов излучение от излучателя попадает на приемник. При этом приемник работает в импульсном режиме и на самом деле получает высокочастотную импульсную последовательность. Таким образом, при отсутствии оптически плотных элементов в рабочей зоне оптического канала приемник получает непрерывную импульсную последовательность.

Пролетающий под действием силы тяжести в открытом оптическом канале объект (например, жук) кратковременно ослабляет (частично перекрывая своим телом) поток излучения, идущий на фотоприемник, что приводит к кратковременному прекращению импульсной последовательности. Количество "потерянных" импульсов подсчитывается фотоприемником. При потере более 5 импульсов идентифицируется начало прохождения посторонним объектом зоны контроля в открытом оптическом канале и ожидается окончание этого прохождения. Окончание этого прохождения определяется по возобновлению импульсной последовательности на фотоприемнике.

Счетчик насекомых будет увеличен на единицу только в том случае, когда идентифицировано начало прохождения и окончание прохождения.

В проведенных экспериментах пролетающий в ловушке объект (насекомое) приводил к получению в среднем около 50 импульсов (порог ранее указан - 5 импульсов), т. е. запас чувствительности достаточно высок.

Верхняя часть зонда снабжена соединительной коробкой. В соединительной коробке размещен измерительный цифровой блок и осуществляется подключение проводов. По проводам осуществляется подвод питания и опрос данных.

ИПЗМ должен устанавливаться в зерновую насыпь таким образом, чтобы соединительная коробка находилась над поверхностью зерна. Остальная часть зонда находится в зерновой массе.

Все устанавливаемые в зерновую насыпь ИПЗМ соединяются между собой параллельно 4-х проводной шиной. Из силоса в лабораторию протягивается 4-х проводной кабель.

К кабелю подключается блок питания и компьютер, на котором осуществляется отображение мгновенных значений измеряемых параметров.

Измеряемые данные отображаются на компьютере в виде численных значений и графиков.

Предусмотрена возможность записи всех собираемых данных в базу данных с отметками времени и с возможностью анализа данных за длительные интервалы времени по критериям.

В составе ИПЗМ наряду с созданием зонда разработаны:

- алгоритм передачи информации о величине и динамике указанных показателей в реальном времени;
- программы обработки полученной информации и визуализации ее на дисплее персонального компьютера, в том числе с указанием: «нормально», «тревожно», «опасно».

Измерительный комплекс позволяет оценивать текущее состояние зерновой массы по следующим измеряемым и вычисляемым параметрам:

- температура зерна;
- аппроксимированная на интервале времени скорость изменения температуры зерна;
- направленность вектора изменения температуры зерна;
- относительная влажность межзернового воздуха;
- аппроксимированная на интервале времени скорость изменения относительной влажности межзернового воздуха;
- направленность вектора изменения относительной влажности межзернового воздуха;
- зараженность насекомыми;
- аппроксимированная на интервале времени скорость изменения зараженности насекомыми;
- направленность вектора изменения зараженности насекомыми.

Производственную проверку системы проводили в складе и на элеваторе АО «Хлебная база Поворино» в Поворино Воронежской области.

В складе два ИПЗМ устанавливали в зерно вдоль продольной стены и три ИПЗМ размещали в зерно по гребню насыпи и подключали к коммуникациям.

В элеваторе ИПЗМ устанавливали по одному в каждый из 5 силосов.

В элеваторе сигналы от ИПЗМ по проводам поступали на роутер на крыше рабочей башни. На этот же роутер поступали сигналы от роутера, установленного снаружи склада. От роутера с крыши лаборатории по проводам все сигналы, полученные от роутера на элеваторе, поступали на персональный компьютер в лаборатории, где они визуализировались на дисплее. Динамика этих данных сохранялась в памяти компьютера. В режиме *online* эти данные могли наблюдать все участники испытаний в Поворино, Москве, Краснодаре и Нижнем Новгороде.

Сотрудники лаборатории параллельно проводили анализ зараженности зерна вредителями традиционным методом в соответствии с ГОСТ 13586.6-93.

Результаты анализа зараженности зерна насекомыми и клещами, представленные в табл., показали, что традиционный метод анализа по ГОСТ 13586.6-93 показал отсутствие насекомых в зерне.

Таблица. Результаты производственных испытаний системы цифрового мониторинга зараженности зерна вредителями

Вредители	Обнаружено за 50 суток, экз.	
	ГОСТ 13586.6-93	ИПЗМ
Насекомые	0	343
Клещи	0	208

Через систему цифрового мониторинга за 50 суток наблюдений были обнаружены и идентифицированы сотни экземпляра насекомых и хлебных клещей. Это доказывает, что система позволяет на более ранних стадиях, чем традиционный метод, обнаруживать зараженность зерна вредителями и заранее принимать решения по сохранению зерна.

С ее помощью можно видеть состояние любой партии зерна из любой точки Земли.

Свою работу по Указу Президента РФ мы выполнили. За агропромышленным комплексом остается в силе поручение президента: до 2024 года внедрить цифровой мониторинг состояния зерна в практику его хранения.

Это поручение легко выполнить. Достаточно включить в условия участия в тендерах на хранение интервенционных фондов и государственных запасов зерна наличие в зернохранилищах оборудования для цифрового мониторинга состояния зерна.

Выражаю глубокую благодарность Маркову Юрию Федоровичу за активное участие в создании и испытаниях описанной в статье системы роботизированного цифрового мониторинга состояния зерна.

Литература

1. Антонович, Е.А., Черковская, А.Я., Закладной, Г.А., Киселева, Н.И., Сырод Н.С. Биохимическая и гигиеническая оценка зерна пшеницы, зараженного рисовым долгоносиком // Сб. науч. тр. Всесоюз. науч.-иссл. ин-т зерна и продуктов его переработки. 1987, № 109. С. 93-99.

МИКРОБИОЛОГИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВ

Ибатуллина Р.П., Крошечкина И.Ю.

*ООО НПИ «Биопрепараты», с. Осиново, Республика Татарстан
biopreparaty@mail.ru*

Эволюция термина «качество почвы», вошедшее в обиход в конце XX века, с учетом научных открытий в области биологии и физики, заставляющих по-новому воспринимать почву не как субстрат, а как живой биогенный объект, и главный ресурс растениеводства, привело к новому его пониманию как «здоровье почвы».

Новый взгляд дает осмысление проблемы исцеления деградированных почв и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Актуальность данного направления обоснована потребностью современного общества в экологически безопасной продукции, а с учетом политики РФ в области демографии и повышения уровня жизни населения становится приоритетной для сельхозпроизводителей. Однако, в настоящее время ресурсоемкое производство продуктов питания, в значительной степени зависит от использования удобрений, пестицидов и сложных ирригационных и энергетических систем. При этом, в современном обществе понятие почвы и ее плодородия как фундаментального уникального свойства и элемента национальной безопасности России не закреплено законодательно, но Законодательство РФ предусматривает ответственность за порчу земель.

Так, статья 13 Земельного кодекса РФ дает исчерпывающий список деградации земель, часть 1 ст. 254 Уголовного кодекса РФ закрепляет наступление уголовной ответственности за совершение преступления по отравлению, порче земель посредством вредных продуктов хозяйственной деятельности, загрязнению, которые повлекли причинение вреда жизни или здоровью человека, или нанесли вред окружающей среде. Согласно Кодексу об административных правонарушениях РФ (Ч. 2 ст. 8.6) предусматривается административная ответственность за уничтожение плодородного слоя почвы, а также порчу земель в результате нарушения правил обращения с пестицидами и агрохимикатами или иными опасными для здоровья людей и окружающей среды веществами.

Необходимо отметить, что осуществление государственного контроля в области земельных правоотношений во многих регионах РФ является неэффективным и имеет разобщенность между различными ведомствами. Таким образом, вопрос установления в уголовном законодательстве четких критериев и разграничения понятий различных видов причиняемого вреда окружающей среде требуют совершенствования [1].

Сельское хозяйство в отличие от других сфер очень зависит от природных факторов. Глобальные климатические изменения становятся все более значимым фактором, определяющим динамику и широкий спектр качественных параметров развития отраслей сельского хозяйства. Последствия климатических изменений для российского аграрного производства неоднозначны и варьируют в зависимости от регионов и рассматриваемых сценариев. В целом влияние изменений климата на продуктивность сельского хозяйства оценивается как умеренно негативное (в силу того, что основные отрицательные эффекты будут наблюдаться в южных регионах с наиболее развитым сельхозпроизводством) [2].

Итак, обозначенные риски привели к тому, что в настоящее время во многих субъектах РФ наблюдается критическое состояние земель, что требует пересмотра направлений научно-технического развития агропромышленного комплекса с целью перехода аграрного сектора экономики на рельсы устойчивого (экологически сбалансированного) развития.

Одно из перспективных направлений в мировом земледелии является биологизация. Глубокие теоретические принципы биологического подхода в земледелии давно заложены в науке. Учитывая роль взаимосвязи растения и микробного сообщества в формировании микробиома почвы, можно использовать потенциал биопрепаратов для производства экологически чистой продукции и органической продукции. Однако их реализация в рамках такой системы ведения хозяйства обусловлена множеством факторов, среди которых – климатические условия, технический и технологический уровень развития хозяйств, традиции севооборотов.

Центральное место в системе мер по преодолению негативных последствий техногенеза занимает разработка и освоение агроландшафтно-адаптивных систем земледелия, адекватно отвечающих на конкретные сочетания природных и техногенных факторов в соответствующих местностях.

Поскольку такие системы не могут быть шаблонными по определению, пространственной основой для их разработки и освоения становится карта агроэкологического районирования территории регио-

нов РФ, в составлении которой должен быть положен принцип много-
слойного обобщения информации: почвенно-эрозийной по диффе-
ренцированию ассортимента культур и видов многолетних трав, по
перспективам мелиорации мелководных водохранилищ и подтоплен-
ных земель и по техногенным воздействиям на агроландшафты.

Составленное по такому принципу районирование позволяет
определить направления преобразования систем земледелия с целью
достижения их адекватности условиям конкретного агроландшафта по
каждому хозяйству индивидуально.

Особое значение придано организации производства продуктов
детского и лечебного питания в зонах экологического благополучия, а
также мерам по обеспечению экологической безопасности и норма-
тивной чистоты сельхозпродукции в зонах экологической катастрофы
и риска, для чего и используется весь арсенал разработанных научно-
обоснованных технологий. С помощью адаптивного землеустройства
и введения специализированных агроэкологических технологий в растениевод-
стве и животноводстве формируется система биогеохимических барь-
еров в агроэкосистемах, препятствующая переходу токсикантов и
радионуклидов в конечную продукцию путем усиления барьерных
функций почвенного покрова, растительности и сельскохозяйствен-
ных культур, а также организма продуктивных животных [3].

Ключевым аспектом эффективности реализации подходов в обла-
сти экобиотехнологий в аграрном комплексе является, прежде всего,
выявление взаимосвязей элементов биологической системы земледелия
(далее БСЗ) и современных методов, а также подходов в области
сохранения и повышения продуктивности почв как основного ресурса
для обеспечения продовольственной безопасности страны и апроба-
ция полученных результатов в условиях агрокомплексов.

Сущность БСЗ состоит в реализации ряда основных критериев, в
которых почва является основополагающим элементом:

- восстановление полноценного круговорота органики;
- использование щадящих почвообрабатывающих технологий;
- создание устойчивых средообразующих ландшафтов;
- внедрение адаптивных и энергосберегающих технологий возде-
лывания сельскохозяйственных культур.

Ключевое положение БСЗ исходит из того, что биомасса расте-
ний состоит из углерода (45%), кислорода (42%), водорода (6,5%),
азота (1,5%), минералов (5%). Все эти вещества органического проис-
хождения образуются в почве в результате переработки органики
микробами. Кроме того, органика при переработке микроорганизмами
выделяет энергию, необходимую для деятельности почвенных живых
сущностей, в результате которой они ее рыхлят, структурируют, обеспе-

чивают газообмен, распределяют питательные вещества, сохраняют влагу и т.д.

Учитывая основные элементы БСЗ и опыт хозяйств РТ, активно внедряющих и развивающих биотехнологии, а также особую значимость сохранения и приумножения плодородия почв, увеличение полезной биоты, как ключевого момента в биологизации земледелия, можно сформулировать ряд основных задач, стоящих перед аграриями в области экологизации сельскохозяйственной отрасли и повышение потенциала почвенной биоты:

- применение органических удобрений с целью повышения отдачи пашни, 6-7 т /га;
- использование севооборотов с включением многолетних трав и зернобобовых культур, что является эффективным механизмом борьбы с утомляемостью почвы;
- подбор растений, наиболее пригодных для данной местности;
- использование биологических средств защиты растений (биоудобрения, биостимуляторы, биофунгициды, биодеструкторы, биоинсектициды);
- мульчирование почвы в целях борьбы с сорняками, сохранения влаги и тепла;
- известкование почвы. При внесении известковых удобрений улучшаются агрохимические, биологические и агрофизические свойства почвы. Грибная микрофлора (патогенная) сменяется на бактериальную, кратно увеличивается содержание минеральных веществ за счет фосфатмобилизирующих, азотфиксирующих, нитрифицирующих бактерий, разлагающих органику, в частности целлюлозу;
- применение биопрепаратов, способных стимулировать рост азотфиксирующих, бактерий из воздуха, а также фосфатмобилизирующих для всех полевых культур;
- запашка соломы и пожнивных остатков;
- увеличение использования сидератов (зеленых удобрений) – улучшителей почвы, которые будут способствовать дополнительному вовлечению в оборот атмосферного азота, труднодоступных форм фосфора и калия, оздоровления фитосанитарной обстановки, обогащения почвенной биоты;
- сокращение объемов применения химических препаратов за счет использования потенциала почвенной биоты, ее активизации с помощью биопрепаратов приведет к снижению пестицидной нагрузки на почву и повышению процессов ее самовосстановления;

- создание адаптивно-ландшафтной системы земледелия, создание оптимальных условий для активизации биоценоза. Внедрение новых почво- и ресурсосберегающих технологий обработки почвы, позволит значительно снизить уплотнение почвы сельхозугодий.

Целесообразно развивать интегрированную систему защиты в растениеводстве: специально подобранную и обоснованную для условий хозяйства и специфики возделываемых культур, в зависимости от инфицирования семян использовать «химию» до 50% и «биологию» до 100% совместно в баковой смеси. Данные мероприятия также позволят добиться снижения токсикоза почвы как последствия биологической и биохимической деградации почв, и уменьшения уплотнения токсикантов в почве, и как следствие, ускорения их разложения за счет активизации почвенной микрофлоры и реализации элементов БСЗ [4].

Все приемы биологизации земледелия в комплексе оказывают мощное положительное влияние на самоочищающуюся способность (супрессивность) почвы от патогенов и устойчивость растений к болезням, что позволяет избавиться от потребности в пестицидах и уменьшить потери урожая.

Литература

2. Салиндер Л.Т. Уголовная ответственность за порчу земель / Л.Т. Салиндер. Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2022. № 14 (409). С. 207-209. URL: <https://moluch.ru/archive/409/89738/> (дата обращения: 01.08.2023).
3. Ксенофонтов М.Ю., Ползиков Д.А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе// Проблемы прогнозирования. 2020. № 3.
4. Ильязов Р.Г., Хабилов И.К., Габбасова И.М. Система ведения агропромышленного производства в Республике Башкортостан //Российская академия сельскохозяйственных наук, Академия Наук РБ, Министерство сельского хозяйства РБ, Башкирский государственный аграрный университет Башкирский НИИ сельского хозяйства РАСХН. Уфа, 2012, Издательство: Издательство "Гилем" (Уфа).
5. Ибатуллина Р.П., Алимова Ф.К., Крошечкина И.Ю., Кожемяков А.П., Лактионов Ю.В. Перспектива будущего: низкзатратные биотехнологии. Рекомендации по применению биологических препаратов ООО «НПИ «Биопрепараты» в растениеводстве, кормопроизводстве и животноводстве. Казань: Центр инновационных технологий, 2019. 162 с.

МИГРАЦИЯ ПОДВИЖНЫХ ПЕСТИЦИДОВ В ПОЧВЕ: ПРОБЛЕМЫ ФИЗИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Кокорева А.А.^{1,2,3}, Гасина А.И.¹, Колупаева В.Н.², Белик А.А.²,
Макарова Е.П.¹, Антикаев Р.С.³**

¹ *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия*

² *Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
Б. Вяземы, Россия*

³ *ООО «Центр экопестицидных исследований»
kokoreva.a@gmail.com*

Исследование структуры почвы и ее пространственных характеристик – это исследование фундаментальных основ иерархичной пространственной организации почв, которая определяет все важнейшие функции почв, в том числе и транспортные, влаго- и энергоперенос. Знание того, как поровое пространство почвы влияет на физический транспорт загрязняющих веществ (пестицидов), является основой управления почвами, экологическим риском и важнейшей составляющей рационального управления почвами.

На сегодняшний день количество применяемых в сельском хозяйстве средств защиты растений растет год от года. По данным Россельхозцентра в 2019 г. было использовано 68,07 тыс. тонн [1]. Остатки пестицидов и удобрений по данным мониторинга, проводимого Гидрометцентром, находят в высоких концентрациях, свыше принятого в ЕС порогового значения 0.1 мкг/л [13, 14]. Все эти данные, особенно активно обсуждаемые последние 30 лет, вызывают озабоченность среди экологов по поводу качества водных ресурсов, как для поверхностных водоемов, так и для грунтовых вод [7].

Миграция пестицидов в почве проходит на фоне их разложения и осуществляется, в основном, за счет конвекции с потоком воды. И в модельной, и в реальной почве равномерный фронт передвижения раствора наблюдается редко. Конвективный перенос осложняется специфическим почвенным явлением – дисперсией, которая описывается коэффициентом «шаг смешения». Чем более неоднородно поровое пространство почвы, чем извилистее поры, тем выше этот параметр. Еще более осложняет движение пестицидов в почве явление быстрого переноса веществ по макропорам с преимущественными потоками [4]. Поэтому, кроме свойств самого вещества, при описании

миграции пестицидов необходимо учитывать и почвенные параметры массопереноса. В связи с таким сложным механизмом передвижения пестицидов в почвах изучение их миграции сочетает лабораторные колоночные эксперименты, полевые лизиметрические и деляночные эксперименты, а также математическое моделирование.

Исследование подвижности и миграции пестицидов в почве требует понимания общих механизмов передвижения веществ с потоками воды. По состоянию на 2018 год база The Web of Science показывает около 2500 работ при использовании поиска с ключевыми словами: пестициды, выщелачивание и почва [16]. Неоднородность порового пространства почвы, его дисперсность, наличие крупных и неровных пор, трещин значительно изменяет подвижность пестицидов и, часто, увеличивает риск загрязнения сопредельных с почвой сред [8, 11]. Эксперименты по контролю вымывания пестицидов из профиля почвы демонстрируют быстрое проникновение токсикантов в грунтовые воды по механизму преимущественной миграции [15]. Как следствие этого процесса, появление сразу больших концентраций пестицидов в начале фильтрационных экспериментов [12].

Лабораторные фильтрационные эксперименты с почвенными монолитами разного размера двух противоположных по гранулометрическому составу почв позволили определить основные гидрохимические параметры почв, проследить движение воды и пестицидов [6]. Исследования показали, что шаг смещения будет больше в хорошо структурированных почвах с высоким содержанием глины ($\lambda=40-64$ см), чем в супесчаных «легких» почвах ($\lambda=4-9$ см).

Для изучения подвижности пестицидов были подобраны отличающиеся по физическим и химическим свойствам почвы для изучения различных механизмов поведения действующих веществ пестицидов в них. Несмотря на кажущееся сходство порового пространства (значение порозности в верхних горизонтах на уровне 55% для обоих вариантов почв), скорость фильтрации в порах значительно отличалась (23,2 см/сут в агродерново-подзолистой почве и 341,8 см/сут в аллювиальной). Закономерно, что выходные кривые как хлора, так и калия в данных горизонтах были весьма похожи. Это демонстрирует, что в условиях небольшого масштаба монолита, различия в скорости фильтрации не влияют на сам характер миграции и сорбируемого, и несорбируемого ионов. Это подтверждается и значениями шага смещения (1 и 2 см для агродерново-подзолистой и аллювиальной серогумусовой почвы, соответственно).

Но кроме конкретного горизонта почвы интереснее изучить миграцию веществ на переходах от горизонта к горизонту. С этой целью миграция пестицида изучалась и в больших 30 см монолитах [6]. Для

агродерново-подзолистых почв наблюдался более быстрый выход иона хлора, тогда как для аллювиальных почв концентрация хлора в стоке увеличивалась постепенно. Выход иона калия запаздывал, и в рамках эксперимента не удалось получить 100% выход, что объясняется его сорбцией. Соответственно, для агродерново-подзолистых почв установлены и более высокие значениями шага смешения. Этот же вывод можно сделать и по характеру профильного распределения плотности, влажности, содержания ионов хлора и калия в колонках.

Поскольку во всех моделях профиль почвы делится на слои, а длина 30 см может превышать мощность горизонта, была проведена серия фильтрационных экспериментов с монолитами высотой 10 см для агродерново-подзолистой почвы для определения значений шага смешения. Также был проведен эксперимент с большими монолитами для пахотного и подпахотного горизонтов агродерново-подзолистой почвы, которые использовались для томографического анализа. Сравнивая результаты данного эксперимента с результатами, полученными из эксперимента с малыми монолитами, можно утверждать, что значения шага смешения закономерно возрастают с увеличением масштаба выбранных объектов (с увеличением изучаемого масштаба порового пространства) [5].

Анализ порового пространства почв томографическим методом проводили для двух монолитов пахотного горизонта ($h=30$ см, $d=10$ см) и двух монолитов нижележащих горизонтов EL-ELB ($h=20$ см, $d=10$ см) агродерново-подзолистой почвы. Размер томографически видимых по снимкам пор составляет от 1 мм и более. Объем томографически видимого порового пространства для верхнего горизонта варьирует между монолитами, составляя 6-9%, монолиты из нижнего горизонта практически не отличаются друг от друга (порозность 2,5%). С насыщением наблюдается общая тенденция снижения доли пор. Результаты хорошо соотносятся с предыдущими фильтрационными экспериментами по определению шага смешения. Было проведено сравнение содержания макропор, полученного по томографическим снимкам с рассчитанным с помощью педотрансферных функций, встроенных в модель MACRO: значения близки, следовательно, подобные педотрансферные функции действительно могут быть использованы в условиях отсутствия другой возможности найти такой параметр как доля макропор в общей порозности почвы.

В исследованиях переноса циантрилипрола в почвенных монолитах содержание пестицида в фильтрате из колонки с агродерново-подзолистой почвой заметно возрастает со временем, тогда как фильтрат из аллювиальной почвы содержит незначительные количества

пестицида. Только большей сорбции пестицидов аллювиальной почвой недостаточно для таких резких отличий в миграции. В агродерново-подзолистой почве наблюдался перенос вещества по макропорам и пестицид не успевал взаимодействовать с почвенной матрицей, поэтому его содержание по профилю колонки варьировало гораздо меньше, чем в аллювиальной почве. Разрешение томографа было таково, что удалось снять макропоры (более 1 мм) отдельно от остальных почвенных пор.

Судя по томографическим снимкам, поры в пахотном горизонте представляют собой равномерную сетку из разнонаправленных пор и трещин различного диаметра. Происхождение и разнообразие этих пустот объясняется большей подверженностью этой части почвенного профиля трансформации как при естественных процессах набухания/усадки, замерзания/оттаивания, формирования пор и каналов корнями растений, почвенной фауной, так и вследствие предыдущего антропогенного воздействия - вспашки. Напротив, в горизонте В поры в основном имеют вытянутую округлую форму и направлены преимущественно вертикально. Это объясняет некоторые предыдущие результаты фильтрационного эксперимента с солью KCl для этих же монолитов [17], когда размывание фронта движения в верхнем горизонте практически не наблюдается и шаг смещения, который описывает этот размыв, приближен к классическим 5 см [6]. В то время как в горизонте А ниже по профилю размывание фронта движения растворов гораздо значительнее за счет быстрого проскока по макропорам и шаг смещения достигает больших значений, как по лабораторным экспериментам с малыми монолитами длиной 10 см, так и с большими монолитами длиной 30 см [18], так и по полевым экспериментам [17]. И томографическая 3D картина архитектуры порового пространства средней части колонок наглядно визуализирует эти числовые, но косвенные характеристики.

При рутинной оценке риска применения пестицидов в составе конкретных препаратов применяется одинаковая, стандартизированная система оценки риска, которая состоит из нескольких этапов. Собственно оценка риска и далее управление осуществляется с помощью математических моделей [10].

В данной схеме оценки стохастические (вероятностные) модели позволяют с помощью регрессионных уравнений описать токсикологическую зависимость доза-эффект и получить, например, значение полулетальной концентрации [9]. Для расчета риска, кроме токсикологических показателей, нужна экспозиция агрохимикатов, которую рассчитывают имитационные модели. В таких моделях используются

не регрессионные уравнения, а физические уравнения, отражающие объективные законы природы, например закон Дарси для описания движения воды в почве [3].

В гигиенической оценке агрохимикатов для оценки риска здоровью населения Агентство по охране окружающей среды США (EPA) рекомендует довольно обширный список моделей, которые позволяют привлекать обширные базы данных. В подобных моделях, помимо легко получаемых величин, как, например, параметры тела человека и параметры воздействия вещества, необходимо знать некоторые величины, касающиеся окружающей среды. Для оценки состояния экосистемы достаточно данных мониторинга, но если необходим прогноз экологической обстановки, то используются математические модели, способные выполнить расчет концентраций агрохимикатов в объектах окружающей среды.

На данный момент таких моделей, описывающих поведение пестицидов и удобрений в почве, воде, воздухе, используется много. Но, прежде чем ввести конкретную модель в рабочий процесс, каждая такая имитационная модель должна пройти этапы оценки на чувствительность, адаптации и настройки, проверки на независимом экспериментальном материале [3]. И, чем сложнее и более точна модель, тем дольше и дороже проводить процедуру адаптации и настройки. Для того чтобы не выполнять сложных расчетов при оценке малоопасных веществ, используют пошаговую систему оценки риска. В статье [2] показана такая система оценки риска для поверхностных водоемов. В случае простой оценки используется модель STEP 1-2, если прогноз по ней показывает наличие риска применения пестицида, то используют более сложноустроенную модель SWASH, в которой схема водоема предполагает наличие водосборной территории вокруг водоема. При этом прогнозные концентрации снижаются с 200 мкг/л до 2 мкг/л, приближаясь к тому, что наблюдалось бы в реальном водоеме. В случае превышения приемлемого показателя риска с помощью модели рассчитывают безопасную ширину защитной полосы для пестицидов (этап управления риском).

Для прогноза вымывания пестицидов из почвы используются преимущественно потоковые модели (PEARL, MACRO, HYDRUS). Эти модели показывают достаточную точность прогноза, но требуют серьезного экспериментального обеспечения для получения адекватного прогноза. За счет настройки некоторых физических параметров почвы удается снизить ошибки прогноза разложения и вымывания пестицидов. В конечном итоге, если модель прогнозирует концентрации пестицида в грунтовых водах выше 0,1 мкг/л или по прогнозу

присутствует накопление пестицида в почве при ежегодном применении, может потребоваться ввести управляющее решение, например, запрет использования препарата более трех лет подряд на одном и том же поле.

Трудности во внедрении метода математического моделирования заключаются в невозможности избежать некоторых ошибок при прогнозах. Ввиду большого количества свойств почв и веществ, необходимых для моделей и имеющих собственную погрешность при определении, растет и общая ошибка прогноза. Здесь необходимо обратить внимание на прогноз потоков воды и тепла в почве, который связан в первую очередь с параметрами порового пространства почвы, такими как шаг смешения и основная гидрофизическая характеристика. В трещиноватых почвах миграция пестицидов будет осложнена быстрым проскоком вещества в грунтовые воды (явление преимущественной фильтрации) и слишком быстрой миграцией вещества вниз по профилю почвы [4]. В работе [6] показано постепенное размытие фронта движения вещества с глубиной, когда в переходном к иллювиальному горизонте граница распространения вещества из ровной становилась языковатой. Это явление является следствием сложной конфигурации порового пространства, когда из равномерной сетки разнонаправленных пор и трещин различного диаметра в пахотном горизонте, поры в нижележащих горизонтах становятся более овальными и направленными преимущественно вертикально.

Для корректной работы модель должна иметь соответствующий математический аппарат (например, описывать с помощью уравнения Дарси только часть порового пространства, а для описания движения воды в макропорах использовать другие законы), а физика почв должна найти методические решения для определения численных значений параметров порового пространства [5].

В связи с таким сложным механизмом передвижения пестицидов в почвах изучение их миграции сочетает лабораторные колоночные эксперименты, полевые лизиметрические и деляночные эксперименты, а также математическое моделирование. Для использования моделей миграции агрохимикатов необходимы разнообразные знания в различных областях и большой объем экспериментальных данных о почвенных свойствах. Вклад физики почв как науки состоит в том, чтобы настраивать и подводить модель к конечному пользователю, эксперту в области оценки рисков, путем создания стандартных сценариев для различных регионов РФ, которые позволят снизить расчетные ошибки моделей, появляющиеся при подготовке почвенного экспериментального обеспечения.

Литература

1. Говоров Д.Н., Живых А.В., Шабельникова А.А. Применение пестицидов. Год 2019-й // Защита и карантин растений. 2020, №7, с. 7-8.
2. Kolupaeva Victoria N., Kokoreva Ann A., Belik Alexandra A., Pletenev Pavel A. Study of the behavior of the new insecticide cyantraniliprole in large lysimeters of the Moscow State University // Open Agriculture. 2019, v.4, №1, p. 599-607.
3. Kolupaeva Victoria, Kokoreva Anna, Bondareva Tatyana. The study of metribuzin migration in lysimeters // E3S Web of Conferences. 2020, v.175, p. 1-6.
4. Dragon, K., Drozdzyński, D., Gorski, J. et al. The migration of pesticide residues in groundwater at a bank filtration site (Krajkowo well field, Poland) // Environmental Earth Sciences. 2019, v.78, article №593.
5. Умарова А.Б. Преимущественные потоки влаги в почвах: закономерности формирования и значение в функционировании почв. М.: ГЕОС. 2011. 269 с.
6. Perez-Lucas G., Vela N., Aatik A.El., Navarro S. Environmental Risk of Groundwater Pollution by Pesticide Leaching through the Soil Profile // Pesticides, Anthropogenic Activities and the Health of our Environment. 2018, Chapter 1, 27 p.
7. Gärdenäs A.I., Simunek J., Jarvis N., van Genuchten M.Th. Twodimensional modelling of preferential water flow and pesticide transport from a tiledrained field // Journal of Hydrology. 2006, v.329, p. 647– 660.
8. Jarvis N. J. A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality // European Journal of Soil Science. 2007, v. 58, p. 523–546.
9. Kördel W. and Klein M. Prediction of leaching and groundwater contamination by pesticides // Pure Appl. Chem. 2006, v.78, №5, p. 1081–1090.
10. Katagi T. Soil Column Leaching of Pesticides // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. 2013, v.221, p. 1-105.
11. Belik A.A., Kokoreva A.A., Kolupaeva V.N. Migration of cyantraniliprole in fractured soils: calibration of pesticide leaching model by using experimental data // E3S Web of Conferences. 2020, v.169, p. 1-6.
12. Belik A.A., Kokoreva A.A., Bolotov A.G., Dembovetskii A.V., Kolupaeva V.N., Korost D.V., Khomyak A.N. Characterizing macropore of albic glossic retisol using computed tomography // Open Agriculture. 2020, v.5, №1, p. 1-10.
13. Shein E.V., Belik A.A., Kokoreva A.A., Kolupaeva V.N., Quantitative estimate of the heterogeneity of solute fluxes using the dispersivity length

for mathematical models of pesticide migration in soils // Eurasian Soil Science. 2018, v.51, p. 797-802.

14. Shein E.V., Belik A.A., Kokoreva A.A., Kolupaeva V.N., Pletenev P.A. Prediction of Pesticide Migration in Soils: the Role of Experimental Soil Control // Moscow University Soil Science Bulletin. 2017, v.4, № 72, p. 185-190.
15. Guidelines for Ecological Risk Assessment (Federal Register 63(93):26846-26924) U.S. EPA. 1998
16. Guidance for Benchmark Dose (BMD) Approach - Continuous data. Medical Toxicology Branch, Department of Pesticide Regulation, EPA. 2004
17. Сметник А.А., Спиридонов Ю.Я., Шеин Е. В. Миграция пестицидов в почвах. М.: РАСХН-ВНИИФ. 2005. 327 с.
18. Кокорева А.А., Горбатов В.С. Использование математических моделей прогноза концентраций пестицидов в поверхностных водах с целью оценки риска применения пестицидов для водных организмов // Агрехимический вестник. 2010, №1, с. 27-30.

ДЕЙСТВИЕ БИОПРЕПАРАТОВ ЭКОМИК УРОЖАЙНЫЙ И ПСЕВДОФУНГ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ

Колесникова И.Я., Моисеев А.О.

*Ярославский государственный аграрный университет,
г. Ярославль, Россия
ikolesnikova500@gmail.com*

В современном земледелии активно внедряются различные экологически безопасные агротехнологии, к числу которых относится замена химических препаратов на биологические. С точки зрения создания устойчивых агроэкосистем среди биопрепаратов интерес представляют те, которые используют как средства защиты растений и те, которые способствуют увеличению урожая и его качества. В первом случае в качестве биопестицидов выступают различные антагонистические штаммы фитопатогенов, во втором – с целью улучшения режима питания растений используются биопрепараты на основе штаммов фосфатомобилизирующих, азотфиксирующих и других микроорганизмов.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в течение вегетационного периода 2022 г. в условиях лабораторного опыта, заложенного на кафедре «Экология» ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ». Были изучены биопрепараты «Экомик урожайный» и «Псевдофунг», предоставленные научно-производственным объединением «Биотехсоюз».

Экомик урожайный – универсальный, комплексно влияющий на почву микробиологический препарат, воздействие которого направлено на повышение плодородия и восстановление почв. В его состав входят представители родов *Bacillus* и *Lactobacillus*, а также комплекс биологически активных веществ. Биопрепарат Псевдофунг создан на основе бактерий *Pseudomonas fluorescens*, которые часто используют в биозащите, что связано с сочетанием их фунгицидных и ростостимулирующих свойств.

Однофакторный опыт по исследованию ростостимулирующих свойств биопрепаратов и влиянию их на биологические показатели почвы заложен в трехкратной повторности. Схема опыта включала контрольный вариант и варианты с обработками биопрепаратами. Рабочие растворы для обоих биопрепаратов готовили из расчета 1:100 и вносили в почву перед посевом семян овса посевного и через две недели после посева.

При выращивании культуры создавались одинаковые условия для всех вариантов опыта. Дважды за вегетацию проводили подкормку

растений овса мочевиной, из расчёта 0,3 грамма на опытный контейнер путем опрыскивания.

Наблюдения за динамикой развития растений проводили по общепринятым методикам, энергию прорастания и всхожесть семян согласно рекомендациям соответствующих статей ГОСТ 12038-84. В момент уборки урожая растений в фазу выхода в трубку измеряли высоту и биомассу надземной части. Содержание подвижных форм фосфора и калия определяли по методу Кирсанова. Для учёта численности микромицетов использовали метод глубинного посева почвенной суспензии на агаризованную среду Чапека в разведении 1:1000. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы DISANT.

Результаты исследований. Агрохимические показатели являются важнейшими величинами, от которых зависит будущий урожай. Доступность фосфора и калия для растений отражается как на количестве урожая, так и на его качестве. Оптимальное содержание этих двух элементов улучшает углеводный обмен растений, а также положительно влияет на устойчивость растений к неблагоприятным условиям и потреблению азота [1].

Изучение содержания подвижного фосфора в почве позволило оценить фосфатмобилизующую способность микроорганизмов, входящих в состав препаратов Экомик урожайный и Псевдофунг.

Содержание подвижного фосфора в почве варьировало от 87,2 мг P_2O_5 /кг почвы на контроле до 157,2 мг P_2O_5 /кг почвы на варианте с Экомик урожайный (рис.1).

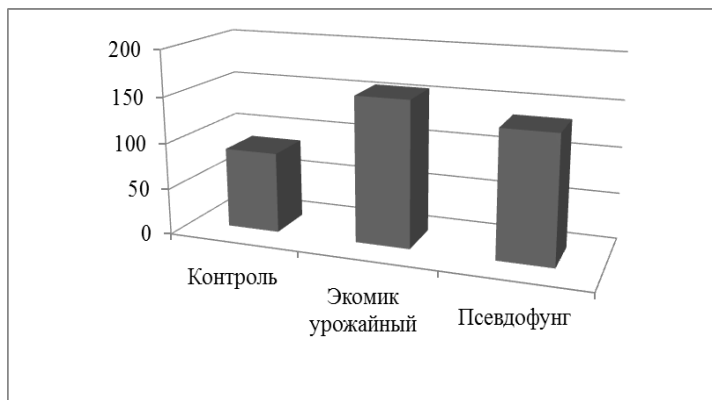


Рисунок 1. Содержание подвижного фосфора в почве на вариантах опыта, мг P_2O_5 /кг почвы

Посев произведен по расчетной норме на глубину 2,5 см одновременно во все контейнеры. В каждый контейнер высевалось по пятьдесят семян *Avena sativa* L. сорта Скакун. Площадь контейнера 0,1 м². Использовалась дерново-подзолистая среднесуглинистая почва, отобранная на опытном поле Ярославского ГАУ (д. Бекренево, Ярославского района). Набивку контейнеров почвой проводили в один день.

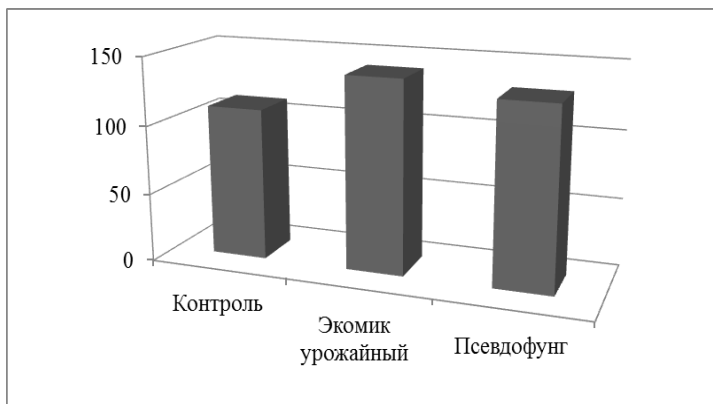


Рисунок 2. Содержание обменного калия в почве на вариантах опыта, мг K₂O/кг почвы

Содержание обменного калия также повышалось на вариантах с биопрепаратами: на контроле оно составляло 110,9 мг K₂O/кг почвы, при использовании Псевдофунга – 131,3 мг K₂O/кг почвы, Экомика урожайного – 140,5 мг K₂O/кг почвы (рис. 2).

Статистическая обработка данных показала существенность разницы в содержании подвижного фосфора и обменного калия между вариантами с биопрепаратами и контролем, что мы объясняем фосфатмобилизующей активностью микроорганизмов, входящих в их состав, а также переводом калия в более доступные формы за счёт процессов метаболизма этих микроорганизмов (табл. 1).

Среди биологических показателей почвы, быстро реагирующих на различные агротехнические приемы, выделяют почвенную биоту. В ее состав входят многочисленные группы бактерий, актиномицетов, микромицетов. Микромицеты являются важным компонентом почвенной микробиоты, их функции очень разнообразны [2, 3]. Большую роль играют микромицеты при использовании в качестве объекта мониторинга состояния экосистем [4].

Таблица 1. Влияние биопрепаратов на содержание подвижного фосфора и обменного калия по Кирсанову

Вариант опыта	Содержание подвижного фосфора, мг P ₂ O ₅ /кг	Содержание обменного калия, мг K ₂ O/кг
Контроль	87,2	110,9
Экомик урожайный	157,22	140,5
Псевдофунг	136,5	131,3
НСП ₀₅	32,2	14,5

Как показал анализ данных, полученных в условиях нашего опыта, таксономический состав микромицетов мало различался между контролем и вариантами с биопрепаратами. Везде в почве доминировали виды р. *Penicillium*. В качестве отличия можно отметить большую частоту встречаемости на контроле муко́ра и ризопуса (100% и 88,8% соответственно), отсутствие на вариантах с биопрепаратами грибов р. *Phoma* (табл. 2).

Таблица 2. Таксономический состав и частота встречаемости почвенных микромицетов на вариантах опыта в слое почвы 0-10 см

Вид микромицетов	Частота встречаемости в %		
	Контроль	Экомик урожайный	Псевдофунг
1. <i>Mucor hiemalis</i>	100	44,4	33,3
2. <i>Rhizopus sp.</i>	88,8	55,5	44,4
3. <i>Alternaria sp.</i>	0	22,2	0
4. <i>Aspergillus flavus</i>	33,3	33,3	33,3
5. <i>Aspergillus niger</i>	44,4	44,4	66,6
6. <i>Aspergillus sp. 1</i>	22,2	0	0
7. <i>Aspergillus sp. 2</i>	0	11,1	11,1
8. <i>Cladosporium sp.</i>	0	0	11,1
9. <i>Penicillium sp.</i>	88,8	77,7	77,7
10. <i>Phoma sp.</i>	33,3	0	0
11. <i>Trichoderma sp.</i>	66,6	44,4	66,6
Всего видов	8	8	8
<i>Mycelia sterilia</i>	66,6	66,6	66,6

Что касается другого важного показателя – численности микромицетов, то здесь отмечено некоторое ее снижение в пробах, обработанных «Экомик урожайный» и «Псевдофунг», больше в первом случае (рис. 3). Однако данные различия не были существенными.

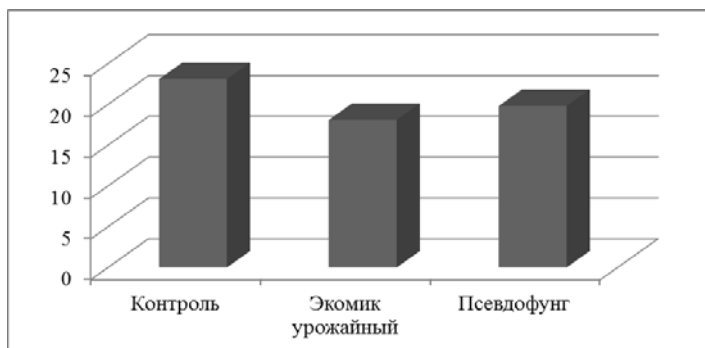


Рисунок 3. Численность почвенных микромицетов на вариантах опыта, тыс. КОЕ в 1г воздушно-сухой почвы

Уменьшение количества грибов может быть вызвано усиливающимися конкурентными отношениями между ними и бактериями, внесенными с биопрепаратами.

Целесообразность применения определенного агротехнологического приёма, в нашем случае, использования биопрепаратов, показывает величина урожайности выращиваемой культуры. Согласно полученным данным, к моменту уборки высота надземной части растений овса варьировала от 34,3 см на контроле до 38,7 см на варианте с Экомик урожайный (рис. 4).

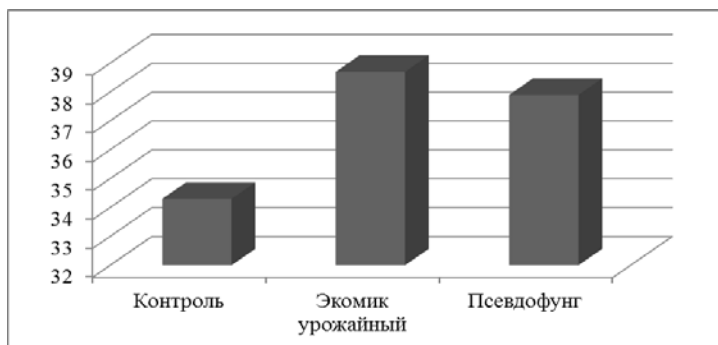


Рисунок 4. Высота надземной части овса посевного на вариантах опыта, см

Очевидно, что оба биопрепарата оказали ростостимулирующее влияние на культуру. Высота надземной части увеличилась в среднем на 10,5 % при использовании Псевдофунга и на 12,8 % при использовании Экомик урожайный (табл. 3).

Таблица 3. Влияние биопрепаратов на высоту надземной части овса посевного

Вариант опыта	Высота надземной части, см	Отклонение от контроля, %
Контроль	34,3	-
Экомик урожайный	38,7	+12,8
Псевдофунг	37,9	+10,5
НСР ₀₅	2,15	

Необходимо отметить, что наблюдаемое увеличение высоты надземной части растений на фоне применения биопрепаратов было существенным.

Помимо исследования линейных размеров надземной части растений, определялась их биомасса (рис. 5).

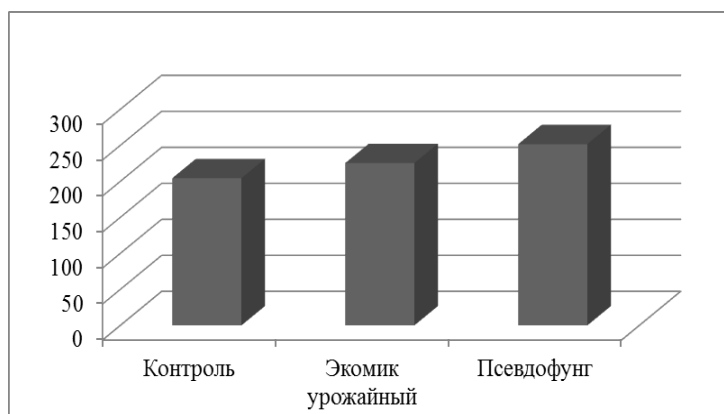


Рисунок 5. Масса надземной части растений овса посевного на вариантах опыта, г

Использование биопрепарата Экомик урожайный привело к существенному увеличению биомассы надземной части растений на 10,3 %, Псевдофунга – на 23,2 % (табл. 4).

Таблица 4. Влияние изучаемых факторов на массу надземной части овса посевного, г

Вариант опыта	Масса растений овса, г	Отклонение от контроля, %
Контроль	204,3	-
Экомик урожайный	225,3	+10,3
Псевдофунг	251,7	+23,2
НСР ₀₅	9, 87	

Заключение. Исследования показали, что положительное влияние на энергию прорастания семян оказали оба биопрепарата, но данная разница не была существенной. На всхожесть семян незначительное стимулирующее действие оказал биопрепарат Псевдофунг. Оба биопрепарата оказали ростостимулирующее влияние на растения. Высота надземной части увеличилась в среднем на 10,5 % при использовании Псевдофунга и на 12,8 % при использовании Экомик Урожайный, биомасса – соответственно на 23,2 % и 10,3%, что явилось существенной прибавкой. Микологический анализ почвы показал, что таксономический состав микромицетов мало различался между контролем и вариантами с биопрепаратами, однако численность микромицетов несколько снизилась. Содержание подвижного фосфора и обменного калия на вариантах с биопрепаратами было существенно выше контроля.

Литература

1. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник / Минеев В.Г. – М.: Изд-во Моск. Ун-та; Наука, 2006. – 720 с.
2. Колесникова И.Я. Экологическая роль почвенных микромицетов в изменении биохимических показателей плодородия / И.Я. Колесникова, А.М. Труфанов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2017. – №2. – С. 19-26.
3. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология: учеб. пособие для вузов по спец. «Агрохимия и почвоведение» / Т. Г. Мирчинк. - М.: Изд-во МГУ, 1988. – 219 с. – ISBN 5-211-00157-5. – Текст: непосредственный.
4. Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. – М.: Наука, 2007. – 215 с.

ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕНОКОСНЫХ УГОДИЙ И АГРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ СРЕДНЕОБСКОЙ ПОЙМЫ

Кушанова А.У., Коркина Е.А., Сабирзянова О.В.

*ФГБОУ ВО «Нижевартовский государственный университет»,
г. Нижневартовск, Россия
lenaknv@gmail.com*

Развитие сельскохозяйственной отрасли в Ханты-Мансийском автономном округе развито слабо в связи с тем, что территория располагается в зоне рискованного земледелия [1], а также приоритетным направлением развития является энергетическая отрасль. Территория округа, располагающаяся в таежной зоне, имеет природные ресурсы по развитию кормовой базы для крупного рогатого скота благодаря развитой пойме р. Обь [2, 3, 4, 5]. Пойма реки Обь в среднем течении занимает широтное расположение в границах таежной зоны Западно-Сибирской равнины. Максимальная ширина поймы достигает 40 км в пределах устья р. Вах. Территория поймы представлена сильно расчлененной проточной сетью со злаковыми и осоковыми лугами, ивняками, редкостойными тополевыми. Доминируют пойменные комплексы низкого уровня (40 %) с осочниками, канареечниковыми и вейниковыми лугами, хвощевниками, кочкарными осочниками в междуречьях и староречьях [6]. На повышенных и средних по высоте участках распространены пойменные луга из вейника Лангсдорфа, канареечника, разнотравья и злаковых видов. На гривах высокой поймы, абсолютные отметки которых достигают 40 м, распространены ивняки парковые, березняки и осинники разнотравные, в период половодья они не затопляются.

Изучение возможности ведения сельского хозяйства в Северных регионах было начато 50-х годах. В директиве XIX съезда партии в пятой пятилетке предусматривалось значительное расширение целинных земель. В связи с этим стало необходимо исследовать сельскохозяйственные возможности Севера, включая изучение почв. В этот период начинают появляться работы по изучению особенностей аллювиального почвообразования и опыт окультуривания целинных земель в Ханты-Мансийском национальном округе [7, 8, 9, 10, 11].

Сельскохозяйственный потенциал Ханты-Мансийского автономного округа изучен слабо. В нашем исследовании приводятся резуль-

таты работ по изучению некоторых свойств плодородия аллювиальных почв и продуктивности сенокосных угодий среднего течения р. Обь.

Объектом исследования являются аллювиальные почвы сенокосных угодий поймы Средней Оби. На исследуемом Обском участке, в пределах г. Нижневартовск, протяженностью 20 км выделено пять ключевых площадок: 1) о. Вампугол, в пределах протоки Баграс; 2) устье р. Большой Ёган; 3) устье Пристанской протоки; 4) о. Вилинский; 5) устье р. Вах. Участки характеризуются своеобразным гривистым микрорельефом, который представляет сложные системы дугообразно изогнутых песчаных валов (грив) и понижений между ними (ложбин). Формируясь в разные периоды времени, отдельные группы грив могут иметь различную ориентировку и высоту по отношению друг к другу, препятствуя развитию пойменных течений при малых глубинах весенне-летнего затопления. Межгривные понижения заняты многочисленными неглубокими озерами старичного типа, соединяющимися между собой небольшими притоками. Абсолютные отметки изучаемой территории колеблются в пределах 34,9–40,8 м.

На участках были проведены ландшафтные и геоботанические описания сенокосных угодий; трехкратные укусы травы с площадок 1 м², для дальнейшего расчета продуктивности зеленой массы сенокосных угодий. Был произведен отбор проб согласно почвенным горизонтам. Агрохимическая характеристика почвенных образцов включала определение рН водного кондуктометром inoLab 740, определение органического вещества фотометрическим методом Тюрина по ЦИНАО для минеральных образцов и гравиметрическим методом определения массовой доли органического вещества для органических проб почв, определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО, определение аммония колориметрическим методом с реактивом Несслера.

В результате обследования пойменных участков были определены ландшафтные характеристики участков:

1 ключевой участок характеризуется разнотравно-злаковой растительностью (*Calamagrostis langsdorffii* (Link), *Poa palustris* L., *Potentilla anserina*, *Sanguisorba officinalis*, *Filipendula ulmaria* и др.). В условиях кратковременного затопления паводковыми водами формируются аллювиальные дерновые глееватые почвы.

2 ключевой участок характеризуется разнотравно-осоковой растительностью (*Carex acuta* L., *Carex vesicaria* L., *Veronica longifolia* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Galium boreale* L., *Comarum palustre* L., *Equisetum arvense* L.). Условиями формирования аллювиальных дерновых

глиевых почв являются режим поёмности, аллювиальные отложения пылевато-суглинистого состава.

3 ключевой участок представлен прирусловой поймой Пристанской протоки, занятой осоковой растительностью, в основном сенокосные луга занимает *Carex acuta* L. на аллювиальных дерновых глеевых почвах.

4 ключевой участок о. Вилинский представлены заливным лугом, характеризуется осоково-злаковой разнотравной растительностью (*Carex acuta* L., *Poa palustris* L., *Festuca pratensis* Huds, *Comarum palustre* L.). Под осоково-злаковым разнотравьем сформирована аллювиальная дерновая почва.

5 ключевой участок представлен заливным лугом с пурпурно-вейниково-остро-осоковым разнотравьем (*Calamagrostis purpurea* (Trin.), *Poa palustris* L., *Carex acuta* L., *Comarum palustre* L.). Ландшафтные характеристики ключевого участка выражаются в особом широком геоморфологическом строении устьевого участка р. Вах, впадающего в р. Обь. На аллювиальных отложениях, представленных средним суглинком, формируются аллювиальные перегнойно-поверхностно-глеевые почвы.

Высокую продуктивность сенокосных угодий по зеленой массе показывает 5 ключевой участок, в районе устья р. Вах 160 ц/га. Наиболее низкая продуктивность – 73 ц/га отмечается на 2 ключевом участке, в районе устья р. Большой Ёган. Ключевые участки 1, 3, 4, расположенные в сегментах поймы р. Обь имеют продуктивность от 100 до 150 ц/га.

Агрохимические показатели содержания органического вещества, подвижных элементов и реакции почвенной среды аллювиальных почв сенокосных угодий среднеобской поймы представлены в таблице.

Агрохимические показатели подвижных элементов аллювиальных почв сенокосных угодий свидетельствуют, что они обладают повышенным и средним содержанием обменного фосфора и калия, низким содержанием обменного аммония. Полученные данные сравнили с продуктивностью зеленой массы. Наибольшее содержание зеленой массы получено на 5 ключевом участке, в районе устья р. Вах – 160 ц/га, здесь же происходит большее накопление органического вещества, которое ретинизируется в перегнойно-гумусовый материал. Накопление происходит за счет сформированного пурпурно-вейниково-остро-осокового разнотравья и особого поёмного режима, сформированного в устьевом участке р. Вах. Агрохимические показатели аллювиальных почв осоковых лугов, в отличии от почв под разнотравными лугами обладают более низким вещественными показателями состава почв. Это связано с проявлением глеевого процесса,

близким залеганием грунтовых вод на глубине 0,5 м (для ключевого участка 2, 4) 0,7 м (для ключевых участков 1, 3) и суглинистым составом пойменного аллювия.

Таблица. Агрохимические показатели вещественного состава аллювиальных почв сенокосных угодий Среднеобской поймы

Индекс горизонта, глубина, см	Среднее содержание масс. доли органического в-ва в пробе, %	P ₂ O ₅ , мг/100 гр	K ₂ O, мг/100 гр	N(NH ₄) ⁺ , мг/100 гр	pH водн.
1 ключевой участок, о. Вампугол, в пределах протоки Баграс					
AY 0-5(6)	12,8	55,0	72,0	5,0	4,4
Cg 5(6)-50	5,0	52,0	-	5,0	4,9
2 ключевой участок, устье р. Большой Ёган					
AY 0 – 12	7,65	99,0	144,0	14,6	4,7
Cg~12 – 40	3,8	36,0	80,0	5,0	4,7
3 ключевой участок, устье Пристанской протоки					
AY 0 – 15	8,4	37,0	187,0	21,5	4,2
Cg 15 – 40	3,9	90,0	59,0	5,0	4,7
4 ключевой участок, о. Вилинский					
AY 0 – 5	6,2	165,0	71,0	1,2	4,5
Cg 5 – 30	3,45	146,0	22,0	0,4	5,1
5 ключевой участок, устье р. Вах					
АН 0 – 15	34,4	94,0	260,0	45,0	4,0
C~15 – 40	12,0	2,0	-	5,0	4,0

Выводы:

1. Среднее течение реки Обь по природно-климатическим характеристикам относится к зоне рискованного сельского хозяйства, однако, в пойме сформированы высокопродуктивные луга с хорошей продуктивностью кормовой базы – осоково-злаковые, канареечниковые и вейниковые луга.

2. Результаты исследований качественных характеристик почв поймы р. Обь показали, что данные почвы обладают высоким содер-

жанием органического вещества, обменным калием. При проведении мелиоративных работ аллювиальных почв и рациональной их обработке они способны давать высокие урожаи кормов и поэтому являются крупными и еще мало использованными резервами для расширения сенокосных угодий. Аллювиальные перегнойно-поверхностно-глеевые почвы нуждаются в регулировании землепользования, их возможно использовать в ведении сельского хозяйства: обустройства сенокосов и выращивании агрокультур. Таким образом, при разумном сочетании агротехнических, агромелиоративных и гидротехнических мероприятий территории речных пойм можно превратить в культурные высокопродуктивные земельные угодья [12].

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда и Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (22-17-20011).

Литература

1. Зойдзе Е.К., Сиротенко В.П. Риск сильных заморозков на почве // Атлас природных и техногенных опасностей в Российской Федерации. – М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005. С. 210 – 211.
2. Ильина И.С. Обзорное картографирование растительности поймы р. Оби // Сиб. геогр. сб.— Новосибирск, 1976. — Вып. 12. — С. 161-182.7
3. Проблемы рационального использования и охраны почв и лугов поймы Оби / Г.В. Добровольский, Т.В. Афанасьева, П.Н. Балабко и др.; Под ред. А.И. Попова, В.Т. Трофимова // Прогноз изменения природных условий Западной Сибири. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – С. 171 – 187.
4. Шепелева Л.Ф. Организация луговых сообществ поймы Средней Оби: дис. ... докт. биол. наук. – Новосибирск, 1998. – 250 с.
5. Krasnoyarova B.A., Platonova S.G., Sharabarina S.N., Skripko V.V., Arkhipova I.V. Natural-economic zoning of West Siberia // Geographical bulletin. 2018. No1(44). P. 64–72.
6. Москвина Н.Н., Козин В.В. Ландшафтное районирование Ханты-Мансийского автономного округа. Ханты-Мансийск, 2001. 38 с.
7. Шепелев А.И. Аллювиальное почвообразование в поймах рек таежной зоны Западной Сибири.: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Новосибирск, 1999. – 35 с.

8. Гаджиев И.М., Овчинников С.М. Почвы средней тайги Западной Сибири. Новосибирск, 1977. 150 с.
9. Добровольский Г.В., Афанасьева Т.В., Ремезова Г.Л. Типология поймы среднего течения р. Оби // Природные условия Западной Сибири. М., 1973. Вып. 3. С. 107—126.
10. Славнина Т.П., Пашнева Г.Е, Кахаткина М.И., Иванова Р.Г., Абрамова М.Д., Середина В.П., Изерская Л.А. Почвы поймы Средней Оби, их мелиоративное состояние и агрохимическая характеристика, — Томск: Изд-во Томск, ун-та, 1981. 224 с.
11. Перченко Н.А. Почвы поймы Средней Оби и качественный состав их гумуса / Н.А. Перченко // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2005. - №2. с. 22 – 26.
12. Коркин С.Е., Кушанова А.У., Коркина Е.А., Соколов С.Н. Экономическая эффективность природных кормовых угодий в долине реки Оби в пределах Ханты-Мансийского автономного округа // Бюллетень науки и практики. – 2016. – №1. – С. 5-13.

БИОЛОГИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ – НАУЧНАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Лукин С.М., Русакова И.В.

*Всероссийский научно-исследовательский институт органических
удобрений и торфа – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»,
г. Владимир, Россия
vnion@vtsnet.ru, rusakova.iv@yandex.ru*

Изложены результаты многолетних научных исследований Всероссийского НИИ органических удобрений и торфа - филиала ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» по проблеме биологизации земледелия. Показана роль биологизации земледелия в экологизации сельскохозяйственного производства.

Биосферная парадигма природопользования, требования биологизации источников воспроизводства почвенного плодородия и оптимизации применения минеральных и органических удобрений становятся приоритетными в XXI веке для поддержания плодородия почв, стабильности продукционного процесса, его устойчивости к изменениям климата, получения безопасной растениеводческой продукции, сохранения биоразнообразия и экологии сопредельных сред [1-5].

Биологизация земледелия основана на широком применении органических удобрений, высокой доле бобовых сидеральных культур в многопольных севооборотах, оптимизации применения минеральных удобрений, сокращения или полного отказа от использования синтетических пестицидов, регуляторов роста и развития растений, трансгенных растений и генномодифицированных организмов.

Во Всероссийском НИИ органических удобрений и торфа проводятся многолетние научные исследования по проблеме биологизации земледелия, повышения эффективности использования биологических факторов, изучения их роли в воспроизводстве плодородия почв.

В системе биологизации земледелия органическим удобрениям принадлежит ведущая роль в воспроизводстве плодородия почв и повышении продуктивности культур.

Основными используемыми видами органических удобрений в сельскохозяйственном производстве являются навоз, помет и различные компосты на их основе. За годы реформ применение органических удобрений в сельскохозяйственных организациях России снизи-

лось в 7 раз. В последние годы оно стабилизировалось на уровне 70 - 71 млн. т или 1,6 т на 1 га посева. В 2021 г. органические удобрения применялись на 9,6% площади посева, однако средняя доза внесения органических удобрений на удобренную площадь, по сравнению с 1990 годом, снизилась с 45 до 17 т/га. В настоящее время с органическими удобрениями в сельскохозяйственных организациях поступает около 900 тыс. т д.в. NPK (17 кг/га) или 21% от общего количества, внесенного с удобрениями.

Для оптимизации режима органического вещества в пахотных почвах необходимо вносить в среднем по России 6 т/га стандартного (подстилочного) навоза или 480 млн. тонн в год. В настоящее время выход навоза и помета по всех категориях хозяйств Российской Федерации составляет 294 млн. тонн в физической массе или 211 млн. тонн в пересчете на подстилочный навоз. При этом около 90 млн. тонн навоза и помета производится в личных подсобных хозяйствах населения и в крестьянских (фермерских) хозяйствах. Общее содержание азота, фосфора и калия в навозе и помете составляет 2,9 млн. тонн, в том числе в сельскохозяйственных организациях – 1,5 млн. тонн. При существующих ценах на минеральные удобрения стоимость питательных веществ в навозе и помете превышает 185 млрд. руб, в том числе в сельскохозяйственных организациях - 120 млрд. руб.

Во ВНИИОУ разработаны и прошли производственную проверку более 30 новых технологий производства и применения различных видов и форм органических удобрений на основе навоза, торфа, почвогрунтов, соломы, опилок, лигнина, коры, сапропеля, сидеральной массы растений и других органоматериалов. Эти технологии обеспечивают получение высококачественных органических удобрений при снижении затрат на их производство на 17-23%, гарантируют экологическую и ветеринарно-санитарную безопасность их применения.

Важнейшим биологическим фактором воспроизводства плодородия почв являются сидеральные культуры. В этом направлении проведен большой объем исследований по подбору и агробиологической оценке высокопродуктивных средоулучшающих культур и их сортов, разработке системы сидерации в земледелии страны, технологий использования сидератов в самостоятельных, пожнивных и поукосных посевах в полевых севооборотах, приемов повышения эффективности использования органических и минеральных удобрений в севооборотах с сидератами, по сравнительной оценке биологизированной и органоминеральной систем удобрения, приемов оптимизации использования биологического азота в смешанных бобово-злаковых посевах однолетних и многолетних культур. Подобраны сорта и разработаны

технологии возделывания перспективных для Нечернозёмной зоны культур – донника, сои, многолетнего люпина, сорго-суданковых гибридов. Разработанные в институте технологии использования сидератов и перспективных высокопродуктивных средоулучшающих культур в Нечерноземной зоне РФ обеспечивают сохранение и повышение плодородия почв и продуктивности растениеводства, создание устойчивой кормовой базы [10, 11].

Существенное место в структуре посевных площадей Нечерноземной зоны могут иметь смешанные посевы бобовых со злаковыми и другими культурами. Они являются значительным резервом в повышении использования растениями тепла, света, осадков, питательных веществ почвы и агротехнических приемов, что связано с относительно высокой устойчивостью их к стрессовым факторам среды и более полной реализацией биопотенциала фитокомпонентов.

Селекция и семеноводство являются наиболее эффективными и организационно доступными средствами биологизации в растениеводстве. В настоящее время вклад новых сортов и гибридов в повышение величины и качества урожая оценивается в 20-30%. Имеются все основания предполагать, что в XXI веке значительно возрастёт не только продукционная, но и средообразующая, в т.ч. почвозащитная и почвоулучшающая, роль сортов и агроценозов. При этом существенное развитие получают такие направления адаптивной системы селекции, как биоэнергетическое, био(фито)ценотическое, экологическое, симбиотическое, экотипическое, а также соответствующие системы семеноводства [12, 13].

В связи с большой актуальностью ресурсосбережения в сельском хозяйстве, особое внимание в селекции должно быть уделено средоулучшающим функциям культивируемых растений (накопление органического вещества в почве, биологическая фиксация атмосферного азота, использование труднодоступных элементов минерального питания, усиление структурообразующих и почвозащитных свойств, формирование микрофитоклимата, повышение фитосанитарной роли и т.д.).

В этом направлении с использованием методов экологической селекции в сотрудничестве с научными учреждениями России, Мексики, Казахстана, Белоруссии созданы новые, адаптированные к различным условиям выращивания, устойчивые к биотическим и абиотическим стрессорам высокопродуктивные сорта с высокой средообразующей способностью – донник белый Мещерский 99, донник жёлтый Судогодский, люпин многолетний Гренадёр; 17 сортов яровой тритикале, в том числе Амиго, Норманн, Кармен и другие, озимая тритикале Судогда. Сорта допущены к использованию во многих регионах

РФ, что подтверждает их высокую экологическую пластичность и адаптивность к конкретным условиям возделывания [14-16].

Несмотря на тенденцию увеличения объемов применения органических и минеральных удобрений в нашей стране, наметившуюся в последние 2 года, уровень их внесения остается низким и недостаточным для воспроизводства почвенного плодородия. Компенсацию отсутствующих с урожаем элементов питания, повышение биогенности почв нужно осуществлять за счет интенсификации (увеличения объемов и расширения спектра) применения таких биологических средств как послеуборочные растительные остатки, валовый сбор которых значительно увеличился за последние 2 года с учетом роста валового сбора зерна.

Использование на удобрение около половины ежегодно остающихся на поле после уборки основной продукции растительных остатков может обеспечить восполнение запасов почвенного органического вещества не менее, чем на 35 - 40 млн. т, возврат в биологический круговорот до 1,3 млн.т. NPK, накопление до 300 тыс. т биологически фиксированного азота, получение дополнительно 6 - 7 млн. т з. ед.

Исследованиями ВНИИОУ установлено, что длительное систематическое применение соломы в севообороте в комбинации с минеральными удобрениями, бесподстилочным навозом, пожнивными сидератами, микробиологическими препаратами-деструкторами способствует оптимизации биологического, гумусного, агрофизического состояния почв, баланса элементов питания. Изучение многолетней динамики численности, активности и биомассы почвенного микробиома, легкоразлагаемого органического вещества показывает, что регулярная заделка соломы зерновых и зернобобовых культур позволяет поддерживать более высокий уровень этих показателей в пахотном слое почв [17, 18].

В институте в координации с ВНИИСХМ в лабораторных, вегетационных и полевых опытах проведены научные исследования по разработке методов утилизации пожнивных остатков с применением микробиологических препаратов. Установлено, что обработка соломы биопрепаратами-деструкторами, которая обеспечивает интродукцию активных штаммов микроорганизмов на солому и в дальнейшем - в почву, обеспечивает ускорение ее разложения с устранением негативных эффектов (в т.ч. фитотоксичности), возрастание биологической активности почвы и увеличение коэффициента гумификации соломы на 52-66%, содержания легкоразлагаемых форм органического вещества и микробной биомассы – в 1,2 раза, повышение урожайности последующих культур на 10-15% .

В настоящее время 179 стран мира развивают органическое сельское хозяйство, в нем занято более 2 млн. производителей. В Российской Федерации практически отсутствуют комплексные исследования влияния органических агротехнологий на почвенное плодородие, продуктивность агроценозов, качество продукции, экономические показатели производства по сравнению с традиционно применяемыми системами. Не разработаны регистры технологий органического производства, нет исследований по оценке качества продукции, выращенной по технологиям органического земледелия. Существующие рекомендации по производству органической продукции основаны на использовании зарубежных технологий, которые не всегда соответствуют природно-климатическим и экономическим условиям Российской Федерации.

Биологизация земледелия является фундаментальной и технологической основой органического сельского хозяйства. При этом исследования и разработки по биологизации земледелия могут быть использованы, как для производства органической продукции, так и при производстве продукции по интегрированным и интенсивным технологиям.

В качестве перспективных направлений развития фундаментальных и прикладных научных исследований (в т. ч. в рамках комплексных научно-технических программ и проектов, включающих в себя все этапы инновационного цикла: от получения новых фундаментальных знаний до их практического использования, с дальнейшей коммерциализацией разработок, а также в рамках межведомственного и международного сотрудничества, проведения междисциплинарных исследований), следует считать:

- Разработка агротехнологий нового поколения, базирующихся на принципах комплексного, природоохранного использования биологических и агрохимических факторов, ресурсосбережения, экологизации сельскохозяйственного производства.

- Исследования и разработки по гармонизации отраслей растениеводства и животноводства, оптимизации соотношения этих отраслей.

- Сравнительная оценка влияния систем земледелия различной интенсификации (органической, интенсивной, интегрированной и др.) на показатели почвенного плодородия, параметры круговорота биогенных веществ, секвестрацию углерода, продуктивность севооборотов, качество продукции, состояние окружающей среды, экономические показатели сельскохозяйственного производства.

- Создание и внедрение севооборотов с увеличением доли средоулучшающих кормовых культур, бобовых однолетних и многолетних трав, поливидовых посевов.

- Разработка инновационных биотехнологических методов биоконверсии органических отходов АПК для сохранения благоприятной окружающей среды и воспроизводства плодородия почв.

- Создание генотипов и новых сортов зерновых и кормовых средолучшающих культур, характеризующихся высокой продуктивностью и стрессоустойчивостью для использования в экологическом сельском хозяйстве.

- Агроэкологическая оценка и создание реестра земельных участков, пригодных для организации производства на принципах органического сельского хозяйства.

- Исследования и разработки по производству и применению новых видов и форм органических и биоудобрений, микробиологических средств защиты растений, отвечающих требованиям производства органической продукции, для хозяйств малых и средних форм сельскохозяйственного производства.

Литература

1. Ходжаева А.К., Семенов В.М., Дулов Л.Е., Семенова Н.А., Кузнецова Т.В., Семенов А.М., Ван Бругген А.Х.К. Диагностика биологических свойств почвы при органической и традиционной системе земледелия // *Агрохимия*. 2010. № 5. С.3-12.
2. Державин Л.М. Роль химизации и биологизации земледелия в отечественном производстве сельскохозяйственной продукции и обеспечение продовольственной безопасности РФ // *Агрохимия*. 2010. № 9. С. 3-11.
3. Иванов Л.А. Научное земледелие России: итоги и перспективы // *Земледелие*. 2014. № 3. С. 25-29.
4. Кудеяров В.Н., Семенов В.М. Проблемы агрохимии и современное состояние химизации сельскохозяйственного производства в Российской Федерации // *Агрохимия*. 2014. № 10. С. 3-17.
5. Кирюшин В. И. Задачи и программа научно-инновационного обеспечения земледелия и землепользования: Методические рекомендации / В. И. Кирюшин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт имени В.В. Докучаева". – Москва: Почвенный институт имени В.В. Докучаева, 2023. 96 с.
6. Борживой Шарапатка, Иржи Урбан и кол. Органическое сельское хозяйство. – Оломоуц, 2010. 398 с.
7. Organic in Europe: Prospects and developments 2016. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://ifoam-eu.org>.

8. Полушкина Т.М. Состояние и тенденции развития органического сельского хозяйства в странах Европы // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2017. №1 (49).
9. Mäder P., Fließbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P., & Niggli, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*. 2002. V. 296(5573). P. 1694-1697.
10. Биологизация земледелия в Нечерноземной зоне (научно-практические рекомендации на примере Владимирской области). Владимир. 2004.
11. Еськов А.И., Новиков М.Н., Тужилин В.М. Основные направления биологической интенсификации земледелия в Нечерноземной зоне // Агрехимические проблемы биологической интенсификации земледелия. Сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. Владимир. 2005. С. 5-21.
12. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В трёх томах. - М.: Изд-во Агрорус. 2009.
13. Бриггс Ф., Ноулз П. Научные основы селекции растений. М.: Колос, 1972.
14. Тысленко А.М., Новиков М.Н. Люпин многолетний Гренадер // Новые сорта люпина, технология их выращивания и переработки, адаптация в системы земледелия и животноводства. Сб. мат. Межд. науч.-практ. конф. 2017. С. 146-152.
15. Новиков М.Н., Тысленко А.М., Тамонов А.М. Технология возделывания и хозяйственного использования многолетнего люпина в Нечерноземье // Люпин - его возможности и перспективы. Мат. Межд. науч.-практ. конф. 2012. С. 209-213.
16. Инновационные сорта и технологии возделывания ярового тритикале / Тысленко А.М., Лукин С.М., Русакова И.В., Гриб С.И., Скатова С.Е. и др. Иваново. 2017.
17. Русакова И.В. Содержание и качественный состав гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении соломы зерновых и зернобобовых культур // Агрехимия. 2009. № 1. С. 11-17.
18. Rusakova, I. V. Microbiological and ecophysiological parameters of sod-podzolic soil upon long-term application of straw and mineral fertilizers, the correlation with the yield / I. V. Rusakova // *Agricultural Biology*. 2020. Vol. 55, No. 1. P. 153-162.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПЕСТИЦИДАМИ, С ПОМОЩЬЮ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ

Мухин В.М.¹, Старцев В.И.², Абубикеров В.А.²

¹ АО «Электростальское научно-производственное объединение
«Неорганика», г. Электросталь, Россия

info@neorganika.ru

² ФГБНУ ВНИИ фитопатологии, г. Голицыно, МО, Россия

vssort@mail.ru

Прогрессирующее загрязнение окружающей среды сделало экологическую безопасность важной составляющей национальной безопасности в целом.

Сегодня практически вся планета и, особенно районы массового проживания людей, подвержены серьёзным экологическим угрозам, главными из которых являются: радиационное заражение территорий, угнетение почв кислотными дождями, загрязнение почв химическими веществами и пестицидами, разливы нефти на суше и море и разрушение атмосферы. Загрязнение биосферы резко снижает качество жизни людей; так, по данным ВОЗ (2002 г.), факторы, влияющие на здоровье человека, зависят от: питания и образа жизни - 51%, экологии - 39%, медицины - 10% [1].

В свете вышесказанного особое внимание должно быть уделено экологической безопасности аграрного комплекса, обеспечивающего население продовольствием, т.к. почв сельхозугодий на планете всего 6% от общей территории суши, а число жителей в конце XXI века составит 10 млрд.

Проблемы глобального загрязнения окружающей среды поднимались ещё раньше российским учёным, профессором МХТИ им. Д.И. Менделеева Н.В. Кельцевым, предложившим магистральный путь разрешения ситуации. Он писал: «В настоящее время, когда вопрос жизни и смерти стоит уже не только перед армией, но и перед всем человечеством, обеспокоенным катастрофическим загрязнением биосферы, настало время вновь обратиться за помощью к адсорбции - одному из самых эффективных методов защиты окружающей среды от загрязнений» [2].

В силу своих физико-химических свойств углеродные адсорбенты (активные угли) являются уникальными и идеальными сорбционными материалами, которые позволяют решать большой круг вопро-

сов обеспечения химической и биологической безопасности человека, окружающей среды и инфраструктуры [3].

Активные угли (АУ) – это высокопористые вещества, получаемые в виде зёрен или порошка на основе различного углеродсодержащего сырья, обладающие развитой внутренней поверхностью (до 2500 м²/г) и имеющие высокие поглотительные характеристики по примесям, находящимся в очищаемых средах (в воздухе, газах, воде и других жидкостях, почве).

Экологическая безопасность аграрного комплекса и качество пищевых ресурсов имеют в настоящее время важнейшее значение для всех стран, в том числе и России. Основой производства сельскохозяйственной продукции является почва, которая подвергается сильному угнетению в результате интенсивного применения пестицидов.

Среди угроз национальной безопасности России, связанных с загрязнением окружающей среды, угрозы, обусловленные загрязнением водоёмов и питьевой воды, и угрозы, связанные с наличием пестицидов в почве и продуктах питания, являются наиболее опасными, следуя в этом ряду сразу за угрозами, вызываемыми радиационным загрязнением и разливами нефтепродуктов. Именно эти обстоятельства определяют острую актуальность применения активных углей для предотвращения деградации почв, связанной с использованием в сельском хозяйстве пестицидов.

Широкомасштабное использование в мировой сельскохозяйственной- практике разнообразных химикатов, в том числе пестицидов, обострило медико-экологические проблемы, обусловленные загрязнением продуктов растениеводства, животноводства и биосферы в целом. В настоящее время ассортимент применяемых в различных странах мира ядохимикатов насчитывает около тысячи наименований (по действующим веществам), при этом широко используют около трёхсот [4].

При решении экологических задач агропромышленного комплекса (АПК) активные угли характеризуют такие преимущества, как избирательность сорбции органических токсикантов, универсальность сорбционных свойств, высокая поглотительная способность, гидрофобность, удобная препаративная форма (зерна, порошок) и низкая стоимость.

До последнего времени, несмотря на актуальность задачи, углеродные адсорбенты для детоксикации почв не производили. Поэтому сначала были теоретически обоснованы требования к пористой структуре и препаративным формам активных углей данной ориентации

(агросорбентам), а также технологии их внесения в почву. Установлено, что агросорбенты должны иметь объём микропор не менее $0,2-0,3 \text{ см}^3/\text{г}$ при существенном развитии тонких пор ($0,8-1,2 \text{ нм}$), позволяющих прочно удерживать как молекулы самих пестицидов, так и продукты их деструкции, при этом транспортная пористость должна быть так же хорошо развита для обеспечения хорошей кинетики поглощения этих веществ.

В качестве исходного сырья для получения таких АУ могут использоваться различные углеродсодержащие материалы, такие как: каменные угли, торф, древесина, скорлупа орехов и косточки плодов, различные отходы растениеводства и др. Так нами разработан активный уголь Агросорб на основе каменного угля марки СС с использованием парагазового метода активации.

Суть метода углеадсорбционной детоксикации почв состоит во внесении в почву с использованием сельскохозяйственной техники активных углей с объёмом микропор $0,2-0,3 \text{ см}^3/\text{г}$ дозами $50-100 \text{ кг/га}$ (иногда до 400 кг/га) с последующей их заделкой на глубину $5-10 \text{ см}$.

Выбор конкретных приёмов внесения этих материалов в почву в рамках данного метода осуществляется с учётом токсикологических показателей почв и агроклиматических особенностей зоны посева. Основными из этих приёмов являются:

поверхностное нанесение (распыление) полидисперсного активного угля или водной суспензии его порошка на загрязнённый участок с последующей заделкой равномерно распределённых фрагментов адсорбента на глубину $5-10 \text{ см}$ (посев семян на обработанный таким образом участок проводят через $5-7$ суток);

внесение в семенную борозду полидисперсного активного угля или его водноугольной суспензии одновременно с высевом семян с последующей заделкой;

предпосевное локальное внесение полидисперсного активного угля или его водной суспензии в зону посевной борозды с заделкой угольного порошка на глубину $5-10 \text{ см}$ и посевом семян в обработанные полосы через $2-5$ суток [5-7].

Ниже охарактеризованы результаты полевых опытов, полученные при исследовании углеадсорбционной детоксикации подзолистых почв Подмосковья, загрязнённых гербицидами различных классов. Результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Как следует из результатов, приведенных в табл. 1, применение активного угля Агросорб позволяет сохранить урожай тест-культуры по отношению к загрязненному контролю на $20-80 \%$ вне зависимости

от типа гербицида и его концентрации, а в ряде случаев и полностью сохранить урожай.

Таблица 1. Эффективность восстановления плодородия почв, загрязнённых остатками гербицидов активным углем Агросорб дозой 100 кг/га

Гербицид	Остатки гербицида в почве, г/га	Культура	Показатели сохранённого урожая тест-культур, % к загрязненному уровню
Хлорсульфурон (ХСФ)	0,2	Огурец	16-20
		Свёкла	58-63
		Редис	23-28
Тербацил	1,4	Огурец	23-27
		Свёкла	64-69
		Редис	30-39
Пиклорам	2	Огурец	22-24
Симазин	50	Томат	22-26
Хлорсульфурон	0,4	Томат	98 - 100
	0,4	Свёкла	98-99
	0,4	Редис	98 -100

Другим важным результатом применения углеадсорбционной детоксикации почв, загрязненных гербицидами, является исключение накопления гербицидов в продукции растениеводства.

Результаты сопоставительных исследований, выполненных на чернозёмных почвах Краснодарского Края на ряде сельскохозяйственных культур при их возделывании на почвах, загрязнённых гербицидами - трефланом (1 кг/га) и 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусной кислотой) (5-10 кг/га), по обычной технологии и с использованием углеродных адсорбентов указывают, что внесение Агросорба на загрязнённые участки в количестве до 100 кг/га (в случае зерновой культуры ячменя - до 200 кг/га) позволяет резко снизить (а в ряде случаев и полностью исключить) накопление гербицидов в продуктах растениеводства и овощеводства (табл. 2).

Таблица 2. Содержание гербицидов в урожае некоторых сельскохозяйственных культур

Гербицид и его доза, кг/га	Доза активного угля, кг/га	Тест-культура	Содержание гербицида в урожае, мкг/кг
Трефлан - 1	-	Томаты	28
Трефлан - 1	100	Томаты	0,6
Трефлан -1	-	Морковь	95
Трефлан -1	100	Морковь	не обнаружено
2,4-Д-5	-	Ячмень	220
2,4-Д-5	200	Ячмень	не обнаружено
2,4-Д-10	-	Ячмень	670
2,4-Д-10	200	Ячмень	не обнаружено

Таким образом, использование активных углей для детоксикации почв путём фиксации находящихся в них остатков гербицидов имеет два важных аспекта: повышение урожайности на загрязнённых почвах в среднем на 20-80% и обеспечение возможности получения урожая диетической кондиции. Оба эффекта обусловлены адсорбцией пестицидов из почвенных растворов активными углями, т.е. их фиксацией в пористой структуре активного угля и, как следствие, лишением способности к миграции с почвенными растворами и поступлению в корневую систему растений, что и выражается в сокращении или упразднении отрицательного воздействия этих токсикантов на урожай сельскохозяйственных культур.

Наряду с этим замечено, что сорбированные на активных углях ксенобиотики также недоступны для разрушающих их почвенных микроорганизмов и что только после десорбции данного типа загрязняющих веществ в водную фазу они становятся объектами воздействия микрофлоры. Однако процесс этот весьма энергетически затруднён (замедлен во времени), что обуславливает полное самоочищение почвы от остатков токсикантов течение 3-4 лет. Следует отметить, что сам по себе активный уголь не оказывает отрицательного действия на жизнь растений и активность почвенной биоты. О безопасности активных углей свидетельствует и тот факт, что многие содержащие их препараты применяют без особых ограничений в медицинской и ветеринарной практике для лечения людей и живот-

ных в качестве эффективных сорбентов различных токсинов экзо- и эндогенного происхождения.

Особо следует отметить тот факт, что даже при выращивании сельскохозяйственных культур (свёкла, редис, огурец, томаты) на не загрязнённых гербицидами почвах имело место благотворное влияние испытанных углеродных адсорбентов на тест-культуры.

Столь очевидные положительные результаты по углеадсорбционной детоксикации почв, полученные нами на основе внесения в загрязненную остатками гербицидов почву активного угля марки Агросорб, заставили начать разработку новых марок АУ почвенного применения.

Таким образом, применение технологии углеадсорбционной детоксикации почв позволяет обеспечить восстановление плодородия почв и получение экологически чистой продукции растение- и овощеводства, что будет способствовать повышению качества жизни населения Российской Федерации [12].

По данным ВНИИ фитопатологии, ожидаемый эколого-экономический эффект от детоксикации почв достигает 500 долларов США с га и только в Московской области может составить до 30 млн. долларов США за год. Это тем более важно, что в целом по России, по имеющимся данным, загрязнение пестицидами в дозах, вызывающих подавление роста культурных растений, отмечается на 50 млн. га пашни. При условии форсированного внедрения активных углей для этих целей в сельскохозяйственную практику в ближайшие годы потребность в них только Краснодарского края - региона интенсивного земледелия - составит 25-30 тыс. т/год.

Очевидная важность применения углеадсорбционных технологий для решения экологических проблем в сельском хозяйстве в XXI веке требует расширения производства активных углей сельскохозяйственного назначения на основе различного углесодержащего сырья от соломы до каменных углей.

Литература

1. Спиридонов Ю.Я., Мухин В.М., Воропаева Н.Л., Богданович Н.И. Углеадсорбционная детоксикация почв, загрязненных остатками пестицидов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения Д.И. Чканикова «Современные проблемы гербологии и оздоровления почв» 21 - 23 июня 2016 г., Большие Вяземы. 2016. - С. 336-341.
2. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. - М.: Химия. 1976. - 511 с.

3. Самонин В.В., Подвизников М.Л., Спиридонова Е.А. Сорбционные технологии защиты человека, техники и окружающей среды. Санкт-Петербург: Наука. 2021. - 531 с.
4. Мухин В.М., Тарасов В.В., Клушин В.Н. Активные угли России -М.: Металлургия. 2000. - 352 с.
5. Мухин В.М., В., Клушин В.Н. Производство и применение углеродных адсорбентов. Учебное пособие. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2012. - 305 с.
6. Vasilyeva G.K. Potential of activated carbon to decrease 2,4,6-trinitrofluorene toxicity and accelerate soil decontamination// *Environ. J. Toxicol. Chem.* 2001. V. 20. No. 5. - P. 965-971.
7. Brown A.W.A. Ecology of pesticides. N.Y.: J. Wiley and Sons, 1987. - 525 p.
8. Спиридонов Ю.Я., Мухин В.М. Предотвращение миграции гербицидов в почвах с помощью активных углей // *Материалы всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию ИФХиБПП РАН «Почва как компонент биосферы: эволюция, функционирование и экологические аспекты»*. Пушкино, 9-13 ноября 2020. - С. 163-165.
9. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. - М.: Химия. 1984. - 582 с.
10. Мухин В.М., Клушин В.Н., Нистратов А.В. и др. Модифицирование в технологии углеродных адсорбентов. Монография. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2022. - 326 с.
11. Мухин В.М., Крайнова О.Л., Чебыкин В.В., Дворецкий Н.В., Фролов Н.А. Способ изготовления сорбента-катализатора// Пат. № 2195365 БИ № 36 от 27.12.2002.
12. Федеральный закон от 03.08.2018 № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». - 8 с.

РОЛЬ СУДЕБНОЙ И ЭКСПЕРТНОЙ ПРАКТИКИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Омельянюк Г.Г.^{1,2}, Лапина И.А.³, Копельчук Н.В.²

¹ ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, г. Москва, Россия

*² Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия*

*³ Белорусский государственный университет,
юридический факультет, г. Минск, Республика Беларусь
omel@sudexpert.ru, law@bsu.ru, nataliakopelchuk@gmail.com*

В современных условиях особое внимание уделяется проблемам экологии, включая оптимизацию экологического состояния сельскохозяйственных земель и сопредельных ландшафтов. В случае неблагоприятной экологической обстановки производство экологически чистой продукции принципиально невозможно. Даже при выращивании сельскохозяйственной продукции по технологиям, предусматривающих отказ от химических средств защиты растений, минеральных удобрений, продукции генной инженерии, она может быть небезопасной в случаях, когда на сопредельных участках или в регионе в целом используются пестициды и агрохимикаты в значительных количествах или с нарушением технологии, а также имеются признаки негативного антропогенного воздействия на почву и другие объекты окружающей среды.

Для защиты своих прав и законных интересов производители экологически чистой сельскохозяйственной продукции могут обращаться в суд. В ряде случаев возникает необходимость привлечения работников правоохранительных органов в целях проверки сообщения о преступлении или возбуждения уголовного дела по статье 254 Уголовного кодекса Российской Федерации (далее – УК РФ) «Порча земли» или по статье 269 Уголовного Кодекса Республики Беларусь «Порча земель». Статьей 247 УК РФ предусмотрена уголовная ответственность на нарушение правил обращения экологически опасных веществ и отходов. При установлении обстоятельств вышеуказанных дел важную роль играют привлекаемые криминалисты и (или) судебные эксперты.

Правоприменительная практика по делам данных категорий не лишена проблем. Приведем примеры рассмотрения судами дел, свя-

занных с нарушением экологического законодательства и обеспечением безопасности сельскохозяйственной продукции при применении пестицидов и агрохимикатов.

Управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Новосибирской области (далее – истец, Управление) обратилось в Арбитражный суд Новосибирской области с иском о возмещении вреда, причиненного почвам, в размере 26 355 468,65 рублей. Согласно доводам истца, в ходе осуществления хозяйственной деятельности ответчиком допущен слив жидкого навоза крупного рогатого скота, в результате которого произошло загрязнение почвы отходами производства и перекрытие плодородного слоя почвы навозом крупного рогатого скота. На момент проверки твердая фракция навоза практически вывезена, жидкая фракция навоза проникла в почву, что привело к порче земель, выразившейся в загрязнении плодородного слоя почвы. В целом порчей земель считается ухудшение их качества (физических, химических или биологических свойств, природно-хозяйственной ценности) в результате антропогенной деятельности. В данном случае в результате формирования на поверхности участка абиотического слоя произошло нарушение земель и почв, а именно технологическая деградация.

Доводы ответчика о том, что навоз является органическим удобрением и потому не может причинить вреда почвам, судом отклонены, поскольку данное удобрение требует определенной подготовки, обеззараживания и соблюдения специальных правил при его внесении в почву, тогда как ответчиком навоз сливался на территории, занятые землями сельскохозяйственного назначения. Доказательств осуществления специальных мероприятий по подготовке навоза ответчиком не представлено, как и доказательств наличия у ответчика на момент нарушения навозохранилищ, предназначенных для этой цели.

По результатам проведенного экспертного исследования выявлено загрязнение почвы по микробиологическим показателям (индекс энтерококков, коли-индекс) и паразитарной чистоте (яйца и личинки гельминтов) во всех образцах, отобранных на загрязненных участках. Результаты свидетельствуют об опасном и чрезвычайно опасном загрязнении почв исследуемых участков. Хранение навоза на неподготовленных площадках привело к загрязнению почвы как химическими соединениями, так и патогенными микроорганизмами, яйцами гельминтов, которые могут трансформироваться и накапливаться в сельскохозяйственных культурах, выращенных на этих земельных участках, тем самым создавая определенную эпизоотическую угрозу.

Из представленных доказательств усматривается наличие вины ответчика, поскольку ответчик целенаправленно размещал жидкий навоз на земельных участках в нарушение действующего законодательства, при этом, будучи профессиональным субъектом, осуществляющим деятельность в области сельского хозяйства, не мог не знать о недопустимости подобных действий, нарушении им установленных норм и причинении тем самым вреда окружающей среде. Обратное ответчиком не доказано.

На основании вышеизложенного Арбитражный суд Новосибирской области принял решение удовлетворить искивые требования Управления и взыскать с ООО «Сибирская Нива» сумму вреда, причиненного почве как объекту окружающей среды, в размере 26 355 468,65 рублей.

Другой пример связан с рассмотрением в Верховном Суде Республики Мордовия жалобы генерального директора ООО «Агрофирма Раздолье» (далее – Общество) на решение судьи Ленинского районного суда г. Саранска Республики Мордовия. Из материалов дела усматривается, что в отношении Общества проводилась внеплановая выездная проверка в рамках государственного контроля (надзора) в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами.

По результатам проверки выявлены нарушения требований федерального закона от 30 декабря 2020 г. № 490-ФЗ «О пчеловодстве в Российской Федерации», а также санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21.

Общество обжаловало постановление по результатам проверки в Ленинском районном суде г. Саранска. Согласно решению судьи Ленинского районного суда, г. Саранска Обществом допущены следующие нарушения: нарушение порядка оповещения владельцев пасек о предстоящем выполнении работ, связанных с использованием пестицидов и агрохимикатов; обработка полей пестицидами на недопустимо малом расстоянии от расположенного по близости водного объекта; применение пестицидов и химикатов не в полном соответствии с Государственным каталогом пестицидов и химикатов.

Верховный суд Республики Мордовия оставил решение судьи вышеназванного районного суда без изменения, а жалобу генерального директора Общества - без удовлетворения.

Для решения вопросов правового обеспечения биологизации сельскохозяйственного производства, для защиты прав и законных интересов производителей экологически чистой сельскохозяйственной продукции необходимо использование юридических знаний, включая знания в области криминалистики и судебной экспертизы.

В ходе судопроизводства для решения вышеуказанных проблем эффективно использование специальных знаний в области почвоведения, агрохимии, биологии в процессуальной и непроцессуальной формах. Основной процессуальной формой использования специальных знаний по делам данной категории является судебная экологическая экспертиза.

В соответствии с п. 22 ГОСТ Р 58081-2018 «Судебно-экологическая экспертиза. Термины и определения» судебная экологическая экспертиза представляет собой процессуальное действие лиц, обладающих специальными знаниями, которые дают заключение, отражающее ход и результаты исследования антропогенного воздействия на объекты окружающей среды. К специальным знаниям при производстве судебной экологической экспертизы относятся знания в области экологии, смежных естественных, технических, экономических наук.

Согласно Приказу Минюста России от 20.04.2023 № 72 «Об утверждении Перечня родов (видов) судебных экспертиз, выполняемых в федеральных бюджетных судебно-экспертных учреждениях Минюста России, и Перечня экспертных специальностей, по которым предоставляется право самостоятельного производства судебных экспертиз в федеральных бюджетных судебно-экспертных учреждениях Минюста России» в указанный Перечень входят судебно-экспертные специальности 24.1 «Исследование экологического состояния объектов почвенно-геологического происхождения», 24.2 «Исследование экологического состояния естественных и искусственных биоценозов», 24.4 «Исследование экологического состояния объектов городской среды» и 24.5 «Исследование экологического состояния водных объектов». Перечисленные судебно-экспертные специальности включают вопросы определения необходимости рекультивации земельных участков, в пределах которых произошло антропогенное воздействие на объекты окружающей среды (почвы, растительность, водные и иные объекты окружающей среды). Экспертная специальность 24.3 «Исследование экологического состояния объектов окружающей среды в целях определения стоимости восстановления» предусматривает разработку перечня необходимых рекультивационных мероприятий и расчет затрат на восстановление исходного состояния объектов окружающей среды, нарушенных при различных видах хозяйственной или иной деятельности.

Указанные судебно-экологические экспертизы по экспертным специальностям 24.1, 24.2, 24.3, 24.4, 24.5 осуществляются в судебно-экспертных учреждениях Минюста России на основании постановлений, вынесенных следователями, органами дознания, лицами, производящим дознание, а также на основании определений судов общей

юрисдикции и арбитражных судов. В соответствии с процессуальным законодательством помимо государственных судебных экспертов судебные экспертизы могут выполняться иными лицами, обладающими специальными знаниями. Экологические экспертные исследования (так называемые несудебные экспертизы), как правило, проводятся в рамках гражданско-правовых договоров между судебно-экспертными учреждениями и заказчиками (юридическими и физическими лицами).

Полагаем, что возрастание роли судебной и экспертной практики по делам, связанным с нарушением экологического законодательства и обеспечением безопасности сельскохозяйственной продукции при применении пестицидов и агрохимикатов, будет способствовать оптимизации экологического состояния сельскохозяйственных земель и сопредельных ландшафтов.

**ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ
АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЫ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ
(НА ПРИМЕРЕ АГРООБЪЕДИНЕНИЯ «КУБАНЬ»)**

Розов С.Ю., Большева Т.Н.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия
watcher008005@yandex.ru*

Существенное снижение почвенно-ландшафтных рисков заключается в разработке таких систем севооборотов и агротехники, которые были бы направлены на использование специфических преимуществ почвенно-ландшафтных условий конкретных полей. Данный принцип, известный в агроэкологии как система адаптивно-ландшафтного земледелия, позволяет снизить либо полностью устранить риски для большинства культур полевого севооборота [1, 2]. Это достигается за счет разделения всей совокупности пахотных земель на группы, в максимальной степени пригодные для одних культур, и неблагоприятные для других, и наоборот. Подобные группы земель в агроэкологии принято называть «тип земель» [5]. В основу такого разделения должен быть положен принцип соответствия морфобиологических особенностей и требований каждой культуры в отношении почвенно-экологических условий. По понятным причинам, нельзя ставить задачу так, чтобы разделить все поля на «пшеничные», «кукурузные», «свекольные» и так далее, но вполне реально и обосновано с точки зрения современной агроэкологии вычленить группы полей с близкими почвенно-экологическими параметрами для размещения на них именно тех севооборотов, которые в наибольшей степени были бы насыщены культурами, риск выращивания которых на данных полях был бы минимальным.

Целью настоящего исследования была оценка возможности повышения эффективности технологических схем производства продукции растениеводства, применяемых в Агрообъединении «Кубань» (АО «Кубань»), путём создания адаптивно-ландшафтной системы земледелия на основе экспертной оценки почвенно-экологических, агрохимических и технологических рисков производства районированных культур. Объектами исследования послужили агротехнологи-

ческая документация департамента растениеводства АО «Кубань» за период 2014-2018 г.г., а также данные дистанционного зондирования (космоснимки) по всем полям хозяйства, размещенные в информационно-коммуникационной среде «интернет», ресурс Google Earth [6].

Предпосылками для выполнения настоящего исследования послужили результаты экспертной оценки рисков производства сои в АО «Кубань», полученные в 2007-2009 г. Были выявлены риски выращивания сои и выработаны рекомендации по их устранению или снижению на основе систематических исследований всего комплекса природных условий (включая почвенно-ландшафтные, топографические, гидрологические), а также особенностей агротехники и севооборотов. Внедрение результатов исследования после 2009 г. позволило существенно приблизить средние производственные показатели урожайности сои в хозяйстве к уровню потенциала урожайности сортов данной культуры.

В настоящем исследовании при анализе агротехнологической документации главное внимание, как и ранее, уделялось всесторонней оценке почвенно-экологических, агрохимических и агротехнологических факторов риска. При этом были использованы их специальные группировки, разработанные при оптимизации агротехнологии сои [3]. Ограничивающие почвенно-ландшафтные условия относятся к группе устраняемых рисков. К таковым можно отнести риски, которые связаны с несоответствием почвенных и ландшафтно-экологических характеристик морфофизиологическим требованиям конкретной культуры, что было ранее показано на примере культуры сои [4].

Как показали наши исследования в 2007-2009 г.г., почвенно-экологические риски выращивания сои на исследуемой территории в целом сводятся к условиям увлажнения почв в критические фазы выращивания данной культуры. Так, например, избыточное увлажнение слабодренлируемых понижений в весенний и раннелетний периоды приводят к вымоканию растений и слабому развитию корневых систем. С другой стороны, относительно высокая дренаруемость почв повышенных элементов рельефа в засушливые периоды приводит к недостатку влаги в растениях, снижению количества завязей и бобов, понижению сопротивляемости вредителям и болезням. Значительную роль в регулировании режима влажности играет также уплотненный бесструктурный подпахотный горизонт, который в условиях атмосферной засухи во многих случаях существенно ухудшает условия влагообеспеченности растений сои. Помимо прямого негативного влияния на продуктивность сои путём препятствования развитию её корневой системы вглубь почвы, слитой подпахотный горизонт, уси-

ливаает дренарующий эффект склонов, перехватывая существенную часть инфильтрационного потока влаги и перенаправляя его вниз по склону.

Корреляционный анализ, проведенный для всех культур севооборота за период с 2014 г. по 2018 г., не выявил значимых зависимостей между урожайностью и нитрифицирующей способностью почв, содержанием в почве фосфора, калия и микроэлементов, и только для подсолнечника и сои отмечена слабая положительная корреляция между величиной урожая и содержанием гумуса и серы.

Соответственно, к числу основных почвенно-экологических условий, определяющих качество полей для выращивания сои, были отнесены:

- положение поля в рельефе и наличие в его пределах разнообразных форм рельефа, определяющих формирование почв, различных по условиям увлажнения;

- присутствие в пределах корнеобитаемой толщи слитого (уплотненного) подпахотного горизонта разной мощности и характера сложения.

С учетом вышеперечисленных факторов риска была разработана система ранжированной интегральной оценки качества полей АО «Кубань» применительно к технологии выращивания сои, которая показала удовлетворительный результат при предсказании урожайности сои на конкретном поле на основе показателя «интегральный балл качества» - ИБК. Этот показатель, предлагаемый нами для практического использования, представляет собой сумму баллов, характеризующих данное поле для трех вариантов вегетационных сезонов по условиям увлажнения (влажный, сухой и средний по увлажнению) и для обоих вариантов слитого подпахотного горизонта (мощный/сплошной или фрагментарный/отсутствующий). ИБК был использован для анализа взаимосвязей между урожайностью основных культур и качеством полей в настоящем исследовании

В первую очередь отметим, что между средней величиной урожайности сои и ИБК поля для всех полей АО «Кубань» получена устойчивая положительная корреляция для всего анализируемого периода (2014-2018 г.г.). Это позволяет констатировать, что система оценки полей по ИБК устойчиво и адекватно отражает существующую взаимосвязь между почвенно-ландшафтными особенностями полей и продуктивностью сои. Это также даёт основание полагать, что система может оказаться работоспособной и в отношении предсказания урожайности иных культур, в первую очередь – пропашных. Попытка оценить связь урожайности основных культур с ИБК поля привела к следующим результатам.

В табл. 1 приведены коэффициенты корреляции между величиной урожайности основных культур и интегральным баллом качества полей для пяти лет, различающихся по условиям увлажнения. Следует отметить, что коэффициенты корреляции были рассчитаны по всей совокупности данных по соответствующим культурам без их разделения по сортам и предшественникам, следовательно, их реальные величины должны быть существенно выше при условии учета и устранения влияния названных факторов, повышающих степень неоднородности выборки анализируемых объектов. Отметим также, что при идентичных климатических условиях, при одинаковых уровнях внесения удобрений и одинаковой агротехнике тем не менее наблюдались значительные колебания урожайности всех культур в зависимости от поля.

Таблица 1. Корреляция (R^2) между урожайностью и ИБК поля

Культура \ Год	2014 сух	2015 сред	2016 влаж	2017 влаж	2018 сух
подсолнечник	0.27	0.00	.*	-	0.35
сах. свёкла	0.19	0.04	0.12	0.23	-
кукуруза (зерно)	-0.18	-	0.39	0.21	-
озимая пшеница	-	0.04	-	-0.54	-0.11

* - нет данных

Анализ таблицы показывает, что для пропашных культур в годы, экстремальные по степени увлажнения, система оценки качества поля по ИБК даёт хотя и слабую, но устойчивую положительную корреляцию с урожайностью, как и для сои. Не вызывает сомнения, что фактор качества поля, учитывающий почвенные и ландшафтно-экологические характеристики конкретного поля, может служить одним из индикаторов, предсказывающих урожайность культур данной группы.

Диапазоны варьирования величин урожайности основных культур, рассчитанные для каждого из пяти лет, с одной стороны, показали очень слабую зависимость урожайности от условий увлажнения конкретного года, а с другой стороны, выявили, что урожайность на неко-

торых полях в сухие годы превышает урожайность тех же культур во влажные годы, но на других полях. Не исключая в данном случае влияния такого фактора, как сортовые особенности той или иной культуры, а также иные неучтенные факторы, скажем с уверенностью, что почвенно-ландшафтные характеристики полей, оцениваемые по ИБК, играют в этом варьировании урожайности одну из определяющих ролей.

С целью проверки гипотезы о зависимости урожайности основных культур, выращиваемых в АО «Кубань», от почвенно-ландшафтных условий полей, учитываемых системой ранжированной оценки по ИБК, был проведен ретроспективный анализ космических снимков земной поверхности, содержащих изображения 550 полей хозяйства, за период ориентировочно с 2005 г. по 2019 г. При этом для выявления возможных причин зависимости урожайности основных культур от почвенно-ландшафтных условий полей анализу подвергались как изображения полей условно «худшей» группы, к которой были отнесены поля с урожайностью ниже определенного уровня из всей совокупности полей для отдельного года и отдельной культуры, так и изображения полей «лучшей» группы с устойчивым во времени высоким уровнем урожайности по большинству культур.

Для отнесения полей к категории «проблемных» нами был использован условный критерий минимально приемлемого уровня урожайности по каждому их основным культурам, который произвольно принимался равным 3/4 от среднегодовой величины урожайности культуры по АО «Кубань». Такими критериями были приняты для озимой пшеницы и кукурузы на зерно – 60 ц/га, для сои – 15 ц/га, для подсолнечника – 20 ц/га, для сахарной свёклы – 450 ц/га.

Из всей совокупности полей к «худшим» было отнесено 74 поле, причем 19 из них (условно - поля категории А) показали наихудшие результаты по всем культурам в течение как минимум трёх лет из пяти в течение анализируемого периода, а 55 полей (поля категории В) – в течение двух лет и, соответственно, по двум различным культурам.

Риски, относимые нами к категории почвенно-экологических, на всех полях категорий А и В в той или иной мере связаны с нарушением режима увлажнения на определенной части поля, зачастую весьма значительной по размерам. Из-за подобных нарушений нормального режима влагообеспеченности культуры с относительно неглубокой корневой системой страдают либо от недостатка влаги в засушливые годы, либо от её переизбытка во влажные, как было показано ранее на примере сои. В любом случае, для таких пропашных культур, как подсолнечник и кукуруза была обнаружена корреляционная связь между урожайностью и ИБК полей обеих «проблемных» категорий.

От анализа ситуации с оценкой рисков, связанных с почвенно-ландшафтными особенностями конкретных полей, перейдём к обсуждению перспектив устранения или снижения рисков данной категории. Как уже упоминалось, в основу такого устранения должен быть положен принцип соответствия морфофизиологических особенностей и требований каждой культуры в отношении почвенно-экологических условий. Для этого была предложена новая система севооборотов, ориентированная на размещение оптимального набора культур на полях различного качества для обеспечения максимального уровня отдачи в экономическом плане. Основой для разработки новой системы послужил принцип снижения почвенно-экологических рисков, а также разработанная и апробированная в хозяйстве система ранжирования качества полей по ИБК. Необходимым условием реализации этой разработки на иных территориях является проверка результатов анализа информации, полученной из технической документации, по данным полевых наблюдений и экспериментов в производственных условиях.

Литература

1. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. - М., Колос, 1996, 367 с.
2. Кирюшин В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. Моск. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева. – Пушкино: Пушин. науч. центр, 1993.- 63 с.
3. Куст Г.С., Розов С.Ю., Кутузова Н.Д., Большеева Т.Н., Стома Г.В., Макаров И.Б., Цейц М.А., Девин Б.А., Андреева О.В., Марчук Е.В. Почвенно-экологические и агротехнологические особенности выращивания сои на черноземах в Краснодарском крае // Доклады по экологическому почвоведению. Электронный журнал. Москва, 2008, ISBN 99993123, 527 с.
4. Кутузова Н.Д., Куст Г.С., Розов С.Ю., Стома Г.В. Влияние пространственной неоднородности почвенных свойств на рост и урожайность сои// Почвоведение. 2015. № 1. — С.11–21.
5. Фридланд В.М. Агропроизводственные группировки почв и их роль в улучшении использования земельных фондов//Агрохимия. 1966, № 4, — С.3-13.
6. <https://earth.google.com/web>.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВЕННЫХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ

*Семенова И.Н.¹, Хасанова Р.Ф.^{1,2}, Ильбулова Г.Р.¹,
Суюндуков Я.Т.¹*

*¹Уфимский университет науки и технологий, Сибайский филиал,
Сибай, Республика Башкортостан, Россия*

*²ОСП Опытная станция «Уфимская» Уфимского федерального
исследовательского центра РАН, Уфа, Россия
alexa-94@mail.ru*

Постоянно растущее загрязнение почвы, воздуха и воды в результате промышленной деятельности оказывает серьезное воздействие на здоровье людей и в целом на окружающую среду [3]. Особое внимание уделяется загрязнению окружающей среды различными химическими соединениями, содержащими тяжелые металлы. Повышенный интерес к загрязнению окружающей среды тяжелыми металлами обусловлен тем, что эти загрязнители уступают по степени опасности только пестицидам и диоксинам, значительно опережая такие известные загрязнители, как углекислый газ и сера [9]. Тяжелые металлы, обладающие высокой токсичностью, могут накапливаться в организме человека и способствовать развитию так называемых экологических заболеваний [4].

Зауральская зона Республики Башкортостан - это территория, где долгое время разрабатывались месторождения медно-колчеданного сплава, что способствовало формированию техногенных провинций с повышенным геохимическим фоном [5]. В объектах окружающей среды Зауралья (почвенный покров, растения, биосубстраты человека) обнаружено повышенное содержание ряда химических элементов [6,11,12].

В результате техногенного загрязнения изменяются физико-химические и биологические свойства почвы [8]. При этом происходит снижение биоразнообразия эколого-трофических групп микроорганизмов, уровня их метаболической активности и способности адаптироваться к загрязнителям [1].

Целью данной работы является оценка численности и структурно-функционального состояния основных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов при различных уровнях загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

Почвы исследуемой территории (Учалинский район Республики Башкортостан) характеризуются в основном как черноземы, которые имеют темно-коричневый или черный цвет из-за их обогащения высококачественным гумусом (высокая насыщенность основанием, стабильная структура агрегата) на глубину от 35 до 45 см [10]. Преобладающими почвами Учалинского района являются выщелоченные черноземы, которые характеризуются слабокислой реакцией и относительно высоким содержанием гумуса.

Все пробные площадки были заложены методом разрезов в соответствии с розой ветров на расстоянии до 15 км от Учалинского горно-обогатительного комбината. В общей сложности из слоя 0...10 см было отобрано 27 образцов почвы в условиях сухой погоды в течение летнего периода. Для определения валового содержания металлов (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Fe, Mn и Zn) использовалась масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS, Contra, Analytik Jena). Общий индекс загрязнения был рассчитан с использованием метода Саэга [7].

Пробы почвы для микробиологического анализа отбирали в летний период с соблюдением правил антисептики из верхнего слоя почвы 0...10 см. Общее количество микроорганизмов определяли с помощью люминесцентной микроскопии с использованием акридинового оранжевого. Чашечный метод использовался для определения численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов [2]. Посев образцов почвы проводили на селективные питательные среды: микроорганизмы, использующие органические формы азота, - на мясо-пептоновый агар (МПА); микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, - на крахмально-аммиачный агар (КАА), олиготрофные микроорганизмы - на минеральную агаровую среду без источника углерода; педотрофные микроорганизмы - на почвенный агар. Определения проводили в количестве 3-5 повторений. Культивировали микроорганизмы при 28°C в течение 7-14 дней. Функциональная структура комплекса почвенных микроорганизмов определялась соотношением количества различных эколого-трофических групп. Для анализа структуры сообщества был рассчитан коэффициент минерализации как отношение количества микроорганизмов, выращенных на крахмально-аммиачном агаре (КАА), к количеству микроорганизмов, выращенных на мясо-пептонном агаре (МПА) ($K_m = \text{КАА}/\text{МПА}$); коэффициент олиготрофии как отношение количества микроорганизмов, выращенных на голодном агаре (ГА), к количеству микроорганизмов, выращенных на МПА ($K_o = \text{ГА}/\text{МПА}$); коэффициент педотрофии как отношение количества микроорганизмов, выращенных на почвенном агаре (ПА), к количеству микроорганизмов,

выращенных на МПА ($K_p = \text{ПА/МПА}$), коэффициент сукцессии (K_c) как отношение общего числа бактерий (M), подсчитанного люминесцентным методом, к числу бактерий, выращенных на МПА ($K_c = M/\text{МПА}$).

Для проведения статистического анализа использовался программный пакет Statistica 10.0 (Statsoft Inc., США).

В почвах вблизи Учалинского горно-обогатительного комбината валовое содержание Cu, Zn, Pb, Fe, Co и Mn было самым высоким, а на расстоянии 5-15 км от этого объекта оно в разной степени снижалось. Были обнаружены сильные корреляции между общим содержанием следующих металлов: Cu с Zn ($r=0,94$) и Cd ($r=0,93$), Zn с Cd ($r=0,99$), Pb ($r=0,93$) и Co ($r=0,91$), Cd с Pb ($r=0,95$), Fe с Mn ($r=0,96$). Концентрации тяжелых металлов в почвах находились в следующих диапазонах: Cu: 25,2–197,0 мг/кг при среднем значении 93,1 мг/кг; Zn: 25-305 мг/кг при среднем значении 138 мг/кг; Fe: 20050-27603 мг/кг при среднем значении 22922 мг/кг; Ni: 28,6–41,6 мг/кг при среднем значении 32,3 мг/кг; Mn: 458-789 мг/кг при среднем значении 564 мг/кг; Pb: 23,8–38,9 мг/кг при среднем значении 30,6 мг/кг; Cd: 1,3–3,8 мг/кг при среднем значении 3,19 мг/кг; Co: 10,2–22,5 мг/кг при среднем значении 16,2 мг/кг.

Средние значения концентрации металлов, за исключением Zn, Fe, Mn, Ni, превысили фоновые значения почвы Зауральской зоны Республики Башкортостан; в частности, концентрации Cu и Cd были в 1,9 и 10,9 раза выше регионального фона, что указывает на значительное влияние горнорудной промышленности на загрязнение почвы. В исследованных почвах все максимальные концентрации Cu, Zn, Pb и Cd превышали ПДК, принятые в Российской Федерации.

Расчет общего индекса загрязнения почв позволил сгруппировать исследуемые объекты на две группы: первая группа имеет допустимую категорию, вторая группа - умеренно опасные.

Изменение численности и соотношения эколого-трофических групп микроорганизмов относится к числу чувствительных параметров, указывающих на изменение состояния окружающей среды [2].

Была обнаружена корреляция между количеством олиготрофных и педотрофных микроорганизмов и уровнем загрязнения почвы ($r=0,74$ и $r=0,85$) соответственно. Также была обнаружена статистически значимая корреляция между количеством олиготрофных и педотрофных микроорганизмов ($r=0,93$).

Статистически значимой разницы в количестве микроорганизмов различных эколого-трофических групп из образцов почвы с допустимой и умеренно опасной категорией загрязнения обнаружено не было.

Следует отметить, что в наших исследованиях не было почв, которые имели бы категорию опасного или чрезвычайно опасного загрязнения. Многофакторный характер условий (химическое загрязнение, агрохимические показатели почв, погодные и климатические условия) неизбежно усложняет комплексную оценку реакции микробных сообществ на техногенное воздействие. Поэтому мы можем говорить только о зависимости этих показателей от уровня токсической нагрузки тяжелыми металлами. Наряду с активно функционирующими группами микроорганизмов, почвы содержат значительное количество бактерий, так называемый "микробный пул", который может увеличить активность и количество поколений при возникновении условий, благоприятных для их жизнедеятельности. Таким образом, "микробный пул" обеспечивает поддержание гомеостатического состояния почвы, т.е. постоянство ее характерных химических и биологических параметров.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что загрязнение почвы тяжелыми металлами влияет на структуру микробного ценоза, изменяя численность и соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов. Однако степень этого эффекта зависит от дозы токсиканта в почве, и выраженный эффект наблюдается при более высоких уровнях загрязнения. В целом, качественные и количественные характеристики микробных сообществ зависят от ряда различных факторов, в дополнение к содержанию тяжелых металлов в почве. Кроме того, как физиологическая активность, так и количество микроорганизмов являются предметом саморегуляции, а не механической реакцией на условия окружающей среды, что, возможно, является основой устойчивости почвы к внешним воздействиям.

Литература

1. Евдокимова Г.А., Корнейкова М.В., Мозгова Н.П. Изменения свойств почв и почвенной биоты в зоне воздействия аэротехногенных выбросов Кандалакшского алюминиевого завода // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1274. DOI:10.7868/S0032180X13100031
2. Ившина И.Б., Костина Л.В., Каменских Т.Н., Жуйкова В.А., Жуйкова Т.В., Безель В.С. Почвенный микробиоценоз как показатель стабильности луговых сообществ при химическом загрязнении среды тяжелыми металлами // Экология. 2014. № 2. С. 83. DOI 10.7868/S0367059714020036. – EDN RWZVQD.
3. Косых В.С. Мониторинг загрязнения окружающей среды Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2023. № 4. С. 5-9. EDN UBISNW.

4. Ластков Д.О., Гапонова О.В., Госман Д.А., Остренко В.В. Тяжелые металлы как загрязнители окружающей среды: оценка риска здоровью населения // Архив клинической и экспериментальной медицины. 2019. Т. 28. № 2. С. 180-183. EDN IESBPF.
5. Никонов В.Н., Шамсутдинова Л.Р., Зверева Т.И., Белан Л.Н. Природные и антропогенные геохимические аномалии тяжелых металлов в Башкирском Зауралье как аспект системного анализа геопатогенных зон Уральский экологический вестник. 2015, № 2. С. 3-7.
6. Рафикова Ю.С., Семенова В.Н., Серегина Ю.Ю., Хакимзянов О.М. Медико-экологические особенности горнодобывающих регионов Зауралья Республики Башкортостан // Фундаментальные исследования. 2012. №11. С. 43-5
7. Саэт Ю.Э., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Издательство "Недра", 1990. 335 с. ISBN 5-247-01127-9. EDN XDXBQN.
8. Степанов А.Л., Цветкова О.Б., Паников С.Н. Изменения в структуре микробного сообщества под влиянием нефтяного и радиоактивного загрязнения Почвоведение. 2012. №12. С.1320. EDN PEUGXB. DOI: 10.1134/S1064229312060129
9. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 1(23). С. 182-192. EDN PXNTRR.
10. Хазиев Ф.Х., Мукатанов А.Х., Хабиров И.К., Кольцова Г.А., Габбасова И.М., Рамазанов Р.Я. Почвы Башкортостана. Т.1. Экологическая и агропроизводственная характеристика/под ред. Ф.Х. Хазиева. Уфа: Гилем, 1995.
11. Semenova I.N., Rafikova Y.S., Khasanova R.F., Suyundukov Y.T. Analysis of metal content in soils near abandoned mines of Bashkir Trans-Urals and in the hair of children living in this territory // J Trace Elem Med Biol. 2018. Vol. 50. P. 664-670. DOI: 10.1016/j.jtemb.2018.06.017 EDN: YBSXHF
12. Semenova I.N., Rafikova Y.S., Suyundukov Y.T., Biktimerova G.Y. Regional peculiarities of micro-element accumulation in objects in the Transural Region of the Republic of Bashkortostan. In: Frank-Kamenetskaya O., Panova E., Vlasov D., editors. Biogenic-abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems. Lecture notes in Earth system sciences. Cham: Springer, 2016. P. 179-187. DOI: 10.1007/978-3-319-24987-2_15.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫБОРА ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ АГРОПРОДУКЦИИ

Сизов А.П.

*Московский государственный университет геодезии и картографии,
г. Москва, Россия
ap_sizov@mail.ru*

Методология и практические вопросы пространственного развития территории государства широко обсуждаются российской общественностью и специалистами [4]. Они тесно связаны со смежными понятиями. Особое внимание следует уделить пространственному развитию территорий, предназначенных для сельскохозяйственного производства. Пространственное развитие сельскохозяйственных территорий необходимо для получения продуктов сельскохозяйственного производства, в том числе экологически чистого продовольствия, в количестве, обеспечивающем продовольственную безопасность страны.

Концепция организации производства экологически чистой агропродукции основывается на научных принципах, методах, методиках и технологиях землеустройства, кадастров и мониторинга земель. Ключевой проблемой концепции является выбор земельных участков, позволяющих получать экологически чистую агропродукцию, и оптимизация процедур такого выбора.

Устойчивое развитие общества возможно на основе научно обоснованного определения (исчисления) допустимых уровней антропогенной нагрузки на окружающую среду с целью получения необходимых продуктов сельскохозяйственного производства надлежащего качества. Предвосхищая ожидаемую ликвидацию базового для российского землеустройства института категорий земель, опишем понятие сельскохозяйственных регламентов как аналога градостроительных регламентов на землях сельскохозяйственного назначения. Это должны быть устанавливаемые в пределах границ соответствующей сельскохозяйственной зоны виды разрешенного использования земельных участков, равно как всего, что находится над и под поверхностью земельных участков и используется в процессе сельскохозяйственного производства и последующей эксплуатации сельскохозяйственных объектов, предельные (минимальные и (или) максимальные)

размеры земельных участков и предельные параметры сельскохозяйственной деятельности, реконструкции сельскохозяйственных объектов, а также ограничения использования земельных участков в целях сельского хозяйства.

На решение аналогичных проблем внутренними силами, с опорой на отечественные инновационные (в современной терминологии) разработки обращал внимание ещё великий русский учёный с мировым именем, основатель почвоведения В.В. Докучаев, 175-летие со дня рождения которого мы отметили в 2021 году. Вот две цитаты из его трудов:

«К стыду нашему, мы взяли эту агрономию у немцев и применяли её в России, не считаясь ни с климатическими, ни с растительными, ни с почвенными условиями местности, применяли даже на нашем настоящем чернозёме ... Немецкая агрономия для России не годится ... Для отдельных почвенных зон России необходимо выработать свои агрономические приёмы и методы, строжайшим образом приспособленные к местным условиям, как почвенным и климатическим, так и бытовым, и экономическим. Давно пора!» [1].

«Прежде, чем открывать новые учебные заведения, необходимо позаботиться об их учебном персонале, который должен состоять не из простых преподавателей, но из настоящих ученых специалистов-техников, могущих двигать вперед науку, оставив слепое подражание иностранцам. Наша зависимость от Запада будет продолжаться до тех пор, пока мы сами не будем воспитывать таких специалистов по всем отраслям техники, и только тогда может начаться постепенное развитие нашей промышленности и земледелия» [2].

Классики потому и классики, что их главные мысли не только не устаревают со временем, но, более того, – становятся только актуальнее. Прав был Василий Васильевич и в том, что сельское хозяйство должно вестись с учётом зональных и местных природных условий, и в том, что во всех направлениях жизнедеятельности следует опираться на свои, отечественные силы, без всяческого преклонения перед плохо осмысленным зарубежным опытом.

Верно и то, что настоящие специалисты должны взращиваться именно в отечественных вузах, и именно вузовская наука должна обеспечивать решение главных проблем современности – не только фундаментальных, но и прикладных, хозяйственных. Поэтому мы, работая в области землеустройства, кадастров, экологических проблем землепользования и качества почв, считаем необходимым, в целях развития агропромышленного комплекса России, совершенствование законодательства в части решения проблем устойчивого развития общества на основе научно обоснованного определения до-

пустимых уровней антропогенной нагрузки на окружающую среду с целью получения продуктов сельскохозяйственного производства, в том числе экологически чистого продовольствия.

Для достижения цели должны быть решены следующие задачи:

1. Учёт природно-климатического многообразия почв РФ при разработке требований к системам органического земледелия и соответствующих экологических нормативов качества почв и сельскохозяйственной продукции;
2. Гармонизация международных и отечественных законодательных баз в области экологического нормирования качества почв, сельскохозяйственной продукции и агротехнологий, подготовка и принятие федерального закона «О почвах»;
3. Разработка и апробация, в рамках формируемой системы репрезентативных полигонов во всех зонах на территории Российской Федерации, экологических нормативов качества почв сельскохозяйственных угодий и антропогенной нагрузки с целью поддержания устойчивого землепользования, включая сертификацию почв и сельскохозяйственной продукции по экологическим требованиям;
4. Осуществление постоянного мониторинга земель на производственно-опытных участках для выращивания экологически чистой продукции, организованных по природным зонам России, в соответствии с требованиями ст. 67 Земельного кодекса РФ, Положения о государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды), утверждённого постановлением Правительства РФ от 09.08.2013 № 681, и Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, утверждённого приказом Минсельхоза России от 24.12.2015 № 664.

Формулировка части задач является инновационной, однако следует подчеркнуть, что такие, давно назревшие и предусмотренные законодательно задачи, как принятие федерального закона «О почвах», не решаются недопустимо долгое время (уже 20-25 лет).

Законодательные акты по вопросам сохранения и повышения плодородия земель (почвенного плодородия), в том числе утверждающие региональные программы повышения плодородия земель, наличествуют в ряде субъектов РФ, из которых отметим Ленинградскую и Оренбургскую области, Краснодарский и Ставропольский края, где проблема плодородия земель и почв нормативно хорошо проработана. Однако единственным субъектом РФ, в котором существует закон, полностью посвящённый почвам как самостоятельному природному телу, является город Москва. Как ни парадок-

сально (а, возможно, закономерно!), но комплексный закон о почвах впервые появился не на федеральном уровне и не в регионах, где почвы – важнейший производственный ресурс (как, например, в чернозёмных областях), а в «заасфальтированной» столице, где драгоценные сохранившиеся почвы – в определённой степени реликты. Проекты же федерального закона о почвах так и не утверждены.

Уже не одно десятилетие в земельном законодательстве прослеживается чёткая тенденция увеличения внимания к земле как к объекту недвижимого имущества и исключения из данной отрасли права вопросов, связанных с сущностью земли как природного объекта и природного ресурса. Апофеоза данная тенденция достигла с принятием федерального закона «О государственном кадастре недвижимости» (2007), в котором слово «почва» отсутствует вовсе. В редакции Земельного кодекса (2008) дано новое определение земельного участка как «части земной поверхности, границы которой определены в соответствии с федеральными законами». В актуальной редакции Земельного кодекса (2023) земельный участок «как объект права собственности и иных предусмотренных настоящим Кодексом прав на землю является недвижимой вещью, которая представляет собой часть земной поверхности и имеет характеристики, позволяющие определить её в качестве индивидуально определенной вещи. В случаях и в порядке, которые установлены федеральным законом, могут создаваться искусственные земельные участки» (статья 6).

Новые определения, в известном смысле, настолько же универсальны, насколько и малосодержательны. Будут меняться федеральные законы – будет изменяться и процедура определения земельного участка. Обращает внимание, что из понятия земельного участка законодателем вполне сознательно исключён почвенный слой, что фактически приводит к невозможности пространственного, объёмного, трёхмерного рассмотрения земельного участка в качестве составляющей природного объекта и природного ресурса. Представление о земельном участке искусственно сужается законодателем лишь до части поверхности – категории исключительно правовой.

В целом же в настоящее время вопросы экологической оценки и нормирования качества почв рассредоточены в нормативных документах различных отраслей и видов законодательств (природоохранного, земельного, санитарно-гигиенического, сельскохозяйственного, градостроительного, строительного и др.). В большинстве эти документы имеют «технократическую» направленность, обеспечивая соблюдение, в первую очередь, интересов природопользователей, часто в ущерб качеству окружающей среды. Как убедительно показано во многих работах видного отечественного экономо-географа Н. Н. Клюева,

временная псевдоинтенсификация отечественного аграрного сектора экономики в начале 2000-х г.г. обеспечена необоснованным усилением эксплуатации земельных ресурсов и почвенного плодородия, а вовсе не повышением технического уровня и внедрением зональных ресурсосберегающих технологий [3].

Результаты работ по исчислению допустимых уровней антропогенной нагрузки на окружающую среду с целью получения экологически чистого продовольствия дадут возможность обеспечить экологическую безопасность землепользования при предоставлении земель сельскохозяйственного назначения для целей производства органической продукции, включая формирование требований к разрешённому использованию земель на основе зональных особенностей территории. Система правил и нормативов биологического (альтернативного) земледелия формируется на основе зональных особенностей территории при выделении особо ценных земель сельскохозяйственного назначения. С другой стороны, экологическая безопасность землепользования будет обеспечиваться также путём формирования комплекса показателей и нормативов экологического состояния почв.

Формирование системы показателей экологического состояния земельных участков на основе зональных особенностей территории необходимо и для их учёта при экологической паспортизации в рамках ведения государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения, порядок чего установлен всего полгода назад постановлением Правительства РФ от 02.02.2023 г. № 154.

Информационное дополнение сведений государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения экологической составляющей позволит уточнить результаты государственной кадастровой оценки земель. Это станет вкладом в изменение наблюдающегося в последнее время в нашей стране совершенно иррационального тренда - приоритета ресурсного развития экономики, связанного с усилением эксплуатации природных ресурсов, а также скоротечной переориентации на переход к новым правовым формам землепользования без должного научно-практического и правового обоснования, на фоне малоэффективной системы государственного учёта ресурсов и управления. Без перелома данной тенденции, остающейся главной причиной катастрофической деградации почв и земельных ресурсов, невозможно решить одну из ключевых российских проблем – обеспечение национальной безопасности России, включая продовольственную.

В качестве исходной информации при выборе земельных участков, позволяющих получать экологически чистую агропродукцию, рассматриваются цифровые картографические материалы по распределению угодий на интересующих территориях, а также материалы,

характеризующие состояние земель. Рекомендуемый масштабный ряд - от 1:2 000 до 1:50 000.

Наиболее благоприятные земли устанавливаются методом оверлейного зонирования. В качестве основы используется схема угодий, выделенных путём дешифрирования аэро- и космических снимков, а в качестве «управляющего воздействия» используются сведения о качественном состоянии земель, полученные при осуществлении их мониторинга. Критерием для оптимального использования земель рассматривается средоформирующий потенциал территории, базовая величина которого дифференцирована для различных культур, выращивание которых потенциально возможно на выбранной территории.

Технология выбора земельных участков основана на «методе эшелонов», когда вначале круг поиска сужается за счёт макропоказателей качества земель/почв (содержание гумуса, гранулометрический состав - «первый эшелон»), затем учитываются экологические характеристики, вновь сужающие круг поиска (содержание химических загрязняющих веществ, содержание радиоактивных веществ - «второй эшелон»), а в заключение - более тонкие показатели качества, связанные с индивидуальными особенностями культур («третий эшелон»).

Таким образом, выделяются контура, по всем параметрам обеспечивающие производство экологически чистой агропродукции.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 23-27-00051.

Литература

1. Докучаев В.В. О почвенных зонах вообще и вертикальных зонах в особенности // Кавказское сельское хозяйство. – 1898. – №№ 246, 247.
2. Докучаев В.В. Основы сельского хозяйства и средства борьбы с современными сельскохозяйственными невзгодами: Цикл лекций 1898 года в Петербургском сельскохозяйственном музее. – <http://www.biografia.ru/arhiv/material79h.html>.
3. Клюев Н.Н. Эколого-хозяйственная трансформация постсоветской России и её регионов // Изв. РАН, сер. геогр., 2004, № 1. – С. 37-45.
4. Сизов А.П., Стыщенко Е.А., Хомяков Д.М., Черных Е.Г. Современные проблемы землеустройства и кадастров. Пространственное развитие территорий. – М.: Кнорус. – 2022. – 218 с. ISBN 978-5-406-08838-8.

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕХОДА НА НУЛЕВУЮ ТЕХНОЛОГИЮ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ЧЕРНОЗЁМОМ ОБЫКНОВЕННЫМ

Собина А.С., Казеев К.Ш.

*Южный Федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии
им. Д.И. Ивановского, г. Ростов-на-Дону, Россия
as.sobina2004@mail.ru*

В условиях экстенсивного землепользования в степи, где основным агротехническим приемом повышения содержания элементом минерального питания и накопления влаги в почве является чистый пар, естественное плодородие почв, которое было накоплено в течение нескольких сотен лет, быстро утрачивается. Ведение сельского хозяйства прерывает естественный процесс круговорота накопления органического вещества путем его вывоза с урожаем [8]. Рентабельное сельскохозяйственное производство невозможно без внедрения современных ресурсосберегающих технологий, основанных на прямом посеве и на принципах сохранения и повышения плодородия почв. Технология прямого посева (нулевая технология, No-till) является способом биологизации земледелия, поддержания плодородия почв преимущественно за счет энергосберегающих и почвозащитных агротехнологий, однако результаты, получаемые при ее внедрении, достаточно противоречивы [3, 5, 6, 9]. Ранее влияние прямого посева на дыхание черноземов южных было показано в статье Г.В. Мокрикова с соавторами [7].

Цель работы – оценка изменения интенсивности дыхания чернозема в первый год перехода на технологию прямого посева.

Местом проведения полевых опытов является стационар агрохимии и защиты растений ФГБНУ ФРАНЦ (поле № 73 – 50 га). Здесь распространены черноземы обыкновенные (миграционно-сегрегационные), свойства которых хорошо описаны в научной литературе [1, 2]. Изучены 12 опытных площадок с различными агротехнологиями (традиционная технология с отвальной вспашкой и альтернативная технология прямого посева) с 4 видами культур: озимая пшеница, подсолнечник, лён масличный, горох. В вариантах прямого посева были деланки без удобрений и с удобрениями (нитроаммофоска 100кг/га в посеве гороха, аммофос 100кг/га, во время весенней подкормки озимой пшеницы аммиачная селитра 200кг/га). Влажность

(объемную) почвы определяли в полевых условиях влагомером Field-scout TDR 100 компании Spectrum Technologies inc. в 10-кратной повторности на каждом участке. Интенсивность дыхания измеряли методом изолирующих камер [4] с помощью портативного газоанализатора EGM-5 производства компании PP Systems в 5-кратной повторности с шагом 4–5 метров.

Согласно полученным данным, на участках, возделываемых по технологии прямого посева, интенсивность продукции углекислого газа выше, чем при классической технологии обработки почвы отвальной вспашкой, в среднем на 26% (рис.). Это происходит несмотря на меньшие значения влажности почвы в агроценозах с прямым посевом из-за несформированности мульчирующего слоя растительных остатков в первый год перехода на альтернативную технологию. В таких условиях механическое перемешивание пахотного слоя приводит к лучшему сохранению влаги в почве. Внесение удобрений незначительно влияет на дыхание почвы. Вероятно, разница между показателями на делянках с различными культурами связана с плотностью посева и наличием разной степени проективного покрытия культур сплошного сева и пропашных.

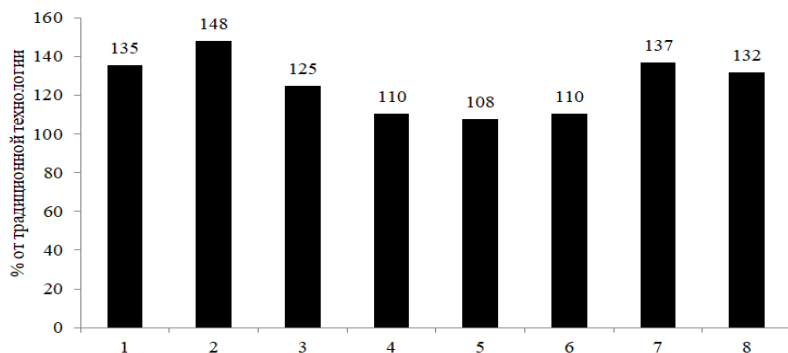


Рисунок. Интенсивность эмиссии углекислого газа почвой в % от делянок с традиционной технологией (1 – пшеница No-till; 2 – пшеница No-till + удобрения; 3 – подсолнечник No-till; 4 – подсолнечник No-till + удобрения; 5 – лён No-till; 6 – лён No-till + удобрения; 7 – горох No-till; 8 – горох No-till + удобрения)

В результате проведенных исследований установлено, что в первый год перехода на альтернативную технологию нулевой обработки почв происходит уменьшение влажности и увеличение интенсивности дыхания чернозема.

Финансирование. Исследования поддержаны грантом Президента РФ для ведущей научной школы РФ (НШ-449.2022.5).

Литература

1. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во Эверест, 2008. 276 с.
2. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Ростовской области. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2012. 492 с.
3. Дридегер В.К. Методические подходы к изучению систем земледелия без обработки почвы // Земледелие. 2014, № 7.
4. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. 356 с.
5. Кирюшин В.И. Проблемы минимализации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // Земледелие. 2013, № 7.
6. Крайнюк М.С., Крайнюк С.В. Эффективность No-till технологии выращивания зерновых культур на эродированных карбонатных черноземах предгорной зоны Крыма // Агробиологические основы адаптивно-ландшафтного ведения сельскохозяйственного производства. 2018. С. 40-43.
7. Мокриков Г.В., Казеев К.Ш., Мясникова М.А., Акименко Ю.В., Колесников С.И. Влияние технологии прямого посева на почвенную мезофауну, дыхание и ферментативную активность черноземов южных // Агробиологический вестник. 2019. №5. С.31-36.
8. Прянишников Д. Н. Об удобрении полей и севооборотах. М.: МСХ РСФСР. 1962.
9. Солодовников А.П., Денисов Е.Д., Четвериков Ф.П., Яников А.Д. Продуктивность яровых культур при минимализации основной обработки почвы в условиях Саратовского правобережья // Зерновое хозяйство России. 2015. № 3 (39).

ПРЕИМУЩЕСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРИМЕНЕНИЯ СУБСТРАТА ИЗ КАМЕННОЙ ВАТЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Старцева А.А.

*ООО «ТехноНиколь-Строительные Системы», г. Рязань, Россия
Startseva.AA@tn.ru*

В 2023 г. население Земли превысило отметку в 8 миллиардов человек и ожидается, что к 2050 году оно вырастет до 9,7 млрд. В связи с этим, согласно прогнозу, мировой спрос на продовольствие в период до 2031 г. будет увеличиваться в среднем на 1,4% в год [7]. Около 33% почв в мире деградированы в умеренной или в сильной степени, доля которых ежегодно увеличивается из-за возрастающей антропогенной нагрузки – площадь пашни на душу населения постепенно сокращается. Так, в 2000 году на душу населения приходилось примерно 0,23 га пахотных земель, в 2016 году – 0,21 га, а в 2017 году – 0,19 га. Поскольку возможности расширения площадей обрабатываемых земель ограничены, необходимо более эффективно использовать имеющееся пространство путем повышения урожайности и уровня производства [6].

Тепличное овощеводство – одна из наиболее интенсивных, ресурсозатратных форм сельского хозяйства. Производство защищенного грунта в значительной степени увеличивает нагрузку на окружающую среду из-за выброса парниковых газов, загрязнения нитратами и нарушения биоразнообразия, а также потребляет большой объем невозобновляемых ресурсов и энергии. Однако тепличное овощеводство позволяет получить урожайность в 10 раз выше, чем при выращивании в открытом грунте [5].

Традиционное тепличное выращивание растений на почве сильно меняет ее свойства вследствие чрезмерного использования [5]. Современная энергосберегающая технология культивирования растений в теплицах – выращивание малообъемным способом, который подразумевает использование специальных субстратов вместо почвы. При этом корни растений находятся в питательном растворе, тогда как субстрат служит им механической опорой и средой для поддержания оптимального соотношения между водой, воздухом и элементами питания. Несмотря на ограниченный объем, из-за более благоприятных

водно-физических свойств субстрата корневая система развивается лучше – корни формируют большее количество корневых волосков, что увеличивает поверхность поглощения. Беспочвенная система позволяет наиболее эффективно использовать все ресурсы для получения максимальной урожайности (на 20-50% выше, чем на почве) и повышения качества сельскохозяйственных культур [3, 8, 10, 12, 14, 17].

Малообъемное выращивание растений по сравнению с традиционной технологией позволяет в 4-5 раз снизить использование воды за счет капельного полива и сокращения испарения с поверхности (грунт и субстрат покрыты пленкой), а также на 40% сократить количество вносимых удобрений. Из-за легкой замены субстрата и более контролируемых условий улучшается фитосанитарная обстановка в теплице, что значительно снижает количество химических обработок, вплоть до применения только биологических средств защиты растений [3, 8, 10, 14].

В малообъемной технологии в настоящее время используют органические (кокос, торф) и неорганические (каменная вата) субстраты. Каждый из них имеет свои специфические свойства, что необходимо учитывать при выращивании культур [5, 10]. Например, особенностями органических субстратов являются: постепенное уплотнение из-за разложения органического вещества; они являются благоприятной средой для развития микроорганизмов, в том числе патогенных; высокая емкость катионного обмена приводит к нестабильности химических показателей и увеличивает время реакции на внесенные изменения в режим питания; они не подходят для систем с рециркуляцией дренажного раствора из-за присутствия в нем мелких включений.

Основные недостатки кокосового субстрата – это дорогостоящая, энергозатратная транспортировка и высокое содержание солей, которое требует большого количества воды и питательного раствора для промывания [5].

Торф – это невозобновляемый ресурс, который очень медленно формируется. Его добыча способствует выбросу большого количества углекислого газа и разрушению водно-болотных экосистем [5, 6, 17]. С распространением малообъемной технологии интенсивное использование торфа в качестве субстрата привело к неблагоприятным экологическим последствиям и некоторые страны (Австрия, Швейцария, Германия, Великобритания) стали ограничивать масштабы его добычи. Это привело к поиску альтернативных экологически чистых материалов для использования в малообъемной технологии [10].

Так, к началу 2000 года все передовые хозяйства мира начали переходить на выращивание овощей малообъемным способом с использованием минеральной ваты [9]. Она оказалась отличным субстратом

для роста растений и сейчас наиболее широко используется в современных теплицах [5, 10, 11, 13].

Каменная вата – это волокнистый материал, полученный при плавлении горных пород, в основном габбро-базальта [11, 13]. Состав субстрата аналогичен почвенным минералам и незначительно варьируется у разных производителей [13]. Содержание оксидов в каменной вате Speland приведено в таблице.

Таблица. Содержание оксидов в каменной вате Speland, % *

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃ (общ)	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃
44,9	12,5	21,7	7,8	8,4	2,0	0,7	1,6	0,2	0,2	0,2

Примечание: *лаборатория НТЦ ООО «Завод ТЕХНО» протокол № 031 от 25.02.2020 г.

Минераловатный субстрат биологически инертен, не содержит сорняков, патогенов и токсических веществ. Его легко заселить полезными микроорганизмами, которые будут сдерживать развитие патогенов. Каменная вата легкая (70-90 кг/м³), но в то же время очень прочная, что позволяет использовать ее в течение нескольких лет. Реакция среды минераловатного субстрата нейтральная или слабощелочная (рН=7,0-7,5 ед.), но, не обладая буферностью, он быстро принимает реакцию используемого питательного раствора. Этот субстрат обладает высокой пористостью (около 95%), что обеспечивает хорошую аэрацию (около 17% воздуха) и беспрепятственное дренирование, в результате чего из него легко вымывать накапливающиеся соли. Каменная вата имеет высокую капиллярность и влагоудерживающую способность (не менее 80%), а более 98% применяемого раствора в ней легко доступно для поглощения растениями. В этом субстрате легко управлять водно-воздушным и питательным режимом, он быстро отзывается на внесения изменений в полив или питание за счет малого объема и отсутствия буферности. Поэтому при использовании этого субстрата необходим строгий контроль за параметрами конечной среды [3, 5, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18].

Для скрепления волокон каменной ваты между собой и приданию субстрату гидрофильных свойств в процессе производства используют органические вещества: связующее (фенолформальдегидную смолу) и гидрофильный компонент. При воздействии высокой температуры

формальдегид прочно связывается с фенолом, образуя новое стабильное, инертное, нетоксичное соединение. Смола значительно улучшает прочностные характеристики субстрата – сохраняет пористость, влагоемкость и капиллярные свойства ваты в течение продолжительного времени [13, 16].

В соответствии со стандартами качества RHP, содержание органического вещества в каменной вате не должно превышать 5,5%. Так, в субстрате Speland его доля не более 2,8%.

В связи с возрастающим спросом на экологически чистую продукцию специалистами ООО «ТехноНиколь-Строительные Системы» был разработан субстрат SPELAND ECO, где вместо фенолформальдегидной смолы используется органическое связующее на основе природных компонентов. За счет более мягкой структуры и натуральной природы связующего в нем было отмечено более быстрое и мощное развитие корневой системы, а также высокая скорость роста растений, что особенно заметно в течение первых 15-30 дней после посева. Поэтому лучшие результаты получаются при выращивании на этом материале микрорзелени и зеленных культур.

В России нет стандартов на субстраты из каменной ваты, поэтому производители опираются на зарубежные методы и нормы. О качестве субстрата судят по оценке его водно-физических свойств, а проверку на отсутствие токсичности и пригодности его для выращивания растений проводят при помощи фитотестирования.

Фитотестирование основано на чувствительности растений к экзогенному химическому воздействию, что отражается на ростовых и морфологических характеристиках, таких как всхожесть, энергия и дружность прорастания, длина корней [2, 9]. Корневая система обладает высокой чувствительностью к большинству токсикантов и сравнительно высокой скоростью роста. Благодаря этому в корне можно наблюдать первичные негативные реакции растения, которые легко фиксировать. Снижение всхожести и замедление скорости роста корня – признак присутствия токсических веществ в субстрате. Поэтому оценка замедления роста корней проростков является одним из широко применяемых биотестов, который стандартизирован Американским и Европейским агентствами по контролю окружающей среды (ISO 11269-1). Этот метод считается эффективным для оценки определения общей токсичности, мутагенности и канцерогенности, поскольку реакция растений отражает сумму действия всех биологически вредных факторов [1, 4, 9].

В зависимости от целевого использования почв агроценозов испытания проводят на семенах однодольных (злаковых) или двудольных растениях. Более интегрированный подход предполагает исполь-

зование семян трех видов, среди которых, как двудольные растения, так и однодольное [9].

Так, в лаборатории экотоксикологического анализа почв (ЛЭТАП) факультета почвоведения МГУ субстрат из каменной ваты SPELAND регулярно проверяется на фитотоксичность. На рисунке представлены результаты одного из этих исследований, которые подтверждают отсутствие его фитотоксичности.

Номер и наименование пробы	Кратность разбавления	pH/минерализация	Фитоэффект на рост корней, ФЭ % / оценка фитотоксичности, <i>есть/нет</i>	Примечание
№ 1 - Полуфабрикат для кубиков SPELAND MID, партия № 55573 (от 26.02.2023 г.), акт №1 отбора образцов (проб) от 01 марта 2023 г	1	7.54/ 0.14	18.26 <i>нет</i>	стимуляция
№ 2 - Полуфабрикат для матов вегетационных SPELAND VEGA (объединенная проба, партии № 55576, 55580 от 26.02.2023 г., акт №2 отбора образцов (проб) от 01 марта 2023 г.	1	7.45/ 0.13	16.53 <i>нет</i>	стимуляция

Рисунок. Фрагмент заключения лаборатории ЛЭТАП по исследованию субстрата SPELAND на фитотоксичность

Как видно из заключения, фитоэффект исходных проб обоих образцов положительный. В обоих случаях наблюдается стимуляция развития длины корней относительно контроля (дистиллированная вода).

Сельское хозяйство оказывает наибольшую нагрузку на мировые земельные, почвенные и водные ресурсы. На нужды орошения в настоящее время уходит около 70% забираемой пресной воды [6]. Загрязнение окружающей среды становится центральной проблемой при интенсивном малообъемном выращивании [15].

В малообъемной культуре система полива может быть открытой или закрытой (замкнутой). В открытой системе избыток питательного раствора сливается и не используется повторно – 20-30% от подаваемого раствора уходит в дренаж, чтобы исключить последствия неравномерной транспирации растений, дисбаланса элементов питания и накопления солей в субстрате. В результате происходит массовая потеря воды и питательных веществ, что приводит к загрязнению грунтовых и поверхностных вод [5]. Например, Malorgio и др. (2001) сообщили, что ежегодные потери воды при выращивании розы в открытой системе составили 2123 м³/га [12].

Сокращение использования воды и удобрений, снижение их сброса возможно при установлении системы рециркуляции поливного раствора (замкнутая система), в которой дренажная вода улавливается и повторно используется после регулирования pH, концентрации питательных веществ и дезинфекции для минимизации риска развития заболеваний [5, 10, 12, 13, 14, 17]. В Нидерландах установка данной системы является обязательной [12]. Рециркуляция дренажного раствора позволяет снизить потребление воды приблизительно на 40% и сократить внесение удобрений на 25-64% в зависимости от элемента питания [17].

Поскольку каменная вата биологически неразлагаема, за последнее десятилетие ее утилизация становится центральной проблемой при интенсивной малообъемной технологии. Из-за лёгкости замены субстрата после одного или двух циклов выращивания каменную вату обычно выбрасывают, образуя большой объем отходов (приблизительно 125 м³/га) [5, 10, 11, 13, 15].

Выход из этой ситуации – максимально продлить срок использования субстрата и/или переплавлять отработанный материал в строительную продукцию.

Субстрат из каменной ваты можно использовать повторно до 3 лет, стерилизуя его между циклами выращивания с помощью физических (пар и соляризация) или химических методов (фунгициды, перекись водорода, фармайод) [10, 11, 12, 13, 15, 17]. По сравнению с почвой дезинфекция минераловатных субстратов менее затратная и более эффективная [8, 10].

Некоторые производители каменной ваты принимают отработанный субстрат от своих клиентов на утилизацию. Так, ООО «ТехноНиколь-Строительные Системы» организует прием использованной каменной ваты Speland в 7 городах России (Рязань, Белгород, Ростов, Челябинск, Заинск, Хабаровск, Юрга) и организует ее переработку в строительные материалы.

Таким образом, беспочвенная система выращивания позволяет не только повысить урожайность и эффективность производства, но также является более экологичной. Описанные в статье свойства каменной ваты показывают ее преимущества и перспективы использования в современных ресурсосберегающих системах защищенного грунта – это возможность повторно применять питательный раствор для снижения потерь воды и удобрений, а также перерабатывать использованный субстрат в новые продукты для строительной отрасли.

Литература

1. Иванов В.Б. Использование корней как тест-объектов для оценки биологического действия химических соединений // Физиология растений. 2011. том 58, № 6. С. 944–952.
2. Лисовицкая О.В., Терехова В.А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. 2010. №1, вып. 13. С. 1-18.
3. Новые технологии в овощеводстве защищенного грунта / Сирота С. М., Балашова И.Т., Козарь Е.Г., Пинчук Е.В. // Научно-практический журнал овощи России. 2016. № 4 (33). С. 3-9.
4. Оценка изменения биологической эффективности растворов никеля в присутствии магния с использованием растительных тест-объектов / И.В. Мосендз, Д.А. Петрашова, С.В. Дрогобужская, И.П. Кременецкая // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. том 18, № 2. С. 448-451.
5. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО) : [сайт] – URL: <http://old.belal.by/elib/fao/1024.pdf> (дата обращения: 30.06.2023). – Текст: электронный.
6. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО) : [сайт] – URL: <https://www.fao.org/documents/card/ru?details=cb7654ru> (дата обращения: 30.06.2023). – Текст: электронный.
7. Семеко Г.В. Мировой продовольственный рынок: современные вызовы и перспективы // Экономические и социальные проблемы России. 2023. № 1. С. 19-43.
8. Скорина В.В. Овощеводство защищенного грунта: учеб. пособие. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. 265 с.
9. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190–198.
10. Asaduzzaman Md. Soilless Culture - Use of Substrates for the Production of Quality Horticultural Crops. Лондон: InTech, 2015. 174 p.
11. Benton Jones J. Complete Guide for Growing Plants Hydroponically. New York: CRC Press, 2014. 223 p.
12. Fertigation and Substrate Management in Closed Soilless Culture / A. Pardossi, G. Carmassi, C. Diara, L. Incrocci [and others]. Italy: University of Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie (DBPA), 2011. 63 p.

13. Howard M. Resh. Hydroponic food production. A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. New York: CRC Press, 2013. 560 p.
14. Hydroponics Manual. Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture 2009 annual report: IICA's contribution to the development of agriculture and rural communities in Guyana / IICA – Guyana: IICA, 2010.
15. Michael Raviv, Heinrich Lieth. Soilless culture: Theory and practice. USA: Elsevier Science, 2008. 587 p.
16. Mineral Wool in Green Roofs / Furbish. Baltimore, 2015. 63 p.
17. Soilless culture: management of growing substrate, water, nutrient, salinity, microorganism and product quality // Yahia Othman¹, Khaled Bataineh, Malik Al-Ajlouni [and others] // Fresenius Environmental Bulletin. 2019. Volume 28, № 4. P. 3249-3260.
18. Sonneveld, C., Voogt, W. Plant nutrition of greenhouse crops. London: Springer, 2009. 432 p.

ЛАНДШАФТОПОЛЬЗОВАНИЕ РОССИИ И НООЛАНДШАФТОСФЕРА – ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРИОРИТЕТНЫЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ РОССИИ

Старожилов В. Т.

*Дальневосточный Федеральный университет ИМО,
Тихоокеанский международный ландшафтный центр,
кафедра почвоведения, г. Владивосток, Россия
Starozhilov.vt@dvfu.ru*

Данная работа – это продолжение авторских разработок «Ландшафтопользование России», «Нооландшафтосфера», «Природа без границ: нооландшафтосфера и парадигма нооландшафтопользование», «Природа без границ: нооландшафтосфера», «Учение Старожилова о нооландшафтосферы планеты Земля», «Нооландшафтосфера – фундамент практик земледелия планеты Земля» и других. Также разработок по решению вопросов практики по отраслевому и комплексному освоению в различных областях практики, например, в экологии, минерально-сырьевом производстве, мелиорации и других [1-10]. Они представляют фундаментальные разработки по научно-прикладному направлению по моделям природы (ландшафтам) как фундамента практик отраслевого и комплексного освоения, экологии планеты Земля и рассматриваемого в работе развития инновационных агробийотехнологий. В них рассматривались преимущественно модели и вопросы по ландшафтным основам освоения комплексного характера и конкретно модели практик отраслевого освоения, в частности по, например, почвоведению, сельскому хозяйству нами с применением новых современных разработок рассматривались недостаточно. Поэтому, учитывая современную положительную тенденцию вектора развития в России почвоведения, сельского хозяйства и в том числе по созданию продовольственной базы и безопасности страны, нами из общих полученных материалов по комплексному освоению территорий, выделено отраслевое почвенное и сельскохозяйственное направления и рассмотрены приоритетные его ландшафтные приоритетные глобальные основы. При этом важно отметить, что почвоведение, сельское хозяйство это не какое-то, обособленное от других отраслей, а взаимосвязанное, взаимопроникающее и взаимообусловленное ими направление освоения. Поэтому при форматировании материала для

рассмотрения вопросов по приоритетным основам в работе мы использовали комплексный материал по освоению, территорий. При этом мы направляем читателя, исследователя, руководителя, практика в своих решениях по основам развития инновационных агротехнологий применять комплексный подход. Он включает не только рассмотрение развития инновационных технологий в зависимости от компонентов ландшафта таких как вещественные комплексы литосферы, тектоники, рельефа, климата, вод, почв, растительности, биоценозов, но и рассмотрение знаний и поиски взаимосвязей, взаимопроникновения, взаимообусловленности применения новых агробиотехнологий в связи с комплексным освоением территорий нооландшафтосферы. Поэтому одновременно с рассмотрением развития инновационных агробиотехнологий мы в работе касаемся вопросов в целом отраслевого и комплексного освоения.

В работе формулируется и утверждается, что современный этап развития инновационных агробиотехнологий территорий не только планеты Земля и в частном случае Российской Федерации, её отдельных территорий определяется не только базовыми экономическими, социальными и другими показателями, но и знанием ландшафтных условий территорий и нооландшафтосферы в целом, прежде всего, как «природного фундамента» пространственного развития территорий и, в том числе, размещения и развития конкурентоспособных технологий, предприятий, компаний и т. д.

На сегодняшний день получен значительный новый научный и экспедиционный (30 полевых сезонов) материал по Дальнему Востоку, Тихоокеанскому ландшафтному поясу России, а также при разработке парадигм: общей Дальневосточной ландшафтной парадигмы и Дальневосточной ландшафтной парадигмы индикации и планирования, разработок по картографическому оцифрованному ландшафтному обеспечению индикации, планирования и геоэкологического мониторинга юга Тихоокеанского ландшафтного пояса России, «О необходимости принятия к практической реализации новую ландшафтную стратегию к пространственному развитию геосистемы континент-Мировой океан» и разработок «к пространственному развитию территорий: районирование Тихоокеанского ландшафтного пояса геосистемы Восток России- Мировой океан; и в целом работ «Ландшафтоведение: стратегия, опыт практик в освоении территорий геосистем континент-мировой океан». Кроме того, использовались материалы разработок по земледелию: «нооландшафтосфера фундамент практик земледелия планеты Земля», «Ландшафтопользование парадигма основа моделирования природного фундамента земледелия планеты Земля», «Ландшафтные структуры адаптации земледелия геосистемы

«Восток России-мировой океан», «Новый программно-целевой подход парадигмы ландшафтопользования к адаптации земледелия».

Результаты исследований ландшафтов, нооландшафтосферы и вопросов развития агробиотехнологий показывают, что первоначальным объектом внимания исследователя, практика является ландшафтные условия и прежде всего его компоненты: вещественные комплексы литосферы, тектоника, рельеф, климат, воды, почвы, растительность, биоценозы. Они представляют собой базовые основы – природный «фундамент» освоения и в том числе фундамент развития новых агробиотехнологий. Именно ландшафт является первоначальным объектом, фокусом хозяйственной деятельности и основой для гармонизированного с природой построения моделей развития инновационных агробиотехнологий. И прежде чем перейти к построению моделей, проектировщики должны иметь материалы по природным основам освоения (ландшафтам) и только после их индикации, анализа и синтеза, оценки, а также выделения ландшафтных узловых структур освоения, проводить работы по проектированию, планированию объектов развития агробиотехнологий. То есть первоначальным объектом внимания почвоведов, работника сельского хозяйства являются природные тела (ландшафты). Они вовлекаются в оценку уже на первоначальном этапе планирования. Внедрение и развитие приоритетных технологий зависит от результатов оценки возможностей вовлечения ландшафтов в проектирование.

На сегодняшний день в работе определены глобальные основы ландшафтного «фундамента» для практической реализации их в развитии инновационных агробиотехнологий. Предлагается рассматривать природу в границах ландшафтных тел, объединяющих вещественные комплексы литосферы, тектонику, рельеф, климат, воды, почвы, растительность и биоценозы. Понимание ландшафта как тела дает возможность привлекать прежде всего передовые технологии его изучения и получить современную качественную и количественную его характеристику. Становится возможным изучать и привлекать данные по формирующим ландшафтные тела и объекты развития агробиотехнологий вещественному, энергетическому и информационному разномасштабным не только локальных, но и планетарных потоков, включая потоки планеты Земля, Солнца и вселенной. Все это определяет комплексное и всестороннее изучение территорий приоритетного развития агротехнологий, получение всесторонней информации о природе в границах, сравнительный анализ выделов ландшафтов и выяснение их природной конкурентоспособности для планирования любого направления развития агробиотехнологий. Все отмеченное, исходя из практики

исследований ландшафтов Тихоокеанского ландшафтного пояса России, строится на обязательном картографировании ландшафтов и изучении их структуры и организации и установлении морфологического строения территорий развития инновационных агробиотехнологий.

Однако на сегодняшний день в почвоведении, сельском хозяйстве все еще не применяется полный комплексный поликомпонентный подход «ландшафтопользования России», хотя еще со времен В.В. Докучаева известна взаимосвязанность и взаимообусловленность почвоведения, сельского хозяйства и компонентов природы. Применение знаний в целом по всем ландшафтным компонентам при разработке, особенно новых инновационных агробиотехнологий, важно и своевременно. Поэтому в работе утверждается, что применение знаний о ландшафте и основ учения Старожилова о нооландшафтосфере как фундамента практик развития инновационных агротехнологий планеты Земля является основой для практической реализации новых агробиотехнологий. При этом важно отметить, что в работе не рассматриваются модели реализации приоритетных технологий, например, таких как о карбоновых полигонах, увеличение урожайности на основе знаний о компонентах ландшафтов и других, а основное внимание уделяется моделям ландшафтных основ, которые нами предлагается использовать как приоритетные основы фундамент для построения гармонизированных с ними моделей реализуемых новых агробиотехнологий.

Почвоведение, сельское хозяйство, человек и природа едины. Они не только едины, но и взаимосвязаны, взаимообусловлены и взаимопроницают друг в друга. Этим обуславливается необходимость при практической реализации приоритетных агробиотехнологий человеком применять комплексные знания, модели о разработанной в Дальневосточном университете профессором Старожиловым нооландшафтосфере как фундамента практик освоения планеты Земля. Нооландшафтосфера в целом, как нами уже рассматривалось, представляет собой природное тело, новую геологическую оболочку Земли, сложенную природными телами ландшафтами. Последние по нашим представлениям в свою очередь имеют следующее внутреннее содержание: вещественные комплексы литосферы, тектонику, рельеф, климат, воды, почвы, растительность, биоценозы. Все они постоянно находятся во взаимодействии с действиями человека при практической реализации инновационных агробиотехнологий и должны быть учтены при решении многих вопросов и задач, поставленных государством перед наукой и практикой. Однако на сегодняшний день все еще решаются вопросы внедрения новых агробиотехнологий на базе

знаний ограниченного количества природных компонентов и поэтому мы получаем часто не объективные результаты практики. При этом важно отметить, что на сегодняшний день есть возможность получать картографические ландшафтные документы, по которым можно проводить сравнение выделов ландшафтов и получать количественные и качественные данные по компонентам внутреннего содержания выделов ландшафтов. Эти модели уже можно использовать при практической реализации приоритетных агробιοтехнологий в развитии территорий. То есть эти модели можно использовать как ландшафтный фундамент. Наступило время, когда нужно на развитие почвоведения, сельского хозяйства, в целом землепользования посмотреть пошире и применять современные разработки в области природы и освоения территорий. Такая возможность появилась в связи с разработками Российского ландшафтопользования и учения Старожилова о ноо-ландшафтосфере – как фундамента практик освоения планеты Земля. Поэтому в работе утверждается, что в целом наши исследования показали, что для практической реализации приоритетных агробιοтехнологий необходимо использовать основы ландшафтопользования России и учения Старожилова о ноо-ландшафтосфере.

В целом формулируется и рекомендуется в Российской науке и практике применять ландшафт и ноо-ландшафтосферу, результат работ «ландшафтопользования России» и учения Старожилова о ноо-ландшафтосфере, как основу фундамент практик практической реализации развития инновационных агробιοтехнологий в освоении планеты Земля. Кроме того, уже сейчас при освоении и развитии инновационных агробιοтехнологий нужно задуматься и принимать на государственном уровне меры по сохранению ноо-ландшафтосферы как природного дома человечества.

Литература

1. Старожилов В.Т. Вопросы землеустройства и землеустроительного проектирования. Гераськин М. М., Троицкий В. П., Нестерова О. В., Старожилов В. Т., Пилипушка В. Н. учебное пособие / Владивосток, 2009.
2. Старожилов В.Т. Человек и природа в социокультурном измерении: актуальные социально-экономические проблемы населения горняцких поселков. Леонинко А. В., Старожилов В. Т. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. №55. С. 353–362.
3. Старожилов В.Т. Уровни фосфоритонакопления Приморья/ В сборнике: фосфаты Дальнего Востока. Владивосток 1980. С. 131–134.

4. Старожилов В.Т. Потенциально фосфоритоносные формации Приморья. / В сборнике: Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. Владивосток. 1980. С. 100 -108.
5. Старожилов В. Т., Суржик М. М. Общее ландшафтоведение и использование ландшафтного подхода в экологическом мониторинге. Уссурийск, 2014.
6. Старожилов В.Т. Геохимия и рудоносность базитов и гипербазитов фундамента ландшафтов складчатых областей зоны перехода северо-востока Азии к Тихоокеанской плите. / В сборнике: Дальний Восток России: География. Гидрометеорология. Геоэкология. Материалы шестой научной конференции: к всемирным дням Воды и Метеорологии. 2005.С. 174 -179.
7. Старожилов В.Т. Геоэкология ландшафтов зоны влияния теплоэлектростанции: Старожилов В.Т., Матвеев Т. И., Крупская Л. Т., Дербенцева А. М., Коробова И. В. Владивосток. 2009.
8. Старожилов В.Т. Ландшафтное картографирование районов минерально-сырьевого природопользования в Приморье. / Изв. Рос. акад. Наук. Сер.геогр. 2013. № 1. С. 99-104.
9. Старожилов В.Т. и др. Картографический эколого-ландшафтный подход в оптимизации природопользования / Старожилов В.Т., Дербенцева А.М., Нестерова О.В., Ткаченко В.И., Евсеев А.Б: Горн. информ. аналит. бюллет. 2009. № 55. С.271-277.
10. Старожилов В.Т. и др. Некоторые итоги и перспективы ландшафтного картирования России / Солодянкина С.В., Кошкарёв А.В., Ганзей К.С., Исаченко Г.А., Лысенко А.В., Старожилов В.Т., Хорошев А.В., Черных Д.В.: География и природные ресурсы.2021. Т. 42. № 3.С. 23-36.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНОГО
СООТНОШЕНИЯ ВЫТЯЖЕК ИЗ ЛИСТВЕННЫХ
ФРАКЦИЙ ПОДСТИЛОК ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЙ
И СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ СРЕД НА
ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ
МИКРОВОДОРОСЛИ *CHLORELLA VULGARIS***

Хлевная В.С.¹, Грачева Т.А.¹, Горин К.В.²

¹ *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия*

² *Научно-исследовательский центр «Курчатовский институт»,
лаборатория биотехнологии, г. Москва, Россия
xlevnaya@inbox.ru, tanyadunaeva12@mail.ru, gkvbio@gmail.com*

Процессы, протекающие в подстилках, по разным оценкам ответственные за образование от 25-40% до 90% диоксида углерода. Активность процессов напрямую зависит от таких параметров как прогреваемость подстилок и наличия влаги, что существенно возрастает в городских условиях за счет наличия большого числа твердого темного покрытия (асфальт, плитка) и полива улиц. В связи с этим актуальным является использование листовных фракций подстилок для изготовления вытяжек и культивирования фототрофных микроорганизмов с целью снижения эмиссии диоксида углерода.

Городские талые воды являются водным ресурсом, который человек не использует в своей деятельности. Применение их при изготовлении питательных сред для выращивания микроводорослей является выгодным способом их использования так как это позволяет осуществлять мероприятия по очистке сточных вод, экономить водные ресурсы при изготовлении культуральных сред и выращивать микроводоросли, активно поглощающие углекислый газ и служащие сырьем для многих сфер промышленности.

Объектом исследования выступила культура микроводорослей *Chlorella vulgaris* GKV 1. Образцы листовной фракции подстилок были отобраны в зеленых насаждениях близ детской площадки на окраине Битцевского парка, сточные воды были собраны после весеннего снеготаяния на территории Москвы.

Для культивирования использовались среды, изготовленные из вытяжек из листовных фракций подстилки и городских сточных вод при различном соотношении (0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0 (%)).

При изготовлении вытяжек было использовано соотношение листовая фракция подстилок: вода как 1:25, в конической колбе листья смешивались с водой и оставались на перемешивание на качалке в течение часа. По окончании процесса раствор фильтровался. Засев готовых сред выполнялся до увеличения оптической плотности среды на 0,1 при длине волны 750 нм. Культивирование проводилось в колбах Эрленмейера, освещение проводилось круглосуточно, его интенсивность составляла 1500 люкс, температура колебалась в пределах 22-25С°, перемешивание проводилось на качалке в течение дня. Во время культивирования 1 раз в сутки проводилось измерение рН, снятие кривых роста при длинах волн 680 и 750 нм, выбор длин волн объясняется пиками поглощения хлорофилла, и подсчет количества клеток на камере Горяева при увеличении в 400 раз.

В течение эксперимента происходило постепенное увеличение рН культуральной среды от 7 до 11,5. Данный показатель зависит от количества растворенного углекислого газа, повышение рН свидетельствует об активном росте культуры. Наибольшее повышение рН произошло при культивировании микроводорослей при соотношении вытяжка:сточные воды 25:75 и 0:100 % (рис.1):

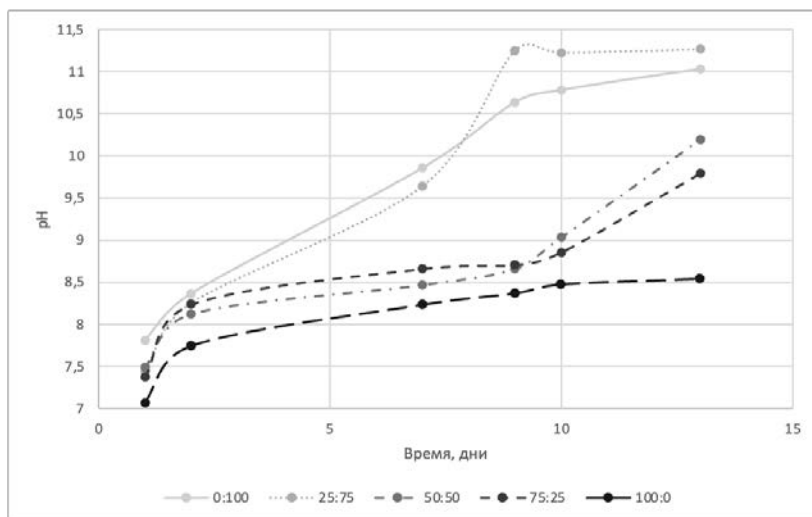


Рисунок 1. Динамика изменения рН среды в период культивирования микроводоросли *C. vulgaris*

Для определения роста культуры были использованы 2 метода. При исследовании оптической плотности при длине волны 750 нм был

выявлен лучший рост при выращивании на среде состава вытяжка: сточные воды 25:75% (рис. 2):

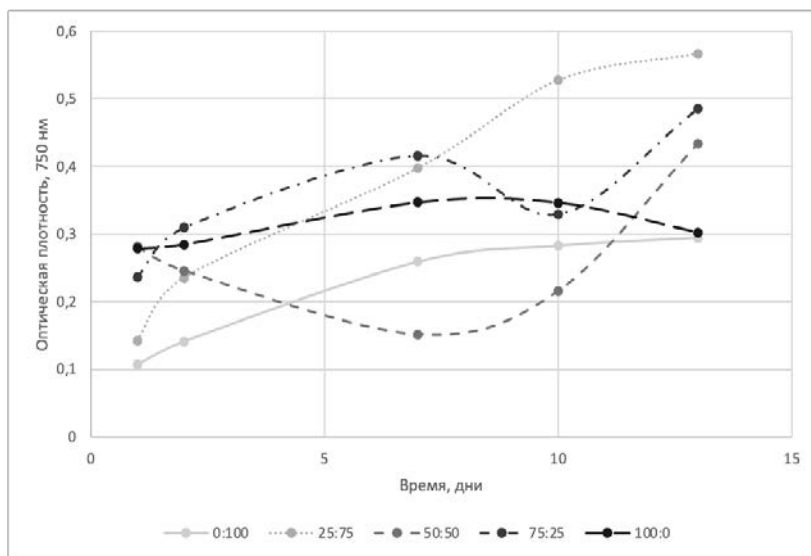


Рисунок 2. Динамика изменения оптической плотности при длине волны 750 нм в период культивирования микроводоросли *C. vulgaris*

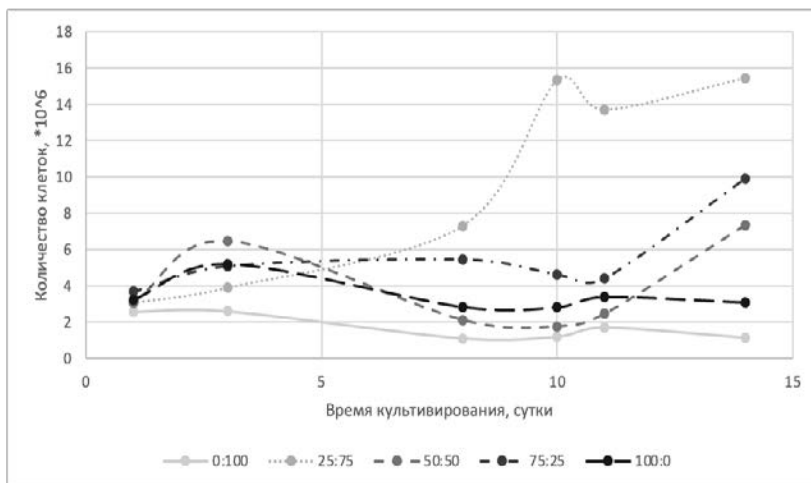


Рисунок 3. Динамика изменения количества клеток в период культивирования микроводоросли *C. vulgaris*

Так же рост культуры наблюдался путем прямого счета клеток под микроскопом при помощи камеры Горяева. Счет проводился в пяти полях зрения, результат усреднялся. Наилучший рост культивируемой микроводоросли наблюдался при ее выращивании в среде состава вытяжка: сточные воды 25:75% (рис. 3):

Таким образом, наилучший результат был получен при культивировании микроводоросли *C. vulgaris* на среде вытяжка лиственной фракции подстилки Битцевского парка: талые сточные воды Москвы 25:75 %. Причиной этому может являться то, что даже при миксотрофном росте жизнедеятельность *C. vulgaris* угнетается при слишком сильном затемнении среды. Тем не менее, добавление растворенной органики, извлеченной из лиственной фракции подстилки, оказало положительное влияние на рост микроводоросли.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Чуков С.Н.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия
S_Chukov@mail.ru*

Химизация современного сельского хозяйства, повсеместное использование опасных для человека и биоты пестицидов, высоких и сверхвысоких доз минеральных удобрений остро ставит вопрос о безопасности сельскохозяйственной продукции и продуктов питания. Кроме того, использование этих химикатов приводит к загрязнению почв и нарушает экологическое состояние не только сельскохозяйственных земель, но и сопредельных территорий. Использование генно-инженерно-модифицированных сортов и животных, а также трудно контролируемый дрейф генов несет опасность как для наследственности человека, так и сохранения биоразнообразия всей планеты.

Все это вызывает закономерную тревогу и увеличивает запрос в обществе на биологизацию земледелия, расширение спектра и объема экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Необходимо использование биотехнологий с минимальным использованием или полным отказом от химических средств защиты растений и трансгенной продукции.

Однако отказ от химических средств защиты и высоких доз минеральных туков в условиях биологического земледелия, необходимость обеспечить воспроизводство плодородия почв и защиту растений от болезней и вредителей в условиях минимального использования агрохимикатов требуют повышения естественного плодородия почв агроценозов, которое невозможно без управления качественным и количественным составом органического вещества почв или как говорилось ранее – оптимизации гумусового состояния почв. Это необходимо в силу многообразия экологических функций органического вещества, особенно важных при сельскохозяйственном использовании почв.

Органическое вещество можно рассматривать как сложный комплекс неспецифических и гуминовых веществ, который представляет собой реплику жизни, утратившую способность к росту и воспроизводству, но сохранившую накопленное вещество и энергию. Без орга-

низирующей роли гуминовых веществ (снижения энтропии): структурной организации почвы, упорядочивания межфазных взаимодействий, невозможна почва.

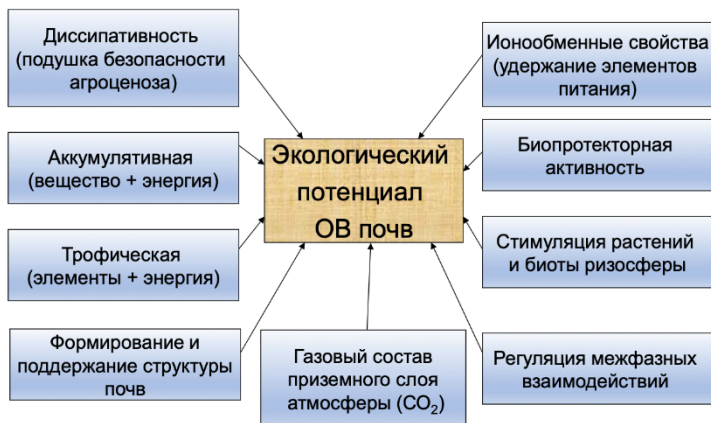


Рисунок 1. Экологические функции органического вещества почв агроценозов

Наиболее значимая и известная функция – аккумулятивная и связанная с ней трофическая. С философской точки зрения здесь проявляется диалектический закон единства и борьбы диаметрально противоположных функций накопления и расходования питательных элементов и энергии в органическом веществе почвы. Особенно важны эти процессы в почвах агроценозов, в которых существует незамкнутый дефицитный биологический круговорот элементов и энергии. Можно проиллюстрировать эту функцию данными В.А. Ковды (1973). Согласно его расчетам, в органическом веществе почвы сосредоточено 98% запасов почвенного азота, 60% фосфора, 80% калия.

Количество органического вещества в почвенном покрове планеты в настоящее время оценивается на уровне $1,5\text{--}2,0 \times 10^{12}$ т. (в пересчете на углерод). Что касается запасов энергии, связанной в гумусе почвенного покрова суши Земли, то по расчетам по расчетам В. А. Ковды и И.В. Якушевской (1971), они составляют $10^{19}\text{--}10^{22}$ кДж, что во много раз превышает запасы энергии в надземной части растительности суши. Если оценить количество энергии в гумусе на 1 га дерново-подзолистой почвы, запасом энергии в бензине, то общий ее запас сопоставим с 50000 л бензина, а на черноземах - 250000 л. Как отмечает В. А. Ковда (1973) «почвенный покров представляет собой

универсальный аккумулятор и экономный распределитель наиболее ценной для поддержания жизни части энергии, связанной в гумусе и необходимой для нормального обмена и круговорота вещества в природе».

Эмиссия углекислого газа с поверхности почвы за счет минерализации органического вещества выполняет важную для биологического земледелия функцию пополнения запасов углекислого газа в приземном слое воздуха, который является важным компонентом минерального питания растений. Показано, что в условиях достаточной обеспеченности солнечной радиацией, почвенной влагой и элементами минерального питания именно дефицит углекислоты в приземном слое воздуха является основным лимитирующим фактором продуктивности злаковых культур.

Другой важной экологической функцией гумусовых веществ является пространственная организация почвенной массы - создание и поддержание водопрочной структуры, что является важным отличием почвы от горной породы. Водопрочная структура является важным компонентом почвенной массы, оптимизирующим водно-физические свойства почвы, тесно связанные с водным режимом и обеспечением растений и почвенной биоты продуктивной влагой. По данным Е.В.Шейна и Е.Ю. Милановского (2014) соединение между минеральными частицами с сорбированными на их поверхности гидрофильными компонентами осуществляется гидрофобными компонентами амфифильных гумусовых веществ. Авторами предложена концептуальная модель водостойчивости почвенных агрегатов, связанная с соотношением гидрофильных и гидрофобных компонентов гумусовых веществ и их пространственной локализацией.

Крайне важна для оптимизации минерального питания растений ионообменная функция органического вещества почв. Возможность удержания гумусовыми веществами в обменном состоянии макро и микроэлементов минерального питания, высвобождающихся при минерализации органической постмортальной массы или вносимых в почву с минеральными удобрениями создаёт в почве ближний и средний резервный пул, обеспечивающий устойчивое поступление этих элементов в ризосферу. Существенным аспектом является также препятствование выносу элементов с нисходящими токами почвенной влаги, что с одной стороны позволяет избежать потерь удобрений, а с другой – снизить их поступление в грунтовые воды и дальнейшую эвтрофикацию водоемов. В высокогумусированных почвах эффективность применения минеральных удобрений оказывается в 1,5 -2 раза выше, чем в почвах с низким содержанием гумусовых веществ. Особенно важна эффективность использования минеральных удобрений в

биологическом земледелии, в котором постулируются их использование в малых дозах.

Гумусовые вещества выполняют еще одну важную функцию регуляции межфазных взаимодействий. По сути, все взаимодействие в почве двух глобальных круговоротов – большого геологического и малого биологического – проходит через тонкую пленку гумусовых веществ, покрывающую минеральную часть почвы в пределах наиболее биохимически активного гумусового горизонта. Здесь важную экологическую функцию гидролиза и мобилизации питательных элементов из минеральной части почв выполняют наиболее кислые фракции органического веществ – фульвокислоты и низкомолекулярные органические кислоты.

Говоря об экологических функциях органического вещества почв, нельзя обойти одну из самых «загадочных» функций гумусовых веществ – их биологическую (физиологическую) активность. С момента ее открытия прошло уже более 110 лет, а механизм стимулирующего действия на растения, животных и человека неизвестен до сих пор. Этот механизм формировался и настраивался в течение миллионов лет совместной эволюции био- и гумосферы. Но детали этого механизма до сих пор неизвестны. Существует большое количество гипотез, ни одна из которых не может считаться окончательной. С одной стороны, это связано с вариабельностью и полидисперсностью строения гумусовых веществ. С другой стороны, это вызвано биоразнообразием и многофакторностью физиологических реакций живых организмов на воздействие препаратов гумусовых веществ в полевых и лабораторных экспериментах.

Однако эффективность физиологического действия доказывает масштабное производство гуминовых препаратов несколькими десятками (!) фирм только в России и успешное применение для ускорения роста и развития растений и животных. Размер мирового рынка гуминовых кислот в 2020 году оценивался в более чем 503,03 миллиона долларов США, и, по прогнозам, до 2026 г. этот рынок будет демонстрировать среднегодовой темп роста 11,2%. Это неудивительно, ведь по некоторым данным гуминовые препараты повышают продуктивность растениеводства до 25–30%! Причем вносятся они в «гомеопатических» дозах – килограммы на гектар. По сути, по своим экологическим функциям гуминовые вещества – универсальный «кондиционер» не только для почв, но и для растений, и биоты. Можно с уверенностью рекомендовать их применение в биологическом земледелии как экологически чистый, не загрязняющий почву и окружающую среду стимулятор, повышающий продуктивность сельскохозяйственного производства.

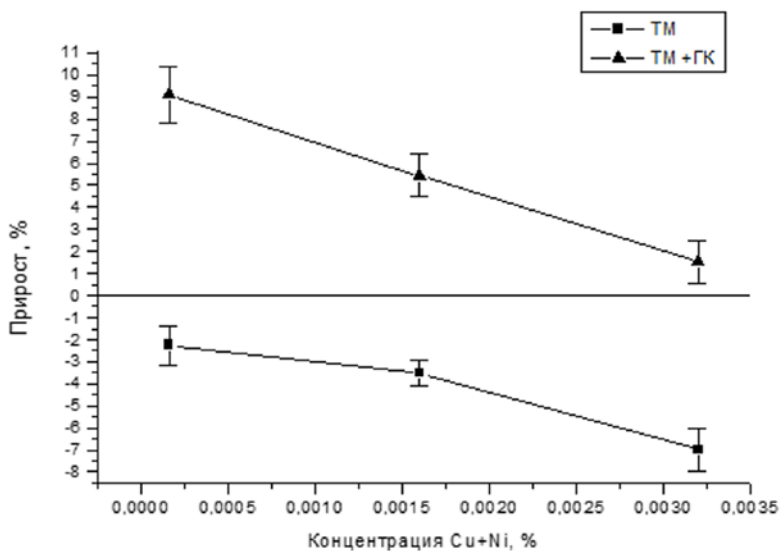


Рисунок 2. Биопротекторное влияние препарата ГК на прирост coleoptилей *Zea mays* в присутствии катионов меди и никеля

Функция биопротекторного действия гуминовых веществ заключается в иммобилизации тяжелых металлов путем их сорбционного поглощения и извлечения из почвенного раствора. В случае появления в почве органических токсикантов (пестицидов и др.) происходит не только иммобилизация, но и их инактивация путем первичной сорбции на макромолекулах гумусовых веществ, а затем и разрушения в ходе конформационных перестроек структуры, которые происходят при сезонных изменениях гидротермических условий.

Вторым аспектом биопротекторной активности гумусовых веществ является существенная стимуляция адаптивных механизмов растений, которая резко повышает их устойчивость к химическим и климатическим стрессам и другим неблагоприятным условиям окружающей среды. На рис. 2 представлены результаты эксперимента по действию препарата гуминовой кислоты на прирост чистой растительной ткани (coleoptилей кукурузы) в условиях увеличивающегося загрязнения тяжелыми металлами. Хорошо видно, что добавление гуминовой кислоты в раствор позволяет добиться положительного прироста ткани, причем емкость катионного обмена препарата гуминовой кислоты в несколько раз ниже присутствующего в растворе

количества тяжелых металлов. Это доказывает присутствие прямой стимуляции гуминовыми кислотами адаптивных реакций растительной ткани, которые позволяют полностью преодолеть токсическое действие тяжелых металлов.

Рассматривая заключительную, диссипативную функцию органического вещества почв как «подушки безопасности», обеспечивающей устойчивое функционирование системы почва-растение можно заключить, что устойчивое воспроизводство плодородия почв, развитие растений и биоты, защиту от химических и климатических стрессов вредителей в условиях минимального использования агрохимикатов в биологическом земледелии невозможно обеспечить без устойчивого поддержания и увеличения гумусового статуса почв и применения гуминовых препаратов.

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАТИЗАЦИИ И СИСТЕМ МОНИТОРИНГА АГРОБИОЦЕНОЗОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ

БЕСПРОВОДНАЯ ГИБРИДНАЯ СЕТЬ С ПОДДЕРЖКОЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IOT) ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Блохин Ю.И., Белов А.В., Блохина С.Ю.

*ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,
г. Санкт-Петербург, Россия
blohin3k4@gmail.com*

Аннотация. Разработана беспроводная гибридная сенсорная сеть (БСС) с низким энергопотреблением для мониторинга метеоусловий, состояния посевов и почвенных характеристик в режиме реального времени для точного земледелия. Предлагаемый прототип БСС включает три типа сенсорных IoT узлов: координатор сети с метеорологическими датчиками, разработанный на платформе Raspberry pi 3 с использованием языка Java, мобильный сенсорный узел с оптической камерой и сенсорный узел с датчиком влажности почвы, с разработанным программным обеспечением для микроконтроллеров и беспроводных модулей. Для сбора, передачи и систематизации экспериментальных данных используется удаленный сервер с необходимой функциональностью. База данных на сервере системы обеспечивает поиск, выгрузку информации, необходимой для верификации моделей и процесса принятия решений. Все подсистемы, используемые в данном исследовании, разработаны с применением коммерческих компонентов и свободных или открытых программных библиотек. Разработанная гибридная БСС реализует возможность создания модульной системы с использованием недорогих готовых компонентов. Собранные данные могут быть визуализированы пользователем в реальном времени с помощью графического интерфейса. Надежность всей системы была подтверждена в ходе полевых экспериментов.

В последние годы наблюдается активное внедрение цифровых технологий в сельское хозяйство. Интернет вещей (IoT) становится ключевой технологией, обеспечивающей непрерывный мониторинг и управление ресурсами в сельскохозяйственной отрасли [1,2]. Возможность генерировать (практически) в реальном времени широкий спектр разнородных данных о состоянии почв, посевов и метеоусловий с высоким пространственно-временным разрешением является основным преимуществом IoT систем [3]. Сельскохозяйственная отрасль становится все более ориентированной на данные, получаемые в режиме реального времени в течение вегетационного периода для ранней диагностики неблагоприятных условий и принятия мер по их устранению.

Одна из задач цифрового сельского хозяйства заключается в создании надежных информационно-измерительных систем с поддержкой IoT, функционирующих в суровых внешних условиях [4]. Оборудование должно выдерживать колебания температуры, влажность и насекомых, поддерживать обработку изображений в условиях чрезмерного освещения, окклюзии и теней, а также сбои при передаче данных. Беспроводная сенсорная сеть (БСС) имеет первостепенное значение для внедрения IoT технологий в сельское хозяйство, соединяя многочисленные сенсорные узлы или устройства с датчиками, создавая надежную платформу для эффективной и бесперебойной связи с повышенной пропускной способностью для интеллектуальных сетей.

Аппаратные средства связи и обработки данных для IoT систем можно условно разделить на коммерческие платформы и платформы "сделай сам" (DIY, Do-It-Yourself). Коммерческие платформы надежны, но имеют ограниченную поддержку для интеграции различных или дополнительных датчиков. Поэтому аппаратные средства для бюджетных IoT систем разрабатываются исследователями на основе собственных требований, что дает возможность самостоятельно определять количество и типы датчиков, интерфейсные соединения, тактовую частоту микропроцессора, объем памяти IoT узлов, входное напряжение и используемые протоколы связи. Кроме того, технические сложности, возникающие при разработке специализированных интерфейсов для датчиков, также не способствуют использованию готовых дорогостоящих коммерческих систем. DIY-платформы представляют собой IoT узлы, созданные на основе коммерчески доступных плат, включая Arduino, EasyPIC v7, ESP32, Raspberry Pi и Wpmote. Доступность, надежность, возможность программирования и поддержки нескольких протоколов связи сделали системы на базе Arduino и Raspberry Pi наиболее популярными [5]. Системы на базе

Raspberry Pi имеют возможность захвата изображений и характеризуются высокой вычислительной мощностью по сравнению с Arduino.

В открытом доступе можно найти различные решения для мониторинга метеоусловий, состояния посевов и почвенных характеристик на основе БСС [5-7]. Многие системы DIY, представленные активным онлайн-сообществом, пока характеризуются ограниченной надежностью и не имеют возможности для дальнейшего расширения функционала. Многие из этих решений протестированы только в лабораторных условиях, и их еще предстоит дорабатывать и проверять в реальных условиях.

Цель работы – разработка гибридной БСС, с возможностью интеграции дополнительных сенсорных узлов и датчиков, с учётом использования различных протоколов передачи данных и интерфейсов подключения.

Для оценки функциональности и целевого назначения разработанной гибридной БСС проведены полевые испытания на тестовом полигоне Меньковской опытной станции АФИ (Ленинградская обл.). В рамках полевых испытаний оценивалась стабильность радиопередачи в сети, передачи пакетов данных на сервер и отображения данных, производительность системы, энергоэффективность, надёжность, устойчивость к факторам окружающей среды (ветровой нагрузке, осадкам), автономность с учётом динамики развития посевов в течение вегетационного периода.

Разработанная гибридная БСС включает три типа IoT устройств различной конфигурации: координатор сети для мониторинга метеорологических параметров с интернет-каналом передачи данных на удаленный сервер, мобильный сенсорный узел с оптической камерой для мониторинга состояния посевов, сенсорные узлы со скважинными влагомерами для мониторинга влажности почвы. Координатор оснащен датчиками для измерения температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, интенсивности фотосинтетически активной радиации (ФАР), количества атмосферных осадков и температуры поверхности почвы (рис. 1а). Для увеличения автономности в полевых условиях координатор БСС оборудован фотоэлектрическим солнечным модулем поликристаллического типа, аккумулятором с высокой разрядной характеристикой и эксплуатационной устойчивостью, расположенном в герметичном боксе и контроллером заряда.

Для мониторинга состояния растений, выявления аномальных ситуаций разработан сенсорный узел с оптическим датчиком для обработки, анализа и передачи изображений растительности с определенной периодичностью. Экспериментальный образец сенсорного узла включает: оптическую камеру DS-2CD63C5G0E-IS(2mm) (B) 12 Мп

fisheye (рис. 1б), модуль управления СУ, аккумулятор Delta DT 1207, радиомост Ubiquiti. Данные с камеры передавались с помощью радиомостов Ubiquiti LiteBeam 5ac-Gen2 на координатор сети и далее в интернет, доступ к изображению с камеры осуществлялся с помощью службы Hik-connect (облачный сервис компании HikVision) или по WIFI, через локальную сеть БСС и приложение iVMS-4200.

Для мониторинга влажности почвы разработан сенсорный узел наземного размещения с высокой энергоэффективностью. Экспериментальный образец сенсорного узла включает: скважинный влагомер почвы (двухканальный для пахотного слоя 0-20 см), беспроводной модуль, микроконтроллер, аккумулятор, контроллер заряда, внешнюю антенну и солнечный модуль на мачте (рис. 1в). Данная конфигурация обеспечивает работу сенсорного узла в режиме: 30 сек рабочего цикла устройства и около 20 минут в режиме сна (потребление СУ 0,373 Вт*ч), что обеспечит около года работы на одном заряде аккумулятора, без учета подзарядки от солнечной батареи.

Сервер обеспечивает сбор и запись в базу данных информации, собранной сенсорными узлами и координатором БСС. Разработанная аппаратная и программная архитектура для регистрации, обработки и хранения данных позволяет удаленно управлять координатором, сенсорными узлами и подключать другие датчики, используя стандартные беспроводные (ZigBee, Wi-Fi) или проводные интерфейсы (I²C, SDI-12, UART, RS-232 и RS-485). Тестирование прототипа измерительной системы на опытных полях биополигона АФИ в 2021-2022 гг. (рис. 1д) позволило сформировать базу разнородных данных, что способствовало существенному повышению уровня информационного обеспечения проводимых экспериментов по внесению удобрений. Система обладает надежностью и энергоэффективностью для работы в полевых условиях в течение вегетационного периода.

В ходе анализа производительности БСС в полевых условиях получены некоторые опытные данные, которые касаются ограничений использования, энергопотребления и автономности. В течение двухлетнего периода произошло много нештатных ситуаций, что привело к некоторым важным улучшениям в отношении как аппаратного, так и программного обеспечения. В качестве примера можно привести проблемы с установкой коммуникации между сенсорными узлами, которые неизменно были связаны с настройкой подсистем: дальность действия между устройствами, позиционированием и коэффициентом усиления антенны используемого модуля связи, и управление связью со стороны встроенного программного обеспечения системы. Дальнейшие исследования будут направлены на совершенствование программных и аппаратных решений с целью обеспечить взаимосвязь

разнородных систем и совместное использование ресурсов для получения более точных сельскохозяйственных данных. Одним из результатов проведенных усовершенствований стал сенсорный узел скрытого размещения (рис. 1г).

Разработанная гибридная БСС позволяет увеличить детализацию и охват экспериментальных данных в полевых условиях для ранней диагностики неблагоприятных условий и своевременной корректировки технологических операций по их устранению в практике точного земледелия.

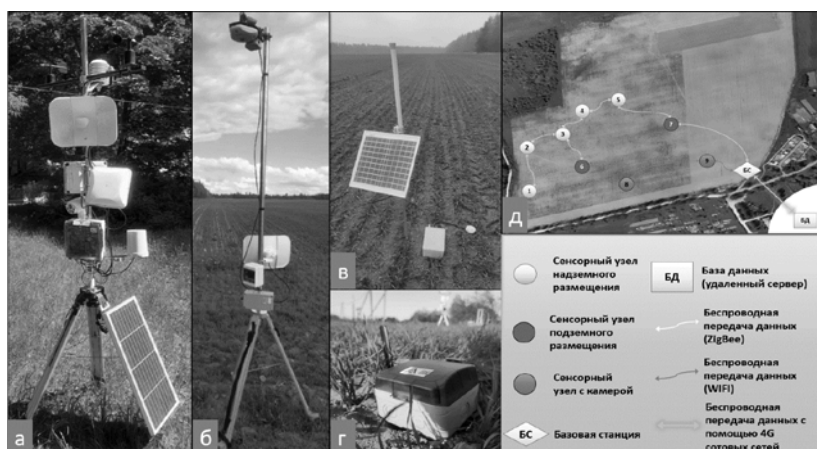


Рисунок 1. IoT устройства гибридной БСС (а – г) и распределение сенсорных узлов на поле (д).

Литература

1. Иванов А.Л., Козубенко И.С., Савин И.Ю., Кирюшин В.И. Цифровое земледелие // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018, № 5, с. 4–9.
2. Adli H.K., Remli M.A., Wan SalihinWong K.N.S., Ismail N.A., González-Briones A., Corchado J.M., Mohamad M.S. Recent Advancements and Challenges of AIoT Application in Smart Agriculture: A Review // Sensors. 2023, Vol. 23, p. 3752. <https://doi.org/10.3390/s23073752>
3. Савин И.Ю., Блохин Ю.И. Об оптимизации размещения сети датчиков интернета вещей на пахотных угодьях // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2022, № 110, с. 22-50. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-110-22-50>

4. Блохин Ю.И., Якушев В.В., Блохина С.Ю., Петрушин А.Ф., Митрофанова О.А., Митрофанов Е.П., Двирник А.В. Современные решения для формирования опорной информации с целью повышения точности определения агрофизических свойств почвы по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020, Т. 17, № 4, с. 164-178. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-4-164-178
5. Placidi P., Morbidelli R., Fortunati D., Papini N., Gobbi F., Scorzoni A. Monitoring Soil and Ambient Parameters in the IoT Precision Agriculture Scenario: An Original Modeling Approach Dedicated to Low-Cost Soil Water Content Sensors // Sensors. 2021, 21(15), p. 5110. <https://doi.org/10.3390/s21155110>
6. Rodríguez-Robles J., Martin A., Martin S., Ruipérez-Valiente J.A., Castro M. Autonomous Sensor Network for Rural Agriculture Environments, Low Cost, and Energy Self-Charge // Sustainability. 2020, Vol. 12, p. 5913. doi:10.3390/su12155913
7. Morais R., Mendes J., Silva R., Silva N., Sousa J., Peres E. A Versatile, Low-Power and Low-Cost IoT Device for Field Data Gathering in Precision Agriculture Practices // Agriculture. 2021, Vol. 11, p. 619. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070619>.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВАХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ

*Дудникова Т.С., Сушкова С.Н., Минкина Т.М.,
Барбашев А.И., Шуваев Е. Г., Немцева А.А.*

*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
tyto98@yandex.ru*

Аннотация. Предприятия топливно-энергетического комплекса являются основными источниками накопления опасных канцерогенов группы полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в почвах. На примере почв импактных зон террикона и ГРЭС изучены особенности накопления ПАУ в почвах предприятий топливно-энергетической сферы. Маркерами загрязнения почвы для исследуемой территории являются пирен и хризен и бенз(g,h,i)перилен. При этом влияние непосредственно электростанции сопровождается повышением концентрации бенз(g,h,i)перилена в почвах импактной зоны, а террикона – пирена.

Введение. Разнообразные по интенсивности, длительности и направлению техногенные воздействия трансформируют исходные параметры функционирования природных ландшафтов, путем непрерывного поступления опасных экотоксикантов в почвы. В качестве приоритетных загрязняющих веществ, обладающих канцерогенной активностью, рассматриваются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), 16 представителей которых внесены в список приоритетных поллютантов агентства по охране окружающей среды США [1]. Условно все ПАУ классифицируются на низкомолекулярные к которым относятся 2-х и 3-х кольчатые соединения и высокомолекулярные, к которым принадлежат 4-х, 5-ти, 6-ти и более кольчатые. С увеличением количества бензольных колец в молекуле ПАУ возрастает устойчивость поллютанта в среде, повышается его липофильность, а также токсичность [2, 3]. ПАУ поддаются микробиологической и фотохимической деструкции, что позволяет почве самоочищаться со временем [4]. Среди ключевых антропогенных источников загрязнения почв в промышленно-освоенных регионах ФАО выделяет добычу полезных ископаемых и производство энергии [5]. Индикация источника происхождения и интенсивности поступления ПАУ в поч-

вы зачастую осуществляется на основе маркерных соединений - качественного и количественного анализа 16 приоритетных ПАУ в почвах импактных зон [6]. В этой связи исследование особенностей накопления поллютантов в почвах различных импактных зон является первоочередной задачей при создании систем мониторинга почв, подверженных техногенной деятельности. Целью данной работы являлось изучить особенности накопления приоритетных ПАУ в почвах при различной техногенной нагрузке.

Объект исследования. Объектом исследования являлись почвы, приуроченные к террикону, расположенному вблизи п. Аютинский и Новочеркасской ГРЭС электростанции. Площадки мониторинга заложены в 1500 м с наветренной стороны от эпицентра импактных зон. Почвенный покров исследуемой территории представлен преимущественно средне- и тяжелосуглинистыми черноземами обыкновенными карбонатными (рис. 1). Свойства почв исследуемых площадок мониторинга: содержание гумуса - 4,0-4,2%, физической глины - 45,55-47,2%, ила - 21,5-23,0%, рН - 7,5-7,8.

Методы исследования. Отбор проб почвы осуществлен с каждой мониторинговой площадки на глубину 0-20 см согласно ГОСТ [7]. Экстракция ПАУ из образцов почвы проведена гексаном. Предварительно мешающая липидная фракция была удалена путем омыления 1 гр почвы 2-% спиртовым раствором КОН. Количественно определяли ПАУ в экстракте методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent 1260 (ISO 13877-2005). В ходе лабораторных экспериментов определены концентрации 16 приоритетных ПАУ [8]: низкомолекулярные: нафталин, фенантрен, антрацен, аценафтен, аценафтилен, флуорен; высокомолекулярные, пирен, хризен, бенз(а)антрацен, флуорантен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, бенз(г,х,и)перилен. Все лабораторные анализы выполнены в 3-х кратной аналитической повторяемости. Статистический анализ полученных результатов выполнен с использованием программы Microsoft Excel 2019.

Результаты. В результате исследования установлено, что суммарное содержание 16 приоритетных ПАУ в почве импактной зоны Новочеркасской ГРЭС достигает 4142 нг/г. В почве, приуроченной к террикону, количество поллютантов в 4,6 раз выше и составляет 18950 нг/г (рис. 2). При этом суммарное содержание ПАУ в почвах превышает фоновые значения черноземной зоны в 13 раз для импактной зоны ГРЭС и 63 раза для террикона [9]. Доля наиболее опасных высокомолекулярных ПАУ в почвах ГРЭС составляет 52%, а в почвах террикона - 81%.



Рисунок 1. Картограмма расположения площадок мониторинга

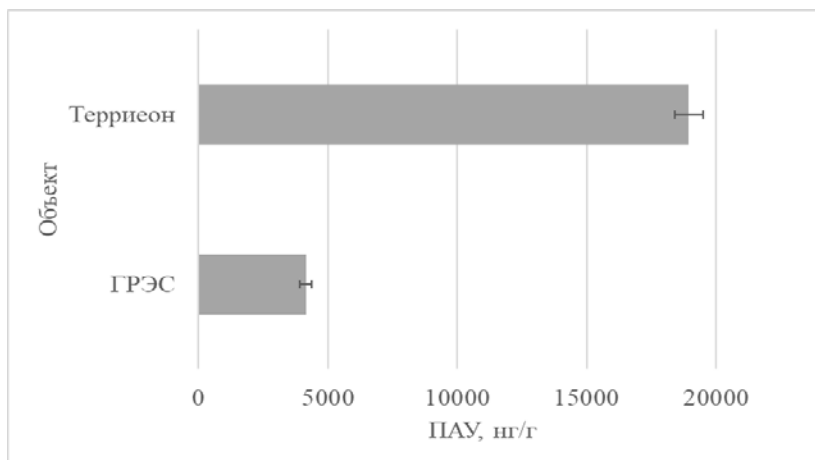


Рисунок 2. Суммарное содержание 16 приоритетных ПАУ в почвах исследуемых территорий

Исследуемые почвы существенно отличаются по составу низко- и высокомолекулярных ПАУ. В почвах ГРЭС в составе низкомолекулярных соединений доминирует трехкольчатый фенантрен, доля которого достигает 83%. В почвах терриконе наряду с фенантеном (60%), преобладают трехкольчатые антрацен (14%) и флуорен (24%) (рис. 3).

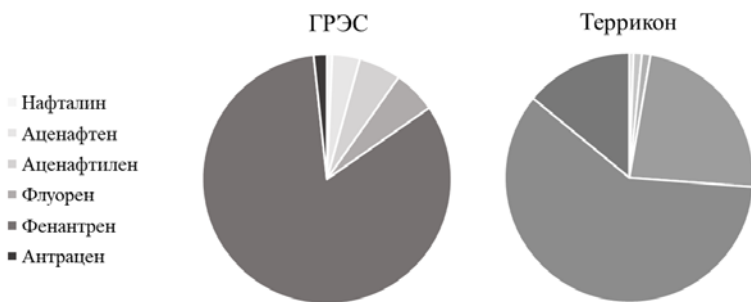


Рисунок 3. Доля индивидуальных соединений в составе группы низкомолекулярных представителей ПАУ

В почвах Новочеркасской ГРЭС в составе высокомолекулярных ПАУ индивидуальные соединения распределены практически равномерно с некоторым доминированием бенз(g,h,i)перилена (19%) и хризена (17%). В почвах, расположенных вблизи террикона (рис. 4), резко доминируют четырехкольчатые пирен и хризен, их доля в составе суммы высокомолекулярных ПАУ достигает 48% и 36%, соответственно. Повышенные концентрации данных соединений по сравнению с другими приоритетными ПАУ являются маркерами пирогенно-угольного источника, так как зачастую пирен, хризен и бенз(g,h,i)перилен встречаются в почвах территорий, подверженных влиянию предприятий топливно-энергетического комплекса и угледобычи [6].

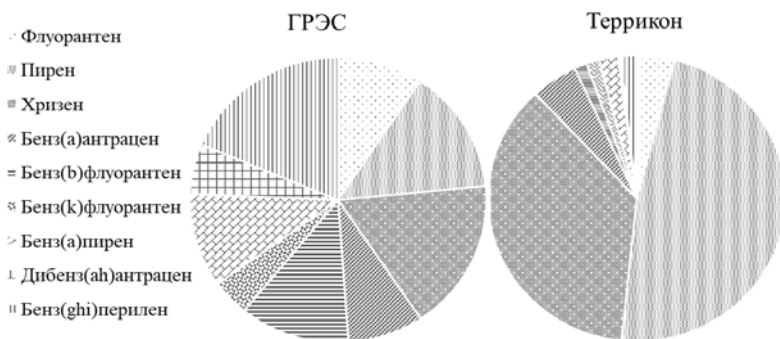


Рисунок 4. Доля индивидуальных соединений в составе высокомолекулярных представителей ПАУ

Заключение. Установлено, что суммарное содержание ПАУ в почвах импактных зон Новочеркасской ГРЭС и террикона превышает фоновые значения. В большей степени загрязнены почвы террикона, в которых сумма 16 соединений достигает 18950 нг/г, что в 63 раза выше фоновых значений для черноземной зоны. В почвах обеих импактных зон в составе ПАУ преобладают соединения пирогенно-угольной ассоциации. При этом отличительной особенностью почв импактной зоны ГРЭС является доминирование бенз(g,h,i)перилена, а террикона – пирена в составе группы наиболее опасных высокомолекулярных ПАУ.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда № 19-74-10046.

Литература

1. US EPA (US Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS). Washington, DC: Office of Research and Development, 2020. – URL: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/AtoZ.cfm (дата обращения: 2020-03-20).
2. IARC. List of classifications, volumes 1–123. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2020. – URL: <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications-volumes/> (дата обращения: 2020-07-25).
3. Abdel-Shafy H.I., Mansour M.S.M. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation // Egyptian journal of petroleum. – 2016. – Т. 25. – № 1. – С. 107-123.
4. Rengarajan, T., Rajendran, P., Nandakumar, N., Lokeshkumar, B., Rajendran, P., & Nishigaki, I. (2015). Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on cancer. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 5(3), 182-189.
5. FAO, UNEP. Global assessment of soil pollution: Report [Electronic resource]. – Electronic data. – Rome: FAO, UNEP, 2021. – URL: <https://doi.org/10.4060/cb4894en> (access date: 2023-01-02).
6. Khaustov A. Anisotropy of the polyarenes distribution in the urban soil-plant systems under the conditions of transport pollution / A. Khaustov, M. Redina // Applied Geochemistry. – 2022. – V. 143. – P. 105383.
7. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминто-

логического анализа. – Взамен ГОСТ 17.4.4.02-84; введ. 2019-01-01. – М.: Стандартиформ, 2019. – 12 с.

8. ISO 13877-2005 Soil Quality-determination of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons - Method Using High-performance Liquid Chromatography (2005)
9. Mazarji, M., Minkina, T., Sushkova, S., Mandzhieva, S., Barakhov, A., Barbashev, A., ... & Giannakis, S. (2022). Decrypting the synergistic action of the Fenton process and biochar addition for sustainable remediation of real technogenic soil from PAHs and heavy metals. *Environmental Pollution*, 303, 119096.

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОСЕВАМИ С УЧЕТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ И ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Евдокимова М.В.¹, Огородников С.С.²

¹ *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия*

² *Московский авиационный институт (национальный исследовательский
университет), г. Москва, Россия
soil.resources@mail.ru*

Точное земледелие (точное агропроизводство, цифровое сельское хозяйство) – это направление в агротехнологиях, в рамках которых собираются и анализируются данные о временной изменчивости и пространственной неоднородности параметров окружающей среды для принятия управленческих решений с целью повышения эффективности использования сельскохозяйственных ресурсов, производительности, качества продукции, прибыльности и устойчивости сельскохозяйственного производства [18]. Основная цель точного земледелия достигается путем дифференциации норм технологического воздействия на почвы и растения [1].

Технологии дифференцированного применения сельскохозяйственных ресурсов (воды, удобрений, средств защиты растений) способствуют повышению урожайности при одновременном снижении негативного влияния сельскохозяйственной деятельности на окружающую среду [7, 1, 9].

Разграничение сельскохозяйственного поля на зоны, относительно однородные по показателям урожайности, физическим свойствам почвы и обеспеченностью питательными элементами, является основой большинства методов точного земледелия [1, 12, 14, 15].

Стремительное развитие методов дистанционного зондирования Земли из космоса, а также открытие доступа к базам данных аэрокосмических снимков, обеспечили возможность оперативного доступа к регулярно обновляемым пространственным данным высокого разрешения [3]. При этом широкое распространение получили индексные изображения. В среде геоинформационных систем или с применением облачных технологий на основе комбинации параметров отражения в определенных спектральных каналах формируется изображение, которое позволяет оценить состояние сельскохозяйственных культур [4].

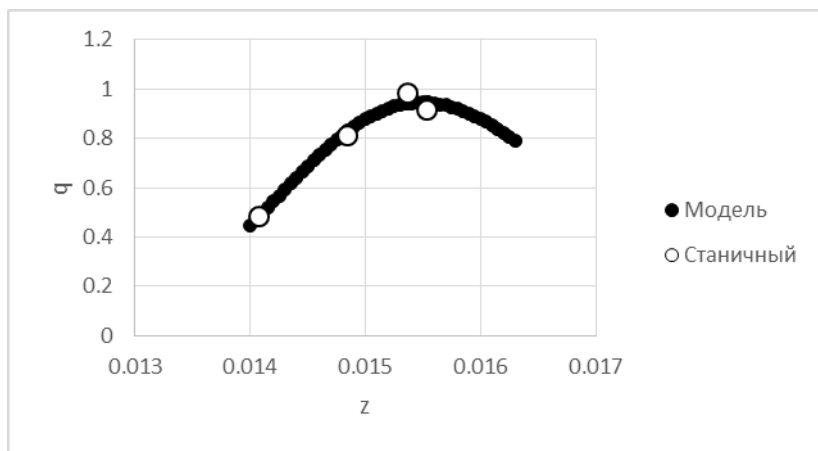


Рисунок 1. Зависимость урожайности зерна риса сорта Станичный в микрополевом опыте от начальной концентрации питательных элементов в форме среднего геометрического из всех концентраций [5]

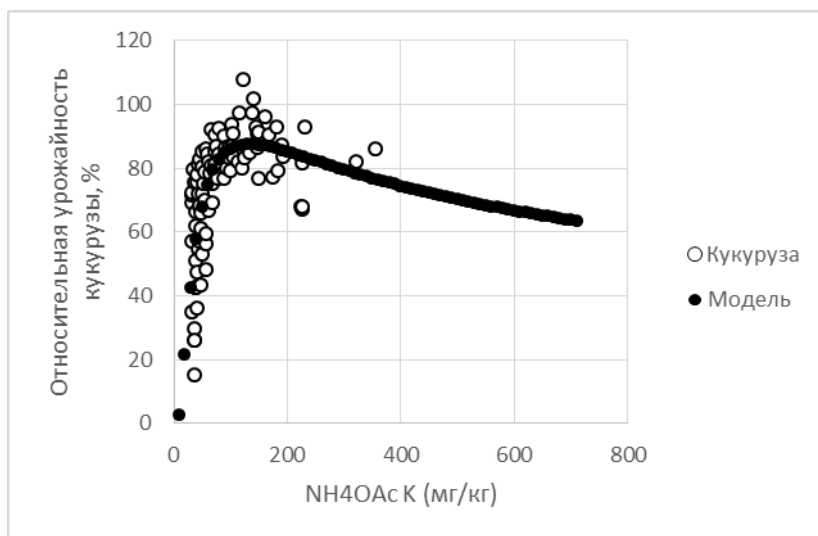


Рисунок 2. Зависимость относительной урожайности кукурузы на опытных полях в Айове от концентрации в почвах обменного К [9]

Спектральные индексы, используемые для изучения внутрисезонной динамики развития и оценки состояния растительности, полу-

чили общепринятое название «вегетационные индексы». При этом наиболее распространенным и часто используемым индексом для решения задач количественной оценки состояния растительного покрова стал индекс NDVI (англ. Normalized Difference Vegetation Index, нормализованный разностный индекс растительности) [1, 10, 11, 16, 17]. NDVI представляет собой численный показатель количества фотосинтетически активной биомассы и позволяет выявить зоны угнетенной растительности, давая конечным пользователям возможность принимать наиболее верные в долгосрочной перспективе решения, направленные на повышение урожайности [4].

Следующим шагом на пути определения оптимальных для сельскохозяйственных культур условий является выбор математической модели для аппроксимации экспериментальных данных [6].

Аналитическое решение теоретической модели [1], выведенной в рамках законов сохранения механики, макроскопической химической и биохимической кинетики, представлений сплошной среды, теории подобия и анализа размерности, апробировано на результатах микрополевого опыта по выращиванию риса в условиях опытного хозяйства ВНИИ риса в Краснодарском крае на фоне разных доз NPK [5], а также на результатах по возделыванию кукурузы на опытных полях штата Айова в США, подкрепленных многолетними данными [9] по содержанию в почвах обменного К. Установлено, что модель адекватна нелинейному отклику урожая зерна риса на разные дозы NPK, а также отклику урожая кукурузы на разные концентрации К, и позволяет вычислить оптимальную дозу удобрений, которая соответствует максимуму ответа сельхозкультуры на разные дозы удобрений (Рис. 1, 2).

На примере двух культур показана адекватность теоретической модели отклика урожайности сельхозкультуры в фазовой плоскости «доза-ответ» на удобрение, что открывает возможность точного определения оптимального удобрения по результатам полевых опытов, в том числе при использовании комплекса удобрений, при условии, что в опытах будет достигнут предел отклика на удобрение.

Обоснован подход к оценке состояния посевов сельскохозяйственных культур на основе данных дистанционного зондирования Земли (Рис. 3). Показана адекватность теоретической модели отклика сельскохозяйственных культур в форме NDVI на содержание в почве азота, фосфора, калия и их результирующей концентрации (геометрическое среднее), что открывает возможности определения их оптимального содержания в почве сельхозугодия, а также выделения однородных зон. Для иллюстрации точности приближения модели на графике наряду с теоретической кривой и экспериментальными точками синим пунктиром приведены 95% доверительные интервалы.

Для автоматизации расчетов параметров модели [1] и оптимальных концентраций элементов питания создан алгоритм на языке программирования Python 3 с использованием библиотек SciPy, NumPy, Pyeq3 и Matplotlib.

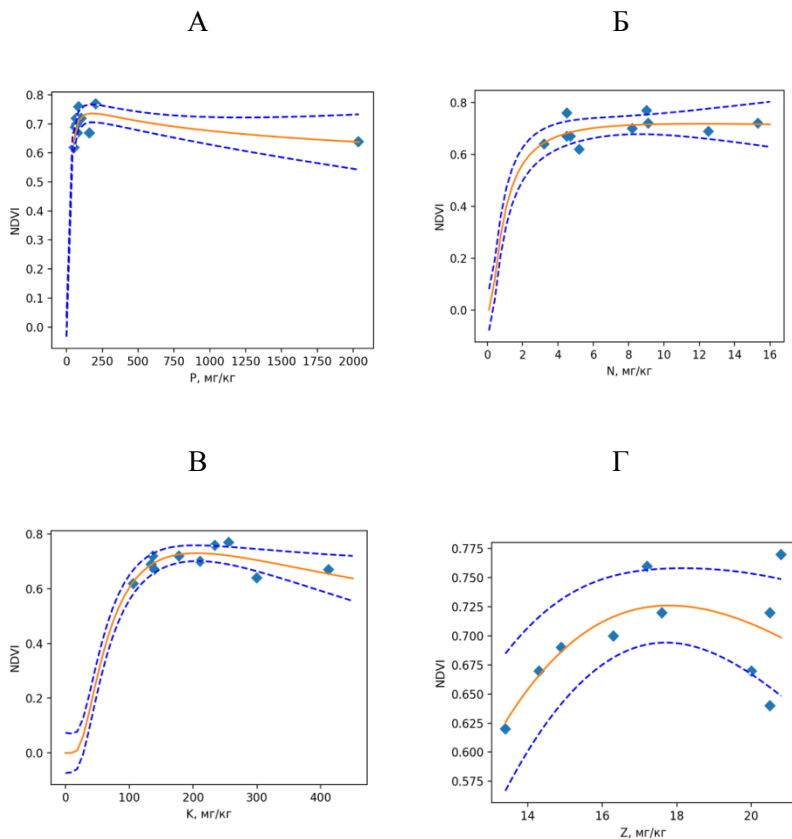


Рисунок 3. Зависимость отклика яровой пшеницы в форме NDVI (по материалам Sentinel-2 на 29-ой неделе 2019 г.) от начальной концентрации питательных элементов в форме среднего геометрического

Литература

1. Гендугов В.М., Глазунов Г.П. Макрокинетическая модель микробного роста на многокомпонентном субстрате // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. — 2014. — № 3. — С. 10–16.

2. Евдокимова М.В. Прогноз экологического состояния земель субъектов Российской Федерации в целях устойчивого развития // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2023. Т. 78. № 2. С. 63–74.
3. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Кашницкий А.В., Балашов И.В., Барталев С.А., Константинова А.М., Кобец Д.А., Мазуров А.А., Марченков В.В., Матвеев А.М., Радченко М.В., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151-170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
4. Михайленко И.М., Тимошин В.Н. Развитие индексной парадигмы в дистанционном зондировании почвенно-растительного покрова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. No 6. С. 138–150.
5. Определение оптимальной для риса дозы NPK по результатам микрополевого опыта на основе макрокинетической модели роста / Г. П. Глазунов, М. В. Евдокимова, М. В. Шестакова и др. // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса // Под ред. В.В. Окоркова. — ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ Иваново, 2020. С. 15–20.
6. Пивченко Д.В., Мешалкина Ю.Л., Васенев И.И., Тихонова М.В., Визирская М.М. Опыт адаптации системы DSSAT для моделирования урожая озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в условиях Московской области // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 1. С. 33-39.
7. Сычев В.Г., Романенков В.А., Шевцова Л.К., Рухович О.В. Современные направления исследований и результаты длительных полевых опытов Геосети // Плодородие. 2014. № 5. С. 3–5.
8. Якушев В.П., Петрушин А.Ф., Якушев В.В., Блохина С.Ю., Блохин Ю.И., Матвеев Д.А., Митрофанов Е.П. Автоматизация процесса обнаружения и выделения границ внутрислоевой изменчивости по аэрокосмическим снимкам и оптическим критериям // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 6. С. 151–162
9. Barbagelata P. A. Evaluation of potassium soil tests and methods for mapping soil fertility properties in Iowa corn and soybean fields. 2006. Retrospective Theses and Dissertations. 1797. Режим доступа: <https://lib.dr.iastate.edu/rtd/1797>.
10. Cui Y.P., Liu J.Y., Hu Y.F. et al. An Analysis of Temporal Evolution of NDVI in Various Vegetation-Climate Regions in Inner Mongolia, China // Procedia Environmental Sciences. 2012. Vol. 13.

11. De Jong R., de Bruin S., de Wit A. et al. Analysis of mono-tonic greening and browning trends from global NDVI time-series // *Remote Sensing of Environment*. 2011. Vol. 115(2).
12. Haghverdi A., Leib B. G., Washington-Allen R. A., Ayers P. D., Buschermohle M. J. Perspectives on delineating management zones for variable rate irrigation // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015. V. 117. P. 154–167.
13. International Society for Precision Agriculture (ISPA). Precision Agriculture Definition. 2021. Режим доступа: <https://www.ispag.org/about/definition>. Дата: 10.05.2023
14. Karydas C., Iatrou M., Iatrou G., Mourelatos S. Management zone delineation for site-specific fertilization in rice crop using multi-temporal RapidEye imagery // *Remote Sensing*. 2020. V. 12. Art. No. 2604. DOI: 10.3390/rs12162604.
15. Lark R. M., Stafford J. V. Classification as a first step in the interpretation of temporal and spatial variation of crop yield // *Annals of Applied Biology*. 1997. V. 130. No. 1. P. 111–121. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1997.tb05787.x.
16. Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A., Deering D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS // *Third ERTS-1 Symp. NASA, Goddard Space Flight Center*, 1973. V. 1. P. 309-317.
17. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // *Remote Sens Environ*. 1979. Vol. 8, Iss. 2.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ПОЧВЕННЫХ И СЕЛЕКЦИОННО-СЕМЕНОВОДЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Толстыгин К.Д., Фомин Д.С., Цымбарович П.Р.

*ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, г. Москва, Россия
smartman217@gmail.com*

Одной из ключевых задач сельского хозяйства в России является развитие мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и используемых для ведения сельского хозяйства земель иных категорий [1]. В рамках решения этой задачи и в соответствие с различными государственными постановлениями с начала двадцать первого века были разработаны несколько информационных систем, предназначенных формализованного описания разнородных почвенных данных и их последующего сохранения в электронных базах. Наиболее известными из таких систем являются «Почвенно-географическая база данных России» [3] и «Единый государственный реестр почвенных ресурсов России» (ЕГРПР) [2].

Однако стоит отметить, что обозначенные и подобные им системы не могут быть использованы в качестве полноценных информационно-аналитических инструментов в повседневной работе как научных сотрудников, так и частных и государственных работников сельского хозяйства (селекционеров, семеноводов, фермеров и земледельцев) из-за следующих особенностей:

фактическое отсутствие обновления и уточнения данных – данные заносятся единожды в момент создания системы;

отсутствие возможности добавления и редактирования собственных данных об исследованиях и измерениях почвенных и прочих свойств рядовыми пользователями – системы по сути являются справочниками;

отсутствие или слабая выраженность как такового *аналитического* аспекта системы, невозможность проводить взаимосвязи и делать выводы об изменении и варьировании почвы во времени в результате естественных и антропогенных воздействий.

В связи с этим, в Почвенном институте им. В.В. Докучаева создается информационно-аналитическая система управления данными почвенных и селекционно-семеноводческих исследований и измерений. В ее основу положен опыт предшественников, а сформулирован-

ные в рамках технического задания требования в то же время учитывают их недостатки и нужды целевых пользователей.

Одна из основных задач в большой работе по созданию такой системы – проектирование структуры (схемы) базы данных. В основу схемы были заложены основные принципы ЕГРПП, расширенные для предоставления возможности анализа данных:

достаточное количество уровней абстракции, позволяющих детально описать все этапы исследований и измерений;

учет разнообразных методик измерений и отбора образцов;

наличие динамических свойств, позволяющих в будущем расширять систему (например, при разработке новых методик и технологий измерений);

совместимость с базами данных других исследований (например, проект SoilText) и возможность их полного переноса в единую систему без потери данных.

Взаимодействие пользователя с системой осуществляется по шагам, на каждом из которых он «спускается» от общего к частному на предметном и пространственном уровне. В упрощенном представлении в системе реализуются следующие уровни хранения информации (сверху вниз):

проект – представляет собой основную уникальную единицу исследования, внутри которой выделяются более детализированные уровни абстракции. Проекты могут (но не обязаны) по желанию автора быть объединены в группы для упрощения работы с ними;

объект обследования – крупная территориальная единица, на которой проводят обследования в рамках проекта. Выделяется по принципу максимального расстояния в многомерном пространстве признаков, включая расстояние в пространстве. Объектом, как правило, служат сельскохозяйственные поля, ключевые участки, ценозы;

точке/площадка обследования – минимальная территориальная единица обследования, имеющая географическую привязку. Может быть площадной (единицы квадратных метров). В качестве точки обследования могут выступать, например, точки заложения почвенных разрезов, точки и участки мониторинговых исследований, селекционные площадки;

тематическое обследование – совокупность данных, полученных для конкретного природного или техногенного тела (в настоящий момент реализовано для почвенных профилей и горизонтов);

образец – метаданные об отобранном образце, включая дату, методику отбора и параметры отбора, если методика предполагает их учет (объем, вес, влажность образца и т.п.);

результат измерения – содержит данные, полученные в ходе лабораторного измерения свойств конкретного образца, включая метаданные о методике измерения и его параметрах, если предполагает их учет (режим работы прибора, концентрации реагентов и т.п.).

Наличие множества уровней абстракции, несмотря на сложность организации (во многом кажущуюся), обеспечивает подробные и точные описания исследований, что позволяет сравнивать между собой данные, полученные в разное время разными исследователями в рамках разных проектов для одних и тех же или схожих объектов и территорий (при условии согласия авторов на доступ к своим данным).

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 30.07.2010 N 1292-р (ред. от 30.05.2014) <Об утверждении Концепции развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020>
2. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России, <https://egrpr.esoil.ru/index.htm>
3. Информационная система Почвенно-географическая база данных России, <https://soil-db.ru/>

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КЛАССИФИКАТОР ТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, РЕШАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Цымбарович П.Р.

*ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”,
ситуационно-аналитический центр, г. Москва, Россия
petr@tsymbarovich.ru*

Деградация земель – одна из острейших проблем человечества современности. В 1994 году странами Организации Объединенных Наций (ООН) была подписана конвенция по борьбе с опустыниванием, целью создания которой является предотвращение деградации земель и смягчение ее последствий путем принятия эффективных мер на всех уровнях в сочетании с соглашениями о международном сотрудничестве и партнерстве в рамках комплексного подхода, соответствующего Повестке дня на XXI век и направленного на достижение устойчивого развития в затрагиваемых районах [1]. Проблема деградации земель также освещается в итоговом документе Конференции ООН по устойчивому развитию (Рио+20) [2]. В повестку дня устойчивого развития на 2030 год среди прочих вошла задача 15.3 «К 2030 году победить опустынивание, восстановить деградированные земли и почвы, включая земли, подвергшиеся опустыниванию, засухам и наводнениям, а также достичь нейтрального уровня деградации земель во всем мире» [3].

Для успешной борьбы с деградацией земель необходим постоянный мониторинг их состояния, состояния и динамики показателей продуктивности, а также оперативная индикация деградационных и эрозионных процессов. Для этого могут и должны применяться методы и технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [4–7]. Однако их применение сопряжено с некоторыми сложностями, такими как отсутствие стандартизированных методик, несогласованность временного разрешения съемки с другими характеристиками, ограничения по пространственному разрешению, а также возрастающая сложность применения данных ДЗЗ, которые приобретают характер «больших данных» [6,8].

Международная орбитальная группировка к 2020 г. насчитывала немногим меньше 500 космических аппаратов (КА), не считая сотни

(так называемые рои) микро и наноспутников. Ежегодно на орбиту запускается несколько десятков КА ДЗЗ [9–12]. Часто один КА несет на борту несколько видов целевой аппаратуры, т.е. позволяет получать данные с разными характеристиками. Картографам, исследователям и другим пользователям предлагается большое разнообразие разнородных данных ДЗЗ. Выбор данных зависит от нескольких факторов: масштаб и специфика решаемой задачи; особенности объекта исследования; бюджет, т.е. возможность приобретения коммерческих данных и специального программного обеспечения (ПО); выбранные методы и алгоритмы обработки. При решении тематических задач, в том числе картографировании, выбор конкретных данных ДЗЗ часто определяется опытом их предыдущего использования. То же касается выбора алгоритмов и ПО их обработки.

Специалистами и исследователями в области ДЗЗ неоднократно предпринимались и предпринимаются усилия по систематизации видов КА и получаемых данных ДЗЗ, алгоритмах их обработки и получаемых продуктов. Предлагаемые решения строятся с использованием разных подходов, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками. Однако все из представленных в открытом доступе на настоящий момент не удовлетворяют современным требованиям тематических пользователей. Они либо представлены устаревшими данными ДЗЗ, либо ограничены отдельными тематическими областями, либо разработаны для конкретного заказчика [13].

Для решения обозначенной выше проблемы в АО «Российские космические системы» (входит в Госкорпорацию «Роскосмос») в рамках научной-исследовательской деятельности был разработан универсальный классификатор тематических задач, решаемых с использованием данных ДЗЗ, на основе принципов адаптивности, всеохватности и соответствия требованиям максимально широкого круга пользователей и разработчиков технологических решений, продуктов и услуг в области ДЗЗ [13].

Классификатор получил название СТРАТО ДЗЗ (Семантическая сеть работ, алгоритмов и технологий обработки данных дистанционного зондирования Земли). В основе СТРАТО ДЗЗ лежит теория графов: принцип классификации основан на установлении связей между тематическими задачами, алгоритмами их решения, объектами подстилающей поверхности (объектами природно-техногенной среды) и отраслями хозяйственной деятельности. Для формализации описания сущностей в информационной модели классификатора разработана оригинальная онтология предметной области (рис.). Разработка онтологии производилась на основе комбинирования отраслевого и объектно-ориентированного подходов.

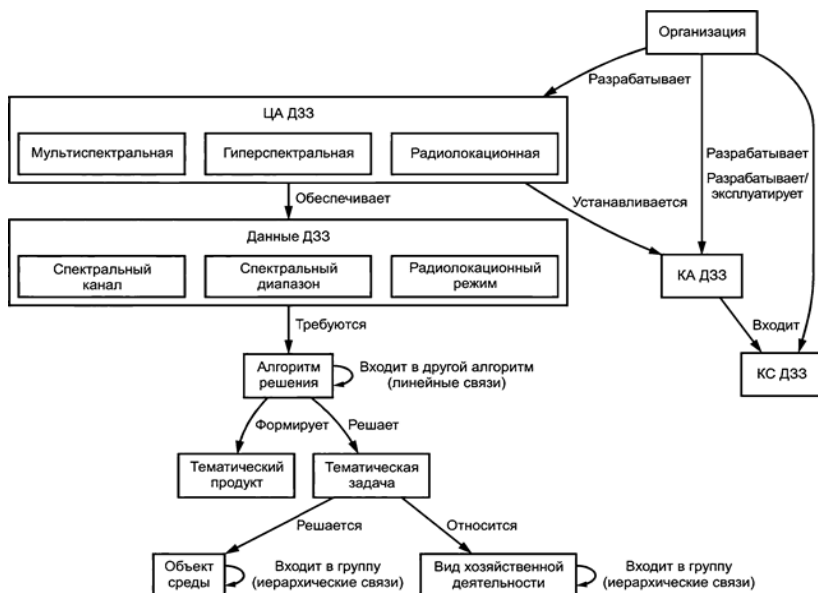


Рисунок. Упрощенная визуализация онтологии предметной области СТРАТО ДЗЗ

Классификатор представляет собой динамическую информационную систему, которая предполагает внесение новых сущностей и установление новых связей между ними. На кафедре эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова была проведена работа по наполнению классификатора тематическими задачами картографирования деградации земель.

В классификатор вносятся только те задачи, для которых достоверно подтверждено успешное применение 1 и более алгоритма, использующих данные ДЗЗ. В качестве подтверждения приводятся ссылки на достоверные документы (рецензируемые научные публикации, научно-технические отчеты и т.п.). Каждый алгоритм предполагает использование данных ДЗЗ с определенными характеристиками, таким образом формируется цепочка:

объект среды + отрасль + тип + масштаб → тематическая задача → алгоритм решения → данные ДЗЗ

Объекты подстилающей поверхности и отрасли хозяйственной деятельности организованы в виде иерархических справочников за счет связей типа «входит в группу». Это позволило упростить переход к связанным тематическим задачам.

Для более точного установления требований к характеристикам исходных данных ДЗЗ в рамках решения конкретной задачи были предложены дополнительные классификации по типу задачи, пространственному и временному масштабу. Принадлежность задачи к данным классам реализуется через ее формализованные свойства.

Классификация типов задач:

фиксирование (картографирование существующего состояния и положения объектов) – данная задача предполагает обозначение границ объектов и их свойств;

определение (установление факта) – подразумевает детектирование определенного события или параметра на интересующей территории;

контроль (сопоставление установленного факта с заданными параметрами) – установление наличия факта нарушения или его отсутствия за определенный промежуток времени, а также единовременный анализ обстановки на основе анализа параметров объектов;

оценка (установление факта на основе экспертного мнения) – оценка ситуации с применением комплексного подхода с целью выявления каких-либо параметров и процессов, часто по косвенным признакам; позволяет осуществить глубокий анализ ситуации, подходит для решения нестандартных задач, в том числе выявления опасных процессов;

моделирование/прогноз (предсказание событий и вариантов их развития) – оценка ситуации с применением комплексного подхода с целью определения возможного развития ситуации в будущем;

планирование (проектирование, составление программы действий) – определение специфических характеристик объектов с целью их учета в хозяйственной деятельности.

Классификация по пространственному масштабу:

глобальный – представлен географическими оболочками Земли, такими как материки, морские льды, атмосфера, гидросфера и т. д. (мельче 1:10 000 000);

региональный – крупные сложные по структуре территории (1:1 000 000–1:10 000 000);

локальный – небольшие территории, обладающие единой структурой, в том числе административные единицы (1:100 000–1:1 000 000);

объектовый – масштаб отдельных объектов изучения, например: отдельного сельскохозяйственного угодья, нефтяной скважины, стадиона и т. д. (крупнее 1:100 000).

Классификация по временному масштабу (периодичности наблюдения):

1–10 суток;
10–30 суток;
3–6 месяцев;
1 год;
2–3 года;
5 и более лет.

Классификатор был реализован в виде веб-приложения с клиент-серверной архитектурой, которое обеспечивает возможность авторизованного программного и графического доступа к информации.

Разработанный пользовательский интерфейс работает во всех современных веб-браузерах и доступен по адресу <http://strato.ntsomz.ru>. Разработанная серверная часть представляет собой несколько приложений, работающих на веб-сервере или кластере серверов и обеспечивающих выполнение ключевых функций: взаимодействие с базой данных СТРАТО ДЗЗ, обработку клиентских запросов с учетом разграничения доступа. Для взаимодействия между серверной и клиентской частью используется язык запросов GraphQL, разработанный специально для работы с информацией, представленной в виде графов. Схемы базы данных и программного интерфейса на языке GraphQL были разработаны в соответствии с онтологией СТРАТО ДЗЗ.

Литература

1. UNCCD. The United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. 1994. С. 56.
2. UNGA. The future we want. 2012. С. 53.
3. UNGA. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. С. 35.
4. Bai Z.G. и др. Global assessment of land degradation and improvement: 1. Identification by remote sensing. 2008. 60 с.
5. SDSN. Indicators and a Monitoring Framework for Sustainable Development Goals: Launching a data revolution for the SDGs. 2015. 233 с.
6. Dubovyk O. The role of Remote Sensing in land degradation assessments: opportunities and challenges // European Journal of Remote Sensing. 2017. Т. 50, № 1. С. 601–613.
7. Xie H. и др. A Bibliometric Analysis on Land Degradation: Current Status, Development, and Future Directions // L. 2020, Vol. 9, Page 28. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020. Т. 9, № 1. С. 28.

8. Лупян Е.А. и др. Современные подходы и технологии организации работы с данными дистанционного зондирования земли для решения научных задач // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 5. С. 21–44.
9. Krebs G.D. Gunter's Space Page - Information on spaceflight, launch vehicles and satellites [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://space.skyrocket.de> (дата обращения: 29.06.2020).
10. Live real time satellite tracking and predictions [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.n2yo.com/> (дата обращения: 29.06.2020).
11. European Space Agency. Satellite Missions Directory - Earth Observation Missions - eoPortal [Электронный ресурс] // ESA. 2015. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions> (дата обращения: 25.02.2017).
12. Observing Systems Capability Analysis and Review Tool [Электронный ресурс] // World Meteorological Organization. 2020. URL: <https://www.wmo-sat.info/oscar/> (дата обращения: 29.06.2020).
13. Кушнырь О.В. и др. Принципы разработки и структура универсального классификатора тематических задач, решаемых с использованием данных ДЗЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15, № 3. С. 39–52.

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ НА ПРИМЕРЕ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Шатунов А.Е.^{1,2}, Фомин Д.С.¹, Шилов П.М.¹, Филь П.П.¹,
Доброхотов А.В.¹.*

¹ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, г. Москва, Россия

²Институт географии РАН

toxavilli@yandex.ru, fomin_ds@esoil.ru, pavelshilovv@gmail.com,

philpaulp@gmail.com, dobralexey@gmail.com

Введение. Мониторинг жизненного цикла озимой пшеницы в разных климатических и ландшафтных условиях является исходным инструментом выявления причинно-следственных связей между климатом и урожаем. Это трудоемкая и кропотливая работа, поэтому на данный момент оценка уязвимости урожайности сельскохозяйственных культур выполняется в рамках имитационного и статистическом моделирования урожайности [1].

Статистическое моделирование позволяет изучить взаимосвязь урожайности с факторами окружающей среды по множеству параметров. Статистический подход используется для обнаружения новых закономерностей и взаимосвязей, а также оценки их влияния, в том числе для последующего использования в процессорных моделях [2]. Статистический подход хорошо работает на уровне регионов и крупнее [3], где его преимуществом является возможность учета неявной взаимосвязи между факторами.

Важной особенностью статистических моделей – это локальность. Под конкретную территорию специально подбирается определённый набор параметров климата, почвы и землепользования, который наиболее корректно и точно прогнозирует урожай. Такой подход сложно масштабировать на другую территорию, однако фреймворки и алгоритмы построения моделей, анализа чувствительности и интерпретации результатов могут быть общими.

Цель нашей работы – это создание алгоритма оценки влияния факторов окружающей среды на урожайность озимой пшеницы. В качестве факторов были выбраны климат, рельеф, почвенные свойства и интенсивность землепользования. Исследование было выполнено для территорий Тамбовской области России.

Территория исследования. Тамбовская область обладает типичными физико-географическими условиями для этой лесостепной зоны России [4], и поэтому она была выбрана в качестве территории исследования на уровне 23 муниципалитетов. В лесостепи собирают 20 % от общего национального производства пшеницы и 13.3% от общей национальной площади посевов озимой пшеницы, а для непосредственно Тамбовской области 2.67% и 2.7% соответственно (5). За период 1995-2021 гг. годовое производство пшеницы в Тамбовской области колебалось от 164.3 тыс. тонн до 2359.65 тыс. тонн, а уборочная площадь варьировалась от 163.88 до 486.22 тыс. га [5]. Урожайность за тот же период варьировала от 1.5 до 4.5 т/га.

Значительную часть Тамбовской области занимает Окско-донская низменность на западе, юге и в центре области, а на востоке расположена Приволжская возвышенность [6; 7]. Климат умеренно-континентальный, средняя температура января $-8-9$ °С, июля $+19-20$ °С. Осадков в среднем за год выпадает от 450 до 550 мм. С севера на юг июльские температуры растут с 18 до 21 °С. Черноземные почвы занимают большую часть области, но на севере вместо них чаще встречаются серые лесные и дерново-подзолистые [8].

Материалы и методы. Климатические данные с 1973 по 2022 год по температуре (t) и влажности (rh) воздуха, осадкам (p) и эвапотранспирации (e) были получены из модели реанализа ERA5-Land [9].

Разделение климатических параметров было проведено в соответствии с фенологическими фазами развития озимой пшеницы [10]. Для разделения были выбраны следующие фазы онтогенеза растений: 1) стадия посева и прорастания с 01.09 по 30.09, 2) яровизация с 01.10 по 30.11, 3) зимовка с 01.12 по 15.03, 4) кущение и рост колоса с 16.03 по 31.05, 5) цветение и созревание с 01.06 по 15.07. Диапазон даты для каждой фазы выбирался исходя из средних сроков начала и завершения стадий развития растений для Тамбовской области.

Для каждой фенологической фазы развития растений были выбраны следующие климатические параметры: средняя температура воздуха (t_{avg} , °С), средняя относительная влажность воздуха (rh_{avg} , %), сумма осадков (p_{sum} , мм), сумма эвапотранспирации (e_{sum} , мм), максимальная продолжительность периода без осадков, осадки <1 мм ($p0_{int}$, дни), максимальное количество осадков за сутки (p_{max} , мм). Для фаз 3 и 4, кроме вышеперечисленных: Средняя высота снежного покрова (sd_{avg} , мм). С учетом всех фаз было использовано 32 климатических параметра.

Для оценки значимости отдельных климатических параметров (feature importance) в объяснении урожайности был использован инструмент машинного обучения – градиентный бустинг над деревьями

решений. В качестве градиентного бустинга была использована модель CatBoost [11], ее реализация в библиотеке Python catboost.

Для интерпретации полученных результатов и визуальной оценки влияния каждого из отобранных климатических параметров на изменения урожайности озимой пшеницы была построена SHAP (Shapley additive explanations) диаграмма, основанная на статистическом подходе Шепли из теории игр [12] (Рисунок 1). Для построения SHAP диаграммы была использована одноименная библиотека Python. Диаграмма SHAP построена на основе тестовой выборки.

Исследуемые набор данных был разбит на обучающую и тестовую выборки в пропорции 70 % / 30 %. В качестве функции потерь для обучения модели градиентного бустинга была выбрана средне-квадратическая ошибка (RMSE). Поиск оптимальных параметров модели на обучающей выборке был произведен с помощью инструмента `grid_search` библиотеки catboost. Для поиска гиперпараметров была проведена кросс-валидация с разбиением обучающей выборки на 5 равных подвыборок.

По результатам кросс-валидации были установлены оптимальные гиперпараметры модели (Табл.).

Таблица. Гиперпараметры модели взаимосвязи климатических параметров и урожайности озимой пшеницы для алгоритма градиентного бустинга над деревьями решений.

Гиперпараметры модели	Значение
количество итераций (<code>iterations</code>)	150
коэффициент регуляризации L2 (<code>l2_leaf_reg</code>)	0.1
максимальная глубина деревьев (<code>depth</code>)	5
коэффициент скорости обучения (<code>learning_rate</code>)	0.1

Для оценки значимости климатических параметров был использован метод `LossFunctionChange` модели градиентного бустинга. Оценка значимости параметров по методу `LossFunctionChange` осуществляется на основе сравнения значений функции потерь модели с включением и исключением рассматриваемого параметра. Оценка значимости климатических параметров по методу `LossFunctionChange` производилась с помощью тестовой выборки, чтобы исключить влияние переобучения модели на обучающей выборке, которое может отразиться на значимости климатических факторов.

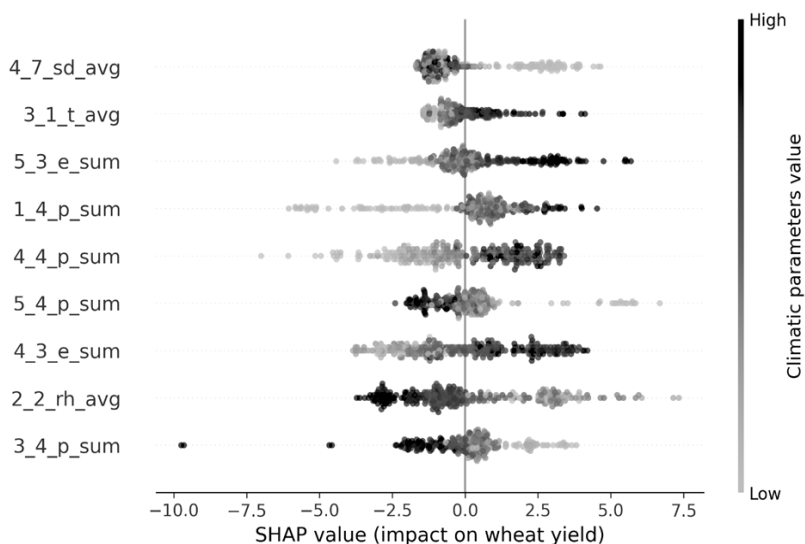


Рисунок 1. SHAP диаграмма оценки влияния климатических параметров на урожайность озимой пшеницы в Тамбовской области. Первая цифра в названии предиктора отражает фенофазу, к которой он относится, следующая – его численный код и далее краткое наименование.

Пример интерпретации данных. Исходя из полученных данных о вкладе фактора на итоговую урожайность (рис. 1), можно прийти к выводу, что в период посева и прорастания (01.09-30.09) малое количество осадков приводит к снижению урожайности, а достаточное увлажнение, наоборот, к росту. В период яровизации (01.10-30.11) наиболее значимым фактором оказалась относительная влажность воздуха. Поскольку этот параметр зависит от температуры и абсолютной влажности воздуха, то можно сделать вывод, что при теплой и сухой погоде стоит ожидать более высокую урожайность, чем при прохладной и влажной. В зимний период (1.12-15.03) наиболее важными предикторами оказалась температура и осадки. Было выявлено, что чем теплее зима, тем выше урожайность. После зимы во время кущения и роста колоса (16.03-31.05) наиболее важным для роста урожайность оказывается достаток влаги при достаточном количестве тепла, о чем также говорит и эвапотранспирация. Высокое значение средней толщины снежного покрова косвенно отражает начало вегетации и условия в начале весны. Так, более теплая весна с длительным вегетационным периодом приводит к росту урожая. Наконец, в период

цветения и созревания (01.06-15.07) наиболее важным предиктором снова являются осадки, однако в данном случае не только их недостаток, но и избыток приводит к снижению урожайности.

Закключение. Таким образом, имея множества климатических предикторов, которые могут оказывать влияние на урожайность, с помощью CatBoost, либо иного подобного метода, возможно выделить наиболее важные параметры, которые оказывают существенное влияние на урожайность. Было выяснено, что в Тамбовской области недостаток увлажнения является основным ограничивающим климатическим фактором, но в период созревания их избыток также вреден.

Литература

1. Lobell, David & Asseng, Senthold. (2017). Comparing estimates of climate change impacts from process-based and statistical crop models. *Environmental Research Letters*. 12. 015001. 10.1088/1748-9326/aa518a.
2. Eini, Mohammad Reza & Salmani, Haniyeh & Piniewski, Mikołaj. (2023). Comparison of process-based and statistical approaches for simulation and projections of rainfed crop yields. *Agricultural Water Management*. 277. 108107. 10.1016/j.agwat.2022.108107.
3. Lobell, David & Burke, Marshall. (2010). On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology - AGR FOREST METEOROL*. 150. 1443-1452. 10.1016/j.agrformet.2010.07.008
4. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. Высшая Школа, Москва, 1991 г., 366 стр.
5. ЕМИСС: Единая межведомственная информационно – статистическая система. – URL: <https://www.fedstat.ru>.
6. Мильков Ф. Н. Средняя полоса Европейской части СССР: Очерк природы. — М.: Географгиз, 1961. — 216 с.
7. Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. Общций обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. 5 изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 376 с
8. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1 : 2500000/ Под ред. В.М. Фридланда. М.: ГУГК, 1988.
9. Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H. and Martens, B., 2021. ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth system science data*, 13(9), pp.4349-4383.

10. Curtis, Byrd C., Sanjaya Rajaram and H. Gómez Macpherson. "Bread wheat: improvement and production." (2002).
11. Dorogush, A.V., Ershov, V. and Gulin, A., 2018. CatBoost: gradient boosting with categorical features support. arXiv preprint arXiv:1810.11363.
12. Roth, A.E. ed., 1988. The Shapley value: essays in honor of Lloyd S. Shapley. Cambridge University Press.

ВОПРОСЫ ДИВЕРСИФИКАЦИИ СОРТОВ И ВИДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

ОПЕРЕЖАЮЩАЯ СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM*) И ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ДИВЕРГЕНЦИЯ

Андрианов А.Д.,¹ Андрианов Д.А.²

¹ *Самозанятым*

² *Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия
a.d.andrianov@mail.ru*

Многие современные отечественные сорта картофеля отличаются от зарубежных лучшей адаптацией к условиям выращивания, биотическим и абиотическим стрессам, оптимальным биохимическим составом клубней, что определяет стабильные показатели потребительских качеств клубней. Однако земледелие регионов РФ остро нуждается в новых сортах картофеля. Цель наших исследований - изучение морфогенеза и основных закономерностей продукционного процесса растений картофеля в условиях Республики Башкортостан, обоснование морфологии и моделей сорта культуры разных направлений использования и выведение пластичных и высокоурожайных сортов картофеля с отличными вкусовыми качествами для различных экологических условий агроландшафтов среднего Поволжья, Приуралья и Урала. Все наблюдения, учёты и анализы проводили по общепринятым методикам ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха, ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова и ФГБУ Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. Взаимосвязь признаков продуктивности определялась по методике П.Ф. Рокицкого. Влияние отдельных элементов погоды на урожайность картофеля определяли через установление коэффициента корреляции. Методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову обрабатывали урожайные данные и устанавливали достоверность различий между количественными показателями.

телями признаков программой Microsoft Excel. Выведены нематодо- и ракоустойчивые, жаро- и холодоустойчивые, иммунные к основным болезням и колорадскому жуку, отзывчивые на удобрение и орошение сорта картофеля Алексеевский, Елена, Бирский, Эрвел, Ирэндик и Агата НС с урожайностью клубней до 100 т/га, не темнеющих во время и после варки с отличными ароматом и вкусом, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в нескольких регионах РФ. Доказана возможность селекции новых сортов одновременно продовольственного, кормового и технического направлений использования картофеля. В дальнейшем эти сорта являются прекрасным исходным материалом для эффективного скрещивания с другими генотипами из-за отсутствия цитоплазматической мужской стерильности.

Введение. Из клубней картофеля приготавливают и производят разнообразные блюда, полуфабрикаты и готовые продукты (включая напитки на основе картофеля). Уже не ново производство диетического, детского и экологичного картофеля. Но забыто выращивание кормового картофеля. Разнообразие сортов картофеля на территории Республики Башкортостан, среднего Поволжья, Приуралья и Урала обеспечивает успешно противостоять распространению и развитию многих болезней и вредителей картофеля, в том числе и карантинных. Расширение ассортимента возделываемых сортов картофеля даёт возможность производителям разных форм собственности и уровня товарности получать стабильные по годам урожаи независимо от складывающихся погодных условий [1,3, 4, 5, 6].

Начинается современная селекция картофеля с разработки модели сорта культуры. Не следует отождествлять понятие «модель» с перечнем требований, предъявляемых к сорту. Модель сорта – это научный прогноз, который должен быть обоснован. Все признаки и свойства растений, планируемые в модели, должны быть теоретически и экспериментально обоснованы. Параметры модели (идеала сорта) разделяют на три группы: 1) признаки продуктивности - фотосинтез, транспорт веществ, конкуренция растений в посевах. 2) признаки устойчивости к стрессам - климат, болезни, вредители и др. 3) признаки, связанные с требованиями к технологии возделывания - пригодность к механизированной уборке, скороспелость и др. Основные факторы, формирующие модель: 1) агроэкологические условия – соответствие сорта экологическим ресурсам предполагаемой природно-климатической зоны его распространения и агротехническим условиям возделывания; 2) достижения селекции и смежных с ней наук; 3) технология возделывания; 4) требования народного хозяйства (требования пищевой и перерабатывающей промышленности, исторически

сложившиеся требования к сорту и т. д.); 5) возможности культуры. Идеальная модель сорта — это идеальное растение, прогноз, в котором объединяются высокая доходность, хорошее качество, устойчивость к неблагоприятным условиям выращивания. Выбор модели определяется научным предвидением равновесного баланса между свойствами растений, необходимых для обеспечения целевых параметров модели. Модель должна содержать: характеристику условий роста растений; обоснование реальности запланированной урожайности; описание учитываемых признаков растений, их генетический анализ и фенотипической реакции растений на проявление неблагоприятных факторов внешней среды в определённом интервале их колебаний и т. д. За рубежом распространён термин идеальный генотип (*idiotyp* – в немецкой литературе и *ideotype* – в английской). Идеальный генотип – это один из крайних вариантов моделей (лучший идеальный вариант), ориентир для селекции растений. Эколого-географическая и генетическая дивергенция помогает выявить морфологические, физиологические и биохимические маркеры для точного отбора исходных форм и выведения новых сортов картофеля, что является ядром опережающей селекции сельскохозяйственных культур [1, 8, 9, 10].

Селекция картофеля в Башкирской АССР началась в конце 50-х годов прошлого века с работ Евлалии Николаевны Прянишниковой в Башкирском НИИСХ (приехав из ИКХ Коренёво) и автора этой статьи Дениса Андриановича Андрианова с 60-х годов прошлого века в Башкирском СХИ. За полвека наших исследований биологии, генетики, селекции, агротехники и технологии хранения картофеля в Республике Башкортостан собран богатейший материал селекционных номеров исходного материала для селекции культуры.

Цель исследований - изучение морфогенеза и основных закономерностей продукционного процесса растений картофеля в условиях Республики Башкортостан, обоснование морфологии и моделей сорта культуры разных направлений использования и выведение пластичных и высокоурожайных сортов картофеля с отличными вкусовыми качествами для различных экологических условий агроландшафтов среднего Поволжья, Приуралья и Урала.

Материалы и методы. В УНЦ БГАУ и в совхозах «Алексеевский», «Цюрупа», «60 лет СССР» Уфимского района в 1967–2020 годах проводили исследования по изучению селекционного материала картофеля различного генотипа. Опыты закладывали в семипольном севообороте. Для исследований были использована суперэлита и элита сортов и гибридов картофеля (более 300 наименований) массой клубней 60-80 г. Общая площадь делянки 47,6 м², учётная 25 м², по-

вторность шестикратная. Посадку проводили пророщенным посадочным материалом в различные календарные сроки с разной схемой посадки на глубину 6-8 см. Для закладки опыта использовали методику, применяемую для закладки питомника конкурсного сортоиспытания картофеля. Сорта высаживали поделаячно, расположение делянок последовательное. Через каждые 10 делянок располагался сорт – стандарт. Пробные копки начинали на 60-ый день после посадки и осуществляли их через каждый 10 дней. В каждый срок уборки проводилась выкопка по делянкам в четырёх повторностях. Учитывали надземную массу, массу и число клубней, содержание крахмала и вкусовые качества. Окончательную уборку урожая проводили методом сплошной уборки в 1 декаде августа. Все наблюдения, учёт и анализы проводили [1] по общепринятым методикам ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха, ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова и ФГБУ Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. Описание морфологических признаков проводили по формам RTG N 0023_2 Оценка отличимости, однородности и стабильности; № 378 Анкета сорта и Описание селекционного достижения. Взаимосвязь признаков продуктивности определялась по методике П.Ф. Рокицкого. Математическую обработку влияния отдельных элементов погоды на урожайность картофеля определяли путём установления коэффициента корреляции, урожайных данных и достоверность различий между количественными показателями признаков устанавливали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову программой Microsoft Excel.

Почвы опытных участков представлены чернозёмами выщелоченными тяжело- и среднесуглинистыми. Агрохимические показатели почвы: рН_{сол} 5,1-5,7; содержание гумуса 7,4-9,2 %; P₂O₅ подвижный 7,5-9,0 мг/100 г почвы, K₂O обменный 12-17 мг/100 г почвы.

Результаты исследований. Мы в результате проверки в полевых опытах и производственной практике рабочей гипотезы о модели сорта картофеля в течение тридцати лет пришли к выводу, что все ранее предложенные определения не полностью отвечают критериям достоверности и эффективности. Что потребовало разработать собственное определение данного термина. Модель сорта картофеля (как и всех сельскохозяйственных культур) имеет две стороны. Во-первых, это организационно-экономическая категория, которую необходимо рассматривать в политической экономии, экономике, организации и управлении сельского хозяйства. Так как несёт в себе значение экономической ценности через себестоимость и прибыль для создателей сортов и производителей сельскохозяйственной продукции. Необходимо

организовать наиболее целесообразную схему селекционного процесса и, особенно, схему организации и управления семеноводством товарным сельскохозяйственным производством в конкретном регионе с различными почвенно-климатическими условиями. Во-вторых, это научно-агронимическая категория, в которую включаются потребительские свойства той или иной культуры – биологические и производственные. Ботаническая характеристика, физиология и биохимия растений, генетика и частная селекция, сортоведение и апробация, требования, предъявляемые к сорту при семеноводстве и товарном производстве сельскохозяйственных культур, потребности и предпочтения населения для питания и производства для кормопроизводства и переработки на полуфабрикаты и готовые продукты. А поскольку все перечисленные требования к потенциальным сортам находятся в постоянном движении и быстро меняются то и конкретные количественные параметры модели сорта будут постоянно меняться. И в самом обобщённом виде под моделью сорта картофеля (как и всех сельскохозяйственных культур) мы понимаем прогностический план-программу на короткий (до 10 лет), включающий лучшее сочетание требуемых параметров, чтобы новый сорт был лучше предыдущих, приспособлен к тем почвенно-климатическим и организационно-экономическим условиям, для которых он создаётся и привлекателен для потенциальных потребителей.

У всех изученных сортов проявляется сильная обратная зависимость между числом клубней и их средней массой. Одновременно выявлено, что если в один год больше число клубней на 1 куст, то на следующий год больше средняя масса клубня. Норма реакции различных сортов раннего картофеля на комплекс внешних условий произрастания на разных этапах роста растений зависит от степени и последовательности вовлечения в селекционный процесс гибридного материала разного происхождения.

Закключение. Таким образом, анализ выполненных нами научных исследований позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Все изученные нами сорта и гибриды по-разному проявляли свою реакцию на почвенные, погодные и агротехнические условия произрастания, формируя различные защитные реакции вегетативных органов растений картофеля на абиотические факторы среды.
2. Разработана классификация селекционного материала картофеля по морфо-биологическим признакам на две морфологические группы.
3. Доказана возможность селекции новых сортов одновременно продовольственного, кормового и технического направлений использования картофеля.

4. Выведены с оптимальной архитектурой и гомеостазом немато- и ракоустойчивые, жаро- и холодоустойчивые, иммунные к основным болезням и колорадскому жуку, отзывчивые на удобрение и орошение сорта картофеля Алексеевский, Елена, Бирский, Эрвел, Ирендык и Агата НС с урожайностью клубней до 100 т/га, не темнеющих во время и после варки с отличными ароматом и вкусом, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в нескольких регионах РФ.

В дальнейшем эти сорта являются прекрасным исходным материалом для эффективного скрещивания с другими генотипами из-за отсутствия у них цитоплазматической мужской стерильности [2]. В селекции картофеля необходимо использовать новое направление – физиология нервной системы растений [7].

Литература

1. Андрианов Д.А., Андрианов А.Д. Селекция картофеля в Республике Башкортостан // Вестник Башкирского ГАУ. 2018. № 1. С. 9–15. DOI: 10.31563/1684-7628-2018-45-1-16-22, EDN: YUOUUI
2. Бирюкова В.А., Жарова В.А., Митюшкин А.В., Чалая Н.А., Рогозина Е.В., Козлов В.А., Шмыгля И.В. Характеристика сортов и гибридов картофеля по фертильности // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 2. С. 30-35. DOI: 10.31857/S2500262722020065, EDN: ГАНАТТ
3. Гуреева Ю.А., Симаков Е.А., Сафонова А.Д., Батов А.С., Орлова Е.А. Изучение отечественных раннеспелых сортов картофеля в условиях лесостепи Новосибирского Приобья // Научные труды по агрономии. 2022. №3. С. 16-24. DOI: 10.35244/2658-7963-2021-7-4-16-24, EDN: TTZTTL
4. Лихненко С.В. Приспособленность селекционных образцов картофеля к условиям лесостепи РСО-Алания // Научные труды по агрономии. 2022. №3. С. 28-35 DOI: 10.35244/2658-7963-2022-7-3-28-35, EDN: WGDZS
5. Молянов И.В., Семенов В.А., Гайзатулин А.С., Жарова В.А. Селекционный отбор картофеля в зависимости от эколого-географических условий // Картофель и овощи. 2022. №9. С. 28-30. DOI: 10.25630/PAV.2022.86.62.004, EDN: XLRXVC
6. Рыбаков Д.А., Антонова О.Ю., Чухина И.Г., Фомина Н.А., Клименко Н.С., Желтова В.В., Мелешин А.А., Кочиева Е.З., Овэс Е.В., Апшев Х.Х., Симаков Е.А., Гавриленко Т.А. Номенклатурные стандарты и генетические паспорта сортов картофеля селекции Всероссийского научно-исследовательского института картофеля им. А.Г. Лорха //

Биотехнология и селекция растений. 2020. Т. 3, № 4. С. 5-52. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-4-01, EDN: GLYYRF

7. Степанов С.А. Нервная система растений: гипотезы и факты // Бюллетень Ботанического сада Саратовского гос. ун-та. 2017. Т. 15, Вып. 4. С. 31–56. DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-4-31-56, EDN: ZUCHWX
8. Bradshaw, J. E. *Potato Breeding: Theory and Practice*. eBooks. Cham: Springer, 2021. P. 125-194. DOI: 10.1007/978-3-030-64414-7
9. Giupponi L. et al. Morphometric and phytochemical characterization and elevation effect on yield of three potato landraces of the Ligurian Apennines (Northern Italy) // *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2020. Vol. 93. P. 234-243. DOI:10.5073/JABFQ.2020.093.028
10. Scaramella Petri P. Morphological characters considered as an indication of physiological age of *Solanum tuberosum* plants cultivated in different ecological localities // *European Potato Journal*. 1959. Vol. 2, No. 3. P. 153–164. DOI: 10.1007/BF02365561

СООТНОШЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И РАСОВОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В ПОПУЛЯЦИИ ВИДА ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ *XANTHOMONAS* *CAMPESTRIS*

Гайсина Э.М.¹, Тешич С.¹, Кырова Е.И.², Игнатов А.Н.¹

¹ФГАОУ ВО Российский университет дружбы народов,
г. Москва, Россия,

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
защиты растений», г. Санкт-Петербург, Пушкин, Россия
gaysina-em@rudn.ru

Возбудитель сосудистого бактериоза и листовых пятнистости капустных культур, гамма-протеобактерия *Xanthomonas campestris* (Pammel) Dowson, вызывает заболевания у растений разных видов и родов порядка Brassicales [1-4]. Данный вид является типовым для фитопатогенного рода *Xanthomonas*, представители которого поражают около 500 видов растений [4], и включает несколько т.н. «патоваров», отличающихся спектром поражаемых растений или типом вызываемых симптомов болезни [4]. Анализ генетических/геномных особенностей бактерий и их вирулентности по отношению к растениям с определенными типами устойчивости (расовыми дифференциаторами) [2, 5], позволил маркировать типовые штаммы 8 из 11 рас патогена [6-11]. Обнаруженные у многих видов *Xanthomonas* плазмиды были связаны с адаптацией бактерий к антибиотикам, тяжелым металлам и вирулентностью к растениям-хозяевам. Также известно, что большинство (86%) эпифитотийных изолятов *X. campestris* не содержат плазмид, и плазмиды после искусственной конъюгации не сохраняются в клетках бактерии длительное время. Размер плазмид *X. campestris* составляет от 867 п.о. до 147727 п.о. [12]. Было обнаружено, что в доступных для анализа геномах *X. campestris* содержится до 36 разных генов эффекторов транспортной системы III типа (ТЗСС) - ТЗЕ (Type 3 Effectors) [13-15], причем непатогенные штаммы *X. campestris* не содержат ни одного гена этого типа [15]. В то время как общие закономерности содержания гена ТЗЕ отражают филогению вида на уровне патоваров, не существует консервативных генов ТЗЕ, специфичных для патоваров, или отдельных генов ТЗЕ, которые различают сосудистые и несосудистые патовары. Сравнения доступных геномов *X. campestris* выявили роль генов ТЗЕ - *avrXccC* (группа *avrB/avrC/avrPphC*) [14] и *avrAC* (*hopAC*) [15] в качестве факторов,

предотвращающих, соответственно, заражение растений рода *Brassica* с геномом В (включая В/АВ/ВС) или растений *Matthiola incana* (L.) R.Br. Кроме того, было показано, что наличие у бактерии гена целлюбиозидазы *cbsA* позволяет ей колонизировать ксилему растения и является «переключателем» между типами вызываемой болезни на растении (сосудистый бактериоз: листовая пятнистость) [15]. Было обнаружено, что многие гены ТЗЕ способствуют вирулентности бактерий на модельных или хозяйственно-ценных растениях вне набора сортодифференциаторов, но их мишени - гены восприимчивости или резистентности растений еще не идентифицированы. Проведенный нами ранее [13] экспериментальный анализ распределения 19 генов ТЗЕ среди 46 штаммов *X. campestris* не показал полного соответствия между реакцией растений-дифференциаторов и составом генов ТЗЕ. Такой результат вполне ожидаем, поскольку кроме факта наличия или отсутствия гена, необходимо также учитывать различия экспрессии генов [15]. Наличие значительного числа секвенированных геномов *X. campestris* (314) [16], в том числе для штаммов, присутствующих в нашей коллекции, дало возможность провести поиск генов-кандидатов на роль детерминант расы патогена, и дополнить анализ, проведенный ранее [13], новыми данными для 78 оригинальных штаммов, выделенных в 2012-2022 гг. Методы, описанные в предыдущих работах [13, 15] были воспроизведены с минимальными изменениями.

При анализе 314 геномов были выявлены от 0 до 19 генов ТЗЕ в индивидуальных штаммах, причем почти половина (49%) штаммов содержала от 15 до 17 генов ТЗЕ, 11% не имели ни одного гена, и всего 7.4% штаммов содержали от 1 до 9 генов ТЗЕ (Табл.).

Мы предполагаем, что последний общий предок эпифитотийных штаммов *X. campestris*, не имевший ТЗSS-ТЗЕ, приобрел большой набор генов ТЗЕ (15-17) в результате одновременного горизонтального переноса генов, вероятно содержавшихся на крупной плазмиде, интегрированной в хромосому. Дальнейшая эволюция данной системы происходила по пути потери значительной части этих генов (у 30% секвенированных штаммов) или приобретения единичных генов (у 10% штаммов) в результате конъюгации или естественной трансформации фрагментами ДНК других фитопатогенных бактерий.

Полученные вновь результаты подтверждают высокую подвижность генов ТЗЕ в геноме, что вероятно обусловлено их расположением возле мобильных генетических элементов и/или на плазмидах [13]. Полученные результаты будут сопоставлены с оценкой вирулентности новых коллекционных штаммов на растениях-дифференциаторах для выявления статистически достоверной корреляции между отдельными генами-эффекторами и реакцией определенных типов устойчивости растений.

Таблица. Основные характеристики и частота встречаемости генов ТЗЕ среди 314 доступных геномов [15] *in silico*, 46 штаммов (ПЦР анализ) [12] и данных для 78 штаммов, полученных в ходе данного исследования (ПЦР анализ).

Ген-эффектор	М/П*	Частота встречаемости генов ТЗЕ у <i>X. campestris</i>		
		<i>in silico</i> анализ	ПЦР анализ	
			46 штаммов [12]	78 штаммов
ХорAL1	-	0,85	-	1,0
ХорN	-	0,81	-	1,0
ХорAM	-	0,81	-	1,0
ХорX	-	0,81	-	1,0
avrBs2	-	0,75	-	1,0
ХорZ1/ХорAS	-	0,79	-	1,0
ХорK	-	0,77	-	1,0
ХорQ	-	0,69	-	-
ХорAG/AvrGf1	-	0,68	-	-
ХорAL2	-	0,54	-	-
ХорE	-	0,53	-	-
AvrAC/ХорAC	-	0,47	-	0,56
ХорAR	-	0,43	-	-
ХорAG/AvrGf1	-	0,68	-	-
ХорAL2	-	0,54	-	-
ХорAR	-	0,43	-	-
ХорD	M	0,31	0,97	0,91
ХорAH (avrXccC)	M	0,29	0,94	0,38
AvrBs1	M/П	0,27	0,94	0,68
ХорH (avrBs1.1)	M/П	0,28	0,97	0,29
ХорAE	-	0,23	-	-
ХорG1	-	0,23	-	-

Ген-эффектор	М/П*	Частота встречаемости генов ТЗЕ у <i>X. campestris</i>		
		<i>in silico</i> анализ	ПЦР анализ	
			46 штаммов [12]	78 штаммов
ХорАТ	-	0,22	-	-
ХорЕ3 (avrXccE1)	М/П		0.41	0.31
ХорJ5 (avrXccB)	М/П	0.41	0.65	0.47
AvrXccA2	-	Нд	0.59	0.46
ХорG (HорPtoH)	М	0.29	0.47	0.46
AvrBs3(TALEs)	М/П	0.32	0.24	0.34
ХорE1/2/3(avrXaccE1/2)	-	0.67	0.27	0.63
ХорС	М	Нд	0.05	0.08
ХорF2	-	0.33	0.03	0.28
ХорAA (HolPsyAE)	М	Нд	0.05	0.09
ХорВ	-	Нд	0	0.20
ХорAJ (avrXo1)	-	Нд	0	0.2
ХорJ1/3 (avrRxv)	М	0.03	0	0.2
ХорО	-	Нд	0	0.1

*Присутствие мобильных элементов (М) в непосредственной близости от исследуемого гена или его локализация на плазмиде (П) в геномах с известными полными нуклеотидными последовательностями. Нд – нет данных по методическим причинам, «-» – анализ не проводился.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке гранта РФФ №23-26-00168.

Литература

1. Garman, H. A bacterial disease of cabbage. 1892.
2. Pammel, L.H. Bacteriosis of rutabaga (*Bacillus campestris* N sp.). Am. Mon. Microsc. 1895, №16. P. 145-151.

3. Ignatov, A., Kuginuki, Y. & Hida, K. Race-specific reaction of resistance to black rot in *Brassica oleracea*. // *European Journal of Plant Pathology*. 1998, №104. p. 821–827.
4. Leyns, F., De Cleene, M., Swings, J.G., De Ley, J. The host range of the genus *Xanthomonas*. // *The Botanical Review*. 1984, №50(3). p.308-56.
5. Vicente, J.G., Conway, J., Roberts, S.J., Taylor, J.D. Identification and origin of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* races and related pathovars. // *Phytopathology*. 2001, №91. p. 492- 499.
6. Rubel, M.H., Natarajan, S., Hossain, M.R., Nath, U.K., Afrin, K.S., Lee, J.H., Jung, H.J., Kim, H.T., Park, J.I., Nou, I.S. Pathovar specific molecular detection of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, the causal agent of black rot disease in cabbage. // *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2019, №41(3), p. 318-328.
7. Rubel, M.H., Robin, A.H.K., Natarajan, S., Vicente, J.G., Kim, H.T., Park, J.I. and Nou, I.S. Whole-genome re-alignment facilitates development of specific molecular markers for races 1 and 4 of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, the cause of black rot disease in *Brassica oleracea*. // *International Journal of Molecular Sciences*. 2017, №18(12), p. 2523.
8. Afrin, K.S., Rahim, M.A., Rubel, M.H., Natarajan, S., Song, J.Y., Kim, H.T., Park, J.I. and Nou, I.S. Development of race-specific molecular marker for *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* race 3, the causal agent of black rot of crucifers. // *Canadian Journal of Plant Science*, 2019, №98(5), p.1119-1125.
9. Afrin, K.S., Rahim, M.A., Jung, H.J., Park, J.I., Kim, H.T. and Nou, I.S. Development of Molecular Marker through Genome Realignment for Specific Detection of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* Race 5, a Pathogen of Black Rot Disease. // *J. Microbiol. Biotechnol*, 2019, №29(5), p.785-793.
10. Afrin, K.S., Rahim, M.A., Rubel, M.H., Park, J.I., Jung, H.J., Kim, H.T. and Nou, I.S., 2020. Development of PCR-based molecular marker for detection of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* race 6, the causative agent of black rot of brassicas. // *The Plant Pathology Journal*, 2020, №36(5), pp.418-427.
11. Rubel, M.H., Hossain, M.R., Nath, U.K., Natarajan, S., Lee, J.H., Jung, H.J., Kim, H.T., Park, J.I. and Nou, I.S. Development of a PCR test for detection of *Xanthomonas campestris* pv. *raphani*. // *Australasian Plant Pathology*. 2019, №48. p.179-182.
12. Tesic, S., Kyrova, E., Ignatov, A. Plasmid genome dynamics of sequenced strains of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. // In *Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology (BGRS/SB-2022)* 2022, p. 177-177.

13. Mokryakov, M.V., Abdeev, I.A., Piruzyan, E.S., Schaad, N.W. and Ignatov, A.N.. Diversity of effector genes in plant pathogenic bacteria of genus *Xanthomonas*. // *Microbiology* 2010, №79. p. 58-65.
14. Castañeda, A., Reddy, J.D., El-Yacoubi, B. and Gabriel, D.W. Mutagenesis of all eight avr genes in *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* had no detected effect on pathogenicity, but one avr gene affected race specificity. // *Molecular plant-microbe interactions*. №18(12). p.1306-1317.
15. Dubrow, Z.E., Carpenter, S.C., Carter, M.E., Grinage, A., Gris, C., Lauber, E., Butchachas, J., Jacobs, J.M., Smart, C.D., Tancos, M.A. and Noël, L.D. Cruciferous Weed Isolates of *Xanthomonas campestris* Yield Insight into Pathovar Genomic Relationships and Genetic Determinants of Host and Tissue Specificity. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 2022, №35(9), p.791-802.
16. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/?taxon=339> (*Xanthomonas campestris* genomes)

ОТЗЫВЧИВОСТЬ СОРТОВ ЯБЛОНИ КОЛОННОВИДНОЙ (*MALUS DOMESTICA*) НА МИНЕРАЛЬНУЮ, ОРГАНОМИНЕРАЛЬНУЮ, ОРГАНИЧЕСКУЮ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

Коновалов С. Н., Бобкова В.В.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства
и питомниководства»,
отдел агрохимии и почвоведения, г. Москва, Россия
vstisp.agrochem@yandex.ru*

Обязательными элементами промышленных технологий возделывания плодовых культур является использование приёмов биологического земледелия: предпосадочного внесения высоких доз органических удобрений, задернения междурядий сада многолетними травами или сидератами, мульчирования рядов органическими материалами, применения в насаждениях органоминеральных систем удобрения. Растения яблони колонновидной, существенно отличающиеся по своим физиологическим и агротехнологическим параметрам от яблони с обычным типом кроны – компактной кроной, кольчаточным типом плодоношения, усиленным формированием плодовой древесины по отношению к вегетативным органам, повышенной урожайностью, обусловленной высокой плотностью размещения деревьев в саду, особой агротехникой интенсивных технологий возделывания данного типа яблони – требуют разработки специальных биологизированных систем удобрения применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям, подвоям, сортам [2-7].

В двух полевых многолетних агрохимических опытах (опыт 1 – изучение доз органических и минеральных удобрений в молодом саду; опыт 2 – изучение способов внесения органических и минеральных удобрений в плодоносящих насаждениях), проведённых в 2007-2022 гг. в Московской области на окультуренной дерново-подзолистой почве, исследована отзывчивость четырёх сортов яблони колонновидной селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства – Триумф, Президент, Валюта, Останкино – на влияние различных доз и способов внесения минеральных и органических удобрений.

В опытах установлено, что влияние минеральной, органоминеральной, органической систем удобрения на продуктивность, адаптивность растений яблони колонновидной, на показатели биохимиче-

ского состава, экологической безопасности плодов при выращивании на дерново-подзолистой почве было сортоспецифичным и разнонаправленным, в зависимости от сорта и возраста насаждений [2-7].

Таблица 1. Влияние доз удобрений на продуктивность растений яблони колонновидной сортов Триумф, Президент, Валюта, Останкино, среднее за 9 лет

Вариант	Масса яблок, кг/растение							
	Триумф		Президент		Валюта		Останкино	
	Среднее	v*	Среднее	v*	Среднее	v*	Среднее	v*
N90P90K90 + органика 100 т/га	1,06	152	1,59	127	1,64	104	1,37	122
N180P90K180 + органика 100 т/га	0,87	147	1,40	120	1,47	100	1,35	124
N90P90K90 + органика 200 т/га	1,13	144	1,60	119	1,49	106	1,20	118
N180P90K180 + органика 200 т/га	0,64	141	1,43	118	1,50	96	1,27	116
НСП05	Fф≤Fт		Fф≤Fт		Fф≤Fт		Fф≤Fт	

Примечание: v* – коэффициент вариации, %

Внесение под яблоню колонновидную в первые 10 лет эксплуатации сада увеличенных доз минеральных и органических удобрений на окультуренной дерново-подзолистой почве способствовало тенденции снижения массы яблок с одного растения. Наибольшие значения продуктивности растений и её устойчивости по годам проведения исследований в зависимости от доз минеральных и органических удобрений в молодом саду отмечались у сорта Валюта (табл. 1).

При внесении возрастающих доз минеральных и органических удобрений для всех сортов яблони колонновидной отмечалась тенденция снижения варьирования продуктивности растений. Наименьшим варьирование продуктивности растений по годам было у сорта Валюта. Оценка устойчивости продуктивности растений по индексу периодичности плодоношения ИПП (по относительной разнице между урожаями двух последовательных лет), показателю устойчивости продуктивности Uc^t и показателю адаптивности А [1] показала, что устойчивость плодоношения яблони колонновидной в молодом саду при внесении возрастающих доз минеральных и органических удоб-

рений у сортов Триумф, Президент, Останкино имели тенденцию к снижению, у сорта Валюта – повышалась [3].

В следующие пять лет (11-15 годы после посадки) возделывания сада наиболее высокой продуктивностью растений характеризовался сорт Останкино (в среднем, максимум, до 5,5 кг/растение в варианте с совместным применением органических и минеральных удобрений). Сорт слабо реагировал на раздельное внесение каждой из форм удобрений, но при их совместном внесении продуктивность растений сорта Останкино возрастала на 14,6% относительно контроля (табл. 2).

Таблица 2. Влияние минеральных и органических удобрений на массу плодов с одного растения, в среднем за 5 лет, кг/растение

Вариант	Триумф	Президент	Валюта	Останкино
Контроль, б/у	1,93	3,46	2,80	4,80
N ₉₀ K ₉₀	2,00	3,15	3,42	4,97
ОУ 100 т/га	1,97	4,24	2,40	4,95
N ₉₀ K ₉₀ + ОУ 100 т/га	1,69	3,39	2,78	5,55
НСР ₀₅	0,18	0,15	0,34	0,20

В более поздний 11-15-летний период эксплуатации сада сорт Валюта лучше отзывался на внесение минеральных удобрений (продуктивность растений была на 22,1% выше не удобренного контроля), чем на внесение органических удобрений (продуктивность растений снижалась относительно контроля на 14,3%). Сорт Президент, наоборот, положительно отзывался на внесение органического удобрения (продуктивность растений возрастала по сравнению с контролем на 22,5%), но при внесении минеральных удобрений масса яблок с одного растения у этого сорта снижалась на 9,0%.

Влияние органических и минеральных удобрений на биохимический состав плодов яблони колонновидной на дерново-подзолистых почвах также в значительной степени зависело от сорта растений [6, 7]. В первые 10 лет эксплуатации сада при увеличении доз минеральных удобрений содержание в плодах сахаров у сорта Президент возрастало, у сорта Валюта – снижалось, у сортов Триумф и Останкино – не изменялось. Увеличение доз органических удобрений приводило к тенденции снижения содержания сахаров в плодах только у сорта Триумф. У остальных изученных сортов содержание в плодах

сахаров закономерно не изменялось. У сортов Триумф и Валюта с увеличением доз органических и минеральных удобрений общая кислотность плодов возрастала, у сорта Останкино – имела тенденцию к снижению, у сорта Президент – закономерно не изменялась. Увеличение доз минеральных и органических удобрений у сортов Валюта и Триумф способствовало снижению сахарокислотного индекса плодов, у сорта Останкино – тенденции его возрастания (табл. 3).

Таблица 3. Влияние доз минеральных и органических удобрений на сахарокислотный индекс плодов яблони колонновидной в зависимости от удобрения, среднее за 9 лет

Вариант	Триумф	Президент	Валюта	Останкино
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + органика 100 т/га	23,0	14,9	16,0	18,9
N ₁₈₀ P ₉₀ K ₁₈₀ + органика 100 т/га	20,9	16,6	14,7	21,7
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + органика 200 т/га	21,2	16,4	14,1	20,2
N ₁₈₀ P ₉₀ K ₁₈₀ + органика 200 т/га	18,2	15,0	13,7	21,0
НСР ₀₅	F _φ ≤ F _τ	F _φ ≤ F _τ	F _φ ≤ F _τ	F _φ ≤ F _τ

У сорта Президент сахарокислотный индекс при увеличении доз удобрений закономерно не изменялся. Содержание в плодах яблони колонновидной витамина С закономерно изменялось только у сорта Останкино: при увеличении доз минеральных удобрений прослеживалась тенденция снижения в плодах содержания витамина С. По совокупности показателей биохимического состава плодов и сортовой реакции на удобрение оптимальной для яблони колонновидной оказалась доза минеральных удобрений N₁₈₀P₉₀K₁₈₀+100 т/га органических удобрений.

На 11-15 годы после посадки сада применение минеральных и органических удобрений, в зависимости от сорта, оказывало несколько иное воздействие на биохимические показатели плодов (табл. 4).

Сахарокислотный индекс плодов и общее содержание сахаров при применении обеих форм удобрений на изученных сортах имели в основном тенденцию к снижению, общая кислотность плодов – к возрастанию. У сортов Валюта, Триумф при внесении органических удобрений наблюдалась тенденция увеличения содержания в плодах витамина С. Сорт Президент при совместном применении органических и минеральных удобрений значительно снижал содержание в плодах витамина С (на 31,8% по отношению к контролю).

Таблица 4. Влияние минеральных и органических удобрений на биохимический состав плодов яблони колонновидной, в среднем за 5 лет

Вариант	Сумма сахаров, %	Общая кислотность, %	Витамин С, мг/100 г	Сахаро- кислотный индекс
Валюта				
Контроль	11,6	0,70	8,0	16,6
N ₉₀ K ₉₀	11,5	0,79	8,2	14,6
ОУ	11,5	0,71	8,5	16,2
N ₉₀ K ₉₀ + ОУ	11,4	0,78	8,5	14,6
Президент				
Контроль	10,2	0,61	11,0	16,7
N ₉₀ K ₉₀	9,4	0,67	12,1	14,0
ОУ	9,8	0,64	11,6	15,3
N ₉₀ K ₉₀ + ОУ	8,6	0,77	7,5	11,2
Останкино				
Контроль	10,3	0,45	13,2	22,9
N ₉₀ K ₉₀	11,3	0,46	10,6	24,6
ОУ	10,7	0,48	12,4	22,3
N ₉₀ K ₉₀ + ОУ	9,5	0,47	13,5	20,2
Триумф				
Контроль	9,7	0,58	10,3	16,7
N ₉₀ K ₉₀	9,6	0,60	10,3	16,0
ОУ	9,8	0,67	10,8	14,6
N ₉₀ K ₉₀ + ОУ	9,6	0,62	10,8	15,5

Ежегодное применение в течение 9 лет минеральных удобрений в дозе N₁₈₀P₉₀K₁₈₀ позволило снизить аккумуляцию растениями яблони колонновидной из окультуренной дерново-подзолистой почвы Cu – на 15%, Zn – на 16%, Pb – на 23%. Внесение органических удобрений в дозе 200 т/га способствовало снижению усвоения растениями яблони

колонновидной из окультуренной дерново-подзолистой почвы Рb на 35% [2, 4].

Проведенное исследование показало, что влияние минеральной, органоминеральной, органической систем удобрения на продуктивность, адаптивность растений, на биохимический состав плодов, на аккумуляцию тяжёлых металлов в плодах яблони колонновидной при возделывании на дерново-подзолистой почве в условиях Московской области сортоспецифично, разнонаправленно, в зависимости от сорта, в значительной мере зависит от возраста насаждений. Для биологизированных промышленных технологий возделывания яблони колонновидной, основанных на применении органических удобрений, из изученных сортов более подходят сорта Президент, Останкино. Сорт яблони колонновидной Валюта целесообразно использовать в интенсивных технологиях возделывания с применением минеральных систем удобрения.

Литература

1. Кашин В.И. Устойчивость садоводства России// М.: Колос, 1995. – С. 335.
2. Коновалов С.Н., Бобкова В.В. Агроэкологическое значение биологизированных методов удобрения яблони колонновидной (*Malus domestica* Borkh.)// Биосфера, 2022, №4, т. 1. – С. 338-343.
doi: 10.24855/biosfera.v14i4.696.
3. Коновалов С.Н., Бобкова В.В. Адаптивность яблони колонновидной при органоминеральной системе удобрения на дерново-подзолистой почве /
Научное обеспечение устойчивого развития плодового и декоративного садоводства. Мат. междунар. науч.-практ. конф., посв. 125-летию ВНИИЦиСК и 85-летию Ботанического сада "Дерево Дружбы". 2019. С. 209-213. ISBN: 978-5-904533-32-8.
4. Коновалов С. Н., Бобкова В. В. Влияние органических и минеральных удобрений на усвоение тяжёлых металлов из дерново-подзолистой почвы растениями яблони колонновидной/Отходы, причины их образования и перспективы использования: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. / под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – С. 250-253.
5. Коновалов С.Н., Бобкова В.В. Особенности применения минеральной, органической, органоминеральной систем удобрения яблони колонновидной на дерново-подзолистой почве. Сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы и перспективы развития

науки в области плодовоовощеводства», посв. 85- летию Помологического сада. – Алматы, 2022. – С. 158-162. ISBN 978-601-7942-95-3.

6. Коновалов С.Н., Бобкова В.В. Удобрение и биохимический состав плодов яблони колонновидной на дерново-подзолистых почвах. Плодоводство и ягодоводство России. 2018;54:254-260.
<https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-54-254-260>.
7. Коновалов С.Н., Бобкова В.В. Эффективность минеральной и органо-минеральной систем удобрения яблони колонновидной (*Malus domestica*) на дерново-подзолистой почве. Садоводство и виноградарство. 2022;(1):21-30.
<https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-1-21-30>.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР К НЕГАТИВНЫМ УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ларина Г.Е., Серая Л.Г., Бондарева Е.В., Полякова Н.Н.

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
фитопатологии, Б. Вяземы, Россия
galina.larina@mail.ru*

Важность начального периода роста многолетних растений заключается в получении здорового и устойчивого к стресс-факторам посадочного материала. В частности, фенологические наблюдения за ростом молодых растений семечковых плодовых культур демонстрируют широкие адаптационные возможности укорененных подвоев яблони и груши. Но интенсификация в питомниководстве направлена на использование агрохимикатов и средств защиты растений, в т.ч. химических препаратов (инсектицидов, фунгицидов, гербицидов) для достижения стабильной эффективности их применения [1, 2]. И молодые растения испытывают на начальных этапах онтогенеза деструктивный прессинг стресс-факторов окружающей среды.

Усиление аридизации климата повышает риск неинфекционных болезней. Поэтому актуален вопрос о повышении устойчивости культурных растений к негативным факторам не только благодаря достижениям селекции, но и агротехническим, и агрохимическим приемам в производственном цикле. Интересные результаты в системе работ по уходу и защите садовых (плодовых) и декоративных культур получены по применению препаратов биологической природы на основе штаммов грибов и бактерий [3, 4]. Но имеется множество противоречий по причине многофакторности условий и продолжительного периода роста древесных растений. Поэтому цель работы - изучение изменений в устойчивости (морфометрические и физиологические признаки) саженцев плодовых культур к стресс-факторам в ответ на применение биопрепаратов разной природы.

Многолетние исследования проводили в Центральном и Волго-Вятском районах. В 2018 году заложен многолетний опыт: высажены укорененные подвои яблони и груши для дальнейшей прививки методом окулировки. Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва участка подготовлена согласно стандартным агротехнологиям 1-ой агроклиматической зоны.

В специализированных питомниках в зоне подзолистых и дерново-подзолистых почв Центрального и Волго-Вятского района был заложен опыт на полях на саженцах плодовых культур (яблоня, груша). Расположение учетных площадок рандомизированное. Повторность 4-х кратная.

В период 2018-2020 гг. в течение вегетационного периода с шагом 14 сут. проводили обработку биопрепаратами по вегетирующим растениям (3-5 раз согласно рекомендациям производителей). Варианты опыта в период 2018-2020 гг.: контроль (без применения биопрепаратов), Фитоспорин (*Bacillus subtilis*), Фитолавин (фитобактериомицин), БТУ Универсальный (*Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Paenibacillus polymyxa*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*), ФитоХелп (*Bacillus subtilis*), МикоХелп (*Trichoderma sp.*, *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterococcus*, *Enterobacter*), МикоФренд (*Trichoderma harzianum*, *Bacillus sp.*, *Enterobacter* и др.), Алирин (*Bacillus subtilis*), Бинорам (*Pseudomonas fluorescens*).

Погодные условия вегетационного периода 2018-2020 гг. были благоприятными для роста и развития семечковых плодовых культур. По температурному режиму в летний период не установлены существенные отличия от среднемноголетних данных (18°C): в разные годы наблюдений температура колебалась от 17,0°C до 18,4°C. По режиму осадков и, соответственно, влажности, все годы наблюдений отличались дефицитом влаги, т.е. количество осадков 22 мм в 2018 г., 21,7 мм в 2019 г., 40,9 мм в 2020 г., по сравнению со среднемноголетними – 55 мм.

Проводили визуальные обследования сплошным методом для оценки нарушений в росте и морфометрические измерения (не менее 10 растений с каждой повторности) – высота, длина и количество побегов. Проводили отбор проб листьев с побегами для оценки в лабораторных условиях площади листовой пластины (весовым методом); эффективности препаратов (ГОСТ Р 58433-2019) и реакции растений по состоянию фотосинтетических пигментов (ГОСТ 17.1.4.02-90). Полученные результаты визуальных обследований и инструментального анализа систематизировали с применением программных возможностей MS Excel 2013, Statistica 10. Данные анализировали регрессионным и дисперсионным методом с учетом значимости вклада разных факторов по величине критерия Фишера – F и F_{tab}, рассчитанный и справочный соответственно (при заданной вероятности P<0,01).

В результате многолетнего эксперимента установлены в условиях питомника различия в морфометрических параметрах семечковых плодовых культур в зависимости от погодных условий и природы биологического препарата (рис. 1). В контроле растения активно при-

бавляли в высоту (число побегов на одно растение - параметр побегообразования): в контроле в 2018 году была 52-96 см (среднее $73,2 \pm 13,7$ см) и 2019-2020 гг. – 45-128 см (среднее $100,0 \pm 29,9$ см), по сравнению с вариантами Бинорам, Микохелп, Фитохелп, БТУ: в 2018 году равнялась 34-98 см (среднее $69,2 \pm 16,7$ см) и 2019-2020 гг. – 41-132 см (среднее $102,0 \pm 20,2$ см). Усиленно шел рост длины побегов в варианте с применением Микохелпа – от 10 см до 40 см, что выше 5-18%, по сравнению с контролем, а побегообразование – в первый год наблюдений в контроле равнялось 1-2 шт./растение, в следующие годы - 2-5 шт./растение (2019-2020 гг.). В 2018 году в случае применения биопрепаратов количество побегов было 1-3 шт./растение (с максимумом до 5 побегов в варианте Фитохелп), в 2019-2020 гг. – 1-5 шт./растение (с максимумом до 5 побегов в вариантах Фитоспорин, БТУ Универсальный, ФитоХелп, МикоХелп, МикоФренд, Бинорам). Существенная прибавка в размере листовой пластины (площадь) отмечена во всех вариантах опыта - 10-20% относительно контроля (максимальное с препаратом Микохелп), за исключением Бинорама и Фитолавина, где молодые деревья реагировали измельчением листы на 6-12% относительно контроля.

Большой интерес представляет вопрос о восприимчивости обработанных биопрепаратами древесных растений к листовым (аэрогенным) болезням. Развитие листовых пятнистостей увеличивалось в контроле в течение вегетационного сезона. Средний показатель развития листовых пятнистостей равнялся 21-70%. Сравнительный анализ биологической эффективности показал достоверное сдерживание микозов на листьях саженцев плодовых культур в разные годы наблюдений. Лучший результат получен в варианте с применением многокомпонентных препаратов - БТУ универсальный и Микохелп (эффект выше 60%).

Фотосинтетический потенциал листьев растений показал различия по содержанию хлорофилла и каротиноидов. Высокое содержание хлорофилла α определено в вариантах с применением препаратов Фитоспорин, Фитохелп, Алирин-Б, Бинорам $-2,5 \pm 0,29$ мг/г сырого веса и выше, по сравнению с контролем $2,29 \pm 0,46$ мг/г сырого веса (рис. 2). Повышенное образование хлорофилла β является адаптационной особенностью растений в стрессовых ситуациях, максимум данного пигмента зафиксирован в варианте с препаратом Бинорам $-1,72 \pm 0,77$ мг/г сырого веса, по сравнению с контролем $-1,19 \pm 0,58$ мг/г сырого веса. Высокое содержание каротиноидов (γ) в листьях саженцев указывает на устойчивость растений к стрессорам и возможности нейтрализовать атомы активного кислорода, образующегося при избытке солнеч-

ной энергии, поступающей в клетки растения. Максимальное значение γ определено в варианте с применением БТУ универсального - $0,31 \pm 0,01$ мг/г сырого веса и контроле - $0,34 \pm 0,01$ мг/г сырого веса. В прочих вариантах содержание каротиноидов было ниже и составило $0,23-0,27$ мг/г сырого веса. Принято за норму в период активной вегетации соотношение хлорофилл- α / хлорофилл- β равное 3:1. В контроле параметр α / β был 1,31-2,95, в опытных вариантах - 1,68-2,09, что показывает положительную тенденцию в устойчивости растений после применения биопрепаратов. Данные математического анализа подтвердили значимость адаптационных механизмов растения при перестройке процесса фотосинтеза - величина критерия $F=787,1$, которая превышает $F_{tab}=3,63$ (при $P<0,01$).

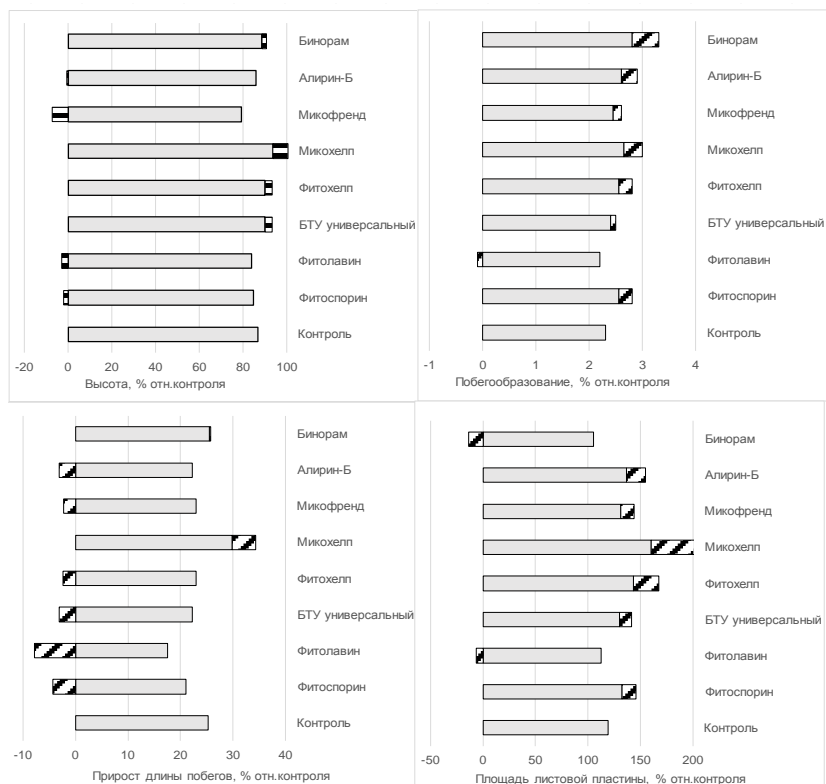


Рисунок 1. Морфометрические параметры молодых плодовых деревьев (среднее за период 2018-2020 гг.)

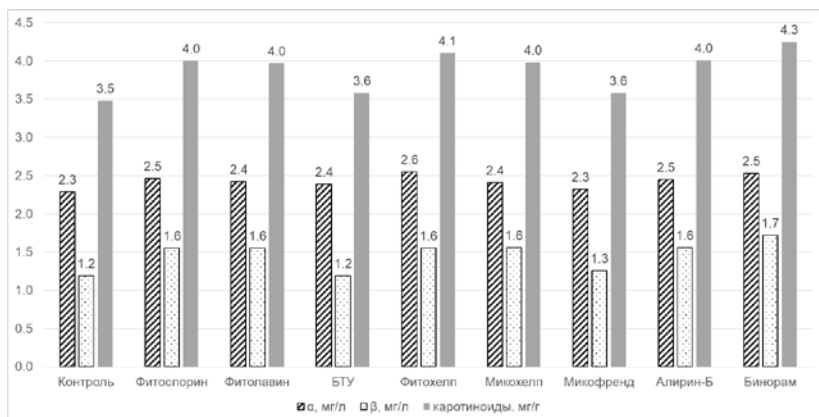


Рисунок 2. Фотосинтетический потенциал листового аппарата молодых плодовых деревьев (среднее за период 2018-2020 гг.)

В итоге в многолетнем опыте с применением препаратов биологической природы (комплекс ассоциативных микроорганизмов из рода *Trichoderma*, *Bacillus*, *Azotobacter*, *Enterococcus*, *Enterobacter* и др.) показан стабильный рост побегообразования и фотосинтетического потенциала саженцев. Продемонстрировано, что на фоне стандартных схем внесения удобрений, защиты от сорняков и вредителей, применение биологических препаратов эффективно снижало микозы (листовые аэрогенные пятнистости), что можно положительно оценить, как повышение устойчивости саженцев плодовых культур к негативным условиям окружающей среды. Установлена тесная прямая связь между высотой саженцев и площадью листовой пластины ($r > 0,90$, $P < 0,01$); побегообразованием и накоплением хлорофилла и каротиноидов в листьях растений ($r > 0,92$, $P < 0,01$). Под влиянием приема внесения биопрепаратов в зеленой массе растений увеличивалось содержание хлорофилла, что характеризует повышение устойчивости саженцев к микозам. Сравнение площади листовых пластин молодых плодовых растений показало существенное увеличение размеров листьев в стрессовых ситуациях с одновременным повышением образования хлорофилла β в вариантах применения Бинорама и Фитолавина

Литература

1. Сергеев В.С. Антистрессовая технология защиты сельскохозяйственных культур // Вестник АГАУ. 2012. №10. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/antistressovaya-tehnologiya-zaschity-selskohozyaystvennyh-kultur> (дата обращения: 03.02.2022).

2. Larina, G.E., Seraya, L.G., Polyakova, N.N., Baranova, E.N., Beloshapkina, O.O. Ecological and biological features of adaptation of deciduous plants to chemical stress // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 350(1). [this link is disabled](#).
3. Волкович А.П., Носников В.В. Интенсивные технологии выращивания посадочного материала и лесовосстановления. - Минск: БГТУ. 2015.
4. Мережко О.Е. Влияние биопрепаратов на ростовые процессы саженцев яблони // Современное садоводство. 2019. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-biopreparatov-na-rostovye-protsessy-sazhentsev-yabloni> (дата обращения: 03.02.2022).

ОПЫТ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР НА ОСУШЕННЫХ БОЛОТАХ И ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКАХ В УСЛОВИЯХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Макаров С.С.^{1,2}, Чудецкий А.И.¹

¹*Российский государственный аграрный университет – Московская
сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева,
г. Москва, Россия*

²*Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия
s.makarov@rgau-msha.ru, a.chudetsky@mail.ru*

На сегодняшний день площадь болот занимает примерно 10%, а вместе с мелкоотторфованными землями (слой торфа – менее 30 см) – более 1/5 территории России. При этом в Нечерноземной зоне Европейской части РФ сосредоточено около 70% всех выработанных торфяных месторождений, общая площадь которых составляет почти 1 млн. га. На севере, в Западной Сибири и других районах болота могут занимать до 40% площадей и более, однако на этих территориях существует задача прокладывания дорог, строительства, добычи нефти, газа и других природных ресурсов, в связи с чем неизбежно возникает необходимость осушения болот. Большая часть таких площадей сосредоточена в природно-климатических условиях таежной зоны. При этом осушение болот и промышленные торфоразработки приводят к нарушению природных экосистем, возникновению экологических проблем, связанных с возникновением торфяных пожаров, эрозией почв, загрязнением водных объектов, сокращением биологического разнообразия и рядом других негативных последствий [1, 2].

Вместе с тем промышленная деятельность, техногенное загрязнение, природные пожары, повышенная антропогенная нагрузка и нерегулируемая эксплуатация ягодных угодий привели к значительному сокращению площадей хозяйственно ценных дикорастущих ягодных видов, при этом для некоторых из них возникла угроза их исчезновения. Кроме того, естественно произрастающие ягодники чаще всего имеют невысокую и нестабильную урожайность в разные годы [3-5]. В связи с этим рациональное использование и рекультивация таких земель приобретает особое экологическое и народно-хозяйственное значение.

Мировым опытом подтверждается эффективность выращивания на торфяниках верхового и переходного типов некоторых лесных и болотных ягодных растений, способных успешно произрастать на кислых почвах [4, 6-8]. Биологическая рекультивация выработанных торфяников и освоение осушенных болотных площадей путем создания на них плантаций некоторых видов лесных ягодных растений будет способствовать организации многоцелевого, рационального и неистощительного использования лесов, что является приоритетной задачей развития лесного хозяйства в соответствии «Стратегией развития лесного комплекса РФ до 2030 года» [9], «Основами государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в РФ на период до 2030 года» [10] и федеральных проектов «Сохранение лесов» и «Сохранение биоразнообразия» (нацпроект «Экология»).

Выращивание ягодных культур является одним из перспективных на сегодняшний день направлений развития садоводства для сельскохозяйственных организаций, крестьянско-фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей в России. В ряде северных регионов страны имеется положительный опыт создания плантаций лесных ягодных растений, таких как клюква, голубика, брусника, княженика, морошка и другие. При этом используются первые для некоторых ягодных культур отечественные сорта и гибридные формы, полученные учеными Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ (г. Кострома) в результате многолетних исследований и селекционных работ и характеризующиеся высокой урожайностью, крупноплодностью, зимостойкостью, устойчивостью к болезням и вредителям [11, 12].

В Костромской области, расположенной в южно-таежном лесном районе Европейской части России, находится ягодная плантация ООО «Кремь» (Костромской район) на общей площади около 300 га, которая существует с 2004 года. На выработанном торфяного месторождения верхового типа здесь находятся посадки клюквы крупноплодной, клюквы болотной, голубики узколистной, брусники обыкновенной (рис. 1). Урожайность клюквы крупноплодной на данной плантации составляет в среднем 8 т/га, клюквы болотной – 5 т/га, голубики узколистной – 3 т/га.

В Верхнетоемском районе Архангельской области с 2021 г. существует ягодная плантация ООО «Кондратовское», находящаяся в условиях средней тайги (Двинско-Вычегодский лесной район). Здесь на выработанном торфянике переходной типа выращиваются голубика узколистная, голубика высокорослая, брусника обыкновенная, княженика арктическая, морошка приземистая (рис. 2). В 2022 г. урожай-

ность голубики узколистной на данной плантации составила 2 кг/куст, брусники – 0,8 кг/м², княженики – 0,7 кг/м², морошки – 0,4 кг/м².



a



б

Рисунок 1. Посадки клюквы крупноплодной (*a*) и голубики узколистной (*б*) на ягодной плантации ООО «Кресть» (Костромская область)



a



б

Рисунок 2. Посадки княженики арктической (*a*) и брусники обыкновенной (*б*) на ягодной плантации ООО «Кондратовское» (Архангельская область)

В Ханты-Мансийском АО – Югре находятся плантации ягодного хозяйства ООО «Ягоды Югры» (Ханты-Мансийский район), расположенные на общей площади более 250 га в Западно-Сибирском средне-таежном и Западно-Сибирском северно-таежном равнинных районах. Выращиваемые здесь с 2018 г. на территории осушенных болот ягоды морошки приземистой, черники обыкновенной, голубики узколистной, брусники обыкновенной, клюквы болотной, княженики арктической, жимолости съедобной (как дикорастущих форм, так и сортов российской и зарубежной селекции) (рис. 3), а также другая недревес-

ная продукция леса (кедровые орехи, листья осины и рябины, кипрей узколистный и другие лекарственные растения), были сертифицированы Роскачеством. Урожайность клювы болотной сорта Северянка на данной плантации составляет в среднем $0,9 \text{ кг/м}^2$, сорта Дар Костромы – $1,6 \text{ кг/м}^2$, сорта Фомич – до 2 кг/м^2 ; княженики – $0,6\text{--}0,7 \text{ кг/м}^2$; брусники – $0,6 \text{ кг/м}^2$; морошки – $0,3 \text{ кг/м}^2$.



а



б

Рисунок 3. Посадки морошки приземистой (*а*) и княженики арктической (*б*) на ягодной плантации ООО «Ягоды Югры» (Ханты-Мансийский АО – Югра)

Поскольку традиционные методы вегетативного размножения далеко не всегда обеспечивают стабильность результатов и являются очень трудозатратными, то при промышленном культивировании ягодных растений для ускоренного выращивания большого количества здорового посадочного материала следует прибегать к применению современных экономически эффективных и экологически безопасных биотехнологических методов, таких как клональное микроразмножение. На территориях вышеупомянутых плантаций также произрастает растения, выращенные в условиях *in vitro*. Работы по получению отечественного посадочного материала голубики, клюквы, брусники, княженики, морошки и других видов методом клонального микроразмножения в настоящее время ведутся в лабораториях на базе РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва), САФУ им. М.В. Ломоносова (г. Архангельск), Сургутского государственного университета (г. Сургут), Центрально-европейской ЛОС ВНИИЛМ (г. Кострома), Костромской ГСХА (г. Кострома), Вологод-

ской ГМХА им. Н.В. Верещагина (г. Вологда). Для некоторых видов разработан полный технологический цикл микроклонирования и адаптации растений к нестерильным условиям *ex vitro* [12-14].

Таким образом, плантационное выращивание лесных ягодных растений в том или ином ассортименте с использованием зимостойких и высокоурожайных сортов отечественной селекции может быть организовано в северных регионах России. Имеющийся опыт плантационного выращивания лесных ягодных растений на выработанных торфяных месторождениях и осушенных болотах в условиях таежной зоны является важным направлением ведения сельского и лесного хозяйства на неиспользуемых землях, способствует восстановлению экосистем и природных ресурсов, получению имеющей высокое пищевое и лекарственное значение ягодной продукции в целях удовлетворения рыночного спроса, сохранению биоразнообразия, а также повышению рекреационного потенциала, эстетического и культурного значения таких территорий.

Литература

1. Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации / Под ред. А.А. Сирина, Т.Ю. Минаевой. М.: Геос. 2001. 90 с.
2. Инишева Л.И., Аристархова В.Е., Порохина Е.В., Боровкова А.Ф. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование. Томск: Изд-во ТГПУ. 2007. 185 с.
3. Егошина Т.В. Влияние антропогенных факторов на состояние ресурсов дикорастущих плодовых и лекарственных растений (на примере Кировской области): автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Пермь. 2008. 44 с.
4. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестник Казанского гос. аграрного ун-та. 2016, т. 11, № 2. С. 43–46. DOI: 10.12737/20633
5. Макаров С.С., Багаев Е.С., Цареградская С.Ю., Кузнецова И.Б. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области // ИВУЗ. Лесной журнал. 2019, № 6. С. 118–131. DOI: 10.37482/0536-1036-2019-6-118
6. Худобкин Т.М. Культура клюквы, брусники и голубики на торфяных выработках // Эколого-биологическое изучение ягодных растений семейства Брусничные и опыт освоения их промышленной культуры в СССР: тез. докл. Ганцевичи. 1991. С. 200–201.

7. Vahejõe K., Albert T., Noormets M. [et al.]. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects // *Baltic Forestry*. 2010, vol. 16, № 2. p. 264–272.
8. Bussieres J., Rochefort L., Lapointe L. Cloudberry Cultivation in Cutover Peatland: Improved Growth on Less Decomposed Peat // *Can. J. Plant Sci.* 2015, vol. 95. p. 479–489.
9. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 11.02.2021 № 312-р.
10. Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 26.09.2013 № 1724-р.
11. Корнев И.А., Тяк Г.В., Макаров С.С. Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения (in vitro) // *Лесохозяйственная информация*. 2019, № 3. С. 180–189.
12. Макаров С.С. Научно-методическое обоснование технологии размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.02. Пушкино, 2022. 467 с.
13. Макаров С.С., Виноградова В.С., Тяк Г.В., Бабич Н.А. Теория и практика размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений *Rubus arcticus* L., *Oxycoccus palustris* Pers. и *Vaccinium angustifolium* Ait.: моногр. Караваяво: Костромская ГСХА. 2021. 394 с.
14. Макаров С.С., Упадышев М.Т., Хамитов Р.С. [и др.]. Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений: моногр. М.: Колос-С. 2023. 152 с.

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФУНГИЦИДА ПРОТИВ МУЧНИСТОЙ РОСЫ ТОМАТА

Олива Т.В., Морозова Т.С., Уханева А.А

*ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет
имени В.Я.Горина, агрономический факультет, г. Белгород, Россия
Oliva_TV@bsaa.edu.ru*

Проблема круглогодичного обеспечения населения качественными овощами на уровне физиологических норм потребления еще не решена. В настоящее время осуществляется наращивание объемов производства свежих тепличных овощей с улучшенными характеристиками в соответствии с ГОСТ Р 70575 – 2022 «Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Овощи тепличные. Общие технические требования и правила производства», введенным в силу действия с 1 марта 2023 года.

Сегодня для оценки работы аграриев предлагаются новые индикаторы, а именно, не только учет урожая с квадратного метра, но и экологическая культура агротехнологии с применением биологических методов по стимуляции продуктивности разных сортов и гибридов тепличных овощей, включая биометоды защиты от болезней и вредителей [2]. Преимущество отдается веществам с пролонгированным эффектом, природного происхождения, легко доступным и недорогим. К ним можно отнести гуминовые препараты [8, 9, 11]. В настоящее время гуминовые вещества рассматривают как технологические элементы для производства органической (экологически чистой) продукции. Они присутствуют в перечне добавок, применяемых для создания органической продукции в документе «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.2354-08. Дополнения и изменения № 8 к СанПиНу 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов» [1].

На потребительском овощном рынке тепличный томат занимает второе место после сбора огурцов. Овощная культура томат – это источник клетчатки, пектинов, витаминов, причем таких важных, как аскорбиновая кислота, каротина, минеральных и других биологически активных веществ. Примерно 75% выращиваемых томатов в мире используется для употребления в свежем виде. Поэтому разработка приемов экологизации технологии возделывания культуры томата актуальна.

Место проведения работ – учебно-научная лаборатория биотехнологических исследований агрономического факультета и испытательная лаборатория Белгородского ГАУ. Объектом исследования был гибрид томата Мерлис F1. Это индетерминантный партенокарпический гибрид, код сорта: 8854095, включен в Госреестр по Российской Федерации. У данного гибрида основной стебель достигает длины более 10 м. Побеги крепкие и интенсивно зеленого цвета, листья с характерной перистостью средней длины, соцветия простые. Это кистевой томат со стабильным урожаем и плодами с высокими вкусовыми и товарными качествами. Отметим, что гибрид Мерлис F1 имеет иммунитет к фузариозному увяданию и бурой ржавчине, но у него промежуточная устойчивость к мучнистой росе.

Мучнистая роса томата – возбудитель *Oidium neolycopersici*. Патоген относится к облигатному типу, то есть грибок не способен существовать вне здорового жизнеспособного растения. Паразит поражает томат с первых дней от всходов, в рассадке и взрослые растения. Болезнь проявляется в виде белого мучнистого налета на листьях, стеблях, плодоножках, чашелистиках томатного растения. Не отмечается на лепестках, плодах, корнях. На листьях образуется белый мучнистый налет в виде конидий округлой формы белого цвета. По мере развития заболевания вся поверхность листа покрывается налетом. Постепенно хлороз тканей листа переходит в некроз [5, 6].

Сев культуры гибрида томата Мерлис F1 был проведен нами 19.07.2021 года в рассадном отделении теплицы. На шестой день 24.07.2021 год после посева появлялись массовые всходы (85%). На 9-10 день роста проводили пикировку рассады. Перенос растений и посадка в блок интенсивного роста – 05.08.2021 года. 27 ноября 2021 года было отмечено на листьях томата начало появления мучнистой росы. Ряд авторов отмечают, что мучнистая роса томата стала преобладать по распространению и вредоносности, а с экономической точки зрения стала приносить убытки. Поэтому против мучнистой росы стали испытывать различного происхождения фунгициды. Буц А.В. и Цаценко Л.В. отмечают, что отечественные работы по методам селекции томата, устойчивого к мучнистой росе, не разработаны и малочисленны. Но применение регуляторов роста с антистрессовым и защитным действием в технологии выращивания томата позволило значительно снизить заболеваемость растений мучнистой росой и повысить их устойчивость к неблагоприятным факторам среды при формировании высоких урожаев с хорошим качеством продукции [3].

Нами были испытаны общеизвестные фунгициды разной природы: химические и биологические согласно требованиям к применению. При изучении растений томата с мучнистой росой использовали общепри-

нятые методы наблюдения за растениями в овощеводстве и методики фитопатологии. Учет за развитием болезни проводили по стандартной методике «Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» [7]. Для учета динамики развития мучнистой росы на протяжении периода вегетации были выделены по 10 модельных растений, на которых вели наблюдение за развитием болезни путем подсчета количества пятен с последующим их измерением. Распространение и развитие мучнистой росы рассчитывали по методике М. К. Хохрякова и др. (1984). В табл. 1 представлена схема обработки пораженных растений томата мучнистой росой и препараты для борьбы с заболеванием против мучнистой росы.

В начале появления признаков применяли по листьям лианы томата химический препарат Луна Транквилити – дважды с интервалом десять дней. Затем с учетом получения экологически безопасной овощной продукции и перехода растений в фазу генеративного роста последовательно обрабатывали листья растения томата биологическими средствами: дважды – Скудо, а потом последовательно: Алирин, Микозар и Глиокладин. Проводили наблюдения и подсчитывали биологическую эффективность испытываемых препаратов. Оказалось, что проявление симптомов мучнистой росы снижалось, но заболевание не исчезало. То есть обработка растений томата данными препаратами несущественно снижала заболеваемость растений за данный период вегетации, что должно было найти отражение в общей урожайности томата.

Опытное опрыскивание листьев томата разработанными нами вермигуминовыми биофунгицидами начали в конце апреля 2022 года (на растении 32-ая кисть). Гуминовое удобрение биофунгицид Вермигумат-4+наноCuO и Вермигумат-4+наноSiO₂ получали из вермикомпоста с использованием янтарной кислоты и биогенного элемента меди или кремния в форме наноксидов. В настоящее время наночастицы металлов и их оксидов нашли применение в качестве компонентов удобрений и препаратов для растениеводства [10].

Медный наноксид (формула CuO и Cu₂O), чистота: 99,8%. ТУ 1791-003-36280340-2008 (получен методом электрического взрыва медного проводника в атмосфере воздуха). Размер частиц: 50 нм, дисперсность, мкм: мелкодисперсный 0,1-0,5 мкм, температура плавления, °С: 800-1600 °С, плотность, г/см³: 1- 4 г/см³. Наноксид кремния (формула: SiO₂), чистота: 99,8%, размер частиц: 20 нм, дисперсность, мкм: мелкодисперсный 0,1-0,5 мкм, температура плавления, °С: 800 – 1600°С, плотность, г/см³: 1- 4 г/см³. Производитель: Россия. Опасность: безопасны, в случае загрязнения кожных покровов – вымыть их обычными моющими средствами.

Таблица 1. Химико-биологические мероприятия и препараты для борьбы с заболеванием против мучнистой росы

Препарат	Действующее вещество	Рекомендуемое применение	Концентрация	Срок ожидания/ кратность обработок
<i>химические</i>				
Луна Транквилити (Байер)	химический класс анилопиримидины (флуопирам 125 г/л и пириметанил 375 г/л)	Опрыскивание в период вегетации: первое - профилактическое, последующие - с интервалом 10-14 дней ограничения - за 10 дней до уборки	0,1% рабочего раствора	10/4
<i>профилактические средства</i>				
Скудо (ITALPOLLINA Group)	органоминеральное лечебное удобрение	Опрыскивание в период вегетации, иммуномодулятор; в сочетании с химическими фунгицидами	0,1% рабочего раствора	-
<i>биологические</i>				
Алирин – Россия АгробιοТехнология, ВИЗР	бактериальный фунгицид <i>Bacillus subtilis</i> , штамм В-10 ВИЗР	Опрыскивание в период вегетации 4-5-кратно с интервалом 10-14 дней.	Расход рабочей жидкости - 200-250 л/га	40 – 90 / 3 – 6
Микозар Россия АгробιοТехнология	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм В-10 ВИЗР <i>Trichoderma harzianum</i> , штамм 18 ВИЗР	Полив субстрата под корень после высадки рассады и при появлении первых симптомов болезни, затем с итервалом 20-30 дней. Расход рабочей жидкости	200-300 г/га	100 – 150 / 5
Глиокладин Россия АгробιοТехнология	<i>Trichoderma harzianum</i> , штамм ВИЗР-18	через 2 недели после высадки рассады, внесение препарата в систему капельного полива	1000 – 2000 л/га	- / 3

<i>разработанные препараты – биофунгициды</i>				
Вермигумат-4+ нанооксид меди	гумусовые кислоты в комплексе с наноCuO	опрыскивание листовой пластинки	0,001% рабочего раствора	7/4
Вермигумат-4+ нанооксид кремния	гумусовые кислоты в комплексе с наноSiO	опрыскивание листовой пластинки	0,001% рабочего раствора	7/4

Комплексон янтарная кислота выбран нами не случайно. Водные растворы янтарной кислоты (этан-1,2 – дикарбоновая кислота) могут быть использованы с целью умеренной активации роста растений, она выступает как стрессовый адаптоген, улучшает усвояемость веществ из почвы и питательных растворов. Без янтарной кислоты не обходятся процессы клеточного дыхания. Поэтому янтарную кислоту определяют, как биостимулятор живых клеток [4]. По литературным данным использование этого биостимулятора позволяет увеличить содержание биологически ценных веществ – аскорбиновой кислоты, аминокислот, сахаров и органических кислот в растительном организме, увеличить урожайность корнеплодов на 15-20%, ряда бахчевых культур – на 30%. Янтарная кислота не токсична, ее использование может минимизировать воздействие агрохимикатов на почвенные текстуры, никак не загрязняя почву в дополнение к действующим элементам.

Опрыскивание зараженных растений, покрывая поверхность листа томата, осуществляли 0,001% раствором Вермигумат-4+наноCuO или Вермигумат-4+наноSiO. Выполняли опрыскивание с интервалом в два дня, после четвертой обработки общее заражение составляло менее 2-3%. Эффективность препаратов против мучнистой росы представлена в табл. 2.

Таблица 2. Эффективность препаратов против мучнистой росы

Вариант	Степень развития мучнистой росы, %	Сравнительная биологическая эффективность, %
Химический препарат	3,8	-
Комбинированное с Алирин Б	11,4	-33,4
Вермигумат+наноCuO	3,0	+21,1
Вермигумат+наноSiO	1,8	+47,4

По расчетам биологическая эффективность применения нановермигуматов после 2-3-й обработки растений томата составила 42 – 94%; после 4-й обработки растений томата составила 86-100%. Итак, концентрация 0,001% нановермигуматов достаточна для проявления эффективного действия на клетки гриба-паразита томатов и безвредна для растений. Известно, что гуминовые вещества после опрыскивания поверхности листа растения образуют на нем так называемую ажурную сетку, полностью покрывая лист. Поэтому эффективное действие препаратов можно объяснить тем, что блокируется проникновение гифов низшего гриба внутрь листа и их питание клеточными соками. По всей видимости, за счет активного взаимодействия вермигуминового удобрения с наноксидами меди или кремния блокируется деление клеток паразита мучнистой росы. В итоге мицелий низшего гриба не производит конидии. При микроскопировании нами был обнаружен факт наличия в микропрепарате большого количества коротких цепочек конидиеносцев. Отметим, что наши выводы согласуются с результатами аналогичных работ ряда отечественных ученых. Авторы Алексеева К.Л., Зеленков В.Н., Потапов В.В., Бекузарова С.А., Иванова М.И. предлагают использовать в условиях защищенного грунта при выращивании томатов для борьбы против мучнистой росы мелкодисперсный золь гидротермального нанокремнезема при внекорневой обработке вегетирующих растений. Авторы установили, что концентрация в 0,05% нанокремнезема в водных золях препарата достаточна для проявления эффективного действия на клетки гриба-паразита томатов и безвредна для растений [2].

Итак, нами установлено, что применение 0,001% раствора Вермигумата-4-наноSiO и Вермигумата-4-наноCuO эффективно против мучнистой росы томата. С учетом полученных экспериментальных данных, считаем целесообразным продолжить более подробное испытание биологического фунгицида Вермигумат-4-наноSiO.

Литература

1. СанПиН 2.3.2.2354 - 2008. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, VI. Санитарно-эпидемиологические требования к органическим продуктам. Дополнения и изменения № 8 к СанПиНу 2.3.2.1078-01. Зарегистрировано в Минюсте России 23.05.2008 № 11741. – М.: Минздрав России. – 2002. – 164 с.
2. Алексеева К.Л. История исследований по защите овощных культур от болезней и вредителей во ВНИИО - филиале ФГБНУ ФНЦО // История науки и техники. 2020. № 10. С. 54-57.

3. Буц А.В., Цаценко Л.В. Исследование коллекции гибридов томата F1 с устойчивостью к мучнистой росе для выращивания в зимних оstedленных теплицах // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 150. С. 143-155.
4. Верховцева Н.В., Кубарев Е.Н., Балашов Г.Р., Роберт А.Э. Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) органическими кислотами природного происхождения в разреженной среде на рост и развитие растений // Агрехимия. 2023. №4. С. 51 – 61.
5. Вилкова Ж.А., Арсланова Р.А., Абакумова А.С. Эффективность биорегуляторов против мучнистой росы (*leveillulataurica* (lev.)g. arnaud.) томата // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 1686.
6. Емелина М.Н., Терешонкова Т.А. Современное состояние классификации возбудителя мучнистой росы томата в защищенном грунте // Труды II Международной научно-практической конференции ВНИИССОК РАСХН (2-4 августа 2010 г.), Т. 1., Москва, 2010. С. 286-289
7. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» / под ред. В.И. Долженко. - С.-Петербург: ВИЗР, 2009. - 378 с.
8. Олива Т.В., Манохина Л.А., Панин С.И., Колесниченко Е.Ю., Кузьмина Е.А. Экологизация тепличного производства томата на беспочвенном субстрате с использованием системы капельного полива // Современные проблемы науки и образования. 2015. №6.
9. Тарасов А.В., Олива Т.В., Проскурина Е.Н. Производство экологически безопасной и оздоровительной тепличной овощной продукции // Управление городом: теория и практика. 2017. № 2 (25). С. 20 – 29.
10. Рабинович Г.Ю., Любимова Н.А. Биосинтез наночастиц металлов и оксидов металлов и их использование в качестве компонентов удобрений и препаратов для растениеводства (обзор литературы). – ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», г. Москва. 2021.
11. Oliva T.V. Optimization of productivity and quality of cucumber plants in protected ground / Tamara Oliva1, Elena Kolesnichenko1 and Tamara Morozova1 / Международная научно-практическая конференция «Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК», посвященной 70-летию ФГБОУ ВО Курская ГСХА, 12 мая 2021 г., Курск, Россия. (International Conference on Contributions of Agricultural Sciences to the Sustainability of Agribusiness). BIO Web of Conferences **37**, 00027 (2021)
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20213700027>

АДАПТИВНЫЕ СОРТА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ БИОЛОГИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Поползухина Н.А.¹, Поползухин П.В.²

¹ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия

*²ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», Омск, Россия
popolzuhinana@mail.ru, 55ppv@mail.ru*

В условиях сложной геополитической ситуации импортозамещение в России – первостепенная задача. Поэтому для обеспечения продовольственной безопасности государства важное значение приобретает создание и внедрение в сельскохозяйственное производство сортов сельскохозяйственных культур и прежде всего основной продовольственной культуры – пшеницы, адаптивных к конкретным агроклиматическим условиям. Именно с помощью сорта (гибрида) удастся эффективно использовать благоприятные и противостоять неблагоприятным условиям внешней среды, обеспечивая высокие показатели величины и качества урожая. Адаптивную систему селекции растений следует рассматривать также в качестве наиболее реального и эффективного средства, использование которого позволит свести к минимуму неблагоприятные для сельского хозяйства последствия изменений климата [1].

Западная Сибирь является одним из основных зернопроизводящих регионов России. Характерной особенностью его является резкая континентальность климата с проявляющимися периодически засухами в период вегетации растений. Нередки случаи эпифитотийного распространения основных заболеваний этой культуры. В этой связи создание адаптивных к этим условиям сортов яровой мягкой пшеницы было и остается актуальной задачей.

Наиболее надежным методом создания новых сортов является гибридизация с последующим отбором ценных генотипов. Положительно зарекомендовал себя и метод экспериментального мутагенеза с последующим вовлечением мутантов в дальнейшие скрещивания, получивший распространение в Советском Союзе в 60-х годах прошлого столетия по инициативе члена-корр. РАН И.А. Раппопорта и его учеников.

Исследования по созданию сортов яровой мягкой пшеницы на основе использования методов экспериментального мутагенеза и гибри-

дизации в Сибирском НИИСХ (г. Омск) начались с 1979 г. с момента создания лаборатории экспериментального мутагенеза под руководством члена-корреспондента РАН Р.И. Рутца. Для создания нового исходного материала использовались как физические, так и химические мутагены, кроме того, межмутантные и межсортовые скрещивания [2]. Наряду с созданием нового исходного материала для селекции пшеницы и его селекционной оценкой в условиях Западно-Сибирского региона разрабатывались методические основы мутационной селекции, которые заключались в выборе эффективных мутагенов и их доз. Большое внимание уделялось, кроме того, вопросам изучения генетической природы созданных мутантов как по морфологическим, так и по количественным, хозяйственно-ценным признакам у пшеницы [3]; изучению корреляционных зависимостей между признаками, установлению влияния на развитие организма некоторых типов мутаций в гомо- и гетерозиготном состоянии. Проводились исследования по изучению особенностей поведения мутантных генов в различной генотипической среде, а также по определению комбинационной способности вновь созданных мутантов.

На основе комплексной селекционно-генетической оценки созданных мутантов была показана возможность как прямого использования их в качестве новых сортов, так и их включения в различные селекционные программы. Практическим результатом многолетней плодотворной работы коллектива лаборатории в этом направлении стало создание целой плеяды сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости, характеризующихся адаптивностью к условиям Западно-Сибирского региона, стабильно высокой урожайностью качественного зерна: Росинка, Росинка 2, Росинка 3, Светланка, Катюша, Славянка Сибири, Серебристая, Лавруша, Омская золотая, Омская юбилейная, которые включены в Государственные реестры охраняемых и допущенных к использованию селекционных достижений РФ и внедрены в сельскохозяйственное производство. В 2022 г. на Госсортоиспытание РФ передан новый сорт яровой мягкой пшеницы Омская жемчужина.

Генетический анализ мутантов показал, что мутации количественных признаков являются в основном рецессивными (точковые мутации), в то же время возможно появление доминантных и полудоминантных мутаций количественных признаков. Мутации одних и тех же количественных признаков могут иметь разную генетическую природу. В зависимости от условий выращивания наблюдается ослабление, а нередко и затухание отдельных мутантных признаков, а также изменение характера их наследования при скрещиваниях. Было установлено, что на проявление мутаций количественных признаков

оказывает влияние материнский эффект, а изменение комплекса количественных признаков может быть обусловлено мутированием одного гена или независимым мутированием разных генов, определяющих эти признаки. Исследованиями были выявлены существенные различия коррелирующих комплексов между признаками продуктивности у исходных форм и полученных на их основе мутантов. Изменялось не только число коррелирующих признаков, но и теснота, а также направление корреляционной зависимости. В наследовании коррелирующих комплексов был установлен реципрокный эффект. При включении мутантов в скрещивания происходит значительное варьирование всего комплекса измененных признаков, при этом фенотипическое выражение мутантного признака остается прежним, либо претерпевает определенные изменения. Новая генотипическая среда (при скрещивании) существенно модифицирует корреляционные связи между признаками, увеличивает нередко частоту и степень проявления моногибридного гетерозиса. Генетический анализ комбинационной способности показал, что мутанты отличаются от исходных форм не только по величине эффектов общей и значениям вариантов специфической комбинационной способности, они могут иметь иной генетический источник варьирования того или иного количественного признака.

Одним из перспективных направлений адаптивной селекции яровой мягкой пшеницы в регионе стало и использование цитоплазматической изменчивости. С 1992 г. в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства под руководством Н.А. Калашника были начаты исследования по созданию нового селекционного материала на основе скрещиваний с дикими родичами пшеницы: *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl., *T. dicoccoides* Korn var *spontaneonigrum*, *Aegilops comosa* Sibth et Sm, *Ae. tauschii* Coss. = *Ae. squarrosa* L. var *tipica*, *Ae. cylindrica* Host var. *tipica*, *Ae. ventricosa* Touch var. *vulgaris* Eig, *Ae. variabilis* Eig var. *intermedia* Eig et Tein, *Ae. yuvenalis* (Thell) Eig. [4].

На основе многократного отбора, селекционной проработки выделенных аллолиний были выявлены источники хозяйственно-ценных признаков, которые включались в различные селекционные программы. Две линии Г 125/00 (сорт Мелодия) и Г140/00 (сорт Волошинка) были переданы на Государственное сортоиспытание и после успешного его прохождения включены в Государственные реестры охраняемых и допущенных к использованию селекционных достижений России, а также внедрены в сельскохозяйственное производство [5-9].

Литература

1. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинев, 2004. 148 с.
2. Селекция яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири на основе сочетания индуцированного мутагенеза и гибридизации. Поползухина Н.А. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Тюменская государственная сельскохозяйственная академия. Тюмень, 2004.
3. Поползухина Н.А. О генетической природе мутаций у растений яровой мягкой пшеницы. Сельскохозяйственная биология. 2003. Том 38. № 3. С. 108.-111.
4. Калашник Н.А. Поползухина Н.А., Михальцова М.Е. Цитоплазматическая изменчивость пшеницы в селекции на адаптивность: монография. Омск, 2005.
5. Гайдар А.А., Зверовская Т.С., Калашник Н.А., Ковтуненко А.Н., Мазепа Н.Г., Мухордова М.Е., Поползухина Н.А., Рутц Р.И., Шмакова О.А. Сорт яровой мягкой пшеницы Мелодия. Республика Казахстан. Патент на селекционное достижение № 688; 2016.
6. Гайдар А.А., Зверовская Т.С., Калашник Н.А., Ковтуненко А.Н., Мазепа Н.Г., Мухордова М.Е., Поползухина Н.А., Рутц Р.И., Шмакова О.А. Сорт яровой мягкой пшеницы Мелодия. Российская Федерация. Патент на селекционное достижение. № 6766; 2013.
7. Гайдар А.А., Зверовская Т.С., Калашник Н.А., Ковтуненко А.Н., Мазепа Н.Г., Мухордова М.Е., Поползухина Н.А., Рутц Р.И., Шмакова О.А. Сорт яровой мягкой пшеницы Мелодия. Российская Федерация. Авторское свидетельство на селекционное достижение. № 55966; 2013.
8. Калашник Н.А., Козленко Н.П., Ковтуненко А.Н., Мазепа Н.Г., Мешкова Л.В., Мухордова М.Е., Николаев П.Н., Поползухин П.В., Поползухина Н.А., Самборецкий И.И. Сорт яровой мягкой пшеницы Волошинка. Российская Федерация. Патент на селекционное достижение. №7733;2015.
9. Калашник Н.А., Козленко Н.П., Ковтуненко А.Н., Мазепа Н.Г., Мешкова Л.В., Мухордова М.Е., Николаев П.Н., Поползухин П.В., Поползухина Н.А., Самборецкий И.И. Сорт яровой мягкой пшеницы Волошинка. Российская Федерация. Авторское свидетельство на селекционное достижение. № 60853;2015.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ГИБРИДЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СВЕКЛОВОДСТВА В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Чертova O.Ф.¹, Дабахова E.В.²

¹ ООО УК Националь

² Центр агробиотехнологий Приволжского исследовательского
медицинского университета, г. Нижний Новгород, Россия
chertova80@mail.ru, dabakhova@yandex.ru

ООО «Агрофирма Нижегородская», входящая в ГК «Националь», является основным производителем сырья для АО «Сергачский сахарный завод», расположенного в Сергачском районе Нижегородской области. Географически предприятие является самым северным сахарным заводом в мире. Почвы региона (Сергачский, Княгининский, Шатковский, Пильнинский, Сеченовский и др. районы), на которых выращивается сахарная свекла, в основном представлены серыми и темно-серыми лесными, а также оподзоленными и выщелоченными черноземами тяжелого гранулометрического состава (преимущественно тяжелосуглинистыми). Почвы в силу природных особенностей и характера длительной эксплуатации в большинстве случаев имеют низкое содержание кальция и магния в ППК, средне- и слабокислую реакцию среды, плохо оструктурены, что является малоблагоприятным для возделывания сахарной свеклы. Сумма активных температур относительно традиционных районов свеклосеяния является низкой. Кроме этого, ситуацию осложняет высокая вероятность поздневесенних заморозков. В таких специфических условиях выбор гибридов, наиболее адаптированных к почвенно-климатическим условиям Нижегородской области, является одним из ключевых факторов успешного возделывания сахарной свеклы. При этом, на фоне происходящих геополитических событий, использование семян отечественных гибридов является залогом устойчивого развития отрасли и продовольственной безопасности России.

Значительным фактором при выборе семян также является их цена. Дорогостоящие импортные гибриды ведущих мировых производителей (KWS, Betaseed, Sesvanderhave и др.) реализуют свой потенциал в условиях Нижегородской области, как правило, не более, чем на 40-60%, в связи с чем с экономических позиций их использование в регионе не всегда является оправданным. Стоимость семян отечественных гибридов ниже, кроме этого, большая часть затрат на их закупку ком-

пенсруется сельхозтоваропроизводителям в рамках государственных программ. Поскольку оптимизация затрат на возделывание сахарной свеклы является одним из основных факторов рентабельности и, соответственно, устойчивости отрасли в регионе, поиск отечественных гибридов, пригодных для возделывания в почвенно-климатических условиях Нижегородской области, является чрезвычайно актуальным.

С этой целью в 2020 г. в ООО «Агрофирма Нижегородская» были заложены производственные опыты по испытанию гибридов отечественной селекции (РМС 121, РМС 127, Буря, Волна, Вулкан), а также гибридов селекции «Lion Seeds» (производство семян АО «Щелково Агрохим»). В качестве контроля использован гибрид Дубравка (KWS), хорошо зарекомендовавший себя в хозяйстве. Опыты заложены на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве с содержанием гумуса 4,5%, pH_{KCl} – 5,5, высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия. Учетная площадь опытной делянки – 0,5 га. Технология возделывания сахарной свеклы на опытном поле – традиционная для ООО «Агрофирма Нижегородская».

Оригинатором гибридов РМС 121 и 127 является ФГБНУ «ВНИИ сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», дата их включения в реестр селекционных достижений, допущенных к применению – 2010 г. и 2016 г. соответственно. Оба гибрида рекомендованы к возделыванию в Волго-Вятском регионе. Гибриды Буря, Волна и Вулкан созданы ООО «Союзсемсвекла» в рамках Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства, внесены в реестр в 2020 г.

Урожайность опытной культуры в значительной степени варьировала по гибридам: от 18 до 40 т/га. Данные свидетельствуют, что гибриды отечественной селекции нового поколения (Буря, Волна, Вулкан) превосходили по урожайности контроль (Дубравка), а также ряд гибридов селекции «Lion Seeds» (табл. 1). Наибольшую продуктивность из отечественных гибридов обеспечил гибрид Буря (третье место по продуктивности в общем рейтинге). Гибрид РМС 127 также несколько превосходил контрольный вариант, РМС 121 несколько уступал ему.

Обращает на себя внимание в целом невысокая урожайность опытной культуры. Даже максимальное значение показателя в 1,5-2 раза ниже, чем урожайность в более южных регионах, что вполне характерно для условий Нижегородской области. При этом затраты на возделывание здесь не ниже, а в ряде случаев выше из-за неблагоприятных почвенных условий (потребность в более высоких дозах удобрения), интенсивного развития сорняков в течение всего вегетационного сезона из-за большего количества осадков (значительные затраты на гербициды). Особую значимость в таких условиях приобретают

технологические свойства гибридов. Высокая сахаристость гибридов и высокая доля выхода из них сахара при переработке компенсируют невысокую урожайность и обеспечивают рентабельность и растениеводческого (ООО «Агрофирма Нижегородская»), и перерабатывающего (АО «Сергачский сахарный завод») блоков.

Таблица 1. Урожайность и выход сахара с гектара

Наименование гибрида	Урожайность, т/га	Дигестия, %	Выход сахара, % от дигестии	Выход сахара с 1 га, т
Дженни	40,22	17,67	82,71	5,878
Вентура	38,94	17,52	82,93	5,658
Буря	38,64	18,37	84,41	5,992
Мишель	37,73	18,11	84,34	5,763
Земис	37,47	17,96	83,76	5,637
Харлей	37,27	17,60	82,45	5,408
Симбол	36,00	17,51	81,11	5,113
Портланд	35,98	16,84	80,46	4,875
Тинкер	35,76	17,65	81,39	5,137
Шаннон	35,67	17,84	82,76	5,266
РМС 127*	35,44	-	-	-
Волна	34,20	18,72	84,50	5,410
Вулкан	33,20	17,30	82,22	4,722
Дубравка	32,17	18,69	84,57	5,085
РМС 121	30,90	17,02	81,69	4,296
Митика	28,17	17,59	81,76	4,051
Хамбер	27,27	17,60	81,20	3,897
Муррей	26,36	17,74	82,44	3,855
Кариока	19,57	18,31	82,92	2,971
Зефир	18,00	17,88	81,82	2,633

* - проба для анализа не отобрана

Для оценки технологического качества свеклы основополагающими являются показатели содержания в корнеплодах сахарозы, а также мелассообразующих веществ, таких как калий, натрий и α -аминный азот [2,3,4].

Сахаристость (дигестия) – показатель, характеризующий массовую долю сахарозы в корнеплодах сахарной свеклы, выраженный в процентах к массе сахарной свеклы. Дигестия в опыте была высокой, что обусловлено благоприятными погодными условиями (низкое количество осадков в августе и сентябре) и оптимальной системой применения удобрений). Наибольшее значение показателя по отечественным гибридам отмечалась у Бури и Волны (на уровне контроля – Дубравки), у гибридов Вулкан и РСМ – на 1-1,5% ниже.

В целом наилучшими по сахаристости, а также доле выхода сахара из испытуемых гибридов были Волна, Дубравка, Буря. В итоге они же обеспечили максимальный выход сахара с 1 гектара, расположившись в следующей последовательности: Буря (5,992 т/га), Волна (5,410 т/га), Дубравка (5,085 т/га).

Одним из основных показателей технологических качеств сахарной свеклы является содержание калия. Чем оно выше, тем больше сахара теряется в мелассе. Калий задерживает 70-80% сахара, переходящего в мелассу. Одна часть этого катиона удерживает в мелассе примерно пять частей сахара. Считается, что оптимальное значение калия находится в диапазоне 4,5-6,5 ммоль на 100 г свеклы [1,4]. Содержание калия в опытных гибридах варьировало от 2,8 до 5,1 и ни в одном случае не выходило за верхнюю границу оптимального диапазона. Максимальное значение показателя (5,1 ммоль на 100 г) было выявлено в гибриде РСМ 121.

Натрий, как и калий, относится к одним из основных мелассообразователей, присутствие которых мешает экстракции кристаллизованного сахара. Его рекомендуемое значение представлено диапазоном от 0,4 до 0,7 ммоль на 100 г свеклы [4]. В большинстве случаев содержание натрия в опытных гибридах было несколько выше допустимого значения. Обращает на себя внимание, что минимальное содержание натрия выявлено в отечественном гибриде Буря, а максимальное – в гибриде РСМ 121.

Соотношение содержания калия к натрию в корнеплодах должно быть (5-7):1. Во всех отечественных гибридах данное соотношение является оптимальным. Практически все гибриды селекции «Lion Seeds» (за исключением Дженни и Вентура) отличаются более узким соотношением (3-4:1), что свидетельствует об относительно высоком содержании натрия в корнеплодах. Гибрид Дубравка (KWS), напротив, отличается относительно высоким содержанием калия (10:1).

Таблица 2. Дополнительные характеристики технологических свойств сахарной свеклы

Наименование гибрида	Натрий, ммоль/100 г.	Калий, ммоль/100 г.	α -аминный азот, ммоль/100 г.	Щёлочность
Дженни	0,92	4,92	0,73	8,00
Вентура	0,72	3,95	1,04	4,49
Буря	0,55	3,93	0,61	7,34
Мишель	0,59	3,96	0,46	9,89
Земис	1,06	3,56	0,76	6,08
Харлей	0,88	5,00	0,85	6,92
Симбол	0,69	3,09	2,81	1,35
Портланд	0,95	4,14	2,08	2,45
Тинкер	0,62	4,01	2,29	2,02
Шаннон	0,79	3,18	1,75	2,27
Волна	0,87	3,92	0,61	7,85
Вулкан	0,95	4,90	0,81	7,22
Дубровка	0,43	4,38	0,53	9,08
РМС 121	1,08	5,10	0,81	7,63
Митика	0,87	3,62	2,04	2,20
Хамбер	0,94	4,12	2,17	2,33
Муррей	0,83	3,29	1,84	2,24
Кариока	0,73	3,28	1,94	2,07
Зефир	0,70	2,80	2,71	1,29

В сахарной свекле содержатся практически все аминокислоты, амиды и белки, обычно синтезируемые растениями. С технологической точки зрения особо важно количество α -аминного азота, которое отрицательно влияет на технологический процесс, особенно на стадиях получения свекловичной стружки и очистки сока [2, 3]. Он является наиболее вредоносным мелассообразователем и играет отрицательную роль при извлечении сахара из корнеплода. Чем больше содержание альфа-аминоазота в корнеплодах, тем меньше выход сахара. Счи-

тается, что содержание α -аминного азота в свекле не должно быть более 2 ммоль на 100 г свеклы [4].

Содержание α -аминного азота в отечественных гибридах сахарной свеклы, как и в контрольном варианте, является низким и не превышает 1 ммоль на 100 г свеклы. В ряде гибридов селекции «Lion Seeds» значение показателя несколько выше нормы.

Щелочной коэффициент в большинстве случаев высокий, что обеспечит получение термоустойчивого сока и положительную натуральную щелочность при переработке. Исключением являются гибриды Зефир и Симбол, значение показателя в которых меньше 2. Именно на данных вариантах выявлено максимальное содержание α -аминного азота.

Таким образом, результаты производственного опыта, проведенного в Нижегородской области, показали, что гибриды сахарной свеклы отечественной селекции (Буря, РМС 127, Волна, Вулкан) не уступали по урожайности контрольному варианту (гибрид Дубравка селекции KWS), а также ряду гибридов селекции «Lion Seeds» и характеризовались благоприятными технологическими свойствами. Это свидетельствует о целесообразности дальнейшего изучения данных гибридов в условиях региона.

Литература

1. Еникиев Р.И. Продуктивность и технологические качества корнеплодов сахарной свеклы при разных сроках посева в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан / дис. на соиск. уч. степени канд. с.-х. наук – Уфа, 2021.
2. Ионищой Ю.С. Технологические качества корнеплодов сахарной свеклы современных гибридов // Сахарная свекла. 2006. №9.
3. Причины технологических отклонений в сахарном производстве, методы их устранения / под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск: ИВЦ Минфина. 2016.
4. Hoffmann C. Zuckerrüben als Rohstoff. Die technische Qualität als Voraussetzung für eine effiziente Verarbeitung / Weender Druckerei GmbH & B Co. KG, Göttingen.: Saur, 2006.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАСОЛЕНИЮ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ МЕСТНЫХ СОРТОВ СОИ (УЗБЕКИСТАН)

Шакиров З.С.¹, Маманазарова К.С.^{1,2}

¹*Институт микробиологии Академии наук
Республики Узбекистан, Ташкент*

²*Институт ботаники Академии наук
Республики Узбекистан, Ташкент
karomat.3005@mail.ru*

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) — самая распространенная и полезная белково-масляная культура мирового земледелия. Виды *Bradyrhizobium japonicum* играют важную роль в получении высоких урожаев сои. Они вступают в симбиотические отношения с растением и обеспечивают его биологическим азотом.

Глобальные изменения климата и повышенный спрос на экологически чистые продукты требуют разработки высокопродуктивных и безвредных продуктов. В последние годы особое внимание в республике уделяется размещению и выращиванию нетрадиционных сельскохозяйственных культур. Например, в 2017 году впервые в республике посажены соевые бобы на площади более 12 000 га, выращено 14 000 тонн сои, поставлено населению более 2 000 тонн соевого масла, а на птицефабрики поставлено 10 000 тонн высокопитательного соевого шрота [1].

В эволюции бобовых растений совместная миграция растений и ассоциированных с ними бактерий во все климатические зоны земного шара привела к их приспособлению к различным условиям [2]. Экссудаты корней каждого бобового растения содержат специфические флавоноиды, которые реагируют на индукцию гена *Nod* бактериями-ризобиями, что приводит к синтезу клубеньковыми бактериями специфических липоолигосахаридов. Это, в свою очередь, приводит к индукции генов растений, и начинается процесс формирования клубеньков. Эволюционные процессы, приводящие к возникновению новых видов ассоциированных бактерий и специфических таксонов растений-хозяев, происходят в результате совместного перемещения бактерий и бобовых растений в новые экологические зоны, обеспечивая адаптацию бобовых растений-хозяев к новым условиям [3].

В наших исследованиях проведены опыты с бактериями сои, изучено клубенькообразование у различных сортов сои, выращенных в различных климатических условиях Узбекистана, при инокуляции местными штаммами клубеньковых бактерий. Исследования показывают, что клубеньковые бактерии, выделенные из разных местных сортов сои, специфичны по отношению к растению хозяину, но способны и к образованию немногочисленных клубеньков на других местных сортах (табл. 1). Эффективные клубеньковые бактерии способны повысить урожайность и обогатить почву природным азотом за счет азотфиксации.

При инокуляции местных сортов сои активными клубеньковыми бактериями образование азотфиксирующих активных клубеньков наблюдалось у всех сортов сои. Образовались клубеньки розового цвета, среднее количество клубеньков было 8, диаметр 1-9 мм, эффективность биомассы 31,4-54,4 мг.

Таблица 1. Эффективность клубеньковых бактерий местных сортов сои во время вегетации

Название штамма	Среднее количество и размер клубеньков (мм)											
	Нафис		Гавхар		Парвоз		Дустлик		Мадад		Севинч	
Контроль*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Б16-1	0	-12,1	2±1,0	31,4	8±3,0	36,9	5±1,73	25,3	2±1,0	25,3	2±0,57	17,2
С7-2	2±1,0	4,5	3±1,73	21,4	8±2,0	8,2	9±3,05	11,3	8±2,64	45,3	9±3,64	27,1
Г9-1	3±1,0	13,6	6±1,73	30,0	4±3,46	-	4±2,64	22,7	6±2,0	26,6	4±2,0	-5
Ту9-3	2±0,57	30,3	0	-8,5	5±3,46	15,0	7±2,08	0	9±2,0	42,6	5±2,0	8,6
М5-1	6±1,73	25,7	2±1,0	-2,8	5±2,64	19,1	4±2,64	44,3	8±2,64	46,6	4±2,30	12,3
П12-1	7±2,64	30,3	4±2,0	-1,4	11±3,6	24,6	6±4,58	2,5	10±2,64	10,6	8±2,0	12,3
Т28-3	3±1,0	6,0	5±2,0	18,5	5±1,0	-1,3	7±2,0	22,7	3±1,0	-26,6	7±2,64	17,2
Н18-2	4±1,0	33,3	3±0,57	10,0	8±3,0	36,9	6±2,64	16,4	8±2,64	41,3	8±2,0	18,5
Д24-1	5±2,64	9,0	5±1,0	-	4±2,64	-5,4	8±2,64	54,4	5±2,0	20,0	12±3,21	22,2
Ўз5-1	4±2,64	39,3	4±2,0	7,1	8±2,0	-2,7	8±2,0	24,0	9±2,64	21,3	14±7,0	33,3
О4-1	6±2,0	36,3	7±2,0	7,1	7±3,0	15,0	9±3,6	12,6	8±2,0	10,6	11±4,0	9,8
Х8-3	5±1,0	13,6	4±2,0	8,5	8±3,46	23,2	5±2,64	16,4	7±3,0	1,3	10±3,0	16,0
Ризовит-АКС	0	7,5	0	0	0	6,8	0	2,5	0	-2,6	0	9,8

* - контроль без инокуляции клубеньковыми бактериями

В наших опытах ни один из 6 местных сортов сои («Мадад», «Севинч», «Достлик», «Парвоз», «Гавхар», «Нафис») при инокуляции биопрепаратом «Ризовит-АКС» (Казахстан), содержащим бактерии *Bradyrhizobium japonicum*, не образовывал симбиотических клубеньков. Аналогичные результаты наблюдались у сортов сои «Виллиана» (Россия) и «Фаворит» (Сербия). При инокуляции зарубежных сортов сои местными клубеньковыми бактериями Узбекистана клубеньки на корнях растений также не образовывались. Одной из основных причин этого может быть отсутствие у зарубежных сортов сои специфических факторов (флавоноидов), реагирующих на индукцию гена *Nod* местными соевыми бактериями.

Среди многочисленных исследований большая часть работ была посвящена эффективности бактерий сои и их устойчивости к засолению.

Солеустойчивость местных клубеньковых бактерий сои изучали, проводя опыты в солевых растворах различной концентрации. Для этого готовили гороховую питательную среду, содержащую 200, 400, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800 и 2000 мМ NaCl. Активные клубеньковые бактерии, выделенные из клубеньков 12 разных местных сортов сои, высевали в каждую приготовленную среду и инкубировали при 28°C в течение 4 суток. Через сутки после посева молодых бактерий на среды различной солености рост всех бактерий наблюдали при солености 200-800 мМ NaCl (табл. 2).

Визуальный рост всех бактерий наблюдался при 1000-1200 мМ NaCl на 2-е сутки культивирования в условиях засоления. При солености 1400-1800 мМ NaCl на 3-й день культивирования наблюдался некоторый рост бактерий, кроме культуры М5-1. В частности, было обнаружено, что культуры N18-2, B16-1, D24-1, P12-4, S7-2, X12-1 и T30-2 растут нормально. Рост культур O4-1, N18-2, B16-1, D24-1, P12-4, S7-2, G8-2, Tu8-2, X12-1 и T30-2 наблюдали даже при солености 2000 мМ NaCl.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что местные сорта сои устойчивы к сильному засолению (2000 мМ NaCl). При инокуляции семян местных сортов сои суспензией бактерий на слабых и средnezасоленных почвах повышается устойчивость растений к засолению, что позволяет получать экологически чистый и высокий урожай.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что клубеньковые бактерии, выделенные из каждого местного сорта сои, обладают высокой специфичностью и вирулентностью по сравнению с их естественным растением-хозяином. Кроме того, было установлено, что активные местные бактерии также вирулентны к зарубеж-

ным сортам сои, в том числе: штамм Н18-2 к сортам сои Мадад и Парвоз, штаммов Д24-1 к сортам сои Севинч и Гавхар, штамм Ту9-3 к сортам сои Мадад, Гавхар и Нафис, штамм М5-1 к сортам сои Достлик и Гавхар, штамм У35-1 к сортам сои Севинч и Нафис, штамм П12-1 к сортам сои Гавхар и Нафис. Так, было замечено, что Н18-2, Д24-1, Ту9-3, М5-1, У35-1 и П12-1 вирулентны для нескольких местных сортов сои.

Таблица 2. Адаптация клубеньковых бактерий местных сортов сои к засолению

№	Штаммы бактерий	NaCl, mM								
		200	400	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
1	О4-1	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	+-
2	Н18-2	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+
3	У35-1	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	-
4	Б16-1	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+-
5	Д24-1	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	+-
6	М5-1	+++	+++	+++	+++	+	-	-	-	-
7	П12-4	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	+-
8	С7-2	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+-	+-
9	Г8-2	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	+-	+-
10	Ту8-2	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	+-
11	Х12-1	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+
12	Т30-2	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что при использовании в качестве биоудобрений при возделывании сои активных штаммов ассоциированных клубеньковых бактерий из местных сортов сои будет получен более высокий урожай, повысится плодородие почвы и содержание в ней азота. Штаммы микроорганизмов из местных сортов сои, входящие в состав данного биоудобрения, адаптированы к почвенно-климатическим условиям региона Узбекистана. Их использование приводит к появлению в наших почвах устойчивых популяций местных клубеньковых бактерий, ассоциированных с растениями сои.

Практическое применение биоудобрения полностью отвечает требованиям охраны окружающей среды.

Литература

1. <https://lex.uz/docs/3555453>
2. Sprent J., James E.K. (2007) Legume Evolution: Where Do Nodules and Mycorrhizas Fit In? *Plant Physiology* 144: 575-581.
DOI: 10.1104/pp.107.096156
3. Проворов Н.А., Онищук О.П. (2018) Эволюционно-генетические основы симбиотической инженерии растений: мини-обзор* сельскохозяйственная биология, 53: 464-474.
doi: 10.15389/agrobiology. 2018.3.464rus.

БИОЛОГИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

ОТКАЗ ОТ АНТИБИОТИКОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ КАК МЕТОД СОХРАНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПОЧВ

Гурьева М.А.

*АНО "Модерн ферма", г. Москва, Россия
info@modernferma.ru*

В ходе развития животноводческого сельского хозяйства одна из актуальных проблем – это избегание заболеваний животных. В этом направлении хорошие результаты показало применение антибиотиков. Антибиотики — это вещества, выделяемые бактериями, плесневыми грибами, актиномицетами, растениями и животными и обладающие способностью препятствовать размножению микробов и вызывать их гибель (*anti* — против, *bios* — жизнь). Их стали применять не только для лечения скота, но и для профилактики болезней, обработки помещений, в которых содержатся животные. Антибиотики могут использоваться в различных формах, их добавляют и в пищу, и в воду. Массовое негуманное содержание скота в неподходящих условиях без выгула, в тесных помещениях, с недостаточным по набору микроэлементов питанием ухудшает их иммунитет, что способствует развитию заболеваний, а значит и увеличению применения антибиотиков для лечения и профилактики болезней. Довольно часто это применение становится неконтролируемым и чрезмерным. Частично антибиотики используют также для стимулирования роста животных.

Доказано, что большая часть антибиотиков выходит из организма. Они обладают низкой скоростью метаболизма, менее 20% введенной дозы усваивается, т.е. более 80% выводятся в основном в неизменном виде через кишечник. И следствием такого активного применения в животноводстве антибактериальных препаратов становится то, что остатки антибиотиков поступают в почву.

Загрязнение почвы антибиотиками происходит за счет того, что в сельском хозяйстве навоз и компост активно используются фермера-

ми в качестве удобрений, а также через очистные сооружения, стоки с сельскохозяйственных полей, животноводческие помещения, бойни.

Содержание и концентрация остатков антибактериальных препаратов в осадке сточных вод, навозе и далее в почве зависит от типа препаратов, метаболизма животных, продолжительности обработки. Самые высокие концентрации – тетрациклинов, второй группой являются фторхинолоны и сульфаниламиды.

Почва является местом обитания множества микроорганизмов. Антибиотики, попадая в почву, изменяют состав почвенных сообществ микробов и грибов и нарушают функционирование экосистем. Количество генов, устойчивых к антибиотикам, в почве, удобряемой навозом с с/х ферм, использующих антибиотики, в 200 раз выше, чем в почве, которая такому воздействию не подвергалась. Концентрации окситетрациклина и хлортетрациклина на некоторых сельскохозяйственных землях могут достигать чрезвычайно высоких уровней, в то время как концентрации ципрофлоксацина, норфлоксацина и тетрациклина обычно значительно ниже.

Когда остатки антибиотиков попадают в почву, основными процессами, определяющими их стойкость, являются сорбция до органических частиц и деградация / трансформация. Процессы, определяющие стойкость, зависят от ряда различных факторов, например, физико-химических свойств остатков, характеристик почвы и климатических факторов (температура, количество осадков и влажность). Между дозой антибиотиков и изменением биологических показателей почв установлена линейная зависимость.

Какие риски мы получаем, загрязняя почву антибиотикам?

Во-первых, это проникновение через почву в растения. Картофель, кукуруза, салат, многие овощи поглощают антибиотики. Проникая через корни и накапливаясь в тканях растений, они могут приводить к различным токсикологическим эффектам. Это задержка развития и роста растений, угнетение роста корней и надземных частей растения, подавление прорастания семян и другие. Результат — снижение урожаев природных и агроэкосистем. Также через культуры сельскохозяйственного назначения они попадают в организм человека.

Во-вторых, это риски угнетения микрофлоры почвы. Доказано, что фармацевтические антибактериальные препараты оказывают подавляющее воздействие на численность почвенных микроорганизмов. Это влияние имеет долгосрочный период, восстановление численности не происходит и за 120 суток.

В-третьих, попадание антибиотиков в почву приводит к формированию генов, устойчивых к антибиотикам. Термин «резистоста»,

которым обозначена совокупность генов устойчивости к антибиотикам всех (патогенных и непатогенных) микроорганизмов, предложен Ванессой М. Д'Коста в 2006 г.

Многие специалисты поднимают давно вопрос о проблеме резистентности. Доказано, что в рамках перспективного развития финансовые потери от противомикробной резистентности значительно выше коммерческой выгоды на данный момент от применения антибиотиков.

Сейчас во всем мире наблюдается тенденция государственного регулирования применения противомикробных препаратов, ограничение их использования.

В России существуют программы контроля качества продукта, который поступает на рынок, в том числе и на нормы содержания антибиотиков в них. Также сейчас принимаются законы об использовании определенных препаратов только по рецепту врача.

Но государственного регулирования недостаточно.

Несмотря на все более строгий контроль за использованием антибиотиков, второстепенный уровень устойчивых к антибиотикам генов, которые являются маркерами для потенциальной резистентности, в почвах продолжает повышаться

Согласно прогнозам, глобальное использование антибиотиков в сельском хозяйстве к 2030 году увеличится на 67%, в то время как в странах БРИКС, куда входит и Россия, использование антибиотиков за тот же период удвоится.

Должна быть этическая ответственность фермера, который занимается производством с/х продукции.

Следует отметить, что в России стали появляться органические хозяйства, которые не используют антибиотиков. Для сохранения поголовья скота происходит переход на гуманное отношение к с/х животным: это и свободный выпас, и правильно оборудованные помещения с достаточным количеством места. Все это позволяет развивать иммунитет животных и сокращать использование антибиотиков, тем самым сохраняя почву и окружающую среду.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СОРТОВ ИНУЛИН
СОДЕРЖАЩИХ РАСТЕНИЙ РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ
С ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКОЙ В УСЛОВИЯХ
РЕСПУБЛИК ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ, НА ПРИМЕРЕ
ТАДЖИКИСТАНА**

Кубарев Е.Н.¹, Смирнова И.В.²

¹ *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
г. Москва, Россия*

² *Ростовская овощная опытная станция по цикорию-филиал ФГБНУ
«Федеральный научный центр овощеводства», Ростов, Россия
kubarevmsu@mail.ru, rossc2010@yandex.ru*

На опытных полях Центральной Азии проведены испытания традиционных и экспериментальных сортов российской селекции цикория корневого (*Cichorium intybus* L.).

Впервые изучены особенности выращивания сортов цикория корневого: Ярославский, Ростовский и Петровский в Республике Таджикистан, определены морфологические, биометрические параметры и данные урожайности. Показаны преимущества предпосевной обработки семян на примере сорта Петровский, которые были инкрустированы смесью фунгицида Апрон и стимулятора роста Изабион. Исследования продемонстрировали высокую всхожесть семян всех сортов и значительное повышение всхожести после обработки семян стимулятором роста и фунгицидом.

Значения биометрических показателей и урожайности отличались в зависимости от сорта. Сорта цикория при весеннем сроке посева обеспечивают получение урожая корнеплодов от 20 до 52 т/га и от 29,6 до 63,2 т/га общей биомассы. Самые высокие показатели урожайности корнеплодов были у сорта Петровский, семена которого были обработаны фунгицидом Апрон и стимулятором роста Изабион, которые действуют синергично, защищая от грибковых болезней на ранних стадиях прорастания и стимулируя их рост и развитие.

Для засушливых и жарких регионов Евразии с целью увеличения эффективности использования почвенно-растительных ресурсов на агроландшафтах рекомендуется выращивать засухоустойчивые высокопродуктивные растения, которые при поливе раскрывают свой максимальный генетический потенциал. К таким растениям относятся инулин содержащий цикорий корневой.

Корнеплоды цикория используется, в основном, в пищевом и фармакологическом направлениях, таких как производство напитков, хлебопекарная и кондитерская промышленность, производство экструзионных зерновых продуктов, в медицине как важнейший источник пребиотика инулина – полифруктозан, состоящий из 30-35 остатков фруктозы в фуранозной форме (рис. 1) и фармакологии (интибин, как оптимизатор сердечного ритма), входит в состав некоторых гепатопротекторов, производство спирта [1]. Цикорий, как диетический продукт, содержит макро и микроэлементы, многие водорастворимые витамины, 17 аминокислот, в том числе незаменимые, органические кислоты, цикорин, гликозиды. В семенах цикория повышенное содержание селена, которые также используются в медицине. Цикорий является хорошим медоносом: цветет до трёх месяцев, давая много пыльцы и нектара [2].

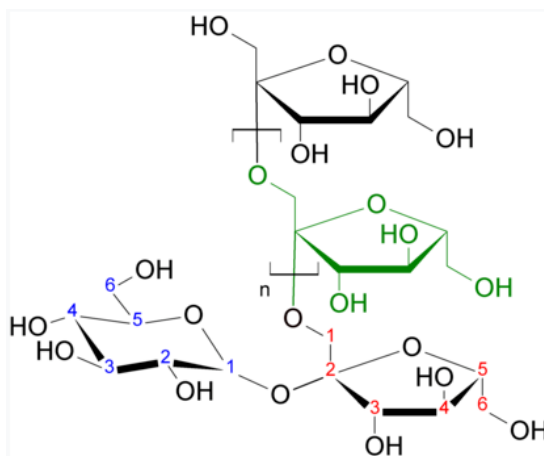


Рисунок 1. Структурная формула части молекулы инулина

В последние годы возрос интерес к комплексному использованию растительного сырья, что предполагает использование всех частей культивируемого растения, т.е. как основной продукции, так и побочной. Было установлено, что полученные из листьев цикория вещества обладают гепатопротекторным, иммуномодулирующим, противовоспалительным, антимикробным, антиоксидантным действием. Таким образом, цикорий корневой является перспективным растением для комплексного использования выращиваемой продукции [3].

Высокая экологическая пластичность, позволяет получать высокие урожаи в разных климатических зонах – от тропических зог

Африки и до северных областей Нечерноземья РФ - Ярославской области.

Повышение полевой всхожести семян позволяет повышать урожайность выращиваемых культур. Одна из причин снижения полевой всхожести семян – их низкая жизнеспособность из-за несвоевременной уборки семенников, недостатка суммы активных температур, высокой зараженности семян патогенной микрофлорой [4].

При неблагоприятных условиях развития зародышей цикория корневого период всходов может продолжаться до 2-3 недель. В таких условиях проростки могут поражаться вредителями и различными патогенными грибами, которые могут нанести значительный ущерб всходам [5].

В опыте применена инкрустация семян смесью препаратов Апрорн и Изабион, действие которых направлено на усиление адаптации растений и повышения их болезнеустойчивости во время прорастания в почве.

Изабион – это биологическое удобрение последнего поколения, широко применяемое практически на всех культурах в странах Европы, Латинской Америки и Азии. Регистрант: ООО «Сингента». Изготовитель: Сингента Агро Эс.Эй (Испания). Изабион состоит из полного набора аминокислот. Аминокислота – это часть молекулы любого белка и часть любого хелата – легко усваиваемого удобрения. Таким образом, изабион – легкоусваиваемое вещество, на синтез которого растение не тратит времени и энергии, получая необходимые вещества во время прорастания.

Изабион может применяться в качестве корневой и некорневой подкормки, а также с поливной водой (фертигация) в течение всего вегетационного периода. Норма расхода зависит от культуры, фазы развития, почвенно-климатических условий среды, и для каждой культуры существуют фазы, в которых применение агрохимиката изабиона наиболее эффективно. Изабион совместим со всеми микро- и макроудобрениями, и основными средствами защиты растений.

Апрон XL, ВЭ – протравитель фунгицидный, действующее вещество: 350 г/л мефеноксам, химический класс: фениламида, водная эмульсия. Регистрант ООО «Сингента», Изготовитель: Сингента Агро Эс.Эй (Испания). Уникальность его заключается в особой эффективности против ложных мучнистых рос (*Plasmopara helianthi*), видов гнили (*Pythium spp.*), на широком спектре культур. Питиозные гнили имеют тенденцию особенно сильно проявляться при прохладных, влажных условиях. Прорастая, первичные корни и не вышедшие на поверхность из-за недостатка тепла семядольные листья являются объектом последующего заражения грибными патогенами, например,

Fusarium и *Rhizoctonia*. Семена, обработанные фунгицидом Апрон XL, способны лучше противостоять этим заболеваниям. Он обеспечивает раннее и дружное появление всходов, их защиту от первичной и вторичной инфекций ложных мучнистых рос, что обычно приводит к более высокому и оздоровленному урожаю. Апрон XL быстро поглощается семенами и равномерно распределяется по растению после прорастания. Кроме того, он перераспределяется в почве вблизи семян, откуда позже впитывается корнями и затем усваивается растением. Таким образом, защищается не только семя и проросток на самой ранней и наиболее уязвимой стадии роста, но также обеспечивается длительная защита от вторичных инфекций. [6,7]

Цель исследований: определение полевой всхожести, биометрических показателей и урожайности корнеплодов разных сортов цикория, как исходного селекционного материала для повышения биологизации агропродовольственных ландшафтов Евразийского региона, благодаря использованию передовых агротехнологий, на примере Республики Таджикистан.

Задачи исследований: сравнение полевой всхожести семян цикория корневого различных сортов и семян, обработанных фунгицидом и стимулятором роста; изучение урожайности корнеплодов цикория корневого различных сортов в условиях Таджикистана.

Материал и методика исследований. Семена цикория корневого сортов Ростовский, Ярославский и Петровский были получены в 2021 году на поле Ростовской овощной опытной станции по цикорию-филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», расположенном в центральной части НЧЗ РФ, в Ростовском районе Ярославской области Российской Федерации. Инкрустация препаратами Апрон и Изабион проведена на базе отдела промышленных технологий ВНИИО-филиала ФГБНУ ФНЦО.

Испытания сортов корневого цикория в Таджикистане были проведены в восточной части городской агломерации Душанбе (экспериментальный участок Института ботаники, физиологии и генетики растений НАН Республики Таджикистан, расположенного на высоте 840 м над уровнем моря). Среднемесячная температура воздуха в период вегетации сортов сорго составила 17,5°C, сумма эффективных температур – 2567°C и количество осадков 180 мм, что оказалось достаточным для продуктивного роста и развития сортов сорго в условиях опыта. Почвы опытного поля типичный серозем легкосуглинистый, с нейтральной и слабощелочной реакцией. По содержанию гумуса в пахотном горизонте почвы относятся слабо гумусированным и колеблется от 1 до 1,5% [8].

Посев цикория корневого был проведен 03.05.2022, обработку почвы проводили согласно общепринятой технологии возделывания цикория на корнеплод. Сроки посева относятся к поздневесенним. Уборку урожая провели 09.11.2022 г. Предшественник-многолетние травы. Глубина заделки семян 0,5-1,0 см. После посева проводился вспомогательный полив, в течение вегетации выполнены две прополки, один раз с заделкой в почву внесена аммиачная селитра – 50 кг/га действующего вещества. Полив проводился 8 раз за сезон с нормой полива 2,0 тыс. м³/га.

Учет урожайности проводился вручную поделяночно сплошным методом.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [9].

Полевая всхожесть семян сорта Петровский, инкрустированных смесью фунгицида Апрон и стимулятора роста Изабион, составила 90,4%, что на 30,1% выше, чем не инкрустированных семян того же сорта, (60,3%) что свидетельствует о положительном эффекте их предпосевной обработки. Полевая всхожесть сортов Ярославский и Ростовский 60,2 и 80,3% соответственно.

Наиболее крупные корнеплоды были получены на делянке с сортом Петровский, семена которого были обработаны, где средняя масса одного стандартного корнеплода достигала 650 г, что составило 206% от стандарта. Минимальная масса стандартного корнеплода наблюдалась у сорта Ростовский всего 250 г, что составило лишь 79,3% от сорта-стандарта (табл.).

Таблица. Биометрические и урожайные показатели сортов цикория корневого

Сорт	Средняя длина листьев, см	Средняя ширина листьев, см	Средняя длина стандартного корнеплода, см	Средняя масса стандартного корнеплода, г	Средняя масса листьев одного растения, г	Урожайность корнеплодов, т/га
Ярославский, St	39,2	7,8	30,2	315,2	90,4	25,2
Петровский	37,4	7,4	35,0	402,4	133,2	32,0
Петровский Апрон+ Изабион	45,3	9,0	47,3	651,0	142,3	52,1
Ростовский	45,1	9,0	44,1	254,3	121,0	20,2
НСР05						8,0

Наибольшая урожайность корнеплодов отмечена на варианте сорт Петровский (обработка семян Апрон+Изабион) и составила 52,1 т/га, что превышает показатели контроля - сорта Ярославский на 26,8 т/га, или 206 % от контроля (рис. 2).



Рисунок 2. Масса листьев, масса корнеплода и общая биомасса сортов цикория

Максимальная общая урожайность (общая биомасса) растений сорта Петровский, выращенного из обработанных семян, составляющая 63,2 т/га, на 20 т/га больше, чем на варианте с необработанными семенами (42,4 т/га). Минимальная урожайность получена на варианте с сортом Ростовский 29,6 т/га. Для сравнения, средняя урожайность цикория в условиях российского Нечерноземья составляет около 20 т/га.

Посевы сорта Петровский, семена которого были обработаны смесью Апрон+Изабион заметно отличались от других вариантов опыта по биометрическим показателям, общей урожайности, урожайности корнеплодов и надземной части, массе стандартного корнеплода, что говорит о положительном влиянии предпосевной обработки семян смесью фунгицида Апрон и стимулятора роста Изабион.

Биологический потенциал российских сортов цикория в условиях Таджикистана высокий и имеет все перспективы для дальнейшего изучения и успешного внедрения в сельскохозяйственное производство, в том числе семеноводство, в агроэкологических условиях Таджикистана, а также в различных регионах Центральной Азии.

Литература

1. Полянина Т.Ю., Вьютнова О.М., Смирнова И.В., Новикова И.А. Золотой корешок, // Известия ФНЦО, 2020, №: 3-4, с. 100-104
2. О.М. Вьютнова, И.В. Смирнова, И.А. Новикова И.А., К.С. Максимова. Цикорий в животноводстве // Известия ФНЦО, 2022, № 3-4, с. 92-96.
3. Кротов А.А., Маврина П.О. Изучение динамики роста надземной части цикория обыкновенного (*CICHORIUM INTYBUS L*) / Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения. – Сборник научных трудов X Международной научно-практической конференции молодых ученых. Москва, 2022. с. 42-47.
4. Лудилев В.А., Семеноводство овощных и бахчевых культур, М., «Глобус», 2000, с. 31.
5. Быковский Ю.А., Ратникова Н.А. Регуляторы роста на цикории корневом // Картофель и овощи. 2016 г, № 6, с.14-15.
6. Янченко А.В. Использование препаратов нового поколения для предпосевной обработки семян / Научное обеспечение отрасли овощеводства России в современных условиях - Сборник научных трудов, Москва, 2015, с.444.
7. Вьютнова О.М., Ратникова Н.А., Леунов В.И., Быковский Ю.А. Использование препаратов нового поколения для инкрустации семян цикория корневого // Картофель и овощи, 2018, № 7, с. 16-17.
8. Акрамов. Ю. А. Органическое вещество почв вертикальных поясов Таджикистана и его роль в почвообразовании и земледелии / Ю. А. Акрамов // Душанбе, Дониш: 1987, с. 182.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: 1985, с. 207-231.

РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Макаров О.А.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
oa_makarov@mail.ru*

К настоящему времени сложились основные представления об устойчивом землепользовании (УЗП), или устойчивом управлении земельными ресурсами (УУЗР). Даны достаточно подробные определения этим понятиям. Так, в работе, вышедшей под эгидой Всемирного банка [1], указано, что УЗП – это «...основанный на знании процесс, который помогает интегрировать управление землями, водой, биоразнообразием и окружающей средой (в том числе внешние и внутренние экстерналии), чтобы отвечать на растущий спрос на продовольствие и волокна при сохранении экосистемных услуг и средств к существованию...». А Глобальная сеть WOCAT определяет УЗП как «...такое использование земельных ресурсов, в том числе почвы, воды, животных и растений для производства товаров, которое отвечает меняющимся потребностям человека, одновременно обеспечивая долгосрочный производственный потенциал этих ресурсов и их экологические функции...» [2]. Наконец, КБО ООН считает устойчивое землепользование управлением землями «...таким образом, чтобы сохранить или улучшить экосистемные услуги для благосостояния человека...» [3].

При всех видимых различиях суть УЗП/УУЗР остаётся неизменной: неистощительное, возобновляемое использование земель, которые полностью выполняют свои экологические/экосистемные функции/сервисы.

Однако совершенно очевидно, что указанные определения носят декларативный характер и не вскрывают ни механизма, ни критериев, ни показателей оценки устойчивого землепользования. Есть лишь общее понимание того, что показатели такой оценки должны быть различны по своей природе – пространственными и временными, почвенными и агрохимическими, социальными и демографическими, природоохранными (экологическими) и экономическими и т.д.

Из указанного перечня показателей важнейшими, с нашей точки зрения, являются экологические и экономические (а также комплексные – эколого-экономические). Так, величина ущерба/вреда от загрязнения/деградации/захламления земельных участков отражает характер современного землепользования. Разумеется, чем меньше эта величина, тем лучше состояние почв и земельных ресурсов, и в большинстве случаев мы имеем устойчивое землепользование. В тоже время встает вопрос о том, при каком ущербе землепользование перестаёт быть устойчивым? Каково должно быть соотношение на изучаемой территории между землями, подвергшимися деградации (загрязнению, захламлению), и землями, состояние которых улучшилось за это же время? Ответить на эти и другие вопросы, связанные с УЗП/УУЗР, поможет применение различных методов оценки деградации почв и земель. Два из этих методов в полной мере можно считать эколого-экономическими - оценка ущерба/вреда от загрязнения, деградации и захламления [4] и экономика деградации земель (ЭДЗ), или оценка «действия/бездействия» по Й. фон Брауну [5-7]. Один из методов является экологическим (природоохранным) - определение нейтрального баланса деградации земель – НБДЗ [8-10].

Целью исследований, результаты которых отражены в настоящей статье, явилась апробация различных экологических и экономических показателей, которые используются в трёх подходах к оценке деградации почв и земель (оценка ущерба, показателя/индекса нейтрального баланса деградации земель, соотношения стоимости «бездействия» к стоимости «действия») шести регионов Российской Федерации - Волгоградской, Белгородской, Калининградской, Пензенской, Самарской и Владимирской областей – для оценки устойчивости землепользования.

Анализ сведений, представленных в табл. 1, свидетельствует о значительном разбросе величин удельного суммарного ущерба от деградации почв и земель в различных субъектах Российской Федерации. Высокие значения указанного показателя были обнаружены для чернозёмных почв Белгородской и Пензенской областей, что может быть обусловлено значительными величинами нормативной стоимости земель (в качестве которой в данном случае выступала их кадастровая стоимость) для этих территорий. Существенная величина удельного суммарного ущерба для Калининградской области, который рассчитывался только по показателям агроистощения почв (увеличение кислотности, уменьшение содержания гумуса, подвижного фосфора и обменного калия), прежде всего, выявляет недостатки агротехнических приемов.

Таблица 1. Оценка ущерба от деградации почв и земель регионов Российской Федерации (оценивались только сельскохозяйственные угодья)

Регион	Суммарный ущерб, руб.	Удельный суммарный ущерб, руб./га
Волгоградская область	191 584 303 000	25 176
Белгородская область	589 907 063 200	294 600
Калининградская область	9 328 6615 575	118 301
Пензенская область	849 171 406 800	111 774
Самарская область	167 600 211 400	28 482
Владимирская область	46 672 527 960	46 688

Таблица 2. Расчет нейтрального баланса деградации пахотных земель по базовой методике регионов Российской Федерации за период 2000–2015 гг. (Волгоградская, Белгородская, Калининградская области), 2000–2010 гг. (Пензенская область), 2005-2020 гг. (Самарская область), 2003-2019 гг. (Владимирская область)

Регион	Площадь пахотных земель с деградацией, % от всей площади пахотных земель	Итоговый показатель НБДЗ, разница между площадью улучшенных пахотных земель и площадью деградированных пахотных земель, % от всей площади пахотных земель
Волгоградская область	60,44	-49,78
Белгородская область	35,06	14,98
Калининградская область	8,10	20,5
Пензенская область	10,22	60,48
Самарская область	88,77	-86,03
Владимирская область	17,80	7,50

Результаты применения методологии нейтрального баланса деградации земель (табл. 2) выявляют следующую закономерность: итоговый показатель нейтрального НБДЗ возрастает в ряду Самарская область — Волгоградская область — Владимирская область — Белгородская область — Калининградская область — Пензенская область. То есть, наибольшая активность деградационных процессов отмеча-

лась в Самарской области, а самые благоприятные тенденции в изменении состояния земель по оцениваемым индикаторам/субиндикаторам (доля деградированных земель, продуктивность земель, наземный растительный покров и запасы почвенного органического углерода в слое 30 см) наблюдались для Пензенской области.

Таблица 3. Оценка эффективности «действия» и «бездействия» против деградации земель Волгоградской, Белгородской, Калининградской, Пензенской, Самарской и Владимирской областей

Переменные	Волгоградская область	Белгородская область	Калининградская область	Пензенская область	Самарская область	Владимирская область
Стоимость «дорогой» земли, руб./га	34 603	87 908	133 519	31 194	40 647	87 304
Стоимость закладки «дорогой» земли, руб./га	25 176	56 490	118 301	111 774	28 482	46 688
Стоимость ежегодного ухода за «дорогой» землей, руб./га	7122	19988	73 824	24 167	12 165	65 202
Соотношение стоимости «бездействия» к стоимости «действия»	1,49	1,08	0,50	0,20	1,10	0,28
Стоимость «дешевой» земли (выручка с 1 га сельскохозяйственных угодий), руб./га	9 427	31 418	63 350	21 812	13 046	53 582

Результаты апробации методологии ЭДЗ для субъектов Российской Федерации приведены в табл. 3. В данной работе предлагается спецификация этого метода, которая позволяет оценить стоимость восстановления деградированных земель, исходя из предположения, что деградированный участок приносит меньше дохода, чем некий будущий вариант. Модель позволяет оценить уровень затрат на восстановление плодородия земель с целью получения более высокой выручки, то есть, по сути, проводится экономическое обоснование возможной трансформации из «дешевой» земли в «дорогую» землю, где можно получать высокую выручку при устойчивом типе земле-

пользования. Соответственно, применяемая модель рассчитывает рентабельность проекта на некоем промежутке времени и позволяет оценить, если текущий тип земледелия («бездействие») дороже будущего типа (предположительно устойчивого) земледелия («действие»). В случае если стоимость «бездействия» превышает стоимость «действия», то инвестировать в новый тип землепользования не имеет экономического смысла и не дает монетарной отдачи (эффективности). Если же, наоборот, «действие» превышает «бездействие» на заданной площади (и в выбранном регионе), то инвестировать в восстановление данных деградированных земель выгодно и эффективно. Горизонт планирования при расчетах стоимости «бездействия» и стоимости «действия» для всех исследуемых регионов составлял 20 лет.

Благоприятный прогноз на восстановление деградированных земель был получен для Волгоградской, Белгородской и Самарской областей (соотношение стоимости «бездействия» к стоимости «действия» больше единицы). Рекультивация нерентабельна ни с экологической, ни с экономической точек зрения для Калининградской, Пензенской и Владимирской областей (соотношение стоимости «бездействия» к стоимости «действия» меньше единицы).

Очевидно, что одновременное применение различных методов эколого-экономической оценки деградации земель в регионах России позволяет не только оценить масштабы и интенсивность деградационных процессов в почвах и землях, но и выявить особенности интерпретации полученных результатов для каждого из указанных методов и их в совокупности. Например, для одного и того же региона мы можем не получить «благоприятную» оценку (слабая степень выраженности, возможность успешно противостоять) деградации земель в прошлом (применение метода НБДЗ), в настоящем (расчет величины ущерба/вреда) и в будущем (использование методики Й. фон Брауна). Так, низкие величины ущерба от деградации могут сочетаться с негативным прогнозом проведения рекультивационных работ в будущем (Владимирская область), а результаты определения показателя/индекса НБДЗ полностью противоречат результатам расчета ущерба в 5-ти регионах из 6-ти (табл. 4).

Указанные противоречия, с одной стороны, достаточно просто объясняются, так как результаты оценки деградации земель в регионе для различных периодов времени (прошлое, настоящее, будущее) могут отличаться, а, с другой стороны, - свидетельствуют об ограничениях, специфических чертах каждого из методов. Так, для оценки ущерба/вреда от деградации во всех регионах применялся достаточно ограниченный набор показателей (всего 4 показателя агроистощения, к которым при исследовании Волгоградской и Белгородской областей

добавлялось еще по одному показателю). Естественно, что полной совместимости оценок, например, по показателям уменьшения содержания подвижного фосфора и обменного калия в пахотном горизонте почв, и содержания почвенного органического углерода в слое 0-30 см ждать не приходится.

Таблица 4. Совмещенная оценка* деградации земель в регионах

Регион	Ущерб	НБДЗ	ЭДЗ
Волгоградская область	+	-	+
Белгородская область	-	+	+
Калининградская область	-	+	-
Пензенская область	-	+	-
Самарская область	+	-	+
Владимирская область	+	+	-

*Примечание:

оценка «+» - свидетельствует об относительно слабой выраженности деградационных процессов;

оценка «-» - свидетельствует о существенной выраженности деградационных процессов

В то же время при оценке устойчивости землепользования в регионе приоритет, с нашей точки зрения, необходимо отдавать показателю, который используется в ЭДЗ, - соотношению стоимости «бездействия» к стоимости «действия» на восстановление деградированных земель.

Именно этот показатель, с одной стороны, рассчитываемый с учётом величины ущерба от деградации, а, с другой стороны, характеризующий прогноз на проведение рекультивационных мероприятий для определённого горизонта планирования (в данном случае, - 20-ти лет), может рассматриваться в качестве базового при характеристике степени устойчивости землепользования. Кроме того, методика Й. фон Брауна подразумевает оценку экосистемных услуг (прежде всего, - услуг прямого обеспечения ресурсами, т.е. урожаем), что вполне согласуется с ранее приведёнными определениями УЗП, как такого использования земель, при котором выполняются их экологические/экосистемные функции/сервисы. Таким образом, благоприятная ситуация для устойчивого землепользования в настоящее время сложилась в Волгоградской, Белгородской и Самарской областях.

Апробированная для ряда регионов Российской Федерации (Волгоградской, Белгородской, Калининградской, Пензенской, Саратовской и Владимирской областей) комплексная схема эколого-экономической оценки деградации земель, включающая в себя применение 3-х различных методических подходов, выявила особое значение показателя соотношения стоимости «бездействия» к стоимости «действия», используемого в методике Экономике деградации земель, как одного из основных показателей устойчивости землепользования. Данный показатель учитывает величину ущерба от деградации, характеризует прогноз на проведение рекультивационных мероприятий для определённого горизонта планирования и предусматривает определение выполнения почвами и землями экосистемных сервисов (услуг). В этой связи благоприятный прогноз на восстановление деградированных земель и организацию устойчивого землепользования был получен для Волгоградской, Белгородской и Самарской областей (соотношение показателя стоимости «бездействия» к стоимости «действия» больше единицы).

Литература

1. World Bank. 2018. Agriculture Investment Sourcebook. Agriculture and Rural Development. Washington, DC: World Bank. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7308>.
2. WOCAT Global SLM Database. 2020. <https://www.wocat.net/en>.
3. Sanz M.J., De Vente J., Chotte J.L., Bernoux M., Kust G., Ruiz I., Almagro M., Alloza J.A., Vallejo R., Castillo V., Hebel A., Akhtar-Schuster M. 2017. "Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation. The Report of the Science-Policy Interface." United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn, Germany. Конвенция по борьбе с опустыниванием, 2009
4. Макаров О.А., Каманина И.З. Экономическая оценка и сертификация почв и земель: учеб. пособие. М.: МАКС Пресс, 2008. 240 с. (E. Nkonya et al., 2011;
5. von Braun J., Gerber N. The economics of land and soil degradation - toward an assessment of the costs of inaction//Recarbonization of the Biosphere. Springer Netherlands, 2012. P. 493-516.
6. von Braun, J., Gerber, N., Mirzabaev, A., and Nkonya, E. The Economics of Land Degradation. An Issue Paper for Global Soil Week, Berlin, 08-22 November 2012. ZEF (Bonn), IFPRI (Washington), 2012, 25 p.

7. von Braun, J., Gerber, N., Mirzabaev, A., Nkonya, E. The Economics of Land Degradation. ZEF Working Paper Series. University of Bonn, 2013, №109, 20 p.
8. Bai, Z., Caspari, T., van Lynden, G., Mantel, S., & Wolters, S. Measures for preventing, mitigating and remediating soil threats in Europe. A literature review. – 2015.
9. Chasek P., Safriel U., Shikongo S., Fuhrman V. F. Operationalizing zero net land degradation: The next stage in international efforts to combat desertification? // Journal of Arid Environments. – 2015. – V. 112. – P. 5–13.
10. Kust G., Andreeva O., Cowie A. Land Degradation Neutrality: Concept development, practical applications and assessment // Journal of environmental management. –2017. – V. 195. – P. 16–24.

ПОЧВЕННЫЕ НОГОХВОСТКИ КАК ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ПОСЕВА И МУЛЬЧИРОВАНИЯ НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ

Панина К.С., Бокова А.И., Кузнецова Н.А., Потапов М.Б.

*Московский педагогический государственный университет,
Москва, Россия
anbok.mpgu@gmail.com*

Многие исследования показывают, что традиционное сельское хозяйство приводит к истощению почв, снижению плодородия, нарушению её структуры и сокращению почвенной биоты [13]. Нежелательные последствия традиционного сельского хозяйства сведены к минимуму при использовании технологии прямого посева [1]. Наиболее полный эффект технологии прямого посева проявляется в сочетании с сохранением растительных остатков на поверхности почвы – мульчированием [10].

Основная цель природосберегающих технологий – сохранение почвенного плодородия и, как следствие, поддержание «здоровья экосистемы» [6]. Одним из показателей «здоровой экосистемы» принято считать высокую численность и разнообразие почвенной фауны. До сих пор нет единого мнения относительно влияния природосберегающих технологий на почвенную фауну [5, 7]. Помимо этого, на сегодняшний день в нашей стране не была проведена оценка влияния этих технологий на почвенную фауну, как индикатора плодородия почв [17].

Коллемболы (*Collembola*), или ногохвостки – многочисленная группа микроартропод в агроценозах [4]. Они вносят большой вклад в разложение органических остатков за счет стимулирования микробной активности [3]. Более того, ногохвостки часто занимают центральное положение в почвенных пищевых цепях, так как являются не только потребителями микроорганизмов [14], но и добычей хищников, таких как многоножки и хищные клещи [15]. Из-за высокой чувствительности к изменениям окружающей среды коллембол часто используют в качестве индикаторов для оценки деградации окружающей среды и качества почвы [8].

В уже имеющихся исследованиях показано, что ногохвостки положительно реагируют (увеличивают численность и видовое разнообразие) на применение технологии прямого посева [2, 12]. В то же время сообщество коллембол неоднозначно реагирует на сохранение

растительных остатков на поверхности почвы. Как правило, численность коллембол увеличивается на полях с мульчированием [11, 16], а видовое богатство и разнообразие не всегда зависит от наличия мульчи [9].

Район нашего исследования расположен на юге Европейской части России (45°07'48"N 42°01'39"E, Шпаковский р-н, Ставропольский край). Экспериментальные поля с применением технологии прямого посева и сохранением растительных остатков были заложены на территории Северо-Кавказского ФНАЦ. Исследования проводили весной 2021 и 2022 года. На опытных полях отбирали почвенные пробы площадью 50 см² и глубиной 15 см каждая. Всего было взято 168 образцов. Для анализа данных использовали программное обеспечение R, версия 4.2.2 (R Core Team, 2022).

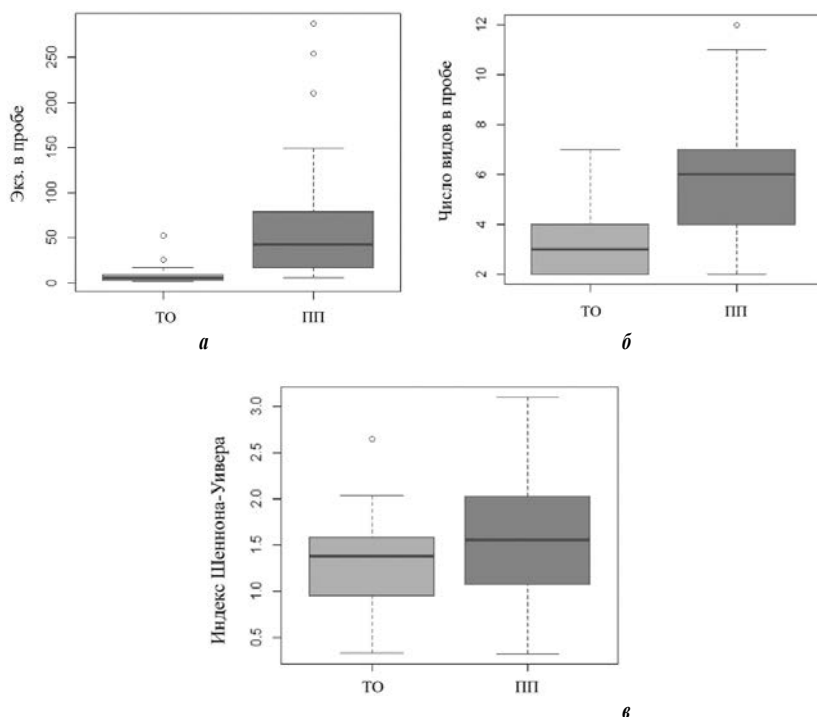


Рисунок 1. Влияние систем обработок почвы на базовые характеристики сообщества коллембол с использованием GLM-моделей: а – численность, б – видовое богатство, в – видовое разнообразие. ТО – традиционная обработка, ПП – прямой посев

Влияние технологии прямого посева на сообщество коллембол

Общая картина реакции коллембол на разные системы обработки почвы однозначно показывает, что система прямого посева благоприятно влияет на этих почвенных членистоногих. Общая численность, видовое богатство и разнообразие достоверно выше в этой системе по сравнению с традиционной обработкой.

Для статистического анализа данных провели расчет базовых показателей на 1 пробу. GLM-модели подтвердили статистически значимое положительное влияние технологии прямого посева на ногохвосток: общая численность была выше в 50 раз (рис. 1а), а видовое богатство – в 3 раза, по сравнению с традиционной технологией (рис. 1б). Однако изменения видового разнообразия, оцениваемого по индексу Шеннона-Уивера, оказались незначительными (рис. 1в).

Общий видовой состав коллембол на опытных полях включал 28 видов, относящихся к 12 семействам. Технология прямого посева способствовала возрастанию числа видов в 1,5 раза, по сравнению с традиционной обработкой, с 18 до 27 видов.

Система прямого посева приводит к формированию кардинально отличающегося по видовой структуре сообщества коллембол (рис. 2).

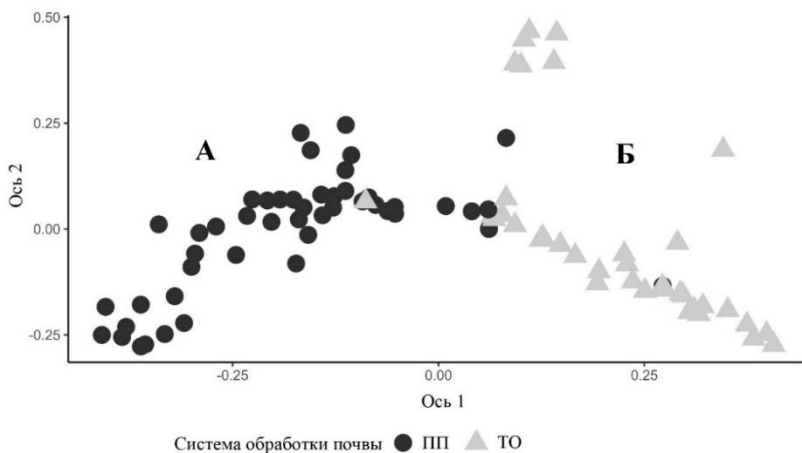


Рисунок 2. Графики РСоА непараметрического многомерного дисперсионного анализа сообществ (по численностям отдельных видов коллембол) при разных системах обработки почвы. Точки соответствуют отдельным пробам. ПП – технология прямого посева, ТО – традиционная обработка; $p < 0,001$. А – первая группировка коллембол, Б – вторая группировка коллембол

Для полей с применением традиционной системы обработки характерно практически монодоминантное сообщество с преобладанием близких видов рода *Mesaphorura*, на их долю приходится 54% особей. На полях с применением системы прямого посева складывается полидоминантное сообщество. Видами-доминантами, на долю которых в сумме приходится 84% особей от общей численности, являются *Folsomides parvulus*, *Parisotoma notabilis* и *Ceratophysella succinea*.

Влияние количества мульчи и её состава на сообщество коллембол при использовании технологии прямого посева

Сообщество коллембол показало неоднозначную реакцию на внесение различного количества растительных остатков в почву. Общая численность коллембол достоверно возрастала при внесении мульчи в количестве 4 т/га, по сравнению с контролем. Их обилие увеличилось примерно в 2,5 раза на делянках с максимальным количеством мульчи, по сравнению с вариантом ее отсутствия (рис. 3а).

Число видов на делянках с разным количеством растительных остатков было сходным (от 3 до 5 видов в пробе) (рис. 3б). Видовое разнообразие, оцененное по индексу Шеннона-Уивера, постепенно снижалось в ряду от 0 до 16 т/га, достигая 2-кратных различий (рис. 3в). Однако снижение видового разнообразия с увеличением количества мульчи оказалось статистически недостоверным.

За два года исследования было выявлено 23 вида коллембол из 11 семейств.

Результаты непараметрического анализа (PERMANOVA), рассчитанные по индексу Жаккара, показали формирование двух различных группировок коллембол (рис. 4). Внесение любой изученной дозы растительных остатков приводило к формированию сообщества коллембол, достоверно отличающегося от контроля ($F = 6.99$; $p > 0.001$). На делянке без внесения растительных остатков группировку массовых видов составляли эпигейные виды - *S. elegans*, *S. niger* и *C. succinea*. Несмотря на отсутствие значимых различий между группировками коллембол в различных вариантах опыта, в наборе доминирующих видов были отличия. Эпигейные виды - *C. succinea* и *S. elegans*, а также гемизафический вид - *P. notabilis* доминировали на делянках 4 и 8 т/га, в то время как в вариантах с максимальным количеством мульчи (12 и 16 т/га) единственным видом-доминантом был *P. notabilis*. Контроль отличался большим сходством структуры локальных группировок коллембол. Напротив, все варианты с внесением мульчи показали значительную вариативность группировок в отдельных образцах.

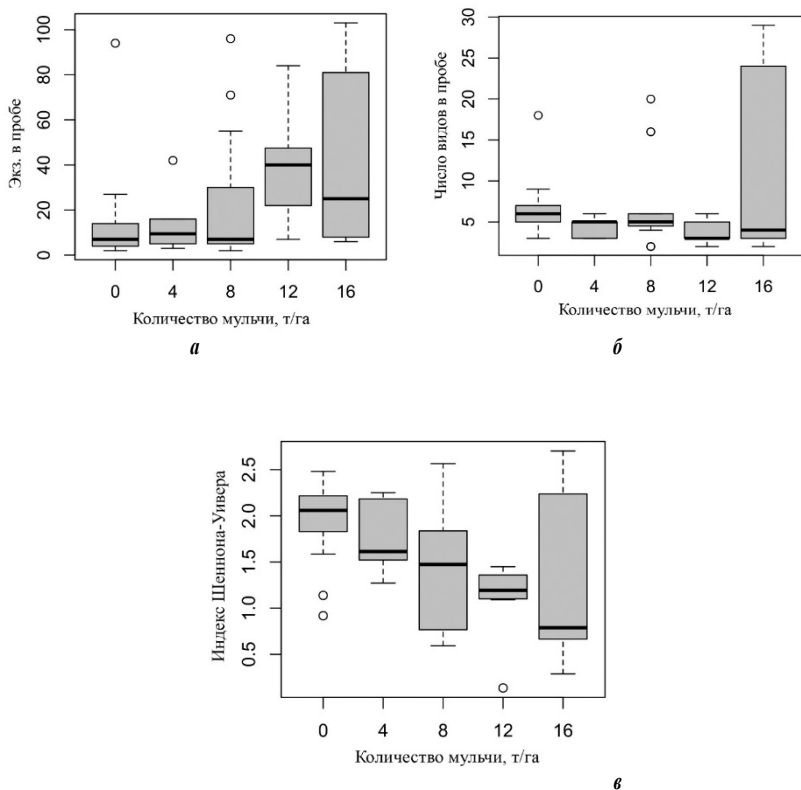


Рисунок 3. Влияние количества мульчи на базовые характеристики сообщества коллембол с использованием GLM-моделей: а – численность, б – видовое богатство, в – видовое разнообразие.

Проведенный многолетний полевой опыт по изучению влияния агротехнологий на черноземные почвы степной зоны показал, что технология прямого посева способствует увеличению численности и видового богатства ногохвосток. Видовое разнообразие, оцениваемое индексом Шеннона-Уивера, не меняется. На полях с технологией прямого посева и по традиционной технологии (с вспашкой) формируются два существенно различающихся сообщества коллембол. Добавление растительных остатков увеличивает общую численность коллембол, но видовое богатство и видовое разнообразие слабо реагировали на внесение растительных остатков. Видовая структура сообщества отличалась на делянках без мульчи от делянок с максимальными дозами растительных остатков.

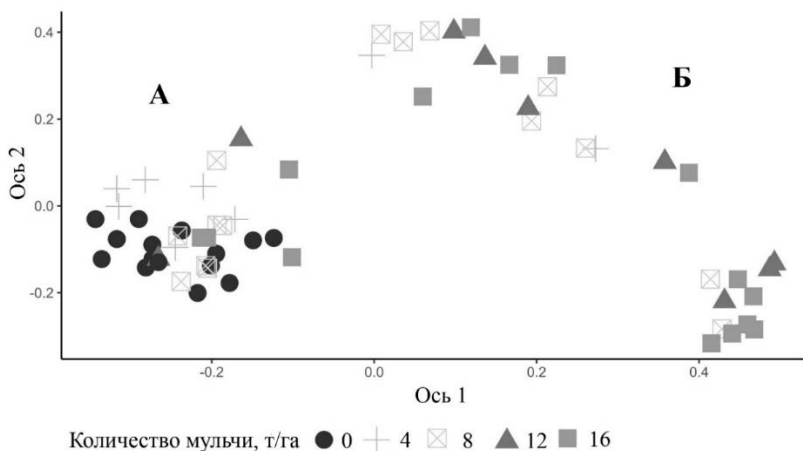


Рисунок 4. Графики РСоА непараметрического многомерного дисперсионного анализа сообществ (по численностям отдельных видов коллембол) при разном количестве мульчи. Точки соответствуют отдельным пробам; $p < 0,001$. А – первая группировка коллембол, Б – вторая группировка коллембол

В целом, сообщество коллембол положительно реагировало на применение технологии прямого посева и мульчирование в агроэко-системе степных черноземов. Наши данные свидетельствуют о том, что для диагностики «здоровья экосистемы» достаточно оценить параметры только одного таксона (коллемболы). Общая численность и численность отдельных видов значительно возросла на полях с применением прямого посева и мульчирования. Этот индикатор оказывается надежным и простым в использовании, он не требует глубоких знаний таксономии ногохвосток. Однако более детальный анализ на основе видового состава и функциональных признаков позволяет понять глубину перестройки почвенной биоты под влиянием агротехнологий.

Литература

1. Barrios E. Soil biota, ecosystem services and land productivity //Ecological economics. – 2007. – Т. 64. – №. 2. – С. 269-285.
2. Bokova A. I. et al. Soil-dwelling springtails as indicators of the efficiency of No-till technologies with different amounts of mineral fertilizers in the

- crop rotation on chernozem soils //Soil and Tillage Research. – 2023. – T. 232. – C. 105760.
3. Chahartaghi M. et al. Feeding guilds in Collembola based on nitrogen stable isotope ratios //Soil Biology and Biochemistry. – 2005. – T. 37. – №. 9. – C. 1718-1725.
 4. Cluzeau D. et al. Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types //European Journal of Soil Biology. – 2012. – T. 49. – C. 63-72.
 5. de Oliveira Filho L. C. I. et al. Collembola community structure as a tool to assess land use effects on soil quality //Revista Brasileira de Ciência do Solo. – 2016. – T. 40. – C. 1-18.
 6. Eisenhauer N. et al. Priorities for research in soil ecology //Pedobiologia. – 2017. – T. 63. – C. 1-7.
 7. Fiera C. et al. Tillage intensity and herbicide application influence surface-active springtail (Collembola) communities in Romanian vineyards //Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2020. – T. 300. – C. 107006.
 8. Hågvær S., Klenderud K. Effect of simulated environmental change on alpine soil arthropods //Global Change Biology. – 2009. – T. 15. – №. 12. – C. 2972-2980.
 9. Jiang Y., Xie H., Chen Z. Relationship between the amounts of surface corn stover mulch and soil mesofauna assemblage varies with the season in cultivated areas of northeastern China //Soil and Tillage Research. – 2021. – T. 213. – C. 105091.
 10. Kassam A., Friedrich T., Derpsch R. Global spread of conservation agriculture //International Journal of Environmental Studies. – 2019. – T. 76. – №. 1. – C. 29-51.
 11. Nakamoto T., Tsukamoto M. Abundance and activity of soil organisms in fields of maize grown with a white clover living mulch //Agriculture, ecosystems & environment. – 2006. – T. 115. – №. 1-4. – C. 34-42.
 12. Ortiz D. C. et al. Diversity of springtails (Collembola) in agricultural and forest systems in Southern Santa Catarina //Biota Neotropica. – 2019. – T. 19.
 13. Plaas E. et al. Towards valuation of biodiversity in agricultural soils: A case for earthworms //Ecological economics. – 2019. – T. 159. – C. 291-300.
 14. Thakur M. P., Geisen S. Trophic regulations of the soil microbiome //Trends in microbiology. – 2019. – T. 27. – №. 9. – C. 771-780.
 15. Turnbull M. S., Lindo Z. Combined effects of abiotic factors on Collembola communities reveal precipitation may act as a disturbance //Soil Biology and Biochemistry. – 2015. – T. 82. – C. 36-43.

16. Wang K. H., Hooks C. R. R., Marahatta S. P. Can using a strip-tilled cover cropping system followed by surface mulch practice enhance organisms higher up in the soil food web hierarchy? //Applied soil ecology. – 2011. – Т. 49. – С. 107-117.
17. Кутовая О. В., Никитин Д. А., Гераськина А. П. Технология No-Till как фактор активности почвенных беспозвоночных в агрочерноземах Ставропольского края //Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56. – №. 1. – С. 199-210.

ПРЕДПОСЕВНОЙ ПРАЙМИНГ СЕМЯН КЛЕВЕРА ПАННОНСКОГО НА РАЗВИТИЕ АЗОТОБАКТЕРА В РИЗОСФЕРЕ

Степанов П.Д.

*ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ, агрономический факультет, Киров, Россия
v_alga@vgatu.ru*

В Вятской губернии для поднятия плодородия почвы и как корм для овец с давних пор выращивалась такая бобовая культура как клевер. И сегодня клевер остается одной из ведущих бобовых культур в Кировской области. При этом активно ведется селекция на выведение новых, высокопродуктивных сортов данного рода. Так, в последние годы всё большую популярность приобретает клевер паннонский сорта Снежок. Сорт среднеспелый при укосном использовании и раннеспелый при уборке на семена. Зимостойкость высокая – 80-90%. Формирует один укос. Куст имеет полупрямостоячую и прямостоячую форму. Стебли грубые опушённые, высота растений перед укосом – 43,7-54,4 см, полегаетость травостоя слабая. Листья ланцетно-эллиптической формы, соцветие – головка молочно-белой окраски. Травостой обладает высокой декоративностью в период цветения, что создает возможность его использования в ландшафтном дизайне и садово-парковом хозяйстве. Корневая система мощная, с выраженным главным корнем. Устойчивость к корневым гнилям высокая. Семена яйцевидной и эллипсоидной формы, окраска от жёлтой до светло-коричневой, масса 1000 семян 3,8-4,4 г. Отличается продуктивным долголетием, урожайность семян – 0,07-2,82 ц/га [1-2].

Предпосевной прайминг семян клевера ростстимулирующими препаратами, способствует энергичному прорастанию семян, увеличению вегетативной массы растений. В условиях естественного произрастания растение сталкивается с действием неблагоприятных факторов: патогенные виды микроорганизмов; загрязнение почвы поллютантами; нехватка доступных для растения макро- и микроэлементов и др. Поэтому, становится востребованным поиск и разработка биопрепаратов полифункционального действия, которые стимулируют, рост и развитие растений, защищают от патогенной микрофлоры, обеспечивают растения органогенными элементами [3-7].

Цель работы – изучить влияние предпосевного прайминга семян клевера паннонского культурами различных микроорганизмов на развитие бактерий рода *Azotobacter* в ризосфере.

Для осуществления поставленной цели исследования был проведён полевой мелкоделеляночный опыт, в ходе которого в почву высевались семена клевера паннонского, предварительно обработанные культурами различных видов микроорганизмов в моно-, бинарных и тройных композициях. Перед закладкой опыта определяли численность эпифитной микробиоты семян клевера методом предельных разведений с высевом на селективные питательные среды: ГРМ-агар для аммонификаторов, среду Эшби для азотфиксаторов, среду Чапека для микроскопических грибов. Интенсивность развития азотобактера традиционно сравнивают между вариантами путем вычисления процента обрастания комочков почвы, разложенных в двух чашки Петри на агаризованную среду Эшби в количестве 50 штук на каждую чашку.

Инокуляцию семян проводили путем их выдерживания в суспензиях микробных культур в течение 30 минут согласно вариантам опыта: 1. Контроль (без инокуляции); 2. *Rhizobium trifolii*; 3. *Fischerella muscicola*; 4. *Trichoderma* sp.; 5. *Fischerella muscicola*+*Trichoderma* sp.; 6. *Rhizobium trifolii*+*Fischerella muscicola*; 7. *Rhizobium trifolii* + *Trichoderma* sp.; 8. *Rhizobium trifolii*+*Fischerella muscicola*+*Trichoderma* sp. Перед закладкой опыта проводили подсчёт титра микроорганизмов, который определяли для ЦБ и *Trichoderma* sp. методом прямого счета в камере Горяева, а для ризобий определяли по стандарту мутности ($1 \cdot 10^9$ кл/мл). Титр составил для *Rhizobium trifolii* – $6,1 \cdot 10^9$ кл/мл, *Fischerella muscicola* – $8,1 \cdot 10^6$ кл/мл, *Trichoderma* sp. – $7,15 \cdot 10^7$ конидий/мл [8].

Определение численности эпифитной микробиоты семян клевера показало, что этот показатель сравнительно не высок и составляет всего 17 тыс. КОЕ/г, что существенно ниже, чем численность микроорганизмов на поверхности семян злаков, где она колеблется в пределах нескольких миллионов КОЕ/г [9]. Изучение состава микробов-эпифитов показывает, что доминантами являются микроскопические грибы. На второй по значимости позиции находятся бактерии-аммонификаторы, а минорный компонент микробных сообществ – бактерии-азотфиксаторы.

Преобладание микроскопических грибов в составе микробов-эпифитов предполагает неизбежность предпосевной обработки семян какими-либо препаратами, способными удалять потенциальных фитопатогенов из ризосферы.

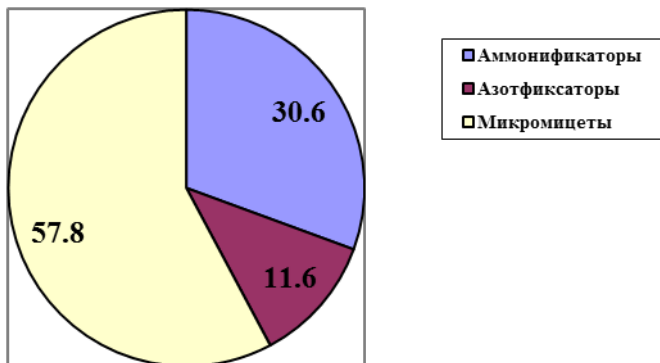


Рисунок 1. Состав эпифитной микробиоты семян клевера паннонского, %

Предпосевная микробная инокуляция семян бобовых, как это неоднократно доказано, не только стимулирует рост и развитие высшего растения, повышает урожайность, но и оказывает специфическое воздействие на ризосферную микробиоту [10-15]. В данном опыте определение интенсивности обрастания комочков почвы колониями бактерий р. *Azotobacter* показало, что развитие азотобактера в почве в разных вариантах происходит очень неравномерно (рис. 2).

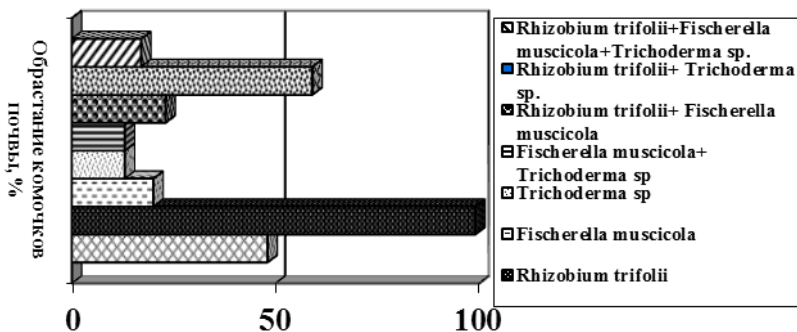


Рисунок 2. Влияние предпосевной обработки семян микробными культурами на развитие азотобактера в почве.

Исходя из данных контрольного варианта, можно считать, что интенсивность обрастания комочков почвы находится на уровне 50% в тех случаях, когда высевались неинокулированные семена и на развитие аборигенных штаммов азотобактера в ризосфере не оказывали влияние посторонние микроорганизмы. Вспышка размножения азотобактера происходит под влиянием *Rhizobium trifolii* что, вероятно, обусловлено неконкуренентоспособностью друг с другом свободноживущих и симбиотических азотфиксаторов, поскольку по мере появления корней туда происходит миграция ризобиума. На уровне контроля азотобактер развивается в варианте *Rhizobium trifolii*+*Trichoderma* sp. Во всех остальных случаях наблюдается эффект вытеснения азотобактера интродуцированными микробами.

По итогам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что предпосевная обработка семян клевера моно-, би- и тройными микробными культурами оказывает влияние на интенсивность развития такой аборигенной бактерии, как азотобактер.

Литература

1. Кшникаткина А. Н., Семенчев А. В. Урожайность семян клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq) при различных режимах питания // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2013. № 2 (22). С. 21-24.
2. Попова Е.В., Арзамасова Е.Г., Шихова И.В. Качество семян клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) сорта Снежок. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):675-684.
3. Зыкова Ю.Н., Трефилова Л.В., Ковина А.Л. Роль педобиоты в улучшении жизнедеятельности растений // Микроорганизмы и плодородие почвы: матер. I Всеросс. научно-практич. конф. с международным уч. – Киров: Вятский ГАТУ, 2022. – С. 57-63.
4. Домрачева Л. И., Ковина А. Л., Зыкова Ю. Н. Использование микробов-интродуцентов при выращивании декоративных культур в городских условиях // Особенности урбозкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока / Под ред. Т. Я. Ашихминой, Л. И. Домрачевой. Киров, 2012. (Вятский государственный гуманитарный университет) С. 169–179.
5. Зыкова Ю.Н. Свойства цианобактерий как объектов биотехнологий // Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи». Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2016. С. 10-14.

6. Зыкова Ю.Н., Леонова К.А., Трефилова Л.В. Эффективность применения цианобактериального композита для борьбы с грибами фитопатогенами // Материалы четвертого съезда микологов России «Современная микология в России». Москва, 2017. Том 7. С. 150-152.
7. Казакова Д.В., Субботина Е.С., Зыкова Ю.Н., Трефилова Л.В. Снижение фитотоксичности почвы под действием цианобактерий. В сборнике: Экология родного края: проблемы и пути решения. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 143-146.
8. Степанов П.Д., Зыкова Ю.Н., Домрачева Л.И., Стариков П.А., Ковина А.Л., Трефилова Л.В. Эффективность предпосевной инокуляции семян при возделывании *Trifolium pannonicum*. В сборнике: Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Материалы XX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров, 2022. С. 185-188.
9. Трухина Е.Л., Зыкова Ю.Н., Ахмедов Г.Р. Использование цианобактериальных ассоциаций при выращивании ячменя сорта Изумруд. В сборнике: Микроорганизмы и плодородие почвы. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Евгении Матвеевны Панкратовой. 2022. С. 135-139.
10. Короткова А.В., Зыкова Ю.Н. Экзометаболиты Cyanobacteria - стимуляторы роста декоративных растений. В сборнике: Коняевские чтения. Сборник научных трудов VII Международной научно-практической конференции. 2020. С. 62-64.
11. Зыкова Ю.Н., Трефилова Л.В., Ковина А.Л. Роль почвенных бактерий в улучшении жизнедеятельности растений. Матер. Международ. научн.-практич. конф. «Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения». Горки: БГСХА, 2019. С. 264-265.
12. Зыкова Ю.Н., Изотова В.А., Трефилова Л.В., Ковина А.Л. Биопрепараты как фактор регулирования ростовых процессов. Матер. Международ. научн.-практич. конф. «Современному АПК – эффективные технологии». Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА., 2019. Т.1. Агрономия С. 176-180.
13. Изотова В.А., Короткова А.В., Зыкова Ю.Н., Ковина А.Л., Калинин А.А. Реакция почвенной микробиоты на микробы-интродуценты. Матер. Междунар. науч.-практич. конф. «Современному АПК – эффективные технологии». Ижевск. 2019 – Т. 1. Агрономия С. 194-198.
14. Трефилова Л.В., Зыкова Ю.Н., Леонова К.А. Влияние биопрепаратов на морфометрические показатели огурца обыкновенного (*Cucumis sativus*) // Материалы Всероссийской научно-методической конферен-

ции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева «Агротехнологии в сельском хозяйстве: традиции и инновации для устойчивого производства конкурентоспособной продукции» - Том 1 – Иваново, 2017. С.200-204.

15. Зыкова Ю.Н., Леонова К.А., Трефилова Л.В. Эффективность инокуляции семян овощных растений цианобактериальным композитом // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: мат. VI междунар. науч.-практич. Конференции - Новосибирск, 2017. – С. 165-170.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛОМЫ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Кираев Р.С., Хасанова Р.Ф., Хасанова Г.А.

*ОСП Опытная станция «Уфимская» Уфимского федерального
исследовательского центра РАН, Уфа, Россия
rustamkiraev@mail.ru*

В настоящее время изучение вопросов воспроизводства плодородия почвы на основе биологизации земледелия является актуальным. В процессе земледелия и обеспечения надежной продовольственной безопасности необходимо поддерживать баланс в природе для сохранения ее ресурсного потенциала, который может быть достигнут сокращением техногенных нагрузок, энергетических затрат.

Значительным резервом стабилизации плодородия почв агроэкосистем является солома зерновых культур. Внесение соломы оказывает влияние на увеличение запасов органического вещества в почве [1, 2]. В среднем из одной тонны соломы может образоваться в почве до 200 кг гумуса [3]. В работе О.И. Наими [4] отмечается, что заплата одной тонны соломы в почву способствует поступлению 13 кг калия, 8,5 кг азота, 3,8 кг фосфора, 4,2 кг кальция, 0,7 кг магния и ряда микроэлементов – бор, железо, марганец, молибден, медь. Около 10-20% соломы от ее массы преобразуется в гумус и накапливается в виде устойчивых гумусовых соединений.

Исследования с внесением соломы проводились в условиях ОСП Опытная станция «Уфимская» УФИЦ РАН на черноземе выщелоченном среднемощном, тяжелосуглинистом. Дозы внесения соломы: контроль (без соломы); 2; 4; 6 т/га с последующей обработкой почвы плоскорезущими орудиями на глубину 25-27 см. Солому вносили в августе-сентябре после уборки предшествующей культуры. Изучали ежегодное внесение соломы на одну и ту же площадь в течение трех лет. Для устранения отрицательного действия соломы на урожай вносили азотные удобрения на половину площади из расчета 20 кг д.в. на тонну соломы.

Погодные условия были неодинаковые: в 2019 году за период май-август ГТК составил 0,5, в 2020 году за тот же период май-август — 0,8, в 2021 году — 0,9. Среднеголетний показатель ГТК для данного агроклиматического района составил 1,0.

Из трех лет исследований по влагообеспеченности 2020 и 2021 гг. были близки к средним многолетним, 2019 г. - к засушливым. Внесе-

ние различных доз соломы влияло на водные и химические свойства почвы (табл. 1).

Таблица 1. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы при ежегодном внесении соломы, мм

Вариант	Перед посевом			В среднем за 3 года	
	Годы исследований			перед посевом	перед уборкой
	2019	2020	2021		
Контроль (без соломы)	104,2	142,0	134,5	126,9	92,1
Солома 2 т/га	122,1	154,1	143,3	139,8	93,0
Солома 4 т/га	131,6	168,5	161,9	154,0	93,3
Солома 6 т/га	130,4	179,9	192,5	167,6	92,5

Применение соломы в дозе 4 и 6 т/га уже в первый год оказало положительное влияние на запасы продуктивной влаги в почве, разница составила 27,4 и 26,2 мм в сравнении с контролем, при повторном внесении (2020 г.) — 26,5 и 37,9 мм, а на третий год (2021 г.) - 58,0 мм при дозе 6 т/га.

Увеличение запасов продуктивной влаги перед посевом в первый год и при последующих внесениях соломы по 4 и 6 т/га можно объяснить меньшим коэффициентом испарения в ранневесенний период. При использовании соломы изменяется и водопроницаемость почвы. За четыре часа наблюдений в варианте с внесением 2 т/га соломы водопроницаемость, в сравнении с контролем, увеличивается в 1,4 раза, а при 4 и 6 т/га - в 1,7 раза. Внесение соломы способствует увеличению запасов продуктивной влаги и водопроницаемости почвы, однако ее азотный режим ухудшается (табл.2).

Таблица 2. Содержание N-NO₃ перед посевом в слое 0-40 см при ежегодном внесении различных доз соломы, кг/га

Варианты	2019 год	2020 год	2021 год	В среднем
Контроль (без соломы)	33,1	44,7	29,2	35,6
Соломы, 2 т/га	29,7	26,2	20,8	25,6
Соломы, 4 т/га	26,6	24,1	25,6	25,4
Соломы, 6 т/га	26,8	21,9	18,1	22,2

Количество нитратного азота во все годы наблюдений было низким. Внесение соломы уменьшило его содержание, причем наименьшие запасы N-NO₃ в период посева отмечены в условиях 2021 года, то есть на третий год внесения соломы. По мере увеличения доз соломы содержание нитратного азота в период вегетации на второй (2020) и третий (2021) годы внесения на вариантах 4 и 6 т/га соломы количество нитратного азота увеличивается, в сравнении с исходным, перед посевом. Ввиду того, что 2019 год был засушливым, урожай яровой пшеницы по вариантам оказался низким, а внесение различных доз соломы на фоне азота и без него повысило урожай (табл. 3).

На втором году положительное влияние на урожайность яровой пшеницы оказало внесение 6 т/га соломы. Солома же на фоне азота во все годы исследований способствовала повышению урожая в сравнении с теми же вариантами внесения соломы, но без азота. В 2021 году (третий год внесения соломы) на всех вариантах, в сравнении с контролем, получены прибавки зерна на фоне азота и без него. Ежегодное внесение различных доз соломы с добавлением 20 кг/га д.в. азота способствовало увеличению содержания гумуса на 0,1 – 0,4%, подвижного фосфора – 4,1 – 7,8 мг/кг и обменного калия на 12,3 – 17,7 мг/кг.

Таблица 3. Влияние ежегодного внесения соломы на агрохимические свойства почвы и урожайность яровой пшеницы

Вариант	Гумус, %	Содержание, мг/кг		Урожайность в среднем за 1999- 2001 гг, мг/кг	Прибавка
		P ₂ O ₅	K ₂ O		
Контроль (без соломы)	7,8	54,2	140,1	15,0	-
Солома, 2 т/га	7,9	58,3	152,4	17,3	2,3
Солома, 2т/га+N20	7,9	58,5	152,8	17,5	2,5
Солома, 4 т/га	8,1	62,4	155,2	19,4	4,4
Солома, 4т/га+N20	8,1	62,8	155,7	19,7	4,7
Солома, 6 т/га	8,3	66,5	157,3	21,7	6,7
Солома, 6т/га+N20	8,3	66,7	157,8	21,9	6,9
НСР ₀₅		1,7-2,1			

Таким образом, использование соломы как удобрение положительно влияет на водопроницаемость, запасы продуктивной влаги, на улучшение гумусного состояния, фосфатного и калийного режимов почвы. Изучение внесения в почву соломы показало более высокое положительное действие во влажные годы.

Литература

1. Дзюин А.Г. Влияние соломы в севообороте на численность микроорганизмов и биологическую активность почвы// Аграрная наука Северо-Востока, том 62, №1. 2018. С. 58-64
2. Хасанов А.Н., Хабиров И.К., Асылбаев И.Г., Рафиков Б.В. Биологические методы восстановления плодородия деградированных почв южной лесостепи Республики Башкортостан// Вестник оренбургского государственного университета 2017 № 11 (211). С. 119-124
3. Жусупов Р.У., Шишкина В.А. Солома как один из факторов повышения плодородия почв // Материалы VII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015012371> (дата обращения: 30.07.2023).
4. Наими О.И. Солома как фактор повышения плодородия почв// Международный научный сельскохозяйственный журнал. №3., 2019.С. 28-32

**ПОИСК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ
БИОПЕСТИЦИДОВ СРЕДИ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ
ИЗ КИШЕЧНИКОВ *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA*,
CYLINDROIULUS CAERULEOCINCTUS, *PORCELLIO SCABER*
И *ARMADILLIDIUM VULGARE*
И ИХ КОРМОВЫХ СУБСТРАТОВ - ЛИСТЬЕВ КАРТОФЕЛЯ,
ЛИСТВЕННОГО ОПАДА**

Якушев А.В., Хуснетдинова Т.И.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва, Россия
a_yakushev84@mail.ru*

Биосинтез антибиотиков представляет большой интерес для современной науки. В первую очередь – для медицины и сельского хозяйства, так как на сегодняшний день антибиотические препараты необходимы как для лечения инфекционных заболеваний, успешного выращивания скота, а также во множестве других областей. Возникшая в конце прошлого века глобальная проблема лекарственной устойчивости патогенных штаммов создала потребность в новых антибиотиках, к которым отсутствует антибиотическая устойчивость у болезнетворных микроорганизмов. Одним из наиболее перспективных направлений поиска веществ, преодолевающих лекарственную устойчивость патогенов, является изыскание соединений из природных источников. При выборе среды для поиска особый интерес представляют малоизученные природные местообитания, так как в них больше вероятность обнаружить неизвестных ранее продуцентов и антимикробные соединения. Одними из таких источников являются кишечник диплопод, мокриц и их кормовые субстраты. Среди бактерий и актиномицетов, принадлежащих к кишечной микробиоте, а также штаммов, проглатываемых с пищей, потенциально может оказаться высокое количество штаммов, способных к биосинтезу антибиотиков. Так как в почвенных условиях и подстилке развивается множество микроорганизмов, возникает острая межвидовая конкуренция, что в ходе адаптации могло привести к повышенному уровню биосинтеза антибиотиков. Перспективен поиск продуцентов новых антибиотиков из малоисследованных местообитаний таких как кишечник беспозвоночных животных. Большинство антибиотиков «золотой эры антибиотиков» были выделены из почвы, а сапрофаги постоянно контактируют с почвой. Перспективно изучение малоизученной микробной составля-

ющей иммунитета животных. Потенциально можно использовать продуцентов для создания микробных препаратов против животных-вредителей и фитопатогенных микроорганизмов. Цель работы - сравнить между собой спектры антимикробной активности бактерий, ассоциированных с диплоподами *Cylindroiulus caeruleocinctus* и мокрицами *Porcellio scaber*, а так же *Armadillidium vulgare* – типичными представителями почвенной биоты, принимающими активное участие в первичной деструкции органического вещества, а так же сравнить антагонистическую активность бактерий кишечного тракта личинок и имаго колорадского жука, с бактериями, выделенными из их кормов – листьями картофеля.

В задачи исследования входило:

1. Поставить модельный эксперимент по содержанию животных на едином пищевом субстрате - опаде клёна остролистного в условиях лабораторного почвенного зоомикрокосма
2. Выделить изоляты одноклеточных и мицелиальных бактерий из микробных комплексов корма, экскрементов и кишечника кивсяков и мокриц;
3. Определить спектры антимикробную активность выделенных штаммов по отношению к набору тест-культур микроорганизмов
4. Провести идентификацию перспективных продуцентов по культурально-морфологическим признакам и МАЛДИ.
5. Выделение из корма, личинок и имаго колорадского жука культуры бактерий
6. Выявление потенциальных продуцентов антибиотиков, проявляющих активность в отношении коллекционных тест-штаммов, состоящих из грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также грибов с различной устойчивостью к антибиотикам.
7. Определение перспективных штаммов найденных микроорганизмов в отношении синтеза антибиотиков.
8. Сравнение спектров антагонистической активности штаммов, выделенных из корма, личинок и имаго колорадских жуков.

Объектами исследования являлись штаммы одноклеточных и мицелиальных бактерий, которые были выделены из кишечника и кормового субстрата. В случае колорадских жуков были выделены из листьев картофеля и питающихся на них имаго, а также личинок колорадского жука третьего возраста. Все три объекта, из которых производилось выделение микроорганизмов, были собраны на территории опытных полей Учебно – опытного Почвенно – экологического центра МГУ “Чашниково” в июле 2022 года. Все образцы листьев картофеля, взрослых жуков и их личинок были отобраны вручную. Для статистической достоверности результатов был применен сеточный метод отбора – для его выполнения требуется проведение пер-

вичного разделения исследуемого поля на одинаковые участки определённой площади, после чего в каждом из них определяется место взятия пробы. После сбора листьев картофеля и получения содержимого кишечника животных насекомых образцы замораживали с целью их сохранения до момента начала исследований.

Двупарноногие многоножки *Cylindroiulus caeruleocinctus* и почвенные мокрицы *Porcellio scaber*, *Armadillidium vulgare* были выбраны в качестве объектов исследования, как широко распространённые на территории Москвы, а, следовательно, важные для почвообразования первичные сапрофагами из размерной группы мезофауны. Животных собирали на территории почвенного стационара МГУ на Воробьевых горах.

Выделение бактерий проводилось посевом на чашки Петри (методом истощающегося шпателя Дригальского) на набор агаризованных сред: ГПД, ГПД с полимиксином Б, Цитримидный агар, Легионелбакагар, Эскулин-азидный агар. Если штаммы выделялся и из опада, то его считали, как штамм транзитный для кишечника и экскрементов. Первичная диагностика штаммов проводилась по культурально-морфологическим и микроскопическим данным. Дальнейшую по МАЛДИ (Матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация), позволяющая определит организм по биоорганическим соединениям его клеток (полипептиды, белки, олигонуклеотиды, олиго- и полисахарид). Антагонистическая активность изолятов определяется методом определяется методом диффузии в агар с помощью перпендикулярного посева тест-культур.

Микробиологическое исследование включало в себя следующие этапы:

5. Приготовление суспензий индивидуальных кишечников животных и измельчённых кормовых субстратов гомогенизацией на встряхивае типа Вортэкс.
6. Микробиологический посев из суспензий проводился методом Дригальского (истощающегося шпателя) на разбавленную ГПД среду (среда Rich) с нистатином: глюкоза (1г/л), пептон (1г/л), дрожжевой экстракт (1г/л), агароза (15г/л)., на среду Rich с полимиксином Б (подавление роста грам- бактерий), Цитримидный агар (среда на псевдомонад), Легионелбакагар (без антибактериальных анетибиртиков), Эскулин-азидный агар (среда на энтерококки).
7. Антимикробная активность изолятов определялось методом перпендикулярного посева к изоляту через 7 дней культивирования тест-культуры на агаризованных средах Rich. В качестве тест-культур выступали: *Bacillus subtilis* RIA 445, *B. mycoides* 537, *B. pumilus* NCTC 8241, *Leuconostoc mesenteroides* VKPM В-4177, *Mi-*

crococcus luteus NCTC 8340, *Staphylococcus aureus* FDA 209P (MSSA), *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Aspergillus niger* INA 00760, *Saccharomyces cerevisiae* RIA 259. Антагонизм определяли по длине зоны подавления тест-штаммов исследуемыми продуцентами – антагонистами.

Эксперимент с колорадскими жуками

Из кишечников личинок, имаго и листьев картофеля было выделено 32 штамма бактерий. Большая часть показала наличие антимикробной активности в отношении коллекционных тестовых культур микроорганизмов. Неактивным, то есть не формирующим зоны подавления при взаимодействии с колонией каждой из десяти используемой тест-культурой, выступил единственный штамм, выделенный из кишечного тракта личинки жука. Наиболее перспективными штаммами – продуцентами, которые могут быть использованы в качестве противомикробных биопестицидов, выступили три штамма актиномицетов.

Спектры антимикробной активности. были проанализированы с помощью дискриминантного анализа, что позволило выявить особенности антимикробных спектров штаммов, выделенных из разных субстратов. Было выделено две достоверные ($p < 0.05$) дискриминантные функции (ДФ). Четкого разделения спектров не произошло, что логично на фоне большого числа транзитных штаммов. Однако, можно предполагать, что штаммы, выделенные из имаго и личинок колорадского жука, имеют, в целом, разные спектры антимикробной активности. ДФ1 отражает отличия кишечных штаммов и штаммов, выделенных из листьев. ДФ2- отличия между имаго и личинками.

Для того, чтобы понять, что скрывается за ДФ, был проведен корреляционный анализ. Было установлено, что ДФ1 сильно и положительно коррелирует с суммой зон подавления тест-культур (*E. coli*, *M. luteus*, *St. aureus*), экологически ассоциированных с кишечником многих животных. То есть штаммы, выделенные из кишечника, подавляют эти культуры в целом меньше, чем выделенные из листьев. ДФ2 коррелирует с суммой зон подавления *M. luteus*, *St. aureus* минус зона подавления *E. coli*. Это отношение можно интерпретировать, как следствие перестройки кишечника в имаго по сравнению с личинками.

Более сильными антагонистами к тесту - культурам, ассоциированным с кишечником многих животных: *L. mesenteroides*, *St. aureus*, *E. coli*. были продуценты, выделенные из листьев картофеля, чем выделенные из кишечников жуков. Бактериальные штаммы, которые были выделены из кишечного тракта имаго и личинок оказались более схожи между собой по спектрам антимикробной активности, чем штаммы, выделенные из листьев картофеля. Штаммы, выделенные из

личинок и имаго насекомого, отличаются особенностью антагонизма к кишечным штаммам – это описывается функцией их дискриминации: *M. luteus*+ *St. aureus* - *E. coli*. Из всего этого следует, что антагонистическая активность бактерий имеет некоторое экологическое значение в условиях нахождения в кишечном тракте насекомого разных стадий развития, и, как следствие, может играть роль в поддержании иммунитета этих животных. Найденные различия между группами бактериальных штаммов, выделенных из трёх источников, оказались не четкими в силу наличия большого числа транзитных штаммов, которые поступают в кишечный тракт животных вместе с их основным кормом – листьями культурного картофеля. Наиболее перспективными штаммами – продуцентами, которые могут быть использованы в качестве противомикробных биопестицидов, выступили три штамма актиномицетов.

Эксперимент с кивсяками и мокрицами

Среди выделенных штаммов преобладали бактерии, ассоциированные с почвой и растениями. С животными ассоциированы бактерии из родов *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Kocuria*, *Serratia*, *Micrococcus*. Антагонистически активные штаммы, выделены красным. Следует отметить, что активными являются штаммы, связанные с почвой или растениями, проходящие кишечник транзитом. Это штаммы *Streptomyces sp.*, *Bacillus cereus*, *Brevibacillus laterosporus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas marginalis*. Для подавляющего числа штаммов одноклеточных бактерий не выявлена антимикробная активность из-за небольшого числа тест-культур (всего 4) и меньшей антагонистической активности, чем у актиномицетов. Среди штаммов, выделенных из кишечника кивсяков нет активных из-за малого размера выборки. Для выявления скрытых в массиве первичных данных об антагонизме информации был проведен дискриминантный анализ только активных изолятов, который показал, что существует одна достоверная дискриминантная функция, которая разделяет штаммы, выделенные из экскрементов кивсяков от штаммов из экскрементов мокриц. На основе анализа данных о стандартизированных коэффициентах при параметрах, входящих в уравнение функции дискриминации 1, было установлено, что эти различия связаны с тем, что штаммы, выделенные из экскрементов кивсяков отличаются большей активностью против *M. luteus* (который кстати не выделился из кивсяков и их экскрементов), чем штаммы из экскрементов мокриц (у них присутствуют *M. luteus*) - функция дискриминации для этих групп: зона подавления *M. luteus* – зона подавления *A. niger*. Штаммы, выделенные из опада и кишечников мокриц, занимают промежуточное положение.

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Для подавляющего числа штаммов одноклеточных бактерий не выявлена антимикробная активность из-за небольшого числа культур (всего 4). Штаммы, выделенные из экскрементов кивсяков отличаются большей активностью против *M. luteus* (который, отметим, не выделился из кивсяков и их экскрементов), чем штаммы из мокриц (у них присутствуют *M. luteus*) - функция их дискриминации: зона подавления *M. luteus* – зона подавления *A. niger*
2. Основное различие между активными штаммами - сила антагонизма к *St. aureus* (стафилококки выделялись во множестве штаммов из исследованных животных)
3. Из вышеприведённых выводов следует, что антагонистическая активность бактерий имеет экологическое значение в условиях кишечника исследованных животных, следовательно, может играть роль в кишечном иммунитете животных.
4. Различия между группами штаммов не четкие из-за большого числа транзитных штаммов.
5. Перспективными штаммами в качестве противомикробных биопестицидов – это 4 штамма *Streptomyces sp.*, и штаммы *Bacillus cereus*, *Brevibacillus laterosporus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas marginalis*

В дальнейшем планируется исследовать кишечное сообщество личинок и имаго щавелевого листоеда *Gastrophysa viridula* и их корма- листьев ревеня. Интерес к его кишечному сообществу связан с тем, что в нем найдены гены новых пептидных антибиотиков, что позволяет считать его перспективным объектов по поиску продуцентов новых антибиотиков. Так же планируется исследовать кишечное сообщество хищной губоногой многоножки костянки обыкновенной *Lithobius forficatus*, как пример широко распространенного в умеренных широтах Евразии почвенного хищного беспозвоночного животного.

АННОТАЦИИ ДОКЛАДОВ

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТЕБЛЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Аль Мерри Жасмин

*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия
jaminealmerri6@gmail.com*

В отечественной и зарубежной литературе имеется недостаточно сведений о влиянии биологических препаратов на рост и развитие технических культур, поэтому наша работа, направленная на изучение действия инокуляции семян льна-долгунца, используемого на волокно эффективными штаммами ассоциативных азотфиксаторов на рост, развитие растений, урожайность и качество волокна льна-долгунца, является актуальной, и имеет теоретическое и практическое значение.

Цель исследований – установить влияние биологических препаратов на биометрические показатели стебля раннеспелых сортов льна-долгунца. Исследования проводили на малом опытном поле кафедры растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ в 2021-2022 гг.

Объектами исследования являются 2 раннеспелых сорта льна-долгунца отечественной селекции: Зарянка, Пересвет и инокуляция семян микробными препаратами *Pseudomonas*, *Flavobacterin*, *Streptomyces*. Биопрепараты получены в лаборатории ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Пушкин), в жидкой форме. Схема двухфакторного опыта включала 8 вариантов. Фактор А – сорт льна-долгунца включал 2 градации. Фактор В – применение биопрепаратов, включал 4 градации: без применения биопрепарата (семена перед посевом обработаны дистиллированной водой); *Pseudomonas*; *Flavobacterin*; *Streptomyces*. Площадь опытной делянки составляла: для первого порядка – 4 м², второго – 1 м² в 4-кратной повторности. Для снижения краевого эффекта по краям делянок дополнительно высевали защитные ряды. Размещение повторностей – систематическое, варианты в повторениях размещены рандомизировано. Семена были обработаны в соответствии со схемой опыта путем опрыскивания при посеве.

В исследованиях рост и развитие льна–долгунца в большей степени определялись погодными условиями, которые складывались в период вегетации культуры, и в меньшей степени – агротехническими приемами. Результаты исследований показали положительное действие изучаемых микробных препаратов на биометрические показатели стебля льна-долгунца. Техническая длина стебля и мыклость увеличиваются, а диаметр и сбежистость снижаются, что обуславливает повышение качества волокна изучаемой культуры.

СИНЕРГИЯ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Дорофеев Д.А.

*АО «Anatum» (Группа компаний «ФосАгро»), Москва, Россия
DDorofeev@phosagro.ru*

Глобальное изменение климата становится все более актуальной проблемой сельского хозяйства. Одновременное увеличение численности людей на Земле, снижение почвенных ресурсов в совокупности с учащающимися признаками глобального потепления ставят актуальную задачу по интенсификации сельского хозяйства со снижением углеродного следа. Биологизированные минеральные удобрения обладают достоинствами как экоэффективных минеральных удобрений, так и биопрепаратов. Биологизированные минеральные удобрения обеспечивают основное минеральное питание растений, повышенный коэффициент усвоения питательных элементов за счет стимуляции процессов питания растения макро- и микроэлементами, повышают супрессивность почв, формируют фунги- и бактериостазис. Полезные сельскохозяйственные микроорганизмы, находящиеся в составе удобрения, способствуют формированию благоприятной микробиоты в ризосфере и ризоплане растения, выделению агрономически ценных метаболитов, стимулируют рост и развитие растений. Синергия химических и биологических удобрений в одном продукте повышает качество и урожайность сельскохозяйственных культур, позволяя обеспечивать лучшие показатели со сниженным углеродным следом производимой сельскохозяйственной продукции.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ОТ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ: ПОДХОДЫ, ОГРАНИЧЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Жидкин А.П., Цымбарович П.Р., Силаев М.В.

*ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, г. Москва, Россия
gidkin@mail.ru*

Современные стандарты экологически чистой продукции подразумевают не только особые требования к качеству собственно сельхозпродукции, но также и отсутствие вреда по отношению к окружающей среде при их производстве. Одним из ведущих деградационных процессов, наносящих сильный вред окружающей среде, является эрозия почв. Исследования эрозионно-аккумулятивных процессов проводятся более века. На сегодняшний день уже хорошо известны фундаментальные законы развития данных процессов, однако технологические решения по экономически целесообразному управлению эрозией почв пока крайне малочисленны. В данном докладе предлагается к рассмотрению мировой опыт оценок рисков деградации почв от эрозии, а также новые авторские разработки по оценке и управлению деградации земель от водной эрозии почв, реализованные в виде математических алгоритмов и веб-сервиса, предоставляющего интерфейс их применения.

НАЗЕМНЫЙ МОНИТОРИНГ БЮДЖЕТА УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ АГРОЭКОСИСТЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ОТ РЕШЕНИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ К СОЗДАНИЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ СЕТИ

Козлов Д.Н.

*ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, г. Москва, Россия
daniilkozlov@gmail.com*

В сообщении представлены результаты первого года реализации Важнейшего инновационного проекта государственного значения

«Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (далее – ВИПГЗ, Распоряжение Правительства РФ от 02 сентября 2022 г. № 2515-р и Постановление Правительства РФ №217 от 14 февраля 2023 г.). Национальная система мониторинга призвана служить основой правовой регламентации выбросов и утилизации таких газов и проведения экологической (низкоэмиссионной) трансформации отраслей экономики РФ (поручение Президента РФ от 02 мая 2021 г. № ПР-753, Постановление Правительства РФ от 08 февраля 2022 г. № 133).

Помимо актуальности ВИПГЗ в сообщении демонстрируются и обсуждаются руководящие принципы национального обобщения параметров бюджета углерода на землях сельскохозяйственного назначения Российской Федерации; проблемы и пути решения методического, нормативного и инфраструктурного обеспечения полевых и аналитических работ, сбора и обработки данных о запасах и бюджета углерода в почвах; оценки запасов и бюджета углерода агроэкосистем при разных режимах землепользования и на основе существующих наблюдений; результаты апробации методических разработок на сети тестовых полигонов Европейской части Российской Федерации.

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ТУЛЬСКОГО НИИСХ ФИЛИАЛ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

Минаев Н.В.

*РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия
nminaev@rgau-msha.ru*

В работе представляются результаты почвенно-ландшафтного обследования и форма предоставления информации, комплексность почвенной и сопутствующей информации, необходимой для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ), как важный базовый составляющий для планирования урожая и экологического земледелия. В ходе работы составлены серии слоев карт в геоинформационной системе (ГИС), которые определяют экологический адрес размещения производства сельскохозяйственных культур:

геоморфологические условия, почвы, свойства почв и их агрохимические характеристики, агроэкологические группы и виды земель. Сбор и консолидация информации в единой базе данных необходима для выхода на цифровую платформу управления производственным процессом. В докладе представляется пример цифровой платформы, разработанной ФГБУ ФНЦ Лубяных культур. Все демонстрируется на примере конкретного землепользования Тульского НИИСХ филиал ФИЦ «Немчиновка».

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БИОРЕСУРСНОЙ, УГЛЕРОДАККУМУЛЯТИВНОЙ И ФИТОСАНИТАРНОЙ ФУНКЦИЙ ПОЧВ

***Никитин Д.А., Семенов М.В., Тхакахова А.К.,
Ксенофонтова Н.А., Иванова Е.А.***

*ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, г. Москва, Россия
dimnik90@mail.ru*

Наиболее ценным невозобновляемым ресурсом продовольственной безопасности страны и мира является почва, поскольку без этого природного тела невозможно существование и развитие всех наземных экосистем планеты. Однако интенсификация земледелия часто служит причиной почвенной деградации и нарушения ряда ее экономических, социальных и экологических функций. Для грамотной оценки ущерба земель необходимо разработать систему агроэкологического мониторинга биоресурсной, углеродаккумулятивной и фитосанитарной функций почв, основанного на индикаторах первых признаков ее деградации. Удобным инструментом для такого мониторинга могут выступать почвенные микроорганизмы, поскольку их сообщества - ключевые агенты ряда экологических функций почв, а отдельные таксоны высокочувствительны к любым изменениям в агроценозе.

Проведен сбор, анализ и обобщение микробиологических показателей, которые могут выступать в качестве высокочувствительных и эффективных индикаторов агроэкологического мониторинга биоресурсной, углеродаккумулятивной и фитосанитарной экологических функций почв. Для характеристики биоресурсной функции почв ре-

комендуется оценивать индексы альфа- и бета-разнообразия, таксономическую структуру прокариот и грибов, а также численность маркерных экологических групп микроорганизмов. В качестве показателей углеродаккумулятивной функции следует выбрать содержание углерода микробной биомассы, соотношение биомассы бактерий и грибов, почвенное дыхание, ферментативную активность и скорость разложения органического вещества почвы. Рекомендуемыми индикаторами фитосанитарной функции почвы являются показатели численности копий генов фитопатогенов и их антагонистов. Ввиду того, что проблемами агроэкологического мониторинга остаются большая вариабельность отдельных показателей и сложность их интерпретации, основной задачей должен стать тщательный выбор индикаторов экологических функций почв.

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке Российской Федерации (соглашение с Минобрнауки РФ № 075-15-2020-805 от 02 октября 2020 г.).

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПОДХОДА В МИКРОМОРФОЛОГИИ ПОЧВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Плотникова О.О.

*ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, г. Москва, Россия
mrs.plotnikova@mail.ru*

Включение микроморфологических исследований в комплекс мероприятий агроэкологического мониторинга почв позволит более полно охарактеризовать состояние почв и изменение их свойств в процессе сельскохозяйственного производства. Однако микроморфологические описания на экспертном, сугубо качественном уровне обладают существенным недостатком: не позволяют получать и формализовать большие объемы микроморфологических данных. Назрела необходимость перехода к более массовому изучению почвенных шлифов.

Условно подходы к работе с почвенной микроморфологической информацией можно разделить на три:

1) «ручной» анализ – специалист-микроморфолог изучает почвенные шлифы при помощи поляризационного микроскопа, затем сопоставляет полученные данные между собой и делает вывод о каких-либо процессах, происходящих в почве, их направлении и степени выраженности;

2) «полуавтоматический» анализ – получение цифровых изображений почвенных шлифов, их сегментация и математический анализ с использованием строго определенных математических алгоритмов с последующим анализом специалистом-микроморфологом;

3) «автоматический» анализ – получение цифровых изображений почвенных шлифов и их анализ при помощи самообучающихся компьютерных программ с возможностью не привлекать специалиста-микроморфолога для итогового анализа данных.

Каждый из подходов имеет свои недостатки. Рассмотрим их. «Ручной» подход, во-первых, является очень трудоемким, а во-вторых, делает крайне затруднительным сопоставление данных, полученных разными экспертами даже при анализе одного и того же материала. Иными словами, этот подход является самым творческим и самым неформальным, хотя, как и в любом научном методе, в микроморфологии почв существует свой понятийный аппарат и правила распознавания деталей микростроения почвы, основанные на природе её компонентов – их кристаллооптических свойствах. «Полуавтоматический» анализ имеет преимущества перед «ручным» подходом, поскольку уже является формализованным и, таким образом, не так зависит от личности эксперта. Однако недостатком его являются его повышенные требования к качеству шлифов, чьи цифровые изображения анализируются. К сожалению, в настоящее время это, по многим причинам, является серьезной проблемой. Третий подход, «автоматический» анализ, является самым перспективным в микроморфологии почв с точки зрения цифровизации науки и получения больших данных. Он нетребователен к качеству шлифов, обучающиеся программы можно научить работать с изображениями шлифов любого качества. Для этого подхода потребуется лишь стандартизировать условия съемки. Затем, после этапа обучения программ распознавания микроморфологических изображений можно будет получать несопоставимо большие объемы таких данных, чем раньше. А значит, и проводить анализ почвенных свойств значительно более полно.

Это откроет перспективы к реализации таких многосторонних проектов, как почвенный агроэкологический мониторинг. Одним из ключевых свойств почвы, изучаемых с целью сохранения здоровья почв при сельскохозяйственном производстве, является структура.

Уже сейчас можно сказать, что есть несколько направлений, представляющих интерес с точки зрения микроморфологического ее изучения. Это, прежде всего, изучение того, как меняется структура почвы в результате обработки сельскохозяйственными машинами, а также средства химизации (пестициды, гербициды, удобрения). И, во-вторых, поиск ответа на вопрос, почему структура одних почв подходит для сельхозпроизводства лучше, чем структура других, что делает ее благоприятной, какие структурообразователи играют наиболее значимую роль. Эти вопросы являются одновременно фундаментальными и прикладными, и помочь ответить на них может развитие количественного подхода в микроморфологии почв.

Автор выражает благодарность Т.В. Романис за плодотворные обсуждения.

ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ КАК СПОСОБ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Рухович Д.И., Королева П.В.

*ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, г. Москва, Россия
landmap@yandex.ru*

Традиционные системы земледелия при внесении средств химизации не учитывают внутриполевой неоднородности плодородия почвенного покрова. Как результат, часть средств химизации расходуется с низким КПД, а излишки средств химизации попадают в окружающую среду или накапливаются в сельскохозяйственной продукции в виде нитратного и иного загрязнения. Точное земледелие позволяет добиться нулевого баланса между внесением средств химизации и их переработкой в ходе вегетации. Как результат повышается эффективность производства, снижаются выбросы химических элементов за пределы агроценозов и возрастает качество сельскохозяйственной продукции. В целом точное земледелие способствует получению более экологически чистой и лучшего продовольственного качества сельскохозяйственной продукции.

УДОБРЕНИЯ КАК МОДУЛЯТОРЫ ПОЧВЕННОГО МИКРОБИОМА И ЕГО ФУНКЦИЙ

Семенов М.В.

*ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, лаборатория
почвенного углерода и микробной экологии, г. Москва, Россия
mikhail.v.semenov@gmail.com*

Современная стратегия интенсификации земледелия предусматривает формирование не только высокопродуктивных, но и одновременно стабильных агроценозов, устойчивых к изменениям климата и антропогенным стрессам. Традиционно, одним из обязательных компонентов интенсификации земледелия является применение удобрений, как правило, в повышенных дозах. Почва является олиготрофной средой, в которой подавляющая часть микроорганизмов большую часть времени обитает в условиях дефицита субстрата и находится в неактивном состоянии. Систематическое применение минеральных и органических удобрений приводит к «эвтрофикации» почвы – искусственному обогащению почвенной среды легкодоступными субстратами и биофильными элементами. В этом случае большая часть микроорганизмов переходит в активное состояние, поэтому эвтрофикация почвы является важным агроэкологическим фактором модуляции почвенного микробиома.

Целью исследования было изучение влияния систем удобрения (минеральной, органической и органоминеральной) и внесения свежего органического вещества соломы на численность, разнообразие и функции микробиома внекорневой и ризосферной агродерново-подзолистой и агросерой почвы в условиях возделывания разных сельскохозяйственных культур. Исследования проводили на базе длительных полевых опытов ВНИИОУ, заложенных в 1968 и 1997 годах, а также в длительном микрополевым опыте ИФХиБПП РАН.

Внесение органических удобрений на 25-100% повышало углерод микробной биомассы (Смик) в почве и ризосфере по сравнению с почвой без удобрений, а применение минеральных удобрений, наоборот, снижало Смик на 10-30%. Микробное дыхание увеличивалось в ряду: без удобрений < NPK < NPK + навоз < навоз. Численность копий генов бактерий, архей и грибов повышалась в 1.5–2.5 раза при внесении навоза и снижалась в 2–2.5 раза при внесении NPK. Наименьшие значения соотношения грибы/бактерии были характерны при внесении NPK, а наибольшие – с навозом. Внесение соломы зер-

новых и зернобобовых культур в 1.25-2 раза повышало Смик и микробное дыхание. Высокие дозы удобрений приводили к значительным изменениям в структуре микробиома почвы и ризосферы, оказывая более значительное влияние, чем сами растения. Длительное внесение повышенных доз NPK сокращало таксономическое и функциональное разнообразие микробиома почвы и ризосферы, а также приводило к резкому росту обилия нитрификаторов, денитрификаторов и грибов-фитопатогенов в ризосфере, что негативно сказывается на здоровье сельскохозяйственных растений. Внесение органических удобрений, наоборот, активизировало малочисленные таксоны, позволяя восстанавливать таксономическое и функциональное разнообразие микробиома в почве и ризосфере, а также приводило к снижению численности грибов-фитопатогенов.

Таким образом, агрогенная эвтрофикация почвы, связанная с систематическим внесением минеральных или органических удобрений, приводит к значительным изменениям в составе и функционировании микробиома как внекорневой почвы, так и ризосферы растений. Внесение в почву органических удобрений может быть использовано для повышения микробиологической активности почвы и ее плодородия, а также для нивелирования негативного влияния минеральных удобрений на почвенную микробиоту.

Финансирование. Работа выполнена молодежной лабораторией Почвенного углерода и микробной экологии в рамках госзадания «Исследование микробных драйверов секвестрации и депонирования органического углерода в почвах агроэкосистем» (№ 0439-2022-0018).

КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА АГРОЛАНДШАФТА

Фомин Д.С.

*ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, г. Москва, Россия
fomin_ds@esoil.ru*

Цифровой двойник — это интегрированная мультифизическая, мультимасштабная, теоретико-вероятностная модель конкретной системы, в которой используются лучшие доступные физические моде-

ли, данные датчиков, данные функционирования системы т.д., для «зеркального отображения» состояния соответствующей аппарата системы, работающей в реальных условиях. В сельском хозяйстве наблюдается рост сбора данных для поддержки принятия решений. Например, благодаря внедрению локальных датчиков и беспилотников для доступа к метеорологическим данным и спутниковым снимкам с удаленных серверов сельхозпроизводители получают доступ к большому объему информации о климате, почве и состоянии культур. В некотором роде все эти условия способствуют и ускоряют интеграцию цифровых двойников в сельскохозяйственные процессы. Однако, несмотря на весь этот потенциал, их использование в данном контексте пока находится на ранней стадии развертывания. Можно выделить несколько причин, по которым использование цифровых двойников в сельском хозяйстве еще не совершило количественного скачка. С одной стороны, сельскохозяйственные процессы обычно более сложны, чем промышленные. Эта сложность обусловлена не только высокой размерностью данных, но и тем, что многие переменные, которые в значительной степени определяют поведение процессов, имеют стохастический характер и не поддаются манипулированию или контролю. Кроме того, большие площади, на которых происходят сельскохозяйственные процессы, в сочетании с неоднородными условиями, существующими на этих территориях, требуют такого пространственного и временного разрешения данных, которое не является технически и экономически осуществимым.

Кроме прикладных аспектов использования цифровых двойников, использование ЦД в науке также возможно. Постановка полевых экспериментов и полевые экспедиции является крайне трудо- и финансово затратными мероприятиями. Внедрение цифрового двойника в научных исследованиях позволит оптимизировать исследовательские процессы и тестировать гипотезы в ходе виртуальных экспериментов. В рамках цифровых двойников агроландшафтов, пространственная и временная информация, получаемая из множества различных источников, может быть интегрирована в алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для мониторинга и достижения контроля над аспектами производственной и исследовательской деятельности.

В связи с этим целью работы является представление результатов обзора литературы по цифровым двойникам почв, ландшафтов и земледелия, и представление концепции цифрового двойника агроландшафта.

СЕГМЕНТАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Юдина А.В.

*ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, г. Москва, Россия
yudina_av@esoil.ru*

Несмотря на многочисленные работы, посвященные органическому веществу почв, остается много вопросов, на которые нет ответов. Один из них и наиболее важный для производства поддержания плодородия почв агроценозов заключается в том, какова связь между секвестрацией углерода и структурой почвы. Рентгеновская компьютерная томография дает возможность исследовать этот вопрос. Растущая доступность рентгеновской компьютерной томографии делает этот подход вполне осуществимым для оценки состояния почв. Однако для этого потребуется автоматизация, которая в настоящее время невозможна из-за проблемы сегментации почвенных изображений. Сегментация – один из основных этапов обработки изображений, в результате которого происходит разделение изображения на две (бинаризация, например, почвенные поры и твердые частицы) или более фаз. В почве растительные остатки имеют низкий контраст, что затрудняет их обнаружение с помощью рентгеновской компьютерной томографии (КТ). В данной работе мы протестировали сверточную нейронную сеть (U-Net) на способность улучшить идентификацию растительных остатков в образцах почвы, собранных из агрегатов различных размерных фракций (мелких, крупных, водоустойчивых агрегатов и среднего агрегатного состава). КТ-изображения почвы были получены с разрешением 244 мкм. Для обучения нейронной сети было аннотировано около 2500 изображений почвы, из которых только 631 изображение было отобрано для обучающего набора данных. В качестве меры успешности сегментации нейронной сетью использовался показатель Intersection over Union (IoU), который принимает значения от 0 до 1. В валидационном наборе данных IoU качества сегментации фона составил 0,93 IoU, твердой фазы - 0,95 IoU, порового пространства - 0,77 IoU, растительных остатков - 0,40 IoU. При этом IoU качества сегментации растительных остатков в общем наборе данных увеличилось до 0,7 IoU. Структура почвы влияет на каче-

ство многофазной сегментации томографических изображений почвы. Наиболее плохо сегментировались растительные остатки в образцах почвы, имеющих средний агрегатный состав. Качество сегментации порового пространства возрастало с увеличением пористости почвенного образца - чем она выше, тем большую долю объема он занимает. Модель склонна обобщать большие площади, занимаемые растительными остатками, и упускать из виду меньшие. Низкие значения метрики IoU для растительных остатков в обучающем наборе данных также могут быть связаны с недостаточным качеством аннотирования исходных изображений. В докладе также обсуждается перспектива использования компьютерной томографии почв для оценки качества почв агроценозов, в частности, на основе автоматизации обработки и использования полученных данных.

ФИНАНСОВЫЕ ПАРТНЕРЫ



Фонд поддержки производителей органической продукции (Фонд «Органика»)

создан в сентябре 2021 года по инициативе АО Россельхозбанк».

Миссия Фонда – содействие формированию культуры потребления органической продукции.

Основные направления деятельности Фонда «Органика»:

- Активация потребительского спроса на органическую продукцию.
- Развитие каналов сбыта.
- Поддержка производителей органической продукции.
- Развитие партнерских отношений.

Для активации потребительского спроса Фонд организует конкурс среди школьников на знание темы органической продукции с целью стимулирования интереса аудитории образовательных организаций к органической продукции; занимается популяризацией органики, ведет соцсети и RuTube-канал. На сайте Фонда (<https://organicfund.ru/>) также функционирует Информационный портал органики (<https://organicfund.ru/potrebitelyam/informacionnyj-portal-organiki/>), где можно найти самую актуальную информацию обо всех российских производителях органической продукции, каналах сбыта, биопрепаратах, разрешенных в органическом сельском хозяйстве, о производителях сельхозтехники и многое другое!

С целью развития каналов сбыта Фонд выступает финансовым партнером и соорганизатором таких конкурсов, как WorldFood Organic и Конкурс на соискание премии за достижения в развитии российской органической продукции (<https://roskachestvo.gov.ru/organic/contest/>); является партнером таких фестивалей как «Хутор Фест» в Ростовской области и Organic Summer в Санкт-Петербурге.

С целью поддержки производителей органической продукции Фонд проводит конкурс грантов на сертификацию органической продукции; организует стажировки для производителей на базе органических хозяйств России и зарубежья, формирует коллективные стенды производителей органической продукции на отраслевых выставках, как WorldFood Moscow (<https://world-food.ru/>), «ЭкоГородЭкспо» (<https://ecogorod-expo.ru/>), «Золотая осень» (<http://goldenautumn.moscow/>), которые традиционно проходят ежегодно.

Фонд активно развивает партнерские отношения с отраслевыми союзами, ассоциациями, производителями органики, выступает местом встречи экспертов отрасли.

Подробнее узнать о деятельности Фонда можно в соцсетях!

<https://vk.com/organicfund>

<https://t.me/organicfundru>

<https://rutube.ru/channel/25582422/>



ООО «Иннагро» — создано в 2021 году Фондом «Национальное интеллектуальное развитие» (бренд «Иннопрактика»). Компания занимается управлением программой испытаний инновационных препаратов для устойчивого сельского хозяйства, а также реализует биологические средства защиты растений, кормовые пробиотические добавки для животных и птицы, биоконсерванты для заготовки и другие разработки ведущих российских ученых. Миссия компании — развитие биологизации агропромышленного комплекса России посредством продвижения микробиологических разработок.



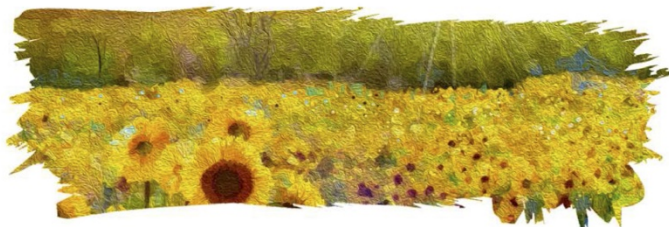
иннагро

**Инновационные российские препараты
для устойчивого сельского хозяйства**

Плантарел, ВР

На основе супрамолекулярного комплекса коллоидного серебра и биологически активного полимера

Универсальный стимулятор роста с фитопротекторным действием



до **50%** снижение фунгицидной нагрузки на агроценозы

до **25%** повышение урожайности

до **97%** защита от болезней

ООО «Иннагро», ОГРН 1217700123970. Плантарел, ВР: регистрационный номер 734-07-3223-1 до 14.07.2031. Указанные данные об эффективности препарата опираются на результаты 600+ испытаний в 35 регионах России.

+7 495 795 74 53 www.innagro.ru
+7 967 128 46 67 info@innagro.ru





Компания ЛИГНОГУМАТ специализируется на производстве регуляторов роста растений для сельскохозяйственного производства, на основе гуминовых и фульвокислот.

Препараты, выпускаемые компанией Лигногумат, сочетают все достоинства стимулятора и антистрессанта. Они представляют собой сухой порошок (8-10% влажности) или жидкую форму (концентрация до 20%).

Лигногумат используется для комплексных обработок растений на всех стадиях: как посевного или посадочного материала, так и вегетирующих растений.

Лигногумат позволяет снизить расходы на восстановление и подготовку почвы, повысить урожайность и качество сельскохозяйственных продуктов. Более 15 000 000 га в мире сегодня обрабатывают Лигногуматом.

Наши экологически чистые препараты, изготовленные по запатентованной технологии гумификации растительного сырья, 100% растворимы и имеют самую высокую концентрацию на рынке промышленных гуматов.

Мы выпускаем:

- Сухую модификацию с 900 г/кг действующего вещества;
- Жидкую с концентрацией до 220 г/литр высокоактивных гуминовых веществ.

Использование современных технологий на основе наших препаратов для обработки семян и посадочного материала, а также агрокультур на всех этапах развития позволяет в значительной мере повысить урожайность и добиться улучшения структуры почвы.

Сайт: www.lignohumate.ru





ООО "ЕВРОПОЛИТЕСТ" – отечественный производитель оборудования для экологического мониторинга окружающей среды, в частности для автоматизации биотестов под торговыми названиями:

- Климатостаты (P2, B2, B3, B4)
- Культиваторы серии KB (05, 06, 07, 08)
- Культиваторы серии KBM (05, 06, 07, 08)
- Устройства экспозиции серии УЭР (03, 04, 05)

- БиоЛаТ – автоматизированный программно-технический комплекс биотестирования
- Измеритель плотности суспензии водоросли серии ИПС (ИПС-03)
- Флуориметр изучения флуоресценции хлорофилла серии «Фотон» (Фотон-10)

Сегодня компания выпускает обновленные климатостаты серии «Р» и «В» в которых улучшены технические характеристики и значительно расширены функциональные возможности. Компания открыта к сотрудничеству со всеми российскими учеными, работающими в области биотестирования.

Новые разработки уже замечены и признаны. За 2021 и 2022 годы поставлено более сорока климатостатов, производства ООО «Европолитест» с сенсорным управлением и более ста приборов других типов и моделей.



Продукция компании представлена в народном каталоге лабораторной продукции российского и белорусского производства, подготовленном командой глобального российского проекта «НАША ЛАБА».

Вся производимая продукция выпускается по собственным техническим условиям и конструкторской документации, сертифицирована на соответствие ТУ, задекларирована на соответствие техническому регламенту таможенного союза. Испытательное оборудование поставляется с программой и методикой аттестации, проходит первичную аттестацию, поставляется с протоколом и аттестатом первичной аттестации. Средства измерения внесены в государственный реестр средств измерений и поставляются с первичной поверкой.

Предлагаются поставки как комплектов оборудования, так и отдельных его частей, инструктаж пользователей на предприятии заказчика или организация курсов повышения квалификации на базе ЛЭТАП МГУ или ООО «Акварос», Москва.

ООО «Европолитест» готово сотрудничать с региональными представителями.

ООО «Европолитест» предоставляет полный комплекс услуг по решению проблем биотестирования в экоаналитических лабораториях:

- оборудование для биотестирования
- методики биотестирования
- обучение пользователей
- установка оборудования на местах
- гарантийное и сервисное сопровождение.

По всем вопросам обращайтесь в ООО «Европолитест»

Тел./факс: (499) 500 14 28 E-mail: info@europolytest.ru

Моб. Тел.: (903) 208 19 28 E-mail: europolytest@mail.ru

Контактное лицо: Ермаков Алексей Евгеньевич



ФосАгро – российская вертикально-интегрированная компания, один из ведущих мировых производителей фосфорсодержащих удобрений.

Наша экологически безопасная продукция помогает повышать объемы и качество урожая фермерам в порядка 100 странах мира на всех обитаемых континентах. Мы производим более 57 марок минеральных удобрений, аммиак и кормовые фосфаты, высокосортное фосфатное сырье с содержанием P_2O_5 39% и более (апатитовый концентрат).

В Группу «ФосАгро» входят АО «Апатит» в Череповце (Вологодская обл.), его филиалы в Кировске (Мурманская обл.), Балаково (Саратовская обл.) и Волхове (Ленинградская обл.), ООО «ФосАгро-Регион» и АО «Научно-исследовательский институт по удобрениям и инсектофунгицидам имени профессора Я.В.Самойлова».

Сайт: <https://www.phosagro.ru/>



ООО «БИОТЕХКОМП» – компания из города Тольятти, продвигающая собственные инновационные разработки по сбору цианобактерий с поверхности воды, а также внедряющая технологии по утилизации целого спектра органических отходов. Продуктом являются органические, экологически чистые удобрения, а также разрабатываемые экотехнологии переработки отходов.

Команда изобретателей работает в тесном сотрудничестве с учеными, что позволяет создавать собственное оборудование и технологии для сбора и переработки органики.



Сайт: <https://biotehkomp.ru>

E-mail: bio.eco.prom@yandex.ru

Генеральный директор: Чистов Александр Викторович avchist@mail.ru



Компания ТЕХНОНИКОЛЬ – ведущий международный производитель надежных и эффективных строительных материалов и систем. Одним из продуктовых направлений компании является производство субстратов SPELAND и SPELAND ECO на основе каменной ваты для гидропонного выращивания растений.

Основным сырьем для производства субстратов является экологически чистые, натуральные и безопасные компоненты - горные породы габбро-базальтовой группы.



Фото сайта www.speland.com



Заводы по производству субстратов расположены в Рязани и Заинске. Заводы оснащены современным европейским оборудованием. На базе заводов организованы отделы контроля качества с собственными аттестованными лабораториями. Экологичность и безопасность субстратов SPELAND и SPELAND ECO подтверждена санитарно-эпидемиологической экспертизой.

Сайт: www.speland.com



ООО «Хэбараги» - компания, производящая регуляторы роста растений, удобрения и пестициды на основе активированного коллоидного серебра.

Технология защищена патентами более, чем в 20 странах мира.

По вопросам сотрудничества просьба обращаться по адресу: mail@haebaragi.ru

Сайт: <https://haebaragi.ru>



ООО «БИОТА» разрабатывает и развивает масштабное производство новых биологических средств защиты растений:

- действующее вещество которых защищено от основного антагониста – ультрафиолета, что обеспечивает повышение эффективности и пролонгированное действие до 30 раз – до месяца вместо 1 дня.

Первый биопестицид пролонгированного действия в препаративной форме микроконтейнеры «Биостоп Супер» зарегистрирован Минсельхозом России в апреле 2023 г.

- комплексную систему защиты и подкормки растений с использованием биопрепаратов (Система «Круговорот»), позволяющую за счет последовательных стандартных обработок смесью препаратов по прошествии 3-4-х лет достигнуть перехода на нулевую технологию (земледелие без механической обработки земли), снизить расход минеральных удобрений в 3-5 раз, значительно снизить финансовые затраты на средства защиты растений, добиться увеличения запасов гумуса в почве,

практически полностью исключить риски поражения растений болезнями и вредителями за счет формирования беспатогенного ландшафта.

В 2021 г. биоинсектицид "БИОСТОП", производимый ООО «БИОТА», первым из российских средств защиты растений внесен ECOCERT (www.inputs.bio) в международный реестр средств для органического сельского хозяйства.

Сайт: <https://biopesticidy.ru/>



ООО НПИ «Биопрепараты» - уникальный биоаволад, решающий экологические и ресурсосберегающие проблемы в сельскохозяйственном производстве. На заводе разрабатывается и производится широкий спектр биопрепаратов (60 наименований) для растениеводства, консервирования кормов и животноводства. Экономическая эффективность биопрепаратов в среднем: на зернобобовых культурах – 19-50%; на зерновых – 17-34%, на технических 13-29%; на овощных 18-46%.



Производственная деятельность ООО НПИ «Биопрепараты» основывается на науке в рамках биологизированной системы земледелия, учитывает актуальные проблемы и особую значимость сохранения и приумножения плодородия почв, увеличение разнообразия полезной биоты в почве и снижение ее утомляемости. Компания сотрудничает с учеными Академии наук Татарстана, участвует в научно-практических конференциях, семинарах, в разработке методических рекомендаций в рамках научного обеспечения агропромышленного комплекса.

Среди продукции компании микробиологические удобрения Ризовирт и Татфармат, биофунгицид широкого спектра действия Фитотрикс, зарегистрированные в каталоге разрешенных пестицидов и агрохимикатов для органического растениеводства.

Сайт: <https://biopreparaty.ru/>



Компания «ЦИОН РУС» занимается производством и продажей ионитных питательных субстратов ТМ ЦИОН для выращивания растений на любом грунте по технологии ионитопоники. Субстраты ЦИОН (ZION) разработаны совместно с Институтом физико-органической химии Национальной академии наук Республики Беларусь.



ЦИОН содержит в своем составе все питательные вещества, необходимые для качественного и гармоничного роста растений. Он обладает пролонгированным действием и является 100% экологичной добавкой к грунту благодаря тому, что производится на основе природного минерала вулканического происхождения – цеолита. Благодаря высокому содержанию элементов питания и уникальному принципу действия ионитные субстраты ЦИОН обеспечивают интенсивный рост растений, развитие сильной корневой системы, повышают урожайность зеленных, овощных и плодово-ягодных культур, сокращают сроки созревания урожая. ЦИОН может использоваться как самостоятельно, так и в виде малых корректирующих добавок к любым основам (обедненные и деградированные грунты, пески, перлит, вермикулит, разбалансированная почва любого состава и др.).

Сайт: <https://www.zion-rus.ru>

ИНГОССТРАХ

Страховое публичное акционерное общество (СПАО) «Ингосстрах» — универсальный страховщик федерального уровня. В 2007 году "Ингосстрах" входил в число страховых компаний-основателей Национального союза агростраховщиков (НСА) и с самого начала принимал активное участие в развитии рынка страхования сельскохозяйственных рисков — в том числе, в разработке федерального закона № 260 о господдержке агрострахования, который был впервые принят в России в 2011 году. С 2020 года, реализуя программы по страхованию урожая, животных, сельскохозяйственной техники и имущества АПК., компания смогла увеличить объемы страхования по данному направлению более чем в 3 раза.

Сайт: <https://www.ingos.ru/corporate/agriculture/harvest>

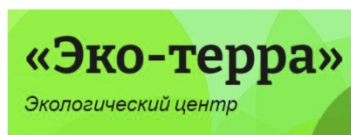
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



Иннопрактика

В 2012 г. были учреждены Фонд поддержки научно-проектной деятельности студентов, аспирантов и молодых ученых «Национальное интеллектуальное развитие» и Центр национального интеллектуального резерва МГУ. В 2013 г. эти организации стали работать под брендом «Иннопрактика».

Сайт <https://innopraktika.ru>



ООО «Эко-terra» - компания, осуществляющая научные исследования и разработки в области естественных наук, мониторинг загрязнения окружающей среды для физических и юридических лиц.

По вопросам сотрудничества обращаться по адресу: eco-terra_ooo@mail.ru



Ботанический сад МГУ - уникальные экологические системы, вписанные в урбанистический ландшафт мегаполиса, что позволяет использовать их как базу для научных наблюдений, экологического мониторинга, экскурсий, полевой практики студентов, а также разнообразных экологических образовательных проектов. Основой Сада являются коллекции живых растений, ради сохранения, развития и изучения которых Сад и существует: плодовых растений, древовидных пионов, декоративных растений (ирисов, гемерокаллисов, сирени, пионов, роз) и др. Приглашаем посетить Ботанический сад!

Сайт: <https://botsad.msu.ru>

Журнал «Теоретическая и прикладная экология»



Журнал «Теоретическая и прикладная экология» публикует материалы фундаментальных и прикладных научных исследований в области экологически безопасного развития экономики, сохранения недр и устойчивости биосферы, рационального потребления природных ресурсов. Журнал предоставляет непосредственный открытый доступ к своему контенту. Журнал включен в российские и международные базы данных, включая RSCI на платформе Web of Science, Scopus и Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). (см. <http://envjournal.ru>)

Журнал «Биосфера»

Редакция журнала "Биосфера" (входит в "Список ВАК" и "Ядро РИНЦ") готова рассмотреть возможность разместить в очередных номерах материалы форума как статьи, оформленные соответственно правилам журнала (см. <http://21bs.ru>) и допущенные к публикации по результатам рецензирования.



АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абрамов Н.В. 204
Абубикеров В.А. 272
Авдюхина В.М. 121
Азимова Н.Ш. 8
Аль Мерри Ж. 457
Андреевская В.М. 15
Андрианов А.Д. 361
Андрианов Д.А. 361
Аптикаев Р.С. 244
Баженова О.П. 96
Барбашев А.И. 334
Бауэр Т.В. 150
Беклемишев М.К. 121
Беленков А.И. 22
Белик А.А. 244
Белов А.В. 328
Бетуганова М.А. 215
Биймырсаева А.К. 209
Бикташева Л.Р. 101, 113
Бишенов Х.З. 215
Близнюк У.А. 121, 189
Блохин Ю.И. 328
Блохина С.Ю. 328
Блынский В.А. 105
Бобкова В.В. 374
Бобрик А.А. 31
Бокова А.И. 433
Большева Т.Н. 284
Бондарева Е.В. 15, 381
Борщеговская П.Ю. 121, 189
Варквасова М.А. 215
Воронина М.В. 166
Воршева А.В. 81
Гайсина Э.М. 368
Гасина А.И. 244
Гордеев А.С. 113
Горин К.В. 318
Грачева Т.А. 318
Гурьева М.А. 415
Гюлалыев Ч.Г. 220
Дабахов М.В. 227
Дабахова Е.В. 35, 404
Дидович С.В. 75
Доброхотов А.В. 355
Дорофеев Д.А. 458
Дудникова Т.С. 334
Евдокимова М.В. 340
Ежкин Н.А. 113
Еланский С.Н. 185
Ерохова М.Д. 118
Жеребин П.М. 138
Жидкин А.П. 459
Закладной Г.А. 234
Заммоев А.У. 215
Зарипова А.А. 143
Золотов С.А. 121
Зубрицкая Я.В. 121, 189
Ибатуллина Р.П. 239
Иванова Е.А. 461
Игнатов А.Н. 166, 368

Ильбулова Г.Р. 290
Ильина А.Д. 15
Ипатов В.С. 121, 189
Казеев К.Ш. 301
Казиева А.Ю. 125
Камылина Н.Ю. 158
Керимбаева А.Д. 143
Кираев Р.С. 447
Ковалев И.В. 41
Ковалева Н.О. 41
Кожевин П.А. 47
Козлов Д.Н. 459
Козлова Е.А. 73
Кокорева А.А. 244
Колесникова И.Я. 252
Колесниченко Е.Ю. 130
Колмыкова Е.В. 130
Колупаева В.Н. 244
Коновалов С.Н. 374
Копельчук Н.В. 279
Коркина Е.А. 259
Королева П.В. 464
Крошечкина И.Ю. 239
Крутяков Ю.А. 138
Ксенофонтова Н.А. 461
Кубарев Е.Н. 418
Кудринский А.А. 138
Кузнецова М.А. 118
Кузнецова Н.А. 433
Кухаренкова О.В. 81
Кушанова А.У. 259
Кырова Е.И. 368
Ламанов С.В. 51
Лапина И.А. 279
Ларина Г.Е. 381
Лисовой А.М. 15
Лоскутов Д.Л. 105
Лукин С.В. 58
Лукин С.М. 265
Лысак Л.В. 73
Макаров О.А. 425
Макаров С.С. 387
Макарова Е.П. 244
Малюга А.А. 121, 189
Маманазарова К.С. 410
Мамбетжанова Н.Н. 143
Манджиева С.С. 150
Минаев Н.В. 460
Минкина Т.М. 150, 334
Михайлов В.В. 96
Моисеев А.О. 252
Морозова Т.С. 393
Мулюкин М.А. 125
Мухин В.М. 272
Мырзагалиева Э.Б. 209
Немцева А.А. 334
Никитин Д.А. 461
Носевич М.А. 158
Овчаренко М.М. 64
Огородников С.С. 340
Олива Т.В. 130, 393
Омельянюк Г.Г. 279
Осморская З.И. 113
Панина К.С. 433
Панчук С.В. 166
Паргоев К. 69

Платонов В.А. 185
Плотникова О.О. 462
Полякова Н.Н. 381
Поползухин П.В. 400
Поползухина Н.А. 400
Потапов М.Б. 433
Почтенная А.И. 171
Родин И.А. 121
Розов С.Ю. 284
Ромашкин Р.А. 51
Рубцов А.А. 178
Русакова И.В. 265
Рухович Д.И. 464
Сабирзянова О.В. 259
Сатторов Б.Н. 69
Семенов М.В. 461, 465
Семенова И.Н. 290
Серая Л.Г. 381
Сизов А.П. 295
Силаев М.В. 459
Смирнова И.В. 418
Собина А.С. 301
Старожилов В.Т. 312
Старцев В.И. 272
Старцева А.А. 304
Степанов А.Л. 73
Степанов П.Д. 441
Сушкова С.Н. 150, 334
Суюндуков Я.Т. 290
Тареева М.М. 166
Темралеева А.Д. 75
Тешич С. 368
Толстыгин К.Д. 346
Тхакахова А.К. 461
Уханева А.А. 393
Федоренко Д.Е. 15
Филь П.П. 355
Фомин Д.С. 346, 355, 466
Хасанова Г.А. 447
Хасанова Р.Ф. 290, 447
Хаустова А.К. 31
Хлевная В.С. 318
Хуснетдинова Т.И. 451
Цымбарович П.Р. 346, 349, 459
Черняев А.П. 121, 189
Чертова О.Ф. 404
Чибисова М.С. 189
Чудецкий А.И. 387
Чудинова Е.М. 185
Чуков С.Н. 322
Чуликова Н.С. 121, 189
Шакиров З.С. 410
Шарапова И.Э. 197
Шаталова Е.И. 201
Шатунов А.Е. 355
Шик А.В. 121
Шилов П.М. 355
Шитикова А.В. 81
Шуваев Е. Г. 334
Юдина А.В. 468
Юров Д.С. 189
Яковлев А.С. 88
Якушев А.В. 451
Rajput V.D. 150

Научное издание

Материалы международной научно-практической конференции
«Биологизация землепользования: почва, технологии, продукция»

*28-31 августа 2023, Москва,
МГУ имени М.В.Ломоносова*

Оригинал-макет:

к.б.н. Морачевская Е.В., к.б.н. Зимин Д.А.

Дизайн обложки:

Козлов И.А.

ISBN 978-5-6049991-9-6

ISBN 978-5-6049991-9-6



9 785604 999196

Подписано в печать 28.08.2023.
Бумага офсетная. Формат 60x84/16.
Гарнитура Times New Roman.
Тираж 100 экз. Заказ № 5035/31.
Постер-М
119296, Москва, ул. Молодежная, 3



ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА



ИПЭЭ
РАН



10 лет
ИННОПРАКТИКА



иннагро



ЛИГНОГУМАТ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

АГРОБИ
ТЕХНОЛ  **ГИИ**

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

