

**Информационно-аналитическая справка о результатах деятельности центра «Агротехнологии будущего» за 3 квартал 2021 года**

**1. Сведения о кадровом составе центра**

№	Сотрудники	РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева	ФИЦ биотехнологии РАН	ФИЦ ИУ РАН	ВНИИС ХМ	Почвенный институт имени В.В. Докучаева	СПб ГУ	ВИР имени Н.И. Вавилова	Центр ИТОГО
<b>1</b>	<b>Ведущие ученые, всего:</b>	<b>30</b>	<b>74</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>182</b>
1.1	из них молодые исследователи (до 39 лет)	10	35	16	10	1	8	4	84
1.2	из них иностранные исследователи	2	0	0	0	0	0	0	2
<b>2</b>	<b>Научные сотрудники (без учета ведущих ученых), всего:</b>	<b>63</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>123</b>
2.1	из них молодые исследователи (до 39 лет)	24	15	3	8	4	12	4	70
2.2	из них иностранные исследователи	1	0	0	0	0	0	0	1
<b>3</b>	<b>Профессорско-преподавательский состав</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Аспиранты:</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>42</b>
4.1	Иностранные аспиранты	24	0	0	0	0	0	0	24
4.2	Аспиранты из других субъектов Российской Федерации	51	3	0	0	0	2	2	58
<b>5</b>	<b>Вспомогательный персонал</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>Административно-управленческий персонал</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>16</b>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>145</b>	<b>120</b>	<b>29</b>	<b>43</b>	<b>11</b>	<b>58</b>	<b>25</b>	<b>431</b>

## **2. Сведения о научных исследованиях Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего»**

***ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»***

1. Проведено исследование технологических процессов различных предприятий АПК (свинокомплексы, птицефабрики, предприятия по производству удобрений, предприятия по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники и т.д.), построены функциональные модели данных процессов, что позволило выявить подпроцессы, значительно влияющие на состояние окружающей среды, а также определить множество параметров экомониторинга, выделить из них управляемые параметры. Проведенный анализ позволил спроектировать и разработать универсальный протокол сбора и передачи разрозненных данных об экологическом состоянии объектов и процессов АПК. Данный протокол соответствует мировому уровню и позволяет собирать множественную разнородную информацию об экологическом состоянии объектов и процессов с трех основных кластеров источников данных значимых для АПК: датчики и системы для непосредственной регистрации состояния природных и техногенных объектов; мобильные роботизированные устройства слежения (БПЛА, с/х роботы и др.); данные видеомониторинга для определения состояния живых объектов сельхозпроизводства.

2. В рамках решения задачи сбора и хранения данных видеомониторинга для определения состояния живых объектов сельхозпроизводств была разработана методика интеллектуального неинвазивного видеомониторинга качественного состояния живых объектов на основе данных технического зрения. Данная технология позволяет следить за физическим состоянием животных и отслеживать их поведенческие характеристики, собирать и обрабатывать полученные данные для того чтобы вовремя принимать необходимые управленческие решения. Отличительной особенностью данной методики является возможность обеспечения биометрической идентификации животных в плотных динамических группах.

3. Разработана методика, позволяющая осуществлять сбор, передачу и обработку информации об экологическом состоянии распределенных объектов и процессов АПК с использованием БПЛА. Особенностью данной методики является позиционирование

летательных аппаратов по последовательности кадров потока видеоданных его бортовой камеры на геоподоснове без использования спутниковых систем навигации.

4. По направлению исследований «Ускоренная селекция высокоурожайных и устойчивых сортов и гибридов растений, обладающих заданными характеристиками качества» осуществлено создание новых конкурентоспособных F1-гибридов основных овощных культур с целью импортозамещения на основе молекулярной генетики, генетической инженерии (редактирования геномов), клеточных технологий, традиционной селекции и отработанных технологий семеноводства. Капуста белокочанная – экономически и социально значимая овощная культура Российской Федерации поражается сосудистым бактериозом, что приводит к значительным потерям урожая и качества товарной продукции. В данном исследовании изучена возможность передачи устойчивости к сосудистому бактериозу от эфиопской горчицы (*B.carinata*, донор высокой расоспецифической устойчивости) в капусту белокочанную (*B.oleracea*). Проведены скрещивания, применены методы культуры *in vitro* и отобраны устойчивые к трем расам *X.campestris* pv. *campestris* (возбудителя сосудистого бактериоза) растений беккроссных потомств на искусственном инфекционном фоне. Линии устойчивые к сосудистому бактериозу станут основой для создания отечественных коммерческих устойчивых F1-гибридов капусты белокочанной с новым существенным конкурентным преимуществом над зарубежными аналогами.

5. Экспериментально апробированы новые подходы к регистрационным испытаниям пестицидов в части полевой фазы исследований в соответствии с принципами НЛП ОЭСР. Проведена полевая фаза исследования по изучению динамики содержания остаточных количеств действующих веществ пестицида в зеленой массе, зерне и соломе пшеницы озимой при двукратном применении пестицида в соответствии с принципами НЛП. Аналитические методы по определению остаточных количеств действующих веществ изучаемого пестицида в ИЦ прошли процедуру валидации в соответствии с требованиями международного стандарта SANTE/12682/2019 «Аналитический контроль качества и процедуры валидации методики анализа остатков пестицидов в продуктах питания и кормах». Подготовлены аналитические справки «Процессы испытательного центра, обеспечивающие прослеживаемость образцов и результатов исследований», «Требования, предъявляемые к лабораторным информационным си-

стемам, в том числе международные» и «Анализ представленных на рынке лабораторных информационных систем».

6. Проведена разработка элементов методики определения рисков при производстве сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки. Разработаны методологические подходы для анализа технологических факторов и факторов прижизненного формирования качества сельскохозяйственного сырья и продукции его переработки в системе прослеживаемости на базе разработанной модели управления качеством и квалитетического прогнозирования. Исследовано влияние микронутриентов на физиологическое состояние и продуктивность крупнорогатого скота и птицы. Разработаны элементы системы прослеживаемости от поля до производства пищевой продукции из сырья растительного и животного происхождения. Установлен комплекс требований к сырью для органических продуктов питания с повышенной пищевой и биологической ценностью, а также к процессам его производства. Установлены и ранжированы факторы, формирующие показатели качества и безопасности органических продуктов питания с повышенной пищевой и биологической ценностью на всей цепочке прослеживаемости от поля/фермы до прилавка.

Впервые в методологии оценки технологических рисков (ISO 22000, British Retail Consortium Food Standard, International Food Standard, Safe Quality Food) используются информационно-матричные модели как инструмент обоснования точек контроля и элемент управления технологическими рисками в системе прослеживаемости.

7. Разработан прототип уникальной базы данных по площадям деградированных земель в разрезе субъектов Российской Федерации. Ключевое отличие разрабатываемой базы – ее предметная область, включающая сведения о мелиоративном состоянии осушенных и орошаемых земель за последние 10 лет в разрезе субъектов Российской Федерации.

8. Разработан инжекционный регулятор расхода автоматического действия для установки в оросительных каналах. Усовершенствованный регулятор расхода инжекционного типа не имеет мировых аналогов и принципиально отличается от существующих сооружений по принципу действия и форме исполнения проточной части. Таким образом, создана и испытана в гидравлическом лотке модель регулятора усовершенствованной конструкции и получены гидравлические характеристики сооружения.

9. Впервые экспериментально получено значение гидравлически эквивалентной шероховатости материала внутренних стенок металлополимерного трубопровода VALTEC Рехв-AL0,3-Рехв. Выполненные исследования являются необходимыми для дальнейшего изучения гидравлических сопротивлений запорно-регулирующей арматуры, размещаемой в трубопроводах из полимерных материалов. Модифицирована уникальная «Интеллектуальная Система полива»; назначение: Дифференцированная, как по времени, так и по площади, точечная, адресная подача воды и минеральных удобрений на поле в необходимом и достаточной объеме. Результат: Установка на любые виды оросительных систем, любой вид полива. Экономия воды до 80%.

10. Разработаны новые методики комплексной оценки эффективности планируемых мероприятий в сферах деятельности НЦМУ «Агротехнологии будущего», в частности Методика оценки предложений в сфере селекции и семеноводства овощных культур. Методика предполагает:

А) учёт влияния предложений на производственно-сбытовую деятельность предприятий (потенциальную урожайность, уровень цен на производимую по инновационным технологиям продукцию, уровень затрат на производство продукции);

Б) учёт состава и размера инвестиционных затрат, необходимых для внедрения новой технологии, а также условий финансирования инновации;

В) учёт неопределённости параметров и формирование оценок реализуемости, эффективности и рисков внедрения инновационной технологии

Разработанная методика основана на официальных Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов, которые являются адаптацией к условиям России и развитием международной методики, используемой UNIDO и Всемирным Банком

11. Внедрены IoT технологии с целью агроэкологического мониторинга посевов. Прототипы устройств CropTalker были установлены в 4 регионах черноземья на территории испытательных полей в Самарской, Саратовской, Оренбургской и Омской областях и экологическом стационаре РГАУ МСХА в г. Москва. Были получены уникальные данные по реагированию посевов твердой пшеницы на экстремально засушливые условия, так в Оренбургской области погибло более 240 тыс. га посевов зерновых, в

том числе на обследуемом участке, что позволит определить критические значения по доступности влаги в почве в зависимости от фенологической фазы.

В рамках карбонового полигона на территории Омского ГАУ была проведена серия экспериментов для неинвазивного определения надземной биомассы посевов пшеницы исходя из высоты и спектральных характеристик посевов. Данные о приросте биомассы (NPP) совмещенные с данными по гетеротрофному дыханию (Rh) почв могут быть использованы для оценки общего экосистемного обмена углерода (NEE) ( $NEE = GPP - R_{eco} = NPP + R_a - R_a - R_h = NPP - R_h$ ), что является одной из основных задач карбонового полигона. Апробирована первая в своем роде технология позволяющая проводить пространственно-распределенный мониторинг состояния посевов в режиме реального времени, не требующая обслуживания во время полевого сезона, дающая полный набор параметров необходимый для моделирования урожайности зерновых. Разработка устройства проведена под руководством автора электронной платформы устройства, нобелевского лауреата, профессора университета Тушии (Италия) Рикардо Валентини.

12. Выполнена разработка новой технологии биологизированной защиты сельскохозяйственных культур, основанной на применении микробных антагонистов, бактериофагов, препаратов растительного происхождения, индукторов устойчивости с целью снижения пестицидной нагрузки на агроценозы и получения экологически безопасной продукции растениеводства.

- Пополнены рабочие коллекции фитопатогенных бактерий и полезных микроорганизмов и бактериофагов фитопатогенных бактерий.

- Определен видовой и генетический состав изолятов возбудителей черной ножки различного географического происхождения, коллекция пополнена штаммами с секвенированным геномом, и сформирована структурная основа базы данных изолятов и штаммов бактерий семейства *Pectobacteriaceae*.

- Выявлены изоляты фагов с широким спектром вирулентности для изолятов и штаммов бактерий семейства *Pectobacteriaceae*. перспективные для практического применения.

- База данных, которая позволяет проводить сравнение и идентификацию патогенных бактерий и может быть использована для анализа генетического разнообразия,

выявления местных особенностей изолятов данного вида при сравнении с другими образцами в рамках всемирных баз данных.

База данных, которая позволяет проводить сравнение и идентификацию патогенных бактерий пасленовых культур и может быть использована для анализа генетического разнообразия, выявления местных особенностей изолятов данного вида при сравнении с другими образцами в рамках всемирных баз данных. База данных может быть использована для разработки новых методов (ПЦР праймеров) для диагностики зараженности растений фитопатогенными бактериями.

13. Разработаны новые технологии глубокой переработки целлюлозосодержащих отходов растительного происхождения и животного происхождения («Зелёная химия»). Разработана усовершенствованная методика определения физиологической активности препаратов. Выделены макрокомпоненты органического происхождения из гумифицированных отходов коноплеводства. Разработаны 2 базы данных по химическому составу волокна льна и технической конопли. Разработан состав комплексобразователя для защитно-стимулирующих составов для предпосевной обработки семян и некорневой обработки растений. Разработана схема синтеза органических компонентов для защитно-стимулирующих комплексов. Подготовлена база данных по требованиям к химическим и физико-химическим показателям защитно-стимулирующих комплексов. Проведены исследования по определению химического состава и физико-химическим характеристикам синтезированных веществ, проведена оценка ауксиновой активности препаратов. Проведены испытания действия защитно-стимулирующих комплексов при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур в лабораторных и полевых условиях.

14. Проводилась конструирование высокопродуктивных азотфиксирующих симбиотических микробно - растительных систем с широким спектром адаптации (зерновые и псевдозерновые, зернобобовые, картофель, травы) с помощью микробных азотфиксирующих симбиотических препаратов. Впервые показано, что подсев адаптированных сортов клевера лугового и люцерны изменчивой позволяет преобразовать злаково-разнотравные травостои в бобово-злаковые, и пролить их продуктивное долголетие до 26 лет. Впервые доказано, что травостои на залежных землях можно улучшить путем подсева в дернину козлятника восточного. Это позволило увеличить их продук-

тивность в 1,8-2,1 раза. Аналогичных исследований в России и в других странах мира не проводилось. Разработаны приемы управления продукционным процессом пшеницы (*Triticum dicossum*), а именно впервые в условиях Московской области изучена возможность возделывания полбы по органической технологии с применением препарата азотфиксирующих бактерий и регуляторов роста на примере сортов Янтаря и Здрава. Разработаны приемы управления продукционным процессом батата (*Ipomoea batatas L.*) - впервые в условиях Московской области установлены закономерности органогенеза батата, закономерностей фотосинтетической деятельности (особенности развития ассимиляционной поверхности, динамика накопления сухого вещества, варьирование показателей продуктивности фотосинтеза и т.д) путем целенаправленного управления продукционным процессом за счет применения биологических препаратов и удобрений.

15. В рамках проекта по разработке полифункциональной платформы по высокопроизводительному фенотипированию растений с использованием оригинального программно-аппаратного комплекса для регуляции световых режимы культивирования растений в условиях разного соотношения красного и дальнего красного света в спектре оптического излучения на растениях ряда видов салатно-зеленных культур получены экспериментальные данные для исследования анализирующих фонов для платформы фенотипирования с целью выявления внутривидовой изменчивости на уровне фоторецепторной фитохромной системы.

В экспериментах на специализированном модуле по фенотипированию растений и регистрации никтинастических движений их органов получены фундаментальные научные данные по участию фитохромной системы в регуляции суточных движений листьев у растений фасоли обыкновенной. В ходе исследований усовершенствованы методы обработки и анализа изображений в технологии массового фенотипирования растений на основе компьютерного зрения и машинного обучения.

16. Проект «Разработка наукоемких технологий интенсивного культивирования растений («умная» сити-ферма)»: по итогам экспериментов с растениями томата и салата получены результаты мирового уровня, дающие материал для физиологического обоснования технологии светокультуры в системах интенсивного культивирования (протоколы тонкой физиологической регуляции продукционного процесса в системах



интенсивного культивирования). В ходе экспериментов впервые получены фундаментальные научные данные по изменению изотопного состава углерода биомассы в результате фотосинтеза и фотодыхания в условиях разных световых режимов.

Получены оригинальные данные по состоянию фотосинтетического аппарата растений при разном соотношении красного и синего света в спектре оптического излучения при фоновом уровне плотности потока фотонов зеленого света, в том числе – по организации работы устьичного аппарата. Установлено действие разного соотношения ППФ в отдельных диапазонах ФАР на накопление компонентов эфирных масел в растениях базилика. Полученные фундаментальные данные представляют особый интерес для разработки промышленной светокультуры в вертикальных теплицах.

17. Реализован первый этап в «облаке» рамочной интеллектуальной системы поддержки принятия решений (СППР) по агроэкологической оптимизации адаптивных систем земледелия и гибких элементов агротехнологий. Проведена детальная цифровая съемка мезо-, микро-рельефа и почв пяти представительных рабочих участков на территории Центрального, Поволжского и Уральского федеральных округов – с отбором и анализом почвенных образцов на содержание гумуса, рН и содержание доступных растениям форм основных элементов питания – с точной привязкой точек и элементарных участков отбора. Проведен посев в рекомендованные оптимальные сроки (на 3-х рабочих участках) и со сдвигом сроков (на 2-х рабочих участках) и всех агротехнологических операций по 2-м уровням интенсивности применяемых гибких элементов технологий. С Омским ГАУ в июне 2020 года заключен договор на «Проведение научных исследований в области агроэкологического мониторинга, моделирования и прогнозирования экосистем».

***ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии»***

1. Произведено ампликонное секвенирование (16s rDNA) образцов почвы, собранных в первые два цикла севооборота на опытном поле Вологодской ГМХА с итоговым выходом не менее 15 тыс прочтений на образец. Произведена первоначальная обработка результатов. По результатам заметны изменения микробного состава почв на второй фазе опыта (выращивание растений в севооброде, второй год опыта). Пока-

зано, что на второй год эксперимента микробиом используемых под севооборот почв существенно отличается от микробиома почв, оставленных под паром. Этот эффект не выражен в микробных сообществах первого года эксперимента.

2. Проведены вегетационные опыты на салате по изучению эффективности 5 штаммов эндофитных бактерий, выделенных из семян озимой пшеницы и отобранные на основании изучения функциональных свойств для растений хозяев. Показано, что два штамма достоверно – на 31,6-118,9% увеличивали урожай растений, а два других штамма снижали продуктивность растений на 46,5-71,5%. Возможно, ингибирующий эффект связан с высоким титром бактериальной суспензии при обработке проростков салата.

3. Проведены вегетационные опыты на салате с минеральными удобрениями, биомодифицированными штаммами эндофитных бактерий, выделенных из семян озимой пшеницы и способных сохраняться длительное время на сухих субстратах носителях – диатомите и экокремнии. Полученные данные учета биомассы салата показали, что использование агрономически полезных эндофитных бактерий для обработки гранул минеральных удобрений способно существенно увеличить эффективность минеральных удобрений. Так, применение эндофитных бактерий на носителе- диатомите увеличивало продуктивность салата на 10,9-24,4% по сравнению с применением немодифицированных минеральных удобрений, а применение эндофитных бактерий на носителе-экокремнии увеличивало продуктивность салата на 27-27,4% по сравнению с применением немодифицированных минеральных удобрений. Таким образом, можно сделать вывод, что нанесение бактерий на гранулы минеральных удобрений способно существенно увеличить эффективность минеральных удобрений и продуктивность растений салата.

4. В результате проведённой работы отобрано 18 штаммов ассоциативных ризобактерий родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Agrobacterium* с высокой рост-стимулирующей и фунгицидной активностью.

5. Оценка фунгицидной активности на изученных фитопатогенных грибах (*Alternaria*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium sporotrichioides*, *Clostridium*, *Botrytis cinerea*) показала, что ряд штаммов, обладают более ярко выраженной активностью. Наилучшие результаты по подавлению фитопатогенных грибов показали штаммы *Bacillus*

*amyloliquefaciens* шт. SER, *Pseudomonas* sp. ПГ-5, а также штамм 2П-7.

6. Изучен эффект от совместной инокуляции вики посевной *Vicia sativa* коммерческим штаммом *Rhizobium leguminosarum* RCAM0626 и пятью штаммами, выделенными из клубеньков реликтовых бобовых растений *Oxytropis popoviana* и *Astragalus chorinensis*, в условиях микровегетационного опыта. Показано, что совместная инокуляция в ряде случаев сопровождается увеличением количества клубеньков и повышением общего уровня азотфиксирующей активности.

7. Проведен сбор растительного материала на различных стадиях развития *Medicago lupulina* для выделения ДНК и РНК. Из листьев *Medicago lupulina* выделена ДНК для сборки генома, а также РНК для анализа транскриптома (32 пробы). Проводится сборка генома и транскриптома *Medicago lupulina*.

8. Заложены и проведены вегетационные опыты с целью отбора изолятов АМ-грибов по признакам симбиотической активности (параметрам микоризации) и эффективности грибов по отношению к растению-хозяину *Medicago lupulina*.

9. Проведен опыт по оценке влияния штаммов ризобий *Rhizobium leguminosarum* bv. *iciae* и *Sinorhizobium meliloti* на накопление продуктов метаболизма фосфолипаз С и D (инозитол-1,4,5-трифосфата, диацилглицерола и фосфатидной кислоты) в корнях растений гороха при инокуляции, а также при обработке ингибиторами фосфолипаз и гетеротримерного G белка. Были обобщены данные о влиянии фосфолипаз С и D, а также гетеротримерного G белка на развитие эффективного бобово-ризобияльного симбиоза.

10. Получены данные о влиянии различных концентраций фунгицидов Титул Дуо и Винтаж на ультраструктурную организацию клубеньков. Выявлены основные ультраструктурные аномалии, вызываемые действием фунгицидов.

11. Собран материал для изучения влияния фунгицидов Титул Дуо и Винтаж на функционирование клубеньков сорта Frisson при обработке растений через 10 и 20 дней после инокуляции ризобиями с помощью транскриптомного анализа.

12. Получена рассада томатов, подготовлены инокулюмы эффективных штаммов АЦК-утилизирующих и ИУК-продуцирующих ризобактерий (ростстимулирующий штамм *Variovorax paradoxus* 5C2, фитопатогенный штамм *Pseudomonas brassicacearum* Am3 и его мутант Т8-1 с пониженной активностью АЦК дезаминазы). Проведен веге-

тационный опыт для изучения влияния ризобактерий на устойчивость томатов к засухе.

13. Получены детальные характеристики ключевых симбиотически значимых блоков генов и генов, важных для формирования устойчивости к стрессовым факторам, а также характеристики чужеродных последовательностей генома штамма *Sinorhizobium meliloti* L6-AK89 высокоэффективного симбионта хозяйственно-ценной пастбищно-кормовой люцерны вида *M. lupulina*, выделенного в засоленном районе центра интрагрессивной гибридизации люцерны и включенного в мировую энциклопедию штаммов клубеньковых бактерий и архей (GEBA).

14. Впервые в мире проведено секвенирование генома «афганской» разновидности гороха (сорт Afghanistan), характеризующегося высокой специфичностью взаимодействия с клубеньковыми бактериями, с использованием технологий Illumina и Oxford Nanopore. Создана сборка генома сорта Afghanistan, проанализирован состав генов, кодирующих рецепторные киназы, определяющие специфичность взаимодействия с клубеньковыми бактериями, и проведено сопоставление геномов сортов Frisson, Afghanistan, а также дикорастущей формы гороха *Pisum fulvum*.

15. Прототип разработанного нами биоинформатического инструмента для оценки качества геномных и транскриптомных сборок эукариот и прокариот на основании данных ресеквенирования оптимизирован с целью повышения скорости работы и совместимости с пользовательскими операционными системами. Добавлен функционал по определению видовой принадлежности анализируемой сборки.

16. Производился мониторинг опыта по изучению целлюлозолитического потенциала трех различных источников микробиомов с различной исходной целлюлозолитической активностью (почва ГМХА, черневой тайги, БАГС) и трех контрастных субстратов (бумага, солома овса, костра конопли) с периодическим добавлением субстрата, которое планируется проводиться до конца года.

**ФГУ ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии»**

**Российской академии наук**

Исследования в ФИЦ Биотехнологии РАН в 3-м квартале проводились по 5-ти научным направлениям Программы НЦМУ «Агротехнологии будущего».

## **Направление 1. АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ РОССИИ В ИНТЕРЕСАХ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ МИНИМАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА.**

1. В рамках исследования выполнялись работы по действию хитозана и гидролизата хитозана на метаболическую активность *Fusarium oxysporum* и *Fusarium solani*, изучили действие полученных хитозанов от 2 до 60 кДа, (СД 95-98%), а также гидролизата хитозана (ГХ) на метаболическую активность (МА) *Fusarium oxysporum* и *Fusarium solani*.

Наибольший эффект на МА *F. oxysporum*, которая варьировала от 15 до 36%, проявляли хитозаны с ММ 20-60 кДа в концентрациях от 0.06 до 1.8 мг/мл. Далее мы использовали ГХ, который содержал в основной фракции молекулярные массы от 20 до 30 кДа, входящие в диапазон масс ингибирующих рост фитопатогенов. Исходя из полученных данных по патогенам рода *Fusarium*, определили, что рабочая концентрация ГХ, приводящая как минимум к 50% ингибированию роста составляет от 0.06 мг/мл до 1 мг/мл.

Определили МА *F. oxysporum* и *F. solani* при влиянии композитов ГХ в концентрации 0,25 мг/мл с фунгицидами (флудиоксонилем или дифеноканозолом) в диапазоне концентраций фунгицидов от  $25 \times 10^{-6}$  до  $25 \times 10^{-11}$  мг/мл. Композиты ГХ с фунгицидами проявили наибольшее противогрибное действие по сравнению с воздействием на фитопатоген фунгицидов. Так при концентрации флудиоксонила  $25 \times 10^{-7}$  мг/мл и ГХ, метаболическая активность *F solani* составила 12%, что в 2 раза меньше, чем при использовании ГХ и почти в 8 раз для флудиоксонила. Похожая картина наблюдалась у *F oxysporum*, при концентрации дифеноканозола  $25 \times 10^{-8}$  мг/мл, МА композита была в 3.3 раза меньше чем при его одиночном использовании.

Максимальный противогрибной эффект 85% был получен при использовании дифеноконазола в концентрации – от  $25 \times 10^{-7}$ , для флудиоксонила  $25 \times 10^{-8}$  мг/мл. Следует отметить, что метаболическая активность только ГХ или только фунгицидов была менее 50%, а активность от их совместного действия в композите в 2-3 раза выше. Таким образом, по результатам, полученным в экспериментах, была показан положительный эффект применения композитов синтетических фунгицидов с ГХ.

2. Установлены летальные и сублетальные концентрации биомассы

высокоактивных грибных штаммов (*F. solani*, *A. solani*, *R. solani*), вызывающие полную или частичную гибель указанных микроорганизмов. Подобраны оптимальные комбинации биомассы высоко-активного грибного штамма и коммерчески используемых фунгицидов (азоксистробина, флуди-оксонила и тебуконазола), вызывающих полное и пролонгированное ингибирование роста и развития *F. solani*, *A. solani*, *R. solani* в опытах *in vitro*.

3. При решении задачи «Секвенирование метагеномов почв, содержащих малоизученные группы микроорганизмов», выполнялись работы по кластеризация метагеномных контигов, сборка геномных последовательностей микроорганизмов – членов сообщества и определялись филогенетические положения новых микроорганизмов. В результате, из почвенного метагенома собраны последовательности геномов микроорганизмов – членов сообщества, включая представителей *Acidobacteria* и некультивируемых бактериальных филумов, а также полученные геномы идентифицированы по геномной таксономической системе.

## **Направление 2. УСКОРЕННАЯ СЕЛЕКЦИЯ ВЫСОКОУРОЖАЙНЫХ И УСТОЙЧИВЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ РАСТЕНИЙ, ОБЛАДАЮЩИХ ЗАДАНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ КАЧЕСТВА**

4. Проведен анализ зарубежных аналогов повышения надежности, объективности и прозрачности оценки рисков новой продукции сельского хозяйства растительного происхождения с использованием подхода «Безопасного проектирования» по результатам которого а) рассмотрены подходы, впервые в мире применяемые в регулировании Аргентины. Показана перспективность разработанного метода для оценки рисков новых линий/сортов, получаемых генетическими технологиями; б) показана применимость подхода Аргентины для других стран на примере нового правового регулирования Парагвая; в) оценен новый подход ЕС к оценке безопасности пищевых продуктов, в том числе, полученных новыми биотехнологиями.

5. Продолжены работы по транскрипционному анализу генов семейства монодегидроаскорбатредуктаз MDHAR, ассоциированных с накоплением аскорбиновой кислоты. В работе было определено содержание аскорбиновой кислоты (АК) и профиль экспрессии генов MDHAR1, MDHAR4 и MDHAR5 в различных частях растений лука-порея. Показано, что листьях всех анализируемых сортов

содержание АК было в 2.1-4.1 выше, чем в белой части. Транскрипты MDHAR выявлены во всех анализируемых частях лука-порея. Листья и белая часть растений лука-порея характеризовались высоким уровнем экспрессии всех трех генов. Данные экспрессии генов в сочетании с результатами биохимического анализа выявил, что уровень транскрипции гена MDHAR4 положительно коррелирует с количеством АК в белой части и зеленых листьях растений лука-порея.

### **Направление 3. НОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.**

6. При проведение серии экспериментов на различных сортах картофеля в условиях опытно-промышленной установки (вертикальная ферма) и полевого опыта: а) выявлены оптимальные значения базовых элементов технологии получения исходного материала картофеля различных сортов производственных сортов «Иноватор», «Ред Скарлетт», «Леди Клэр», «Лабадия». Технология позволяет получать миниклубни семенного картофеля на субстратной основе в условиях вертикальной фермы с динамическим освещением 5-6 раз в год в зависимости от цикла вегетации сорта; б) выявлен эффект повышения продуктивности сортов на 20-40% в последствии различных режимов освещения на стадии получения исходного семенного материала (*in vitro* растений); в) происходит расширение и анализ Базы данных по влиянию динамического освещения на морфогенез и продукционный процесс целевой культуры – миниклубней картофеля - с последующим проявлением на стадии получения семенного материала дочернего клубневого поколения в условиях вертикальной фермы и поля.

При выполнении работ по разработке методики получения стандартных саженцев перспективных сортов эфиромасличных культур для последующей высадки в грунт: а) создана *in vitro* коллекция перспективных видов эфиромасличных растений Крыма (4 сорта эфиромасличной розы – Лань, Кооператор, Крымская красная, Дамасская (казанлыкская)) для их последующего ускоренного размножения и введения в сельскохозяйственный оборот; б) разработана технология воспроизводства стандартных саженцев лаванды (сорт Рекорд, незарегистрированный сорт Синяя) товарной формы в условиях вертикальной фермы для последующей высадки в грунт. Идет наработка требуемого количества оздоровленных *in vitro* саженцев лаванды сорта Рекорд (согласно ГОСТ 3579-98); в) заключен договор №17-2021 от 06.08.2021г. на

выполнение НИР для продолжения научно-исследовательских работ с различными эфиромасличными культурами.

#### **Направление 4. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И ВАЛОРИЗАЦИИ МАЛОЦЕННОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА.**

7. Составлена заявка на получение патента на изобретение «Физическая имитационная модель для исследования компостирования», в т.ч. включая: а) проведение патентного поиска; б) составление описание изобретения, включая название, область и уровень техники, раскрытие патентуемого объекта; в) составление описания чертежей изобретения; г) составление реферата на изобретение, включая название, область техники, сущность и технический результат.

8. Проведен анализ профиля микробного сообщества биопленок, обрастающих электропроводящие материалы, а также их неэлектропроводящие аналоги при анаэробном сбраживании навозного стока свиного комплекса. Результаты анализа показали доминирование гидрогенотрофных метаногенов рода *Methanothermobacter* и бактерий класса *Limnochordia*, который в основном был представлен некультивируемой группой MVA03. Согласно последним данным, данная группа предположительно является синтрофной. В значительном количестве были представлены целлюлозолитические и гидролитические бактерии родов *Ruminiclostridium* и *Hydrogenispora*, а также бактерии группы HN-NF0106. В архейной составляющей сообщества для проб с нержавеющей сталью было отмечено самое низкое содержание *Methanosarcina*, которые довольно часто являются индикаторами дестабилизации процесса.

#### **Направление 5. ПОИСК И СОЗДАНИЕ БЕЗОПАСНЫХ, КАЧЕСТВЕННЫХ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОРМОВ И ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

9. По проекту «Разработка и апробация тест-систем для экспрессной внелабораторной диагностики приоритетных карантинных заболеваний разных групп сельскохозяйственных растений» на основании выбранного на предыдущих этапах амплификационного подхода (каталитическое усиление благодаря Pt-Au нанозиму) проведена апробация иммунохроматографической тест-системы с усилением сигнала в экстрактах листьев растений. На основании предложенных на предыдущих этапах



комбинированных систем, включающих рекомбиназную полимеразную амплификацию и тест-полоски для детекции ампликонов, проведена разработка экспрессной тест-системы для выявления вируса мозаики люцерны и ее апробация в экстрактах листьев растений.

Проведен сравнительный анализ подходов для детекции фитопатогенов, основанных на применении изотермической амплификации, и современных решений по адаптации этих методов к внелабораторной диагностике.

Получены следующие результаты по проекту в третьем квартале 21 года: а) Для иммунохроматографических тест-систем с каталитическим усилением на примере детекции *Erwinia amylovora* – возбудителя бактериального ожога плодовых культур – показано, что усиление сигнала приводит к снижению предела обнаружения в 50 раз при анализе экстрактов листьев растений; б) Для выявления вируса мозаики люцерны, поражающей широкий круг сельскохозяйственных растений, разработана и апробирована экспрессная тест-система, включающая рекомбиназную полимеразную амплификацию и тест-полоски для детекции ампликонов. Тест-система применима для анализа растительных проб без использования инструментального обеспечения специализированных лабораторий; в) Подготовлен обзор по внелабораторной детекции фитопатогенов, включающий все основные методы изотермической амплификации.

10. В рамках выполнения проекта «Экология бактериофагов и средства биоконтроля в агро- и пищевых технологиях» были поставлены три задачи:

- Подготовка культур патогенов гидробионтов для выделения бактериофагов.
- Получение первичных изолятов бактериофагов ихтиопатогенных бактерий
- Подготовка изолятов лактофагов для дальнейшей характеристики.

По итогам выполнения вышеуказанных задач получены следующие результаты:

✓ Получена первичная коллекция изолятов бактериальных патогенов рыб, проведена очистка и видовая идентификация изолятов;

✓ Проведен скрининг образцов окружающей среды на присутствие бактериофагов к полученной коллекции изолятов. Выделено 14 новых бактериофагов против ихтиопатогенных бактерий, проведена их характеристика методом

трансмиссионной электронной микроскопии. Подготовлен материал для полногеномного секвенирования. Получены полные геномные последовательности трех модельных бактериофагов, инфицирующих штаммы *E. coli*, продуцирующих О антигены, охарактеризованные в структурном и функциональном (неспецифическая защита от фаговой инфекции);

✓ Получены рабочие изоляты лактофагов, проведенные через процедуру биологической очистки.

11. В продолжении серии работ по проекту «Направленный поиск и метаболическая инженерия новых метанотрофных бактерий как продуцентов кормового белка для высокоэффективной аквакультуры» полученные ранее новые штаммы термотолерантных метанотрофов рода *Methylococcus*, показали высокие ростовые характеристики при выращивании в ферментере, соответствующие таковым у ранее известных штаммов-продуцентов. Полные последовательности геномов новых штаммов были определены и депонированы в ГенБанк, что позволило утроить число ныне доступных полных последовательностей геномов метанотрофов рода *Methylococcus*. Проведенный сравнительный анализ всех ныне имеющихся полных последовательностей геномов метилококков позволил впервые выявить ряд отличий в арсенале генов ряда центральных метаболических путей различных штаммов, а также особенности пула мобильных элементов и профаговых регионов. Эти данные являются основой для обоснованного выбора наиболее перспективного штамма-продуцента.

12. Были выполнены следующие работы по поставленной задаче проекта «Расшифровка и сборка геномов штаммов дрожжей используемых в отечественном виноделии из коллекции КМВ Магарач»:

а) Микробиологической и технологической характеристика коллекционного штамма дрожжей I-525 (Севастопольская 23) – в результате были охарактеризованы с помощью микробиологических и технологических методов два штамма I-525. Показано, что технологические свойства этого штамма сохранились и он пригоден для дальнейшего геномного анализа;

б) Выделение геномной ДНК и подготовка геномной библиотеки штаммов дрожжей I-525 для высокопроизводительного секвенирования на платформах Illumina

(MiSeq) и Oxford Nanopore (MinION) – по итогу была выделена геномная ДНК штамма I-525 пригодная для высокопроизводительного секвенирования в количестве 3.1 мкгр.;

в) Секвенирование сконструированных в втором квартале геномной библиотеки штамма I-448 – в результате была просеквенирована геномная библиотека штамма I-448.

13. Проведен биоинформатический анализ полученных виромов винограда коллекций Дагестанской селекционной опытной станции виноградарства и овощеводства и Дагестанской опытной станции ВИР. Обнаружены экономически важные вирусы.

14. В рамках проекта «Разработка технологий получения рекомбинантных белков в растениях-«биофабриках»» были выполнены следующие работы: 1. Агроинфильтрация растений *Nicotiana benthamiana* агробактериями, несущими экспрессионные векторы, кодирующие рецептор связывающий домен коронавируса SARS-Cov2, присоединенный к бактериальному флагеллину. Выделение суммарных белков из зон агроинфильтрации, анализ полученных белков с помощью SDS-PAGE и вестерн-блоттинга. По результату работ были выполнены эксперименты по экспрессии гибридных белков, состоящих из рецептор связывающего домена коронавируса SARS-Cov2, присоединенного к бактериальному флагеллину, в растениях; очистка белковых препаратов гибридных белков, выделенных из растений, с помощью металл аффинной хроматографии с использованием 6His тага. По результатам выполнения экспериментов по экспрессии гибридных белков, состоящих из рецептор связывающего домена коронавируса SARS-Cov2, присоединенного к бактериальному флагеллину, в растениях и получен препарат растительного белка, состоящего из флагеллина и рецептор связывающего домена коронавируса SARS-Cov2, выделенный из растений *Nicotiana benthamiana* в количествах, необходимых для анализа препарата с помощью SDS-PAGE и вестерн-блоттинга.

15. При проведении исследований по получению рекомбинантных штаммов мутантной  $\alpha$ -галактозидазы, получены плазмиды aGALm(1-6), содержащие ген с мутациями, кодирующими ферменты с заменами S63H, V69R, A252I, A316M, A557P, A646M были трансформированы в реципиентный штамм *Penicillium verruculosum* 537, ауксотрофный по гену *niaD*, кодирующий нитратредуктазу;

Для каждой из 6-ти мутантных конструкций были отобраны по 20 трансформантов. Критерием отбора клонов на селективной среде с нитратом натрия являлось наличие полосы на электрофореграммах после проведения SDS-PAGE. Ожидаемая молекулярная масса  $\alpha$ -галактозидазы составляла 76 кДа.

Также, были выполнены исследования по получению продуцентов маннаназы *T. longibrachiatum* и пектиназы *A.niger*, результаты которых представлены ниже:

- Используя ПЦР-метод были амплифицированы гены *manB* и *pelA*. В качестве матрицы использовались геномные ДНК, выделенные из лабораторных штаммов *Trichoderma longibrachiatum* и *Aspergillus niger*. Клонирование генов в вектор pUC-SBNI проводилось методом независимого лигирования. В результате были получены плазмиды pMAN and pPEL.

- Трансформация штамма-реципиента *P.verruculosum* 537 проводилась CaCl<sub>2</sub>-PEG модифицированным методом. Частота трансформаций составила 50-60 рекомбинантных клонов на 1 мкг ДНК, отобранных на селективной среде с нитратом натрия.

- Проведено культивирование отобранных рекомбинантов (по 20 клонов для каждой конструкции) в малых объемах (100 мл) для определения наиболее активного трансформанта. Максимальная ферментативная активность при культивировании в качалочных колбах: для продуцента маннаназы по галактоманнану составила 150-160 ед/мл, для продуцента пектиназы по цитрусовому пектину – 25-30 ед/мл

16. В третьем квартале в рамках проекта «Разработка технологий новых органических ферментированных продуктов функционального питания» выполнялись две основные задачи:

- Разработка технологии получения рекомбинантного растительного гемоглобина (леггемоглобина);

- Изучение метаболомного профиля коллекционных штаммов молочнокислых бактерий (сахара, спирты, органические кислоты, витамины, биоактивные пептиды, бактериоцины, летучие ароматические соединения и др.).

При сравнении свойств леггемоглобина (Lb), выделенного из клубеньков бобовых и экспрессированного в клетках *E. coli*, в частности, по функционированию в условиях окислительного стресса по первой задаче были получены - клетки *E. coli*,

синтезирующие Lb, были более чувствительны к индукторам окислительного и нитрозативного стресса, чем клетки без Lb, что связано с включением Lb в обмен активных форм кислорода и усилением стрессовых условий в клетках. Lb способен обезвреживать органическую перекись – пероксид трет-бутила благодаря пероксидазной активности.

При изучении профиля летучих ароматических соединений коллекционных штаммов молочнокислых бактерий при ферментации молока с использованием метода ГХ-МС по второй задаче были получены профили летучих ароматических соединений 9 отобранных на предыдущем этапе выполнения работ штаммов молочнокислых бактерий при ферментации молока. Среди идентифицированных соединений, такие как короткоцепочечные жирные кислоты, альдегиды, кетоны и др.

### ***ФГУ ФИЦ «Информатика и управление» Российской академии наук***

1. В рамках направления «Исследование и разработка Цифровой платформы для управления АПК России (ЦПУ АПК)» в 3-м квартале получены следующие значимые научные результаты:

- разработан перечень моделей и методов формирования планов, осуществления постоянного мониторинга в реальном масштабе времени их исполнения и корректировки на основе анализа всей совокупности данных о текущей обстановке и сложившихся условиях (реализация третьей очереди моделей и методов).

2. В рамках направления «Исследование и разработка Цифровой Платформы совместного использования данных дистанционного зондирования Земли в интересах АПК России (ЦПДЗЗ)» получены следующие значимые научные результаты:

- реализованы модели и методы создания высокоточных мультивременных, мультиспектральных и мультимасштабных покрытий территорий на основе комплексирования снимков, а также комплексирования данных ДЗЗ различных спектральных диапазонов для обнаружения и идентификации состояния объектов местности с использованием экспертных систем (третья очередь моделей и методов).

3. В рамках направления по созданию Цифровой Платформы Информационно-Аналитической Поддержки научно-исследовательской деятельности в области АПК

(ЦПИАП) получены следующие значимые научные результаты:

- реализованы модели и методы, на основе которых осуществляется анализ больших коллекций научно-исследовательских документов (десятки миллионов полнотекстовых документов из различных источников с масштабированием на массивы из сотен миллионов документов на русском, английском языках, немецком и китайском языках) (третья очередь моделей и методов).

### ***ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»***

1. Проведены экспедиционные полевые исследования в залежных агроэкосистемах Российской Арктики. Изучены агроэкосистемы Ямало-Ненецкого автономного округа и центральной Якутии. В частности, продолжены мониторинговые исследования агропочв и многолетнемерзлых пород поля уникальной Ямальской опытной станции (г. Салехард), существующей уже 100 лет. Проведено агрохимическое картирование поля и осуществлена аэрофотосъемка. Изучены почвы теплиц и парников рыбацких поселков, расположенных в Приуральском районе ЯНАО, эти высоко окультуренные почвы расположены севернее полярного круга, это очень интересные объекты, которые после химического и метагеномного анализа послужат источником информации о драйверах актуального плодородия криогенных агропочв в условиях присутствия многолетнемерзлых пород.

2. Проведены полевые исследования высокопродуктивных почв черневой тайги Западной Сибири в окрестностях г. Томск. Выполнены морфологические описания почвенных профилей, отобраны пробы почв для определения химического состава, агрохимических параметров и выделения ДНК.

3. Проведены полевые исследования залежных и фоновых (зональных) почв Внешних островов Финского залива. Эти почвы представляют уникальную модель постагрогенной динамики залежных почв в условиях полного отсутствия влияния человека в период после Второй Мировой войны.

4. Проведены полевые исследования почв г. Якутска и его окрестностей. Изучены урбопочвы, агропочвы, почвы рекультивированных карьеров, почвы, сильно пострадавшие от летних пожаров 2021 г, а также фоновые почвы природных экосистем.

5. В рамках изучения механизмов регуляции стволовых клеток растений и развития меристем были получены данные о функции генов системы WOX-CLAVATA в регенерации растений, развитии запасающих органов (корнеплодов редиса, клубней картофеля) и симбиотических клубеньков у бобовых. Получены данные о роли азота во вторичном утолщении, у редиса, выявлены нитрат-регулируемые гены семейства CLE - RsCLE1 и RsCLE5. Получены композитные растения со сверхэкспрессией этих генов в корне, а также со сверхэкспрессией гибридного синтезированного гена RsCLE5-41, содержащего последовательности функциональных доменов генов RsCLE5 и RsCLE41. Получены 6 стабильных линий трансгенных растений люцерны (поколение T1) со сверхэкспрессией гена MtCLE35. Получены линии люцерны с редактированным геном MtCLE35, для которых подтверждено наличие мутации в этом локусе. Получены конструкции и штаммы агробактерий для анализа активности промоторов генов *StWOX4* и *StWOX5* у картофеля. Получены растения-регенеранты со сверхэкспрессией генов MtNF-YB10 и MtWOX2 для дальнейшего изучения влияния сверхэкспрессии данных генов на соматический эмбриогенез. Получены растения с трансгенной конструкцией MtWOX9-1-GFP для дальнейшего поиска мишеней транскрипционного фактора MtWOX9-1 с помощью методики ChIP-Seq.

6. В рамках изучения горизонтального переноса генов от агробактерий к растениям был продолжен сравнительный анализ тонкого полиморфизма *rolB|C*-подобного у видов рода *Vaccinium* различного географического происхождения. Летние месяцы были посвящены сбору материала в природных популяциях с целью расширения географии исследования. В ходе исследования было выявлено повышенное содержание глюкозы в чехлике корней растений с повышенным уровнем экспрессии *rolC* по сравнению с контролем, что согласуется с нашими данными, полученными ранее биохимическими методами.

7. В рамках изучения метаболизма флавоноидов у ржи изучена гистологическая локализация флавоноидных соединений на препаратах зерновок ржи: выявлены формы с отсутствием конечных полимерных продуктов (проантоцианидинов), что позволяет сузить круг генов-кандидатов для мутаций, влияющих на синтез флавоноидов. В ходе полевой работы проведена изоляция растений ржи - гибридов первого и второго поколения от скрещивания линий, несущих ген безантоциановости ржи Vs в разных

аллельных состояниях. Проведён посев озимой ржи для получения материала для анализа транскриптомов 10 линий ржи, запланированного на 2022 год. Отработан метод одновременного выделения антоцианов и флавоноидов из вегетативных (колеоптиль, первый лист, корни) и генеративных (цельные зёрна) частей растений ржи; оптимизирован протокол хроматографического и масс-спектрометрического анализа этих соединений на оборудовании РЦ “Методы анализа состава вещества” Научного Парка СПбГУ. В рамках задачи по анализу влияния разных типов удобрений в сочетании с бактериями (биоудобрения) получены результаты по фенотипическим параметрам растений пшеница сорта Дарья (высота растений, вес зерна с одного растения, масса 1000 зёрен) для 3 вариантов минеральных удобрений в сочетании с 4 штаммами бактерий, на основе этого определена комбинация удобрения и штамма наиболее эффективно повышающая продуктивность пшеницы.

8. В ходе выполнения работ по задаче «Баркодирование и описание новых таксонов клещей с экономически значимых и эндемичных групп растений» получены и депонированы в базе данных Genbank последовательности маркерных генов новых вредоносных представителей клещей надсемейства Eriophyoidea. Выявлены новые потенциально опасные виды клещей, связанные с аборигенными и интродуцированными видами высших растений на территории Европейской части РФ. Установлена высокая поражающая способность галловых клещей в отношении дикоросов-ягодников (морозка, клюква, брусника, черника, голубика и другие), что необходимо учитывать при планировании ягодных плантаций в таежной зоне. Найдено значительное количество видов галловых клещей американского происхождения, потенциально способных наносить урон отечественному сельскому хозяйству, в частности крупногнатосомные ринкафитоптиды на орешнике, вредоносные клещи-ацерии, поражающие соцветия лекарственных растений (эхинацея, шалфей), а также клещи-трисетакусы, уничтожающие семена можжевельников и других хвойных. В части работ по секвенированию генов галловых клещей проведена работа с аннотированными ранее полными последовательностями генов рибосомального кластера экономически значимых видов эриофиоидей, включая орешникового, смородинового и земляничного клещей. Показана высокая консервативность участков генов, соответствующих стемовым фрагментам кодируемых молекул РНК, и существенная вариабельность участков, соответствующих



петлевым участкам кодируемых РНК. Обнаружены новые уникальные апоморфии галловых клещей на уровне вторичной структуры ядерной РНК – вставки длиной от 200 до 400 нуклеотидов между каноническими сегментами генов 18S и 28S. В течение полевого сезона были собраны образцы галловых клещей для филогеномного исследования – 30 образцов (всего порядка 12000 особей). Проведена оптимизация протоколов экстракции ДНК клещей для полногеномного секвенирования, получены пробные геномные библиотеки и черновые геномы двух видов галловых клещей с целью оценки качества получаемых библиотек, уровня контаминации образцов и необходимого покрытия. Проведена аннотация метагенома земляничного клеща, вызывающего образование галлов на листьях земляники.

9. В отчетный период было выделена тотальная ДНК из образцов субстрата, пяти отделов кишечника дождевых червей *Eisenia fetida* и *Dendrobaena veneta*, а также из субстрата, прошедшего по пищеварительной системе червей. 90 образцов ДНК переданы в РЦ «РМиКТ СПбГУ для метагеномного секвенирования и последующего сравнительного анализа (1) зональности микробиоты кишечника двух видов олигохет; (2) Динамики микробиома субстрата по мере прохождения по кишечнику; (3) различий состава микроорганизмов в конечном субстрате после переработки разными видами олигохет. Проведен сравнительный химический анализ двух типов субстрата для обитания дождевых червей: типичный субстрат (торф и доломитовая мука) и экспериментальный субстрат – илы сточных вод после стандартной производственной очистки, предоставленные компанией «Аквафор». После содержания червей *Eisenia fetida* в сточных илах выявлено существенное возрастание зольности и уменьшение содержания органических веществ, вызванное жизнедеятельностью червя. Кроме того, в полученном вермикомпосте отмечено уменьшение показателей рН как в случае *Eisenia fetida*, так и в случае *Dendrobaena veneta*. В вермикомпосте, полученном от *Dendrobaena veneta* значительно возрастает содержание подвижного фосфора (микроэлемента, необходимого для питания растений), в то время как в случае *Eisenia fetida* содержание подвижного фосфора не меняется по сравнению с контрольным образцом. Полученные данные свидетельствуют о потенциально различном составе микробиома двух видов дождевых червей, что сказывается на химических свойствах получаемого вермикомпоста. Это предположение будет прямо верифицировано результатами мета-

геномного анализа (см. выше). При этом оба вида червей способны к переработке такого субстрата как илы.

10. Из полученных во втором квартале 9 трансгенных растений люцерны, несущих варианты гена гамма-интерферона курицы, 5 растений достигли цветения и плодоношения (1 растение с нативным геном целевого белка и 4 - с модифицированным вариантом trII этого гена). Методом ПЦР доказана трансгенность растений. Методом ОТ-ПЦР подтверждена экспрессия трансгена. Получены семена всех 5 растений. Дальнейший анализ полученных трансгенных растений включает определение сайтов встраивания векторных конструкций в геном. Для этой цели планируется использовать метод «прогулки по геному» Stepwise partially overlapping primer-based PCR for genome walking. Кроме того, будет проведена оценка уровня экспрессии трансгена, наличия целевого белка и уровня его продукции.

11. Проанализировали экспрессию генов метаболизма метанола (MUT-генов). Было показано, что при культивировании *P. pastoris* в средах с пролином наблюдается снижение активности MUT-генов по сравнению со средами с сульфатом аммония. Регуляция пролином затрагивает все этапы метаболизма метанола – снижается экспрессия генов алкогольоксидаз (AOX1, AOX2), генов, чьи продукты обеспечивают диссимиляцию метанола (FLD1, FGH1, FDH1) и генов, обеспечивающих ассимиляцию и синтез глицеральдегида (DAS1, DAS2, DAK1, TPI1, FBA2). Также снижается уровень транскрипции генов, обеспечивающих защиту от реактивных форм кислорода, образующихся при окислении метанола (CAT1, SOD1, PMP20). Таким образом, при культивировании *P. pastoris* в средах с пролином на транскрипционном уровне происходит подавление экспрессии известных MUT-генов, вовлеченных во все этапы метаболизма метанола.

***ФГБ НУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений  
имени Н.И. Вавилова».***

В рамках разработки платформы для ускоренной селекции высокоурожайных и устойчивых сортов и гибридов растений, обладающих заданными характеристиками качества, отрабатываются методы культивирования *in vitro* растений с учетом видо- и генотип-специфических особенностей; на основе масштабного фено- и генотипирования

ния создаются базы данных фенотипических и генотипических характеристик изучаемых выборок многолетних и однолетних культур (не менее 3 культур, не менее 3 тыс. растений); охарактеризовываются гены-мишени; выбираются оцененные на регенерационную способность генотипы для редактирования зернобобовых культур с целью создания конкурентоспособных сортов для рентабельного производства.

В 3-м квартале получены следующие результаты:

Проект 1. Создание идентифицированного генофонда и платформы для геномной селекции. Объектами являлись яровые злаковые: пшеница мягкая, овес и ячмень, плодовые - груша. В рамках решения поставленных задач за отчетный период было выполнено: Выборка 184 образцов пшеницы, происхождением – 50% Россия (24 региона), 50% Германия (в каждой субвыборке по 50% староместные и современные сорта) была генотипирована на базе компании TraitGenetics (Германия) с использованием SNP-чипа на платформе Illumina. В отчетный период продолжен GWAS анализ с применением программного пакета TASSEL и программного пакета R.

Для выборки пшеница среди значимых маркеров были выявлены SNP, связанные с геном Vrn. Запланировано ресеквенирование данного гена для образцов изучаемой выборки. Подсчет маркеров продолжается. Образцы данной выборки высеяны в условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Проводится фенотипирование образцов по основным селекционно ценным признакам пшеницы в соответствии с методическими указаниями ВИР. Начиная с 2022 г. – данная выборка будет высеяна как минимум в 3 эколого-географических зонах. Проведен ассоциативный анализ «генотип-фенотип» по данным 2020 г.

Продолжено фенотипирование по основным хозяйственно ценным признакам выборки из 200 образцов овса, представленных, современными высокопродуктивными пленчатыми и голозерными сортами российской и зарубежной селекции и уникальными староместными образцами, обладающими повышенной адаптивностью, которые были собраны Н.И. Вавиловым и его соратниками в 1920-1930 гг. во время многочисленных экспедиционных обследованиях стран мира. Выборка высеяна на полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Стандартом являются районированные в Ленинградской области сорта овса, которые располагаются в посевах через каждые 20 делянок. Для 100 образцов овса выполнен анализ по определению содержания

$\beta$ -глюканов по методике, которая в ВИР поставлена впервые в рамках ЦМУ. Получены следующие результаты: диапазон варьирования  $\beta$ -глюканов на сухое вещество составлял от 2,17 до 4,50 %, среднее значение - 3,47 %. Для выборки из 100 образцов овса выделена ДНК. В 2022 г. планируется генотипирование данной выборки и GWAS анализ.

Выборка ячменя ярового высеяна в полевые условия НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Выборка из 200 образцов представлена современными высокопродуктивными пленчатыми и голозерными сортами российской и зарубежной селекции и уникальными староместными образцами, обладающими повышенной адаптивностью, которые также были собраны Н.И. Вавиловым во время экспедиционных обследований стран мира. Проводится фенотипирование по первому году изучения в полевых условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории». Данная выборка будет генотипирована и запланирован GWAS анализ.

В отчетный период была сформирована выборка из 200 сортов груши из коллекции генетических ресурсов Майкопской опытной станции ВИР, включающая генотипы выделяющиеся по следующим признакам: высокая вкусовая оценка (4,5-5,0 баллов) – 46 сортов, высокое содержание сахаров – 45, высокое содержание аскорбиновой кислоты – 46, увеличенная масса плодов (200-360 г) – 47. Выборка является уникальной, включает образцы народной селекции Кавказа, а также сорта, полученные на Майкопской опытной станции ВИР. Было выполнено фенотипирование по первому году изучения. Образцы подготовлены для выделения ДНК, из 130 образцов выделена ДНК. Планируется проведение генотипирования выборки и дальнейший GWAS анализ.

Проект 2. Создание конвейеров сортов бобовых культур с заданными свойствами.

В отчетный период было выполнено фенотипирование 19 образцов вигны овощного направления использования из коллекции ВИР, отличающихся по срокам созревания. Образцы данной выборки были высеяны в полевые условия Астраханской опытной станции филиала ВИР. Осуществляли два сбора бобов за время вегетации. Изучено 11 фенологических признаков, 16 хозяйственно-ценных и морфологических признаков. Для увеличения продолжительности сбора бобов лучшие образцы были высеяны в 3-х повторностях в разные сроки сева: 6 мая, 26 мая и 18 июня и проанали-

зированы по перечисленным признакам. Выявлены источники детерминатного типа роста растений и высокой продуктивности бобов у образцов, имеющих разную продолжительность периода вегетации. В отчетный период нами проведен *in silico* анализ FT-подобных генов, а также идентифицированы последовательности гомологов гена FT в геноме вигны. Гомологи FT в геноме вигны *V. unguiculata* ранее описаны не были, также не был проведен анализ структуры гомологичных последовательностей. Было идентифицировано 6 последовательностей гена FT в геноме вигны. Экзон-интронная структура всех обнаруженных FT-подобных генов одинакова, гены состоят из 4 экзонов и 3 интронов. Для дальнейшего ресеквенирования аллелей образцов экспериментальной выборки нами сконструированы праймеры к генам *Vigun04g109500* и *Vigun01g084000*. С целью поиска аллельных различий в последовательности гена TFL1 было выполнено ресеквенирование гена у сорта Лянчихе. Секвенирование осуществлялось на генетическом анализаторе 3500 xL Applied Biosystems. Анализ полученных секвенограмм был выполнен с помощью программного обеспечения Unipro UGENE v39.0. Относительно референсной последовательности *Vigun01g173000* (<https://legumeinfo.org>) было обнаружено пять однонуклеотидных инсерций, три из которых расположены в 5'-UTR, по одной инсерции во втором и третьем интронах. Выявленные инсерции предположительно не оказывают влияния на функцию гена TFL1. На следующем этапе работы запланировано ресеквенирование TFL1 у других образцов экспериментальной выборки, а также разработка праймеров к промоторной области гена с целью дальнейшего ресеквенирования этого региона.

За отчетный период для оценки регенерационной способности и получения каллуса для использования в генно-инженерных исследованиях различные типы эксплантов микрорастений в культуре *in vitro* 8 образцов вигны и 5 образцов сои были высажены на 8 вариантов питательных сред, содержащих различные регуляторы роста (ИУК, 6-БАП, гибберелловая кислота, кинетин, 2,4-Д) в разной концентрации. В работе использовали различные типы эксплантов (семядоли, сегменты стебля, листья).

Проведено полевое фенотипирование 30 образцов гороха овощного, включающая образцы с наличием рецессивных аллелей гена AF (*Afila*), приводящего к трансформации листочков в усики – мутацией, получившей наибольшее распространение в селекционных программах. Данная выборка высеяна в полевые условия Крымской

опытной станции филиала ВИР. Отобрано 20 элитных форм для генетического анализа как исходного материала для селекции. Проведено более 100 скрещиваний. Впервые в условиях Краснодарского края ВИР и ВНИИСХМ изучено влияние инокуляции производственными штаммами ризобияльных бактерий на скорость вегетации овощного гороха, в частности, на продолжительность стадии технической спелости. Данные свидетельствуют о том, что применение препарата приводит к увеличению различных биометрических параметров, включая биомассу растений. Отмечена сортоспецифическая реакция на инокуляцию по уровню урожайности и увеличению плотности зерна в процессе созревания. Последний параметр определяет степень пригодности овощного гороха для переработки. Для решения задачи по выявлению полиморфизма генофонда гороха (*Pisum L.*) на содержание амилоидов в зерне, была сформирована выборка гороха из коллекции ВИР в количестве 12 образцов, учитывающая разнообразие рода *Pisum L.* по следующим параметрам: видовая принадлежность (2 вида – культурный – *P. sativum L.* и дикий *P. fulvum Sibth et Smith.*); направление использования (зерновое, кормовое и овощное); время поступления в коллекцию; географическое происхождение. Выборка выращена на экспериментальных полях ВИР в г. Пушкине (Ленинградская обл.). Бобы для анализа брали в фазу налива зерна (через 20 дней после опыления) и зрелых семян. Бобы переданы для фундаментальной оценки в ВНИИСХМ.

Полученные результаты являются основой для развития технологий маркер-ориентированной селекции и заделом для селекции следующего поколения (NGB), в частности, для геномного редактирования изучаемых генов-мишеней.

### ***ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева***

1. Создание технологии картографирования и мониторинга почв на основе данных георадарного профилирования. Суть создаваемой технологии заключается в получении информации о свойствах почв на различной глубине без вскрытия почвенного разреза. Для этого необходим большой объем полевых данных, которые служат для калибровки и верификации создаваемой технологии. Работы в 3-м квартале были посвящены именно этому, а также апробации технологии на примере ряда свойств почв (цвет почвы, влажность, набухаемость, грансостав, диэлектрическая проницаемость).

Технология призвана прийти на смену традиционных подходов картографирования почв, которые предусматривают заложение большого количества почвенных разрезов и лабораторный анализ большого количества почвенных образцов. Традиционные подходы являются очень трудоемкими и затратными. Разработанная нами технология позволяет их значительно удешевить и сделать более оперативными и точными.

В мире существуют аналогичные отрывочные исследования по определению влажности и грансостава почв, но работы по определению набухаемости и цвета почв, судя по обзору научной литературы, проведены исследователями ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева впервые.

2. Разработка методов получения информации о почвах на основе краудсорсинговых технологий (под руководством молодого ученого). Суть разрабатываемых методов состоит в попытке получения дополнительной информации о почвах какой-либо территории на основе специализированного анализа геопривязанных фотографий ее открытой поверхности. Создание почвенных карт является трудоемким, длительным и затратным процессом. Основной проблемой при создании почвенных карт является недостаток фактических данных о состоянии почв. Разрабатываемые методы позволят получать дополнительную информацию о почвах, используя фотографии, полученные волонтерами или размещенными в интернете, которая будет использована при создании и уточнении почвенных карт.

Подобные подходы в мире отсутствуют. Есть единичные публикации в научной литературе, но, в основном, направленные на анализ фотографий профиля почв и на анализ фотографий, полученные в predetermined условиях съемки. Подходы, аналогичные тем, которые проведены в ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева в мировой литературе отсутствуют.

Проведены полевые работы по сбору первичных данных. Совершено 12 полевых выездов, собрано 543 фотографии и 1145 спектров отражения почв и посевов на ключевых полях в Тверской, Московской и Тульской областях. В камеральных условиях проведен анализ 65 фотографий, проведена подготовка к анализу данных о спектральной отражательной способности. Проведено 5 выездов в поле для георадарного профилирования почв с параллельным отбором почвенных образцов. Полученные полевые данные находятся в обработке.

## **1. Сведения о научных мероприятиях (конференции, мастер-классы и другие мероприятия) центра.**

1. В ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» с **28 июня по 02 июля 2021 г.** (Кубанская опытная станция – филиал ФГБОУ ФИЦ «Всероссийский исследовательский центр генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова») проведена Вавиловская школа-конференция аспирантов и молодых ученых, на которой были представлены результаты деятельности коллектива научных работников центра ВИР в рамках НЦМУ «Агротехнологии будущего» в 2020-2021 годах. по направлению деятельности: «Ускоренная селекция высокоурожайных и устойчивых сортов и гибридов растений, обладающих заданными характеристиками качества». Вавиловская школа включала в себя научную программу с 30 выступающими по «Генетические ресурсы растений: сохранение и использование в селекции в целях продовольственной безопасности Российской Федерации». В ходе проведения 25 молодых исследователей в возрасте до 39 лет, получили знания о последних достижениях в области изучения и использования генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей, прослушав лекции ведущих ученых в данной области и познакомившись на практике с работой генетического банка. По окончании участникам были выданы свидетельства.

2. **12–15 июля 2021 г.** в СПбГУ прошла конференцию BIATA 2021 (BIOINFORMATICS: FROM ALGORITHMS TO APPLICATIONS). В ней приняли участие Jonathan Eisen (Professor of Medical Microbiology and Immunology Professor of Evolution and Ecology University of California, Davis), Rob Finn (Team Leader, Sequence Families at European Bioinformatics Institute, European Molecular Biology Laboratory (EMBL-EBI), Paul Jensen (Professor, Center for Marine Biotechnology and Biomedicine Scripps Institution of Oceanography University of California San Diego), Layla Oesper (Assistant Professor of Computer Science, Carleton College), Teresa Przytycka (Senior investigator, Head, Algorithmic Methods in Computational and Systems Biology section NCBI, NLM, NIH Bethesda, MD), Николай Викторович Равин (заместитель директора по научной работе ФИЦ Биотехнологии РАН) и другие ведущие ученые.



3. **30 июля 2021 года** в ФИЦ Немчиновка состоялась научно-практическая конференция «Углеродная нейтральность – новый тренд в мировой экономике» с участием Президента Российской академии наук А.М.Сергеева, Генерального директора ПАО "ФосАгро" А.А.Гурьева, представителей ведущих НИИ, депутатов Госдумы и сенаторов. На конференции вступил руководитель 2 проектов НЦМУ «Агротехнологии будущего» ВНИИСХМ к.б.н. В.К.Чеботарь с докладом «Роль полезных микроорганизмов в секвестрации углерода для различных биоценозов и повышение социально-экономического уровня развития территорий путем внедрения биотехнологий».

4. **09 августа 2021 г.** в СПбГУ прошёл мастер-класс по масс-спектрометрической визуализации метаболитов растений (запись мастер-класса: <https://disk.yandex.ru/d/B5fYPQ8UFFQcpQ>, запись вводных лекций [https://www.youtube.com/watch?v=3ylZovJu4CE&list=PLTaUUUuxzUItHnDmd4\\_yRKsD1g4FvdUQ8](https://www.youtube.com/watch?v=3ylZovJu4CE&list=PLTaUUUuxzUItHnDmd4_yRKsD1g4FvdUQ8)). В мероприятии приняли участие д. с.-х.н. Монахос Сократ Григорьевич - ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А.Тимирязева, к.х.н. Стеколыщикова Елена Алексеевна - Сколковский Институт Науки и Технологий, и другие ведущие ученые.

5. **14-22 августа 2021 г.** участник проекта НЦМУ «Агротехнологии будущего» ВНИИСХМ А.С. Саксаганская представила доклад на XXIth International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management.

6. **25 августа 2021 г.** в рамках VIII Международного форума технологического развития «Технопром-2021» (МВК «Новосибирск Экспоцентр»), проведен Круглый стол «Научные центры мирового уровня: от Индустрии 4.0 к обществу 5.0», на котором выступил директор НЦМУ «Агротехнологии будущего» РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева А.К.Скуратов с докладом «Научный центр мирового уровня «Агротехнологии будущего» - эффективный механизм развития науки, первые результаты работы» и директор НЦМУ «Агротехнологии будущего» ФГБНУ ВНИИСХМ, академик РАН И.А.Тихонович с докладом «Микробно-растительные взаимодействия – основа земледелия с минимальным экологическим риском».

7. **3 сентября 2021 г.** на Круглом столе Восточного экономического форума – 2021 выступили: профессор РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева И.И.Васенев с докладом «Развитие интеллектуальных систем поддержки принятия решений по выбору

и корректировке наилучших доступных агротехнологий с использованием IoT-систем агроэкологического мониторинга» и заместитель директора по научно-организационным вопросам ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) А.А. Заварзин с докладом «Агротехнологии будущего - для здоровья и долголетия».

8. **17 и 20 сентября 2021 г.** прошли открытые лекции руководителя и сотрудника проекта НЦМУ «Агротехнологии будущего» ВНИИСХМ лауреатов Премии Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых д.б.н. А.А. Нижникова и к.б.н. К.С. Антонца в рамках проекта «На острие науки», организованного в рамках Года науки и технологий Координационным советом по делам молодежи в научной и образовательной сферах Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию.

9. **21 сентября 2021 г.** в.н.с. Дунченко Н.И. (НЦМУ «Агротехнологии будущего» из РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева) выступила с докладом на тему «Кадровое обеспечение молочной промышленности в приоритете развития **агробiotехнологии будущего**» на пленарной сессии VII Международного молочного бизнес-форума ЕАЭС по производству и переработке молока, молочному животноводству и племенному делу (г. Сочи, 21-23 сентября 2021 г.), организованном Молочным союзом России.

10. **25-26 сентября 2021 г.** Сотрудники НЦМУ «Агротехнологии будущего» из РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева приняли участие в мероприятии Года науки - Всероссийский фестиваль технических достижений «ТЕХНОСРЕДА-2021» с проектом «Интеллектуальная энергонезависимая беспроводная система полива сельскохозяйственных культур», а также провели Мастер-класс: «Метаморфозы органов культурных растений: учимся распознавать и идентифицировать».

11. **28 сентября 2021 г.** руководителем проекта НЦМУ «Агротехнологии будущего» ВНИИСХМ д.б.н. В.Е. Цыгановым представлен доклад на Всероссийской научной конференции с международным участием и школе для молодых ученых, "Экспериментальная биология растений и биотехнология: история и взгляд в будущее" посвященные 130-летию ИФР РАН и 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН Р.Г. Бутенко.

12. Результаты проведенных исследований сотрудниками НЦМУ «Агротехнологии будущего» из РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева были представлены на Форуме «АГРО-ОМСК 2021» и Деловой пятнице Радио «Комсомольская правда» (**июль**), круглых столах ФАО «Десятилетие ООН по восстановлению экосистем в России: вызовы в условиях меняющегося климата» и Восточного экономического форума (**август-сентябрь**), 9-й Пленарной Ассамблее Глобального почвенного партнерства ФАО (Рим) и 5-м Национальном совещании UI GreenMetric (**сентябрь**).

13. **26 сентября - 01 октября 2021 г.** НЦМУ ФИЦ Биотехнологии РАН на базе Псковского государственного университета совместно с Межрегиональным микробиологическим обществом провёл 3-ий Российский Микробиологический Конгресс. На мероприятии присутствовало более 300 участников, с научными докладами также выступили ведущие учёные НЦМУ «Агротехнологии будущего». <https://microbiology-congress.ru>. Мероприятие проведено при поддержке гранта Минобрнауки России №075-15-2020-907 от 16.11.2020г.

## **2. Сведения о разработке и внедрении образовательных (исследовательских) программ центром.**

В РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева продолжается реализация исследовательской программы НЦМУ «**Организация фотобиологических исследований на базе полифункциональной платформы по высокопроизводительному фенотипированию растений**» (запланированной с 22.03.2021г. по 15.10.2021г), в которой принимают участие **10 молодых исследователей** с индивидуальными исследовательскими проектами на базе исследовательского комплекса НЦМУ в лаборатории искусственного климата РГАУ-МСХА.

В РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева в 3-м квартале 2021 года разработаны и утверждены четыре дополнительные профессиональные программы повышения квалификации (по 72 часа каждая), реализация (внедрение) которых запланирована на 2022 год:

**- Роль зернобобовых культур в устойчивости и экологической безопасности полевых агросистем.**

- Биологическая защита растений.
- Вертикальные теплицы. Теплицы-небоскребы.
- Физико-химические основы и общие принципы переработки плодоовощного сырья.

В СПбГУ Разработана дополнительная образовательная программа **"Применение CRISPR/Cas технологий редактирования геномов растений"**. Трудоёмкость - 2 зачётных единицы. Планируется внедрение программы в ноябре 2021 года.

В ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» разработана программа дополнительного образования **«Использование георадара для мониторинга почв»**, рассчитанная на 24 часа лекций и практических занятий для специалистов с высшим образованием, аспирантов и магистрантов.

В ФИЦ Биотехнологии РАН разработаны 2 исследовательские программы: **«Имитационное моделирование аэробной твердофазной биodeградации органических отходов»** и **«Кинетика роста микроорганизмов, материально-энергетический баланс при производстве биокомпостов для сельскохозяйственного использования»**.

## **5. Информация о научных достижениях центра, ориентированных на мировой уровень**

ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» разработаны новые методы картографирования и мониторинга почв, основанные на использовании георадарных и краудсорсинговых технологий, не имеющие аналогов в мире.

Внедрены IoT технологии с целью агроэкологического мониторинга посевов. Прототипы устройств CropTalker были установлены в 4 регионах черноземья на территории испытательных полей в Самарской, Саратовской, Оренбургской и Омской областях и экологическом стационаре РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева в г. Москва. Были получены уникальные данные по реагированию посевов твердой пшеницы на экстремально засушливые условия.

В рамках карбонового полигона в Омске проведена серия экспериментов для неинвазивного определения надземной биомассы посевов пшеницы исходя из высоты и спектральных характеристик посевов. Разработка устройства проведена под руковод-

ством автора электронной платформы устройства, нобелевского лауреата, профессора университета Тушии (Италия) Рикардо Валентини.

По итогам экспериментов в рамках проекта «Умная сити-ферма» с растениями томата и салата получены результаты мирового уровня, дающие материал для физиологического обоснования технологии светокультуры в системах интенсивного культивирования. В ходе экспериментов впервые получены фундаментальные научные данные по изменению изотопного состава углерода биомассы в результате фотосинтеза и фотодыхания в условиях разных световых режимов.

Проведено изучение состава геномов дикорастущих разновидностей гороха полевного («афганского» гороха и гороха красно-жёлтого - *Pisum fulvum*), а также дикорастущего родственного растения вавиловия прекрасная (*Vavilovia formosa*). Впервые в мире проведено секвенирование геномов указанных объектов с покрытием свыше 30 раз, что соответствует мировому стандарту подобных исследований. Для сборки геномов использованы данные коротких прочтений (Illumina) и длинных (Oxford Nanopore), применение такого подхода позволяет получать сборки геномов самого высокого качества.

Впервые в мире показано, что инокуляция бобовых культур коммерческими штаммами совместно с изолятами, полученными из реликтовых бобово-ризобиальных систем, может сопровождаться увеличением скорости клубенькообразования, общего количества клубеньков и повышением уровня азотфиксирующей активности, что приводит к увеличению биомассы растений. Результаты представлены в публикации: Safonova et al., 2021. *Agronomy*. 11(7): 1398. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071398>

Впервые в России выделены и изучены эффективные штаммы эндофитных бактерий, способные обеспечить растение хозяина азотом, фосфором, витаминами и стимуляторами роста и за счет этого увеличить его продуктивность.

Впервые в условиях Краснодарского края ВИР и ВНИИСХМ изучено влияние инокуляции производственными штаммами ризобиальных бактерий на скорость вегетации овощного гороха, в частности, на продолжительность стадии технической спелости. Данные свидетельствуют о том, что применение препарата приводит к увеличению различных биометрических параметров, включая биомассу растений.

Созданы образцы и гибридные комбинации капусты белокочанной, содержащие один и более генов устойчивости к распространенным заболеваниям. Созданные образцы послужат основой для селекции первых отечественных высокотехнологичных гибридов капусты белокочанной с групповой устойчивостью к фузариозному увяданию и гибридов лука репчатого с генетической устойчивостью к пероноспорозу. Созданный генетический материал не имеет аналогов в мире.

СПбГУ подготовлена заявка на изобретение «Рекомбинантная плазмидная ДНК, обеспечивающая синтез фрагмента белка VP2 вируса инфекционной бурсальной болезни птиц, штамм дрожжей *Komagataella pastoris* – синтезирующий и секретирующий фрагмент белка VP2». Изобретение и может быть использовано для создания тест-систем и конструирования субъединичных вакцин против инфекционной бурсальной болезни, что является крайне актуальным для отечественного птицеводства и ветеринарии.

Получено свидетельство о государственной регистрации базы данных для оценки природных и антропогенно-нарушенных почв криогенных экосистем Российской Арктики. Почвы Севера отличаются существенной спецификой — они представлены, в основном криогенными вариантами. Разработанная не имеющая аналогов в мире база данных включает в себя разделы, описывающие мощность деятельного слоя, тип мерзлоты, особенности органопрофиля и температурного режима. База данных может быть использована для бонитировки почв, в том числе агрогенных.

Разработан метод, позволяющий детектировать формы растений с окрашенными зёрнами ржи. Метод основан на тесном сцеплении разработанного ПЦР-маркера. Данная разработка позволяет на порядок сократить время, отведенное на скрининг материала в ходе селекции, и лежит в русле мировых тенденций усиливающегося интереса к созданию красnozерных форм злаков.

Создана опытно-промышленная установка - вертикальная ферма с динамическим LED-освещением, которая позволяет добиваться в год до 6 урожаев безвирусного семенного материала картофеля. Выявлен эффект повышения продуктивности сортов на 20-40% в последствии различных режимов освещения на стадии получения исходного семенного материала. Данная технология позволяет решать задачи ускоренного воспроизводства и иных востребованных сельскохозяйственных культур – зелен-

ных, эфиромасличных, лекарственных и т.д., обеспечивая при этом гарантированные качественные стандарты получаемой продукции. Уникальная технология уже на пилотном этапе является крайне востребованной. На сегодняшний день идут совместные прикладные исследования с такими крупными компаниями, как ООО «Лэм Уэстон Белая Дача», ООО «Мелагро» и ООО «Фрито Лей Мануфактуринг».

Сотрудниками ФИЦ Биотехнологии РАН оптимизированы методы высокочувствительной иммунодиагностики фитопатогенов, позволяющие выявлять скрытое бессимптомное инфицирование и принимать оперативные агротехнические меры. Универсальный характер реализуемых подходов обеспечивает возможность их применения для высокочувствительного определения различных фитопатогенов.

Специалистами в области генетики дрожжей охарактеризованы четыре штамма винных дрожжей, перспективных для использования в отечественном виноделии. Полученные данные о геномах винных дрожжей позволят выявить молекулярные маркеры ценных признаков и связать их с фенотипом, а также провести генетическую паспортизацию этих штаммов.

По заказу Евразийского почвенного партнерства подготовлены разделы «Агроэкологическая оценка изменения климата», «Актуальные задачи информационно-методического обеспечения устойчивого управления почвенными ресурсами», «Автоматизированные системы агроэкологической оценки почв и земель», «Интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР)» и «Региональные агроэкологические геоинформационные системы» в коллективную монографию «Устойчивое управление почвенными ресурсами Евразийского региона».

На Международной выставке Агрорусь – 2021 (Санкт-Петербург, 1-4 сентября 2021) ведущие ученые НЦМУ «Агротехнологии будущего» РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева представили результаты:

- по применению защитно-стимулирующих комплексов в агротехнологиях - получена золотая медаль Министерства сельского хозяйства РФ;
- в области инноваций в производстве продукции растениеводства - получена золотая медаль Министерства сельского хозяйства РФ.

27-30 сентября 2021 года в Москве проходил Профессорский форум 2021 «Наука и технологии в XXI веке: тренды и перспективы». В рамках Форума были награждены

лучшие профессора, деканы и ректоры, отличившиеся своими результатами в области образования и науки, в сфере управления факультетом, подразделением, вуза в целом. В номинации «Биологические науки» лауреатом стал ведущий научный сотрудник НЦМУ «Агротехнологии будущего», заведующий кафедрой экологии, доктор биологических наук, профессор Иван Иванович Васенев.

Опубликована монография сотрудников НЦМУ «Агротехнологии будущего» из РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева: Серегина И.И., Белопухов С.Л. Защитно-стимулирующая роль микроэлементов и регуляторов роста в растениеводстве. М.: Проспект. 2021. 184 с. ISBN 92-34182-5.

В сентябре получила поддержку заявка в.н.с. И.И.Васенева (НЦМУ «Агротехнологии будущего» из РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева) на 3-летний грант программы «Проведение научных исследований российскими научными организациями и (или) образовательными организациями высшего образования совместно с организациями Италии в рамках обеспечения реализации программы двух- и многостороннего научно-технологического взаимодействия» по теме «Интеграция IoT датчиков и алгоритмов искусственного интеллекта для точного климатически сбалансированного сельского хозяйства и систем поддержки принятия решений», направленный на региональную адаптацию и внедрение результатов исследований в рамках НЦМУ «Агротехнологии будущего».



## 1. Информация о достижении результатов предоставления гранта

№	Наименование целевых показателей	РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева		ФИЦ биотехнологии РАН		ФИЦ ИУ РАН		ВНИИСХМ		Почвенный институт имени В.В. Докучаева		СПбГУ		ВИР имени Н.И. Вавилова		Центр ИТОГО	
		План	Факт	План	Факт	План	Факт	План	Факт	План	Факт	План	Факт	План	Факт	План	Факт
1	Количество российских и зарубежных ведущих ученых, работающих в центре	21	30	55	74	17	17	20	20	6	6	20	23	14	12	153	182
1.1	в том числе: Количество исследователей, принятых на работу в центр и ранее не работавших исследователями в организации, на базе которой создан центр, или в организациях, являющихся участниками центра (человек)	0	3	3	0	2	4	0	0	1	1	2	1	1	1	9	10
2.	Доля иностранных исследователей центра в общей численности исследователей центра (процент)	2,2	3,22	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1,32	3,22
3.	Доля исследователей центра в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей центра (процент)	33,0	36,56	52,0	54,95	48,0	83,0	53,0	58,06	50,0	50,0	42,0	50,0	45,0	52,9	44,78	50,49
4.	Численность российских и иностранных ученых, являющихся работниками центра и опубликовавших статьи в научных изданиях первого и второго кварталей, индексиру-	51	14	43	33	18	17	14	13	5	2	40	21	15	13	186	113

	емых в международных базах данных «Scopus» и (или) Web of Science Core Collection (человек)																
5.	Доля исследований, проводимых центром под руководством молодых (в возрасте до 39 лет) перспективных исследователей (процент)	30	30,77	20	31,25	30	67	23	23,08	30	50	60	60	22	25	30,71	36,07
6	Число образовательных и (или) исследовательских программ, разработанных центром, для молодых исследователей, аспирантов, студентов и (или) иных категорий обучающихся (единиц, нарастающим итогом)	8	8	2	2	2	0	0	0	2	1	2	1	1	1	17	13
7	Количество молодых исследователей и обучающихся, прошедших обучение в центре или принявших участие в реализуемых центрами научных и (или) научно-технических программах и проектах (человек, нарастающим итогом)	45	105	40	0	10	17	20	0	10	0	110	0	25	25	260	147
8	Численность иностранных аспирантов, обучающихся в центре (человек)	19	24	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	24	25
9	Численность аспирантов из других субъектов Российской Федерации, обучающихся в	51	51	3	3	2	0	0	0	0	0	5	2	2	2	63	58

	центре (человек)																
10	Размер внебюджетных средств на исследования и разработки центра, (млн. руб.)	35,85	21,94	19,96	3,841	2,395	0,464	7,585	7,585	2,4	1,553	5,5	2,05	7,2	0,647	80,89	38,08
11	Количество статей в областях, определяемых приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации, в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных "Scopus" и (или) Web of Science Core Collection, соавторами которых являются работники центра (единиц, нарастающим итогом)	17	3	20	11	3	2	8	3	1	1	11	8	2	2	62	30
12	Количество заявок на правовую охрану результатов интеллектуальной деятельности, поданных от центра, единиц	13	29	2	1	3	0	1	0	0	0	3	1	0	0	22	31

Инициатор создания Центра,  
Ректор РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,  
Академик РАН, профессор  
МП

В.И. Трухачев

Директор НЦМУ «Агротехнологии будущего»  
РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, д.т.н.  
«\_\_» октября 2021 года

А.К.Скуратов