

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ «БЕЛГОРОДСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ  
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
(ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»)

**Основные итоги и перспективы научных исследований  
в Белгородском ФАНЦ РАН (к 50-летию со дня образования)**

**Монография**

Белгород  
2025

УДК  
ББК

Печатается по решению Ученого Совета ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»  
(Протокол № 5 от 15 мая 2025 года)

Рецензенты:

Плескачев Юрий Николаевич – главный научный сотрудник технологического центра по земледелию ФИЦ «Немчиновка», доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Ступаков Алексей Григорьевич – профессор агрономического факультета ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», доктор сельскохозяйственных наук.

Коллектив авторов:

Тютюнов С.И., Смирнова Л.Г., Воронин А.Н., Солнцев П.И., Нецветаев В.П., Хорошилов С.А., Навольнева Е.В.

**Н34** Основные итоги и перспективы научных исследований в Белгородском ФАНЦ РАН (к 50-летию со дня образования): Монография /Тютюнов С.И., Смирнова Л.Г., Воронин А.Н., Солнцев П.И., Нецветаев В.П., Хорошилов С.А., Навольнева Е.В.; Министерство сельского хозяйства РФ, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН».- Белгород: КОНСТАНТА-принт, 2025. – 160 с.  
ISBN

В монографии представлены результаты научно-исследовательской деятельности, которые проводились с 1975 по 2025 годы в Белгородском ФАНЦ РАН. Подводятся итоги работы ученых, которые трудились в научном учреждении за этот период.

Книга предназначена для научных работников, студентов, аспирантов и специалистов сельского хозяйства.

УДК  
ББК

ISBN

© ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», 2024  
© ООО «КОНСТАНТА-принт», 2024

## ВВЕДЕНИЕ

Белгородский федеральный аграрный научный центр в 2025 году отмечает свой 50-летний юбилей! Он был создан на базе Центрально-Черноземного филиала ВИУА имени Д.Н. Прянишникова в 1975 году для решения важной научной проблемы по разработке методических вопросов и практических рекомендаций по сохранению и воспроизводству плодородия черноземных почв, изучению механизмов формирования положительного баланса биологического азота в различных севооборотах. В полевых стационарных и краткосрочных полевых опытах проводились работы по исследованию повышения эффективности использования органических и минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры. Была разработана для Белгородской области научно-обоснованная почвоводоохранная система земледелия.



*Сергей Иванович Тютунов  
Академик РАН, директор ФГБНУ  
«Белгородский ФАНЦ РАН»*

С поставленной задачей коллектив филиала успешно справился, о чём свидетельствует важное событие для региона – выездное заседание сессии Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина (ВАСХНИЛ) по проблеме разработки и освоения почвозащитных систем земледелия. На нем было принято решение о внедрении в производство данной приоритетной научной разработки. По решению сессии ВАСХНИЛ научно-обоснованная система земледелия, в которой изложены современные научные принципы повышения устойчивости земледелия на почвозащитной и почвоводоохранной основе, была рассмотрена и одобрена на научно-техническом совете Агропромсоюза и Президиуме ВАСХНИЛ 27 июня 1989 года. Она была внедрена на территории ОПХ «Белгородское», где агроэкологические группы земель были отделены лесополосами и проведена контурно-мелиоративная организация территории.

К началу 90-х годов в научном учреждении функционировало 9 крупных стационаров, на которых проводились исследования, по вопросам расширенного воспроизводства плодородия почв и разработка технологий возделывания сельскохозяйственных культур с использованием различных агрохимических средств. Также был заложен стационарный опыт по комплексному изучению ландшафтной и традиционной систем земледелия.

Известные события по реформированию науки в стране, поставили перед коллективом филиала серьезные вызовы, которые привели к созданию Белгородского НИИ сельского хозяйства. В планы исследований были

включены селекционные направления по основным сельскохозяйственным культурам.

С мая 2018 года Белгородский НИИСХ переименован в ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». К своему 50-летию Центр подошел с солидным как научным, так и производственным потенциалом. К научному Центру присоединились три подразделения: ОПХ Белгородское, Алексеевская опытная станция и Опытно-экспериментальное предприятие «Жидкие средства химизации». Современная структура Центра объединяет два научных отдела земледелия и селекции растениеводства и животноводства, включающих в себя 7 лабораторий и четыре производственных отделения. Сегодня уникальная исследовательская и производственная база Белгородского ФАНЦ РАН позволяет проводить эксперименты на современном методическом уровне, что привело к созданию селекционно-семеноводческого центра, вхождению в научно-образовательный центр мирового уровня «Инновационные решения в АПК» и развитию информационных технологий. В ФАНЦ РАН ведется большая работа по широкому спектру вопросов, связанных с развитием самых разных направлений, связанных с земледелием, экологией, генетикой, селекцией растений, племенным разведением животных.

Результаты работы Центра ориентированы на разработку элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий нового поколения, с целью сохранения и воспроизводства почвенного плодородия эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов и производства заданного количества и качества сельскохозяйственной продукции.

Развиваются исследования по управлению селекционным процессом с целью создания генотипов животных с хозяйственно-ценными признаками. Также ведется разработка и внедрение новых цифровых технологий в животноводство. Ведутся совместные исследования с ИПУ РАН имени Трапезникова по проектам в сфере создания интеллектуального сервиса распознавания заболеваний животных на основе технологий машинного обучения и создания системы обнаружения и анализа аномалий поведения КРС по видеоизображению.

Расширяя фундаментальные основы управления селекционным процессом, в Центре создаются новые генотипы основных с/х культур с высокими хозяйственно-ценными признаками продуктивности, устойчивости к био- и абиострессорам. Потенциальными потребителями результатов исследований по научным проектам являются пять регионов РФ, которые обеспечиваются оригинальными семенами сортов озимой пшеницы и гибридов кукурузы. Сотрудничество с агрохолдингами и фермерскими

хозяйствами в области производства семян озимой пшеницы и гибридов кукурузы селекции научного центра позволяет повышать эффективность использования и коммерциализации научных разработок.

В рамках реализации национального проекта «Наука» в 2021 году на базе ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» создан Селекционно-семеноводческий центр полевых культур. Его деятельность способствует созданию и внедрению современных научных разработок, сортовых технологий, обеспечению сельхозтоваропроизводителей семенами высших репродукций отечественной селекции и продвижению новых конкурентноспособных селекционных достижений на сельскохозяйственный рынок.

Сегодня с уверенностью можно сказать, что успехи аграрного сектора Белгородской области во многом стали возможны благодаря как научной, так и практической работе сотрудников ФАНЦ РАН, которые на протяжении многих лет честно трудятся во славу нашего Центра, способствовали превращению открытого 50 лет тому назад филиала в подлинный Центр аграрной науки.

*Тютюнов С.И. – академик РАН,  
директор ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»*

## Глава 1.

# ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И СТАНОВЛЕНИЯ НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Интенсивное развитие сельского хозяйства в Белгородской области началось с образования региона в 1954 году. Уже с 1956 года появились первые значительные успехи в производстве сельскохозяйственной продукции. Производство зерна составляло в среднем 930,9 тыс. тонн, в 1966-1970 гг. – уже 1616 тыс. тонн. За этот же период урожайность подсолнечника повысилась с 10,1 до 12,3 центнера с гектара; среднегодовое производство мяса выросло на 42%, молока – на 3%, шерсти – на 16%. С середины 1960-х гг. в области был взят курс на концентрацию и специализацию колхозного производства. На базе ряда колхозов создавались специализированные комплексы по откорму свиней, крупного рогатого скота, производству молока, птицы, шерсти на научно-промышленной основе. Так, поголовье крупного рогатого скота за десять лет к 1964 г. увеличилось на 36%: с 451 тыс. до 617 тыс. голов, коров – в полтора раза: с 212 тыс. до 324 тыс. соответственно. Если в 1954 г. область производила 91,2 тыс. тонн скота и птицы в живом весе, то в 1966 г. – 173 тыс. тонн [1].

Начиная с 1965 г. и до середины 1970-х гг. в Белгородской области осуществлялись широкомасштабные мероприятия по укрупнению, концентрации и специализации сельскохозяйственного производства с механизацией всех процессов труда и производством животноводческой продукции на промышленной основе. К началу 1966 г. в эксплуатацию вступили девять колхозных комплексов по откорму крупного рогатого скота, 19 свиноводческих откормочных комплексов и восемь птицефабрик по производству яиц. Уже в 1967 г. девять специализированных колхозов произвели 33,2 тыс. тонн говядины [2].

К 1976 г. в Белгородской области окончательно сформировались межхозяйственные объединения, головными предприятиями которых стали специализированные колхозы по производству говядины, свинины, выращиванию нетелей и птицы. Колхозные птицеводческие комплексы были преобразованы в птицефабрики, птицевосхозы и переданы объединению «Белгородское» [3].

На этой индустриальной основе отрасль животноводства развивалась бурными темпами, поэтому требовалось огромное количество кормов, которыми должны были обеспечиваться специализированные животноводческие предприятия. На повестке дня стоял вопрос выполнения плановых заданий по широкому спектру сельскохозяйственной продукции: сахара, зерна, подсолнечника. В связи с этим перед отраслью растениеводства появилась важная задача – увеличение продуктивности сельскохозяйствен-

ных культур. Этому аспекту уделялось огромное значение и руководители области старались привлечь к решению этой проблемы известных ученых и практиков.

В стране в этот период в растениеводстве наметились основные направления интенсификации сельскохозяйственного производства, в том числе на основе химизации. Постановлениями майского (1958) и декабрьского (1963 г.) пленумов ЦК КПСС и советского правительства было намечено обеспечить рост урожайности и валовых сборов сельскохозяйственной продукции за счет увеличения производства и широкого применения минеральных удобрений, пестицидов и химических мелиорантов [4].

К концу 70-х годов Советский Союз вышел на первое место в мире по объему выпуска минеральных удобрений. И если в 1965 г. в среднем по стране на 1 га пашни было внесено 28,4 кг НРК, то в 1970 г. применение удобрений выросло до 46,8, а в 1976 г. было внесено уже по 78,7 кг НРК. За 11 лет применение минеральных удобрений в стране увеличилось в 2,8 раза. Значительно возросло использование средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков за счет как расширения собственного их производства, так и импорта [4].

Однако эффективность применения минеральных удобрений и других средств химизации сельского хозяйства была недостаточной и урожайность основных сельскохозяйственных культур оставалась низкой. Например, в Российской Федерации среднегодовая урожайность зерновых культур с 1966 по 1975 гг. выросла с 9,8 ц/га всего лишь до 13,7 ц/га. Поэтому остро встал вопрос о повышении эффективности использования средств химизации в сельском хозяйстве, об агрохимическом научно-производственном обеспечении их применения на основе новейших достижений науки и техники [5].

Для организации этой работы была привлечена агрохимическая служба, которая была создана в 1964 году, состоящая из сети зональных агрохимических лабораторий в каждом административном образовании. Она стала связующим звеном между наукой и производством по всем вопросам применения минеральных и органических удобрений и других средств химизации [6].

Еще в 1931 году был создан Всероссийский институт удобрений, в задачу которого входило изучение эффективности минеральных удобрений в различных почвенно-климатических зонах страны и оказание научно-методической помощи зональным опытным учреждениям и сельскохозяйственному производству. Для организации этой работы в 1941 году по предложению Д.Н. Прянишникова – академика ВАСХНИЛ была организована Географическая сеть полевых опытов с удобрениями, научно-методическое руководство которой было возложено на ВИУА [7].

Широкое развитие работы по географическому изучению действия удобрений получили после 1963 года в связи с производством минеральных удобрений и химических средств защиты растений в стране. Президиум ВАСХНИЛ в постановлении от 3 августа 1966 года подтвердил, что географические опыты по определению разных доз, форм и способов внесения минеральных удобрений должны обязательно проводиться по единым программам, схемам и методике, подобно тому, как осуществляется государственное испытание сортов с/х культур. Расширение участников Географической сети опытов позволило начиная с 60-х годов провести региональные исследования эффективности удобрений по с/х районам и разным типам почв [8].



*Минеев Василий Григорьевич,  
академик ВАСХНИЛ, директор  
ВИУА 1974-1985 гг.*

Развитие агрохимических исследований Географической сети опытов в 70-е годы в ВИУА связано с именем В.Г. Минеева. В 1972 г. он был приглашен в Москву для работы в ВИУА им. Д.Н. Прянишникова на должность заместителя директора и руководителя отделом Географической сети опытов с удобрениями. С 1974 г. в течение 12 лет (до 1985 г.) Василий Григорьевич – директор ВИУА. Это время совпало с расцветом агрохимии в СССР в связи с начавшейся в стране широкой химизацией сельскохозяйственного производства и нарастающими темпами применения удобрений. Василию Григорьевичу удалось усилить роль ВИУА в развитии агрохимии и внедрить научные разработки и достижения института в практику сельскохозяйственного производства [9].

Под общей редакцией академиков В.Д. Панникова (осуществлявшего с 1972 г. научно-методическое руководство работой Геосети в стране) и В.Г. Минеева (возглавившего отдел Геосети и проведение научных исследований в системе учреждений-участников) лабораторией Геосети опубликовано более 20 монографий, где изложены итоги многолетних полевых исследований 350 научных учреждений Геосети на территории СССР. В опубликованных материалах доказывалось, что под влиянием длительного применения удобрений в дерново-подзолистых и серозёмных почвах повышается содержание углерода и азота; происходит увеличение надземной массы растений и увеличение накопления растительных остатков; повышается биологическая активность почв; повышается валовое содержание фосфора и его доступных форм, возрастает подвижность фосфатов;

основная часть фосфора удобрений остаётся в пахотном слое; внесение калийных удобрений увеличивает количество подвижного калия в почве, что связано с мобилизацией почвенного калия. Значительная часть этой информации была опубликована в 22 выпусках сборников «Результаты исследований в длительных опытах по зонам страны», подготовленных коллективом лаборатории Геосети ВИУА во главе с академиком В.Г. Минеевым. На основе обобщения этой информации были разработаны практические рекомендации по определению потребности земледелия страны в удобрениях, распределению их фондов; по целесообразному ассортименту; были установлены закономерности зонального действия видов и форм удобрений, определена эффективность средних доз [10].

Данные полевых опытов Геосети широко использовались в качестве исходного материала для корректировки географических особенностей влияния удобрений за счет направленного управления плодородием почвы

Исследования Географической сети с удобрениями послужили научной основой для расширения исследований в основных земледельческих регионах СССР. Учеными ВИУА была проведена большая работа по разработке научных основ и рекомендаций по применению удобрений в 22 природно-климатических зонах страны. В них сделана попытка связать в единую систему результаты агрохимических обследований почв и данные по эффективности удобрений, полученные в полевых опытах [8].

В состав института на начало 1975 года входили следующие структурные подразделения: отделы – географической сети опытов (изучает влияние удобрений на урожай в зависимости от почвенных и климатических условий) и системы удобрений; азотных удобрений; проблем фосфора в земледелии; комплексных, калийных, серных и магниевых удобрений; лаборатории – по применению удобрений в районах орошения; по применению удобрений на эродированных и осушаемых почвах; органических удобрений; физиологии питания растений, агропочвоведения; известкования почв.

Однако, в этот период директором ВИУА Минеевым В.Г. принимались меры по расширению сети структурных подразделений института. Василий Григорьевич уже тогда был глубоко убежден, что без наличия центра плодородия почв – Института почвоведения и агрохимии, в каждом регионе страны нельзя добиться высокопродуктивного земледелия. По мнению В.Г. Минеева: «Плодородие почв – стержень современного земледелия, а самый быстродействующий и эффективный путь его воспроизводства – это оптимизация систем применения удобрений». Он также утверждал, что открыть самостоятельный центр плодородия в регионе может только высокообразованный руководитель, хорошо понимающий сущность высокопродуктивного земледелия, а, следовательно, и жизни человека на земле [11].

Руководство Белгородской области активно поддержало идею В.Г. Минеева по открытию филиала ВИАУ. Был издан приказ Всесоюзной ордена Ленина Академии сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина от 20.01.1975 г. № 5: «В целях расширения научно-исследовательских работ в области применения удобрений и агропочвоведения в Центрально-Черноземной зоне РСФСР, в соответствии с постановлением коллегии Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике от 27.08.1974 г. и приказом Министерства сельского хозяйства СССР от 06.01.1975 г. № 6 в городе Белгород 20 января 1975 года организован Центрально-Черноземный филиал Всесоюзного научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения имени Д.Н. Прянишникова.

С этого официального документа началась научно-исследовательская деятельность ЦЧФ ВИАУ.

В своей книге воспоминаний и размышлений «Тернистый путь к вершине науки» В.Г. Минеев так описывал это событие: «Без преувеличения можно сказать, что огромные усилия были предприняты, чтобы открыть Центрально-Черноземный филиал ВИАУ при активной поддержке Белгородского обкома КПСС. Было построено в центре г. Белгорода прекрасное типовое здание научно-исследовательского института, создана опытная база, лаборатории были оборудованы современными аналитическими приборами. (...) Этот институт поистине стал научно-исследовательским центром плодородия почв Центрального Черноземья» [11].

Первым директором филиала стал Иван Дмитриевич Рудай, который принял на себя основные организационные заботы по созданию и развитию научной базы, формированию научного коллектива и решению бытовых вопросов сотрудников. В этот период были заложены основные стационарные опыты.

В условиях интенсификации животноводства и создания крупных механизированных комплексов по производству мяса, молока, шерсти и продуктов птицеводства необходимо было создавать кормовую базу, а также выполнять план по валовому сбору основных сельскохозяйственных культур. Помимо этого, каждый колхоз, независимо от специализации, выращивал для продажи государству сахарную свеклу и другие технические культуры. Соответственно этим запросам формировались зернопропашные, зерно-кормовые



*Иван Дмитриевич Рудай,  
директор  
Центрально-Чернозёмного  
филиала ВНИИ удобрений  
и почвоведения 1975-1979 гг.*

и другие интенсивные севообороты, в которых преимущество отдавалось озимой пшенице, сахарной свекле, подсолнечнику и кукурузе на силос. Остро стоял вопрос о повышении продуктивности этих культур за счет внесения минеральных и органических удобрений. Утилизация навоза с молочно-товарных ферм, а также с крупных животноводческих комплексов и применение его в качестве удобрений являлась важной задачей и требовало незамедлительного решения.

В ЦЧФ ВИУА для закладки стационарных и краткосрочных полевых опытов была выбрана территория Корочанского района Белгородской области в районе села Погореловка в пределах земель Корочанского совхоза-техникума. Была организована производственная база, приобретена сельскохозяйственная техника, а также малогабаритная техника для учета урожайности сельскохозяйственных культур.

Объектом исследования на этой территории служили черноземы типичные и выщелоченные малогумусные среднемощные тяжелосуглинистые имеющие следующие агрохимические показатели:  $pH_{\text{сол}}$  4,9-6,5, гидролитическая кислотность 1,6 – 5,0 мг/экв на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований 36-41 мг/экв. на 100 г почвы, гумус по Тюрину в пахотном слое 4,6-5,9%,  $P_2O_5$  – 5,5-8,9 мг на 100 г почвы,  $K_2O$  – 10-14 мг на 100 г почвы по Чирикову.

В структуру ЦЧФ ВИУА входили: отдел минеральных удобрений, руководил которым Рындыч Лев Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук; отдел органических удобрений возглавлял Шелганов Иван Игнатьевич, кандидат сельскохозяйственных наук; отделом механизации руководил Скурятин Николай Филиппович, кандидат технических наук; и аналитической лабораторией руководил Колесников Леонид Матвеевич, кандидат сельскохозяйственных наук.

Научные исследования в ЦЧФ ВИУА велись в соответствии с координационным планом НИР и ОКР по проблеме 0.51.01. Разработать и внедрить эффективные методы воспроизводства почвенного плодородия, комплексного использования земельных ресурсов и рационального применения удобрений. В рамках этой проблемы ставились соответствующие задачи:

1) 03.01.Н1. Установить географические закономерности действия возрастающих доз удобрений в севооборотах на урожай сельскохозяйственных культур (номер государственной регистрации 8104182);

2) 03.01.Н2 Разработать научно-методические основы сохранения и повышения плодородия почв путем систематического применения удобрений (номер государственной регистрации 81041822);

3) 03.01.Н4 Изучить действие сочетания извести и минеральных удобрений на плодородие почв и разработать научно-методические основы

периодического известкования с целью создания оптимальной реакции почв и баланса кальция и выдать рекомендации производству (номер гос. Регистрации 8141824);

4) 03.01.Н5 Усовершенствовать научные основы применения органических удобрений и выдать рекомендации по эффективному их использованию по зонам страны применительно к интенсивному земледелию и промышленному животноводству (номер гос. Регистрации 81041825);

5) 03.02.Н2. Изучить пути дальнейшего повышения эффективности фосфорных удобрений, разработать приемы их использования и подготовить рекомендации производству. (номер гос. Регистрации 81041822);

6) 0.05.01.05 Разработать и усовершенствовать почвозащитные системы земледелия и внедрить их по зонам страны.

Помимо этого, в соответствии с планом НИР ВИА имени Прянишникова Д.Н. в 1976-1991 годах выполнялись работы по заданию 03.01.Н6: «Совершенствовать технологии машин для хранения, высококачественного приготовления и внесения минеральных и органических удобрений в Центрально-Черноземной зоне» и 04.08: Разработать индустриально-почтовые технологические процессы и комплексы высокопроизводительных машин, обеспечивающих эффективное использование удобрений и защиту окружающей среды от загрязнения»

В течение 1975 года шла усиленная подготовка к закладке полевых опытов, приглашались специалисты и научные сотрудники для решения поставленных задач. Рудай Иван Дмитриевич оперативно решал организационные вопросы, так как помимо закладки полевых опытов выполнялись производственные задачи, связанные с закупкой и приобретением оборудования и сельскохозяйственной техники. То что уже на следующий год началась закладка полевых опытов говорит о его уникальных способностях как научного руководителя, так и организатора производства.

Уравнительные посевы на опытных участках были заложены уже весной 1975 года. Первый стационарный опыт на производственной базе в Корочанском районе был заложен в 1976 году. Исследования вели по теме: 02.11.46.101.04 «Изучить влияние доз и соотношений минеральных удобрений при их систематическом внесении в зерно-свекловичном севообороте на плодородие почвы, продуктивность севооборота и качество урожая». Схемой опыта предусмотрено изучение действия различных доз в соотношении азота, фосфора и калия в минеральных удобрениях на урожай и качество культур в пятипольном севообороте: горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос на безнавозном фоне и при внесении навоза в дозе 8 тонн на гектар севооборотной площади. Единичная доза питательных веществ удобрений под сахарную свеклу составила 120 кг, под кукурузу и озимую пшеницу 60 кг/га. Горох и ячмень исполь-

зовали питательные вещества удобрений в последствии. Опыт был развернут в пространстве на пяти полях, что давало возможность каждый год получать результаты по урожайности культур каждого поля севооборота.

Также в 1976 году на территории колхоза имени Свердлова Яковлевского района, где функционировал крупный животноводческий комплекс, был заложен стационарный опыт по теме: 02.11.46.101.15. "Разработать эффективные системы удобрений пропашных кормовых севооборотов, обеспечивающих рост урожайности культур и повышение почвенного плодородия на основе оптимального использования жидкой фракции бесподстилочного навоза и минеральных удобрений". В орошаемом севообороте (ячмень + травы, травы 1-года, 2-го, 3-го года пользования, кукуруза на силос) изучалось действие жидкой фракции навоза в дозах из расчета содержания в нем азота 300, 450, 650, 900 кг/га за ротацию в сравнении с эквивалентным количеством минеральных удобрений на продуктивность культур и показатели почвенного плодородия.

В 1977 году был заложен стационарный полевой опыт на склоне по теме: 02.11.46.101.02, "Изучить влияние удобрений на продуктивность зерно-кормового почвозащитного севооборота и плодородия эродированных черноземов в ЦЧЗ". На слабосмытом в комплексе со среднесмытым черноземе выщелоченном при крутизне склона северной экспозиции 4-4,50 изучались системы удобрений севооборота со следующим чередованием культур: 1. ячмень + травы; 2. травы – 1-й укос; 3. озимая пшеница; 4. кукуруза на силос. Эффективность одной, двух и трех доз азота, фосфора и калия в разных их сочетаниях изучались на фоне отвальной и безотвальной способах основной обработки почвы и других элементов почвозащитной технологии и дополнялась наблюдениями на стоковых площадках.

В 1978 году на базе краткосрочного полевого опыта начались исследования по теме 02.11.46.101.17. «Установить размеры симбиотической азотфиксации основных видов бобовых культур ЦЧЗ и разработать способы ее повышения». Используя сравнительный метод изучения азотфиксирующей способности выявлены коэффициенты азотфиксации для гороха, викоовсяной смеси, клевера, люцерны и эспарцета, определены пути повышения размеров вовлечения в биологический круговорот атмосферного азота.

С 1 января 1980 года коллектив учреждения возглавил Акулов Петр Гаврилович, который продолжил укреплять и развивать научные исследования по сохранению и воспроизводству почвенного плодородия почв, изучению механизмов формирования положительного баланса биологического азота в различных севооборотах. К этому времени уже был сформирован коллектив учреждения и определена научно-производственная структура по решению научно-исследовательских задач.



*Пётр Гаврилович Акулов,  
директор ЦЧФ ВИУА  
1980-1996 гг.*

Принятие в 1982 году Продовольственной программы СССР на майском пленуме ЦК КПСС способствовало дальнейшему развитию агропромышленного комплекса Белгородской области. Отраслью, обеспечивающей высокие темпы производства мяса, стало свиноводство. Также специализация в молочно-мясном скотоводстве позволила хозяйствам, с молочной специализацией увеличить удельный вес коров в стаде до 36-50%. Открылись широкие возможности для специалистов глубже заниматься технологией кормления и содержания коров. В связи с этим возникли задачи об использовании помета и навоза разных форм в качестве удобрения на полях области и выявления их действия под основные сельскохозяйственные культуры. Поэтому в 1982 году был заложен полевой опыт

по теме: 0.2.11.46.101.01. «Изучить влияние соломы и различных видов навоза в сочетании с минеральными удобрениями на урожайность культур севооборота, качество продукции и плодородие чернозема типичного». В схеме в сравнительном изучении находились навоз подстилочный КРС, жидкий навоз, сырой и сухой птичий помет, солома. Дозы различных органических удобрений выравнивались по содержанию углерода и изучались как при непосредственном применении, так и в сочетании с одной и двумя дозами минеральных удобрений в севообороте: горох (без удобрений), озимая пшеница ( $N_{60}P_{60}K_{60}$  одна доза), сахарная свекла ( $N_{90}P_{120}K_{30}$ ), ячмень ( $N_{60}$ ), кукуруза на силос ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ).

Также в 1982 году по теме 02.11.46.101.08 «Изучить влияние сочетания известковых, минеральных и органических удобрений в зерно-свекловичном севообороте на плодородие выщелоченных черноземов ЦЧЗ в условиях интенсивной химизации» был заложен многофакторный полевой опыт с тремя уровнями по внесению извести, азотных и фосфорно-калийных удобрений с градацией от 1 до 3 доз на фоне внесения навоза и без него. Севооборот пятипольный: горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос. Единичная доза в целом за ротацию по 240 кг/га НРК и извести по 0,5 гидролитической кислотности.

В 1983 году был заложен новый полевой опыт. По согласованию с методической комиссией ВИУА была утверждена тема 02.11.46.101.14. «Установить оптимальные параметры минерального питания растений и затраты удобрений для их достижения под основные сельскохозяйствен-

ные культуры севооборота на черноземах ЦЧЗ» На созданных искусственных фонах обеспеченности почвы усвояемыми соединениями фосфора (единовременно вносили 200, 400, 600, 800 кг/га д.в. суперфосфата) накладывалась факториальная схема с различными дозами азота, фосфора и калия с градацией от 1 до 3 доз в севообороте: чистый пар, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос. Единичная доза в целом составила за севооборот  $N_{200}P_{150}K_{200}$ .

В 1985 году по инициативе директора Центрально-Черноземного филиала ВИУА Акулова П.Г. на Ученом совете ВИУА было принято решение о закладке стационарных многофакторных полевых опытов на специально созданном поле ЦЧФ ВИУА.

В результате проведенных переговоров между областным комитетом КПСС и комитетом по сельскому хозяйству, руководством ВИУА было принято решение о передаче ВИУА земельного участка площадью 240 га в селе Никольское Белгородского района в колхозе «Память Ленина». Но вскоре этот колхоз погряз в долгах и обанкротился.

Выбор пал на совхоз «Белгородский». Руководил предприятием Селихов Сергей Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук. Хозяйство специализировалось на производстве молочной продукции на базе крупного молочного комплекса с элитным поголовьем крупного рогатого скота. В 1986 году на основании Указа Президиума Верховного Совета СССР от 16.12.1986 года, приказом Агропромышленного комитета СССР от 26.01.1987 года № 63, приказом ВАСХНИЛ от 17.02.1987 года на базе данного совхоза было создано опытно-производственное хозяйство «Белгородское» ЦЧФ ВИУА подчинявшемся непосредственно ВИУА. На территории ОПХ «Белгородское» было создано производственное отделение филиала ВИУА, на землях которого были заложены полевые стационарные опыты. Подходящую площадь для закладки опытов выделили в районе хутора Гонки Белгородского района. Участок находился на линии водораздела на плакоре, рядом расположен лесной массив в овражно-балочной системе с пологой опушкой. Под руководством начальника почвенной партии филиала Гипрозема кандидата сельскохозяйственных наук Соловиченко Владимира Дмитриевича провели отбор почвенных проб согласно геодезической сетке в почвенных разрезах глубиной до 2-х метров. Была составлена детальная почвенная карта, где был определен почвенный покров опытного участка.

В 1987 году был заложен стационарный полевой опыт по теме исследования: 02.11.46.101.16. «Разработать научные основы расширенного воспроизводства плодородия чернозема типичного в условиях интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в специализированных севооборотах ЦЧЗ». В четырехфакторном опыте в комплексе изучаются основные элементы систем земледелия: севообороты (три

типа – зернопаропропашной, зернопропашной и травопольный), способы основной обработки почвы (отвальная, безотвальная вспашка, минимальная), дозы органических удобрений (три уровня) и минеральных удобрений (три уровня).

В том же 1987 году был заложен еще один стационарный полевой опыт по теме исследования: «02.11.46.101.13 Изучить систему комплексного применения средств химизации в условиях ЦЧЗ при выращивании сельскохозяйственных культур по интенсивной технологии». Севооборот: чистый пар, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на зерно. Изучались три фактора: способы основной обработки (отвальная и безотвальная) шесть уровней минерального питания и три уровня защиты растений (только протравливание семян, применение средств защиты по диагностическим критериям, применение средств защиты растений по жесткой схеме).

Исследования в ЦЧФ ВИУА продолжались и в рамках ГНТП по все-союзной проблеме «Высокоинтенсивные процессы производства продовольствия» по программам «Плодородие» и «Комплекс зерновой – 2000». Научно-исследовательские работы в ЦЧФ ВИУА базировались на методической основе, разработанной в ВИУА.

Уже в 1977 году учеными филиала были подготовлены «Методические рекомендации по повышению продуктивности лугопастбищных многолетних трав» [12(1a)]. В них были представлена система мер по улучшению кормовых угодий, для создания кормовой базы собственного производства в колхозах и совхозах, специализирующихся на производстве молока. Даны рекомендации по возделыванию злаковых и бобовых трав для заготовки сена и сенажа.

Большое внимание ученых в этот период привлекали вопросы, связанные с разработкой специфических структур посевных площадей и севооборотов, использованием навоза и жидких стоков для каждого типа животноводческих комплексов, создаваемых в Белгородской области. По результатам исследований были подготовлены и изданы различные методические рекомендации.

Учеными ЦЧФ ВИУА для специализированных хозяйств подготовлены в 1978 году рекомендации по разработке системы и технологии применения удобрений для повышения урожайности культур зернопропашного и зернокормового севооборотов, в которых основная доля отводилась сельскохозяйственным культурам кормового направления [13].

В 1980 году для специалистов были разработаны рекомендации по увеличению производства и улучшению качества кормов в колхозах и совхозах Белгородской области, а также рекомендации по рациональному применению удобрений [14, 15].

Итоги химизации сельскохозяйственного производства за период 1976-1980 годы показали, что среднегодовой валовый сбор зерна в Белгородской области увеличился на 7,2%, сахарной свеклы на 25%, и достиг соответственно 1833 и 3071 тысяч тонн. Увеличились объемы использования органических и минеральных удобрений. В среднем за эти годы на 1 га пашни было внесено по 3,2 тонны навоза и 3,6 центнера минеральных удобрений в стандартных туках. При этом основная часть удобрений была использована под главную техническую культуру – сахарную свеклу. На каждый гектар ее посевов было внесено в среднем по 418 кг питательных веществ. Расширялось применение удобрений под зерновые культуры. В среднем за год удобрения вносились на 860 тыс. га зерновых культур из расчета по 3,1 тонны навоза и 39,2 кг действующего вещества минеральных удобрений [16].

Перед сельским хозяйством Белгородской области на период 1981-1985 годы была поставлена задача увеличения производства зерна до 2,5 млн. т, производство сахарной свеклы до 3,8 млн. т. Для этого предусматривалось повышение урожайности зерновых до 28 ц/га, сахарной свеклы до 240 ц/га. Для создания прочной кормовой базы объем производства кормов должен возрасти до 3,5 млн. т кормовых единиц, что составляло на условную голову 36 ц в среднем на год [17].

Для достижения намеченных целей в Белгородской области была разработана программа мер по дальнейшему развитию сельского хозяйства на 1981-1985 годы в свете постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР по Центрально-Черноземному району РСФСР от 19 марта 1981 года.

В связи с этим обстоятельством, решением ученого совета ЦЧФ ВИАУ и научно-технического совета Белгородского облисполкома были утверждены и опубликованы в 1982 году «Методические рекомендации по повышению плодородия почв Белгородской области» [18].

На основании полученных результатов исследований учеными ЦЧФ ВИАУ совместно со специалистами областного объединения «Белгород-сельхозхимия» в 1983 году была рассмотрена и утверждена научно-техническим советом управления сельского хозяйства облисполкома «Программа химизации сельского хозяйства Белгородской области на 1981-1985 годы». В ней были рассмотрены вопросы, связанные агрохимической характеристикой почв и пути повышения их плодородия, приведены плановые объемы по применению минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры, объемы по известкованию кислых почв. Также рассмотрены вопросы применения средств химизации при возделывании сельскохозяйственных культур по индустриальной технологии и комплексной химизации полей [16].

Разработки и методические рекомендации ученых ЦЧФ ВИАУ использовались для выпуска в 1983 году коллективной монографии «Научные ос-

новы применения удобрений в Центрально-Черноземной зоне» под редакцией академиков В.Д. Панникова, И.С. Шатилова, В.Г. Минеева и др. [19].

В последующие годы учеными ЦЧФ ВИАУ были разработаны агрономические рекомендации по подготовке и использованию бесподстилочного навоза для удобрений, рекомендации по применению удобрений на эродированных почвах и почвозащитных системах земледелия, методические рекомендации по дозам и срокам внесения бесподстилочного навоза [20, 21, 22]. По результатам исследований в длительных стационарных полевых опытах разработан ряд практических рекомендаций и систем удобрений для специализированных хозяйств Валуйского, Корочанского, Прохоровского, Шебекинского районов Белгородской области. Материалы исследований, использовались Комитетом сельского хозяйства, продовольствия и торговли Белгородской области при разработке программных документов, регламентов возделывания основных сельскохозяйственных культур по инвестиционным проектам, для совершенствования нормативов при разработке систем земледелия для хозяйств области, Белгородским филиалом ЦЧО ГИПРОЗЕМ, при разработке программ комплексного агрохимического обслуживания полей «Белгородсельхозхимией».

В период с 1985 по 1990 годы на базовых стационарных опытах ЦЧФ ВИАУ появились первые результаты исследования за десятилетний период. На основании экспериментальных данных совершенствовалась система удобрений и в целом корректировалась система земледелия Белгородской области. В работах ученых ЦЧФ ВИАУ отмечалось неоднозначное влияние антропогенных факторов на плодородие почв, что приводило по их мнению к неустойчивому земледелию.

Интенсификация сельскохозяйственного производства, связанная с углубленной специализацией животноводства и соответственно с усиленной химизацией в отрасли растениеводства для повышения урожайности зерновых и технических культур, обеспечения потребности в кормах привели к усиленной эксплуатации земельных ресурсов, в структуре которых черноземные почвы занимали 83% площади пашни. Научными исследованиями, проведенными учеными ЦЧФ ВИАУ и других научных учреждений в условиях Центрально-Черноземной зоны было установлено, что в результате интенсивного сельскохозяйственного использования содержание гумуса в почвах падает. Это обусловлено повышенной минерализацией гумуса при интенсивной обработке почвы, особенно при возделывании пропашных культур, незначительным удельным весом в структуре посевных площадей зернобобовых культур и многолетних трав, неполным восполнением отчуждаемых урожаем элементов питания, проявлениями водной эрозией и другими факторами [18].

По расчетам Белгородской областной агрохимической лаборатории ежегодно потери гумуса с в среднем по области составляли только при возделывании зерновых культур 0,3-0,5 тонны с гектара, что составляет 0,3-0,9% его валовых запасов. Особенно неблагоприятная обстановка складывается по балансу гумуса в районах, где выращивали сахарную свеклу, кукурузу на силос, подсолнечник и другие технические культуры. Потери гумуса в интенсивных севооборотах были еще выше и достигали 0,65-0,96 т/га. Внесение органических удобрений в дозе 4-5 т/га обеспечивает восполнение гумуса только на 42-49% [19]. Присутствие в структуре посевных площадей более 50% пропашных культур, привело к тому, что их начали размещать на склонах, в связи с чем усилились эрозионные процессы, стал отмечаться интенсивный смыв почвы.

Перед учеными стояла новая задача. Главным условием устойчивого ведения земледелия в Белгородской области должен быть системный подход к освоению комплекса почвозащитных, почвоводоохранных, а также природоохранных мероприятий. Необходимо было придавать ресурсосберегающий характер современным интенсивным системам земледелия, который должен достигаться не только применением совершенных технологий и материально-технических средств, но рациональной организацией труда. Поэтому острой проблемой становится обеспечение высокой экономической эффективности земледелия на основе роста продуктивности каждого гектара и экономного и рационального расходования ресурсов, обеспечивающего максимальную их окупаемость урожаем [23].

Важным событием для региона стало выездное совместное заседание президиума Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени Ленина В.И. (ВАСХНИЛ) и Всероссийского отделения ВАСХНИЛ 6-7 июня 1989 года по проблеме повышения эффективности земледелия и агропромышленного производства Белгородской области.

В своем докладе президент ВАСХНИЛ академик Академии наук СССР и ВАСХНИЛ Никонов А.А. подчеркивал, что заседание президиума в Белгороде проводится не случайно. Анализ состояния дел в земледелии за последние годы свидетельствует о том, что несмотря на рост инвестиций, внедрение интенсивных технологий, увеличение внесения удобрений во многих колхозах и совхозах, районах и области в целом в земледелии не достигнуты по многим показателям запланированные темпы роста урожайности зерна, технических, кормовых культур; их производство остается на достигнутом невысоком уровне, а в отдельные неблагоприятные, засушливые годы и этот уровень снижается. Также он с тревогой обозначил тот факт, что за последние 20 лет из сельскохозяйственного оборота выбыло почти 54 тыс. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 34 тыс. га высокоплодородных пахотных земель, а резервов для их восстановления

из-за высокой распаханности в области практически нет. Особую его озаченность вызывали процессы эрозии, приостановить которые пока не удавалось. Небольшой, даже средний дождь смывает с тысячи гектаров плодородную почву в овраги и балки. Так с 1 га площади ежегодно смывается 24 т чернозема, теряется около 1 т гумуса, бесполезно стекает 20% выпавших осадков. Смыв питательных веществ по этим причинам ежегодно превышает количество используемых колхозами и совхозами удобрений. Никонов А.А. на этом заседании констатировал переход к контурно-мелиоративному земледелию, пересмотру севооборотов, способов обработки почвы и структуры посевных площадей, обозначил восстановление агролесомелиорации. Основной причиной неустойчивости интенсивного земледелия явилось несоответствие его системы ведения местным почвенно-климатическим условиям и особенно сложному рельефу территории. Переход к почвозащитной контурно-мелиоративной системе означал приведение всего растениеводства в соответствие с почвенно-экологическими факторами. По его мнению реализация «Государственной комплексной программы повышения плодородия почв СССР на период до 2005 года» утвержденной президиумом ВАСХНИЛ 16 марта 1988 года должна осуществляться повсеместно [24].

Научно-исследовательским учреждениям области при активном участии Всероссийского отделения ВАСХНИЛ, обкома КПСС, Белгородского агропромышленного комитета было поручено разработать проект системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории на перспективу. Этот проект был рассмотрен на выездном заседании.

Позднее была подготовлена «Научно-обоснованная система земледелия Белгородской области», в которой изложены современные научные принципы повышения устойчивости земледелия на почвозащитной и почвоводоохранной основе. Она была рассмотрена и одобрена научно-техническим советом Агропромсоюза и Президиумом ВАСХНИЛ 27 июня 1989 года [23].

Было принято решение о внедрении в производство данной приоритетной научной разработки. В ЦЧФ ВИУА был заложен опыт по комплексному изучению ландшафтной и традиционной систем земледелия. Основная цель данных исследований состояла в разработке научных основ построения адаптивных систем земледелия для черноземных почв и проведением комплексной оценки адаптивно-ландшафтной и традиционной систем земледелия при разной антропогенной нагрузке на эродированных черноземах.

К началу 90-х годов в ЦЧФ ВИУА функционировало девять крупных стационаров. Большой вклад в развитие сельскохозяйственной науки в этот период внесли Петр Гаврилович Акулов, Борис Фадеевич Азаров, Николай Петрович Богомазов, Лев Петрович Рындыч, Николай Михай-



*Учёные научно-исследовательского института*

лович Доманов, Иван Игнатьевич Шелганов, Валентин Владимирович Никитин, Александр Андреевич Москаленко, Василий Антонович Фёдоров, Владимир Дмитриевич Соловиченко, Николай Селивёрстович Соколов, Михаил Никифорович Агафонов, Николай Филиппович Скурятин, Леонид Матвеевич Колесников.

После 1991 года не стало страны с названием Союз Советских социалистических республик (СССР). Наступал экономический кризис. С 1992 года ВАСХНИЛ как структура перестала существовать. Указом президента РФ от 30 января 1992 года № 84 «О Российской академии сельскохозяйственных наук» организация стала самоуправляемой. Романенко Геннадий Алексеевич возглавивший структурное подразделение еще 1990 году, как Всероссийское отделение в структуре ВАСХНИЛ, остался руководить академией до 2013 года [25].

Согласно Указу Президента РФ Российская академия сельскохозяйственных наук должна разрабатывать государственные и региональные целевые научно-технические программы, осуществлять их реализацию, проводить координацию и методическое обеспечение исследовательских, проектно-технологических и опытно-конструкторских работ научных учреждений всех ведомств агропромышленного комплекса РФ и нести полную ответственность за разработку, уровень и новизну научных основ аграрной политики, фундаментальных и прикладных исследований, ускорение темпов и повышение качества научно-технического прогресса в аграрном секторе экономики [26, 27].

В связи со структурными изменениями в системе академии сельскохозяйственных наук важнейшей формой планирования показателей научной деятельности стали государственные программы. Они, в том числе программы фундаментальных исследований, являлись инструментом реализации приоритетных задач государства [28].

Постановлением Верховного Совета РФ «О развитии сельскохозяйственной науки в РФ» № 2861-1 от 28 мая 1992 года Правительству РФ было предложено ежегодное выделение бюджетных, в том числе валютных, ассигнований на республиканские и региональные целевые научно-исследовательские программы в размере не менее одного процента от стоимости валовой продукции за счет ассигнований на развитие агропромышленного комплекса [29].

Однако в России, вследствие сложной политико-экономической обстановки, стали сужаться возможности бюджетного финансирования исследований. Руководство филиала продолжало проводить научно-исследовательские работы. Большая часть средств при распределении бюджета научных исследований оставалась в ВИУА, финансирование филиалов осуществлялось по остаточному принципу. В связи с этим стали возникать вопросы, связанные с отделением ЦЧФ ВИУА от головного института ВИУА и подчинением непосредственно Российской академии сельскохозяйственных наук. На региональном уровне эту идею поддержали, соответственно этот вопрос согласовывался и с Россельхозакадемией.

В этот сложный период происходили кардинальные перемены в сельском хозяйстве. Экономический упадок, уничтожение колхозной системы, диспаритет цен на сельскохозяйственную и промышленную продукцию, политический кризис привели к деградации сельскохозяйственного производства. В столь непростых условиях Правительство Белгородской области взяло курс на стабилизацию ситуации.

Руководителем Белгородской области 18 декабря 1993 года был назначен Савченко Евгений Степанович. Начиналась новая эпоха в развитии сельского хозяйства на территории области.

Центрально-Черноземный филиал переживал непростые времена. Из-за отсутствия финансирования была сокращена численность сотрудников, изменялись программы исследования. Однако основные научные направления продолжали функционировать.

19 января 1996 года приказом № 5 Россельхозакадемии Центрально-Черноземный филиал был преобразован в Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства.

Правительство области поставило перед учеными новые задачи: началась разработка направления по селекции и семеноводству основных сельскохозяйственных культур. По инициативе Губернатора Белгородской области Савченко Е.С. были приглашены высококвалифицированные специалисты по селекции из ведущих научных учреждений бывшего Советского Союза.

Были образованы лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы, кукурузы и ячменя. За короткий срок было передано на государственное испытание два сорта озимой пшеницы, один гибрид кукурузы и три сорта ячменя.

Начинался новый период в истории научного учреждения.



## Глава 2.

# РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В ЦЧФ ВИУА ЗА ПЕРИОД 1975-1995 ГОДЫ

### **2.1. Тема: 03.01.Н1. Установить географические закономерности действия возрастающих доз удобрений в севооборотах на урожай сельскохозяйственных культур.**

Сельскохозяйственное производство в Белгородской области в середине 70-х годов развивалось интенсивно и отрасли животноводства и растениеводства постоянно наращивали темпы развития. Перед колхозами и совхозами ставились задачи по увеличению производства и продажи государству сельскохозяйственной продукции. Получение стабильных урожаев сельскохозяйственных культур невозможно без эффективного плодородия почв. В этот период в Центрально-Черноземной зоне РСФСР производилось около 9% зерна, 50% сахарной свеклы, 14% подсолнечника от их общего производства в РСФСР и значительное количество животноводческой продукции. [30]. Для обеспечения устойчивого роста урожайности сельскохозяйственных культур важное место принадлежит мероприятиям, направленным на расширенное воспроизводство почвенного плодородия, рациональное применение органических и минеральных удобрений. Поэтому изучение закономерностей действия удобрений и их сочетаний при систематическом внесении в зерносвекловичном севообороте в условиях юго-западной части Центрально-Черноземной зоны являлось достаточно актуальным.

В связи с этим была утверждена тема 02.11.46.101.047 «Изучить влияние доз и соотношений минеральных удобрений при их систематическом внесении в зерно-свекловичном севообороте на плодородие почвы, продуктивность севооборота и качество урожая».

В полевом стационарном опыте, который был заложен в 1976 году исследовалось влияние доз и соотношений минеральных и органических удобрений при их систематическом внесении в зерно-свекловичном севообороте на плодородие почвы, продуктивность севооборота и качество урожая. Ответственным исполнителем был кандидат сельскохозяйственных наук Никитин Валентин Владимирович.

Опыт проводили на черноземе типичном малогумусном тяжелосуглинистом в пятипольном севообороте со следующим чередованием культур: сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос, горох, озимая пшеница. Минеральные удобрения вносили с осени в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия: под сахарную свеклу и кукурузу под зя-

блевуемую вспашку, под озимую пшеницу – под предпосевную культивацию. Ячмень и горох испытывали последствие минеральных удобрений, внесенных под предшествующие культуры. Схема опыта включала два уровня органических удобрений – нулевой и 8 т/га севооборотной площади. Полуперепревший навоз применяли один раз в ротацию под сахарную свеклу в количестве 40 т/га. Расположение делянок систематическое, повторность четырехкратная. Химические анализы проводили методами, рекомендованными для Центрально-Черноземной зоны. Курировал этот опыт отдел географической сети ВИУА под руководством Минеева В.Г.

В 1996 году на материалах, полученных в данном опыте Никитин В.В защитил диссертацию: «Оптимизация минерального питания культур зерно-свекловичного севооборота на черноземах типичных юго-запада ЦЧЗ» на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Чтобы более четко определить влияние удобрений на содержание подвижных питательных веществ в почве он сгруппировал результаты за две ротации и проанализировал данные за десятилетний период [31].

Было установлено, что удобрения существенно улучшают динамику питательных веществ в почве: повышается содержание минерального азота, нитрифицирующей способности почвы, подвижных форм фосфора и калия. Эта закономерность имеет место и в случае отрицательного баланса элементов питания в севообороте. В среднем по пяти культурам за две ротации (50 опытных лет) было обнаружено весной перед началом вегетации в метровом слое почвы нитратного азота на контроле 79 кг/га, на единичной дозе удобрений – 113 кг/га, на двойной – 143кг/га. В пахотном слое в эти же сроки содержалось на контрольных вариантах минерального азота 14,7 мг/кг, на делянках с единичной дозой азота – 19,2 мг/кг, с двойной дозой – 23,4 мг/кг. Подвижного фосфора было обнаружено соответственно 72, 85 и 106 мг/кг, подвижного калия – 99, 114, 131 мг/кг соответственно [31].

Исследованиями установлено, что имеет место глубокая миграция нитратного азота вниз по профилю почвы и рано весной в слое 0-30 см его содержание составляет 25-30% от количества содержащегося в метровый толще почвы. Азот минеральных удобрений более лабилен, чем азот почвы и локализован в более глубоких слоях почвы. Органические удобрения стабилизируют миграционные процессы и минеральный азот по органо-минеральной системе удобрения накапливается в относительно поверхностных слоях почвы по сравнению с минеральной [32].

За счет естественных запасов чернозема типичного формируется в среднем 70% урожая. Прибавки урожая за счет удобрений в среднем за десять лет составило по сахарной свекле 135-149 ц/га, по кукурузе 81-89 ц/га, по озимой пшенице 11-19 ц/га. Применение удобрений позволило довести продуктивность севооборота до 80 ц/га в среднем за год [33].

С учетом урожая и его качества лучшие результаты получены по минеральной системе удобрений на сахарной свекле в первой и во второй ротации от  $N_{240}P_{180}K_{180}$ , во второй  $N_{120}P_{120}K_{120}$ ; для озимой пшеницы  $N_{90}P_{120}K_{90}$  и  $N_{90}P_{60}K_{90}$  т.е. как правило, имеет место снижение оптимума доз во времени и прежде всего фосфора [33].

Важным выводом в исследованиях, проведенных в данном стационарном опыте является то, что все комбинации с удобрениями дают положительный экономический эффект в севообороте, за исключением максимальных доз тройного удобрения. Условно-чистый доход по минеральной системе удобрения при неизменном соотношении NPK максимальный на полуторной дозе; по органо-минеральной – в первой ротации наибольший эффект имеет место по единичной дозе.

Удобрения оказывают значительное влияние на качество сельскохозяйственной продукции. Большие дозы минеральных удобрений (свыше 180 кг каждого элемента) уменьшает заводской выход сахара до 1,5%, снижает доброкачественность сиропа, увеличивает содержание редуцирующих веществ [34]. Минеральные удобрения повышают достоинства зеленой массы кукурузы, увеличивая содержание переваримого сырого протеина, а также фосфора и качественные показатели озимой пшеницы за счет увеличения белка и клейковины [35].

Снижается содержание гумуса как в пахотном, так по всему метровому профилю почвы. Минеральные удобрения позволяют уменьшать интенсивность минерализации гумуса, однако повышенные и высокие дозы проявляют тенденцию к усилению минерализационных процессов в верхних слоях почвы, затухающих с глубиной. Применение 8т/га навоза и минеральных удобрений в дозах 48-96 кг/га азота, фосфора и калия делает возможным расширенное воспроизводство почвенного плодородия .

Содержание подвижного фосфора и калия без применения удобрений не изменилось за две ротации. Навоз и все дозы минеральных удобрений повышают содержание подвижного фосфора в почве до глубины одного метра. Минеральные удобрения и навоз повышают содержание всех групп фосфатов, особенно заметно увеличение рыхлосвязанных фосфатов, фосфатов алюминия и железа. Содержание подвижного калия возрастает на удобренных вариантах но только до 60 см отметки. Минеральные удобрения не оказали существенного влияния на обменную кислотность чернозема типичного, увеличивая незначительно гидролитическую кислотность [36].

На основе математической обработки полученных данных было выявлено, что коэффициенты корреляции количества нитратного азота с урожаем культур севооборота увеличиваются с глубиной отбора образца, однако, начиная с глубины 80-120 см эти различия невелики и поэтому за

основу проведения почвенной диагностики на азот можно ограничиться метровой глубиной [32].

Была предложена шкала обеспеченности культур подвижными элементами питания. Оптимальным содержанием нитратного азота в метровой глубине следует считать для сахарной свеклы 200-250 кг/га, для кукурузы 200-225 , для озимой пшеницы 175-200 кг/га; подвижного фосфора в пахотном слое для сахарной свеклы и озимой пшеницы 100-125 мг/кг, для кукурузы 75-100 мг/кг, подвижного калия для сахарной свеклы 140-160 мг/кг, для кукурузы и озимой пшеницы 12-140 мг/кг [31].

Установлены оптимальные уровни содержания элементов питания в растениях, соответствующие максимально возможным урожаям. Оптимальное содержание азота в листьях сахарной свеклы составляет при образовании 2-3 пар настоящих листьев 4,5-4,6% при смыкании растений в рядках 4,2-4,3%, при смыкании междурядий 3,7-3,8%; Фосфора 0,57-0,59%, 0,46-0,48% 0,41-0,43%; калия 4,4-4,5%, 2,7-2,9% корнеплоды, 2.1-2,2% корнеплоды [37].

Выявлено оптимальное содержание азота в листьях кукурузы при образовании 2-3 листьев, которое составляет 5,1-5,3%, в фазу 4-5 листьев 4,3-4,5%, в фазу выметывания метелки 2,2-2,3%; фосфора 0,43-0,45%, 0,39-0,41%; калия 4,4-4,6%, 2,9-3,1%, 2,6-2,8% соответственно. Оптимальное содержание азота в листьях озимой пшеницы составляет в фазу кушения 4,4-4,6%, в фазу трубкования 3,2-3,3%, в фазу колошения (флаговый лист) 3,5-3,7%, фосфора 0,43-0,45% 0,33-0,35, 0,26-0,28%; калия 3,4-3,6%, 2,9-3,1%, 2,2-2,4% соответственно [31].

В среднем за две ротации севооборота на варианте без внесения удобрений получен отрицательный хозяйственный баланс по азоту в размере 90 кг/га, по фосфору 31 кг/га, по калию 87 кг/га  $K_2O$ . Положительный баланс по азоту имеет место лишь при внесении в почву 8 т/га навоза и 120 кг/га азота, по фосфору накопление этого элемента происходит уже при внесении 48 кг/га  $P_2O_5$ , по калию – в случае внесения 120 кг/га  $K_2O$  в виде минеральных удобрений, либо при совместном внесении 72 кг  $K_2O$  и 8 т/га навоза.

По итогам проведенных исследований производству были предложены следующие мероприятия:

– в зерно-свекловичном севообороте для обеспечения расширенного воспроизводства плодородия чернозема типичного и обеспечения продуктивности 75-80 ц/га зерновых единиц при содержании в метровом слое 100-120 кг/га азота нитратного, 80-90 мг/кг  $P_2O_5$  и 100-120-мг/кг  $K_2O$  вносить с минеральными удобрениями  $N_{72-96}P_{48}K_{48-72}$  на фоне 8 т навоза на гектар севооборотной площади.

– в целях проведения диагностики обеспеченности культур зерно-свекловичного севооборота усвояемыми формами азота, прогноза действия

азотных удобрений на черноземах типичных юго-западной части ЦЧЗ следует отказаться от метода определения щелочногидролизуемого азота и основываться на содержании нитратного азота в метровом слое почвы поздно осенью или рано весной до наступления вегетации.

— при определении доз основного удобрения необходимо пользоваться методикой, предложенной ЦЧФ ВИУА, опираясь на коэффициенты использования подвижных питательных веществ чернозема типичного, нормативы затрат азота, фосфора и калия на единицу прибавки урожая основной продукции культур севооборота и норматив выноса элементов питания единицей урожая.

Таким образом, на основе результатов исследования, полученных в стационарном опыте, были разработаны научные основы применения удобрений в зерно-свекловичном севообороте на черноземах типичных в юго-западной части Центрально-Черноземной зоны, обеспечивающие стабильную урожайность культур высокого качества и удовлетворяющие экологическим ограничениям. Установлены оптимальные уровни минерального питания ведущих сельскохозяйственных культур, основные критерии почвенно-растительной диагностики, позволяющие корректировать систему удобрения в зависимости от обеспеченности почвы подвижными элементами питания. Предложены нормативы затрат минеральных удобрений на формирование единицы урожая и прибавки, разработаны нормативы затрат подвижных питательных веществ чернозема типичного а также коэффициенты их использования в зависимости от эффективного плодородия. Изучены изменения основных показателей плодородия чернозема типичного на глубину одного метра под влиянием систематического применения органических и минеральных удобрений, трансформация гуминовых и фульвокислот а также различных соединений почвенного фосфора и калия. Проведена биоэнергетическая оценка применения удобрений в зерно-свекловичном севообороте. В условиях юго-западной части ЦЧЗ приводятся результаты исследований по миграции нитратного азота на глубину двух метров в условиях естественного фона и повышенного уровня применения средств химизации.

## **2.2. Тема: 0.05.01.05 Разработать и усовершенствовать почвозащитные системы земледелия и внедрить их по зонам страны**

Расчлененный рельеф и высокая доля склоновых земель в пашне, наряду с другими природными факторами способствуют развитию водной эрозии даже на склонах небольшой крутизны, которые могут достигать 1 т/га и более. Интенсивность эрозии черноземных почв (без соответствующих почвозащитных мер) нередко в значительной степени превышает

темпы естественного почвообразования. Ущерб от эрозии почв из-за недобора продукции в стране оцениваются в миллиарды рублей ежегодно. Эродированные почвы по сравнению с несмытыми обладают пониженным и низким плодородием, урожаи сельскохозяйственных культур на таких почвах на 20-60% ниже. Для продуктивного использования эродированных земель требуется приостановить разрушительное действие эрозии путем осуществления различных противоэрозионных мероприятий (агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических), а также восстановить и повысить их плодородие.

Решающую роль в ускоренном восстановлении и повышении плодородия эродированных земель играют удобрения. На удобренных эродированных почвах лучше развиваются культурные растения, образуя более мощную корневую систему, которая надежно защищает почву от эрозии, уменьшает сток воды и смыв почвы. Удобрения значительно повышают урожайность сельскохозяйственных культур и повышают продуктивность почвозащитных севооборотов.

В 1977 году был заложен стационарный полевой опыт на склонах по теме: 02.11.46.101.02, «Изучить влияние удобрений на продуктивность зерно-кормового почвозащитного севооборота и плодородия эродированных черноземов в ЦЧЗ».

Ответственным исполнителем данной темы был Рындыч Лев Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук. Опытный агроном и ученый сумел провести уникальные исследования на стоковых площадках по определению потерь питательных веществ в результате эрозионных процессов и определить основные направления повышения плодородия смытых черноземов. На материалах исследований были защищены 2 докторские и 2 кандидатские диссертации.

На слабосмытом в комплексе со среднесмытым черноземе выщелоченном при крутизне склона северной экспозиции 4-4,50 изучались системы удобрений севооборота со следующим чередованием культур: 1. ячмень + травы; 2. травы – 1-й укос; 3. озимая пшеница; 4. кукуруза на силос. Эффективность одной, двух и трех доз азота, фосфора и калия в разных их сочетаниях изучались на фоне отвальной и безотвальной способах основной обработки почвы и других элементов почвозащитной технологии и дополнялась наблюдениями на стоковых площадках.

Объектом исследований являлся чернозем выщелоченный малогумусный слабосмытый в комплексе со среднесмытым, тяжелосуглинистый, сформированный на северном склоне крутизной 1-5°. Перед закладкой опыта пахотный слой характеризовался следующими показателями: плотность сложения 1,12 – 1,14 г/см<sup>3</sup>, удельная масса 2,35 – 2,65 г/см<sup>3</sup>, рН солевой – 5,6 – 6,7; гидролитическая кислотность – 1,4-3,5 мг-экв на 100 г

почвы, обменные основания Са и Mg 24 – 33 и 2,4 – 4,0 мг-экв. на 100 г почвы, содержание гумуса 3,7 – 4,6%, подвижного фосфора 4-8 мг, обменного калия 15-20 мг на 100 г почвы. Длительный опыт представлен двумя полями в натуре. Повторность вариантов опыта четырехкратная Общая площадь делянки 180 м<sup>2</sup> (30х6), учетной 100 м<sup>2</sup>.

Наблюдения проводили в течение четырех ротаций почвозащитного севооборота со следующим чередованием культур кукуруза на силос, ячмень, эспарцет, озимая пшеница Действие минеральных удобрений изучали на фоне навоза и без него. Полуперепревший навоз (30 т/га) согласно схеме опыта вносили только под кукурузу осенью под вспашку на всю ротацию севооборота. Под все культуры, кроме эспарцета вносили минеральные удобрения. Разовая доза азота, фосфора и калия под кукурузу составляла 60 кг/га, под ячмень – 30 кг/га и озимую пшеницу – 50 кг/га. Все формы удобрений- аммиачную селитру, двойной суперфосфат и калийную соль вносили вразброс осенью на фоне противоэрозионной обработки почвы и других агротехнических приемов (обваловывание и бороздование зяби), способствующих сокращению стока воды и смыва почвы. Их применяли ежегодно в дозах и соотношениях в соответствии со схемой опыта: 1) без удобрений; 2) P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>; 3) N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>; 4) N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>; 5) N<sub>3</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>; 6)N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>; 7) N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>; 8) N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K<sub>1</sub>; 9) N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>1</sub>; 10) N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub>; 11) без удобрений; 12) навоз 30 т/га (3-й год последействия) – фон; 13) фон + N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>; 14) фон + ШP<sub>2</sub>K<sub>2</sub>; 15) фон + N(P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>) разовое внесение-3-й год последействия). Только в варианте 15 изучали трехлетнее последействие фосфорных и калийных удобрений, внесенных один раз под кукурузу в дозах, рассчитанных на всю ротацию севооборота В вариантах 13, 14, 15 – эффективность минеральных удобрений изучали на фоне последействия навоза (30 т/га), внесенного под первую культуру севооборота.

Результаты исследований в длительном стационарном опыте за две ротации показали, что на эродированном черноземе выщелоченном в первом минимуме находится азот, а затем фосфор. Калий способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур в сочетании с азотом и фосфором. Оптимальным соотношением азота и фосфора в системе удобрения ячменя и озимой пшеницы в почвозащитном севообороте является один к одному. Отдача от внесения калийных удобрений под указанные культуры сводится к минимуму и практически дозы калия в 30 кг/га под ячмень и 50 кг/га под озимую пшеницу при их увеличении вдвое не повышают урожайность зерна. Эспарцет не реагирует на последействие удобрений и урожайность сена по всем вариантам опыта колеблется в пределах 6,0-6,5 т/га.

Продуктивность четырехпольного почвозащитного севооборота за две ротации на контроле без удобрений составила 3,08 т з.е. с гектара. С ро-

стом доз удобрений, продуктивность севооборота повышается. При внесении в среднем на гектар севооборотной площади 70, 105, 175, 245, и 280 кг д.в. NPK выход продукции в зерновых единицах характеризовался следующим возрастающим рядом: 3,45; 4,02; 4,29; 4,49; 4,64 тонн зерновых единиц с гектара [38].

Наиболее высокая отдача от минеральных удобрений в почвозащитном севообороте получена при внесении 105 кг д.в. на гектар – 8,9 зерновых единиц на 1 кг д.в. внесенных удобрений. По мере роста доз удобрений отдача от их применения снижается и при максимальной дозе 280 кг/га составляет 5,5 кг зерновых единиц, однако рентабельность остается высокой и достигает 150%.

Наблюдения на стоковых площадках стационарного опыта показали, что без проведения специальных почвозащитных мероприятий на ограниченном склоне в среднем со стоком талых вод теряется от 35 до 55% влаги, накопленной в снеге в период снеготаяния. Смыв почвы с зяби, вспаханной поперек склона, составил 2,6 т с гектара при объеме стока 390 кубических метров. Смыв почвы с посевов многолетних трав и озимой пшеницы практически не наблюдался, хотя объем стока на этих культурах был равен 235 и 207 м<sup>3</sup> соответственно. Общие потери азота, фосфора и калия составили по зяби – 85,7 кг, по многолетним травам (эспарцет) 2,3 кг, по озимой пшенице – 12,5 кг/га [39].

Для расчета баланса органического вещества в севообороте было учтено количество растительных остатков в пахотном слое почвы после уборки возделываемых культур. Установлено, что на контроле без применения удобрений после ячменя количество растительных остатков составляет 2,35 т, после эспарцета – 1,97 т; после озимой пшеницы 2,23 т и после кукурузы на силос – 3,8 т воздушно-сухого вещества на гектар. В целом за севооборот в почве накапливается 10,42 т/га сухих растительных остатков [40].

Внесение 280 кг д.в. NPK на гектар севооборотной площади увеличивает запасы органического вещества в почве на 3,73 т. Расчет баланса гумуса с учетом приходных частей (накопление растительных остатков и внесение органических удобрений) и расходные (минерализация гумуса) при условии полного прекращения процессов смыва и размыва почвы показал, что бездефицитный баланс достигался при внесении на контроле без минеральных удобрений 8,5 т навоза на гектар севооборотной площади на фоне 280 кг д.в. NPK – 7 т навоза [40].

Данные анализа почвы по содержанию гумуса в начале первой ротации почвозащитного севооборота и по окончании второй ротации свидетельствуют о том, что фактически потери гумуса меньше, чем рассчитанные по накоплению пожнивно-корневых остатков. Отмечается, что значение

неучтенного органического вещества, которое накапливается в почве в период вегетации растений весьма существенно.

За восьмилетний период содержание гумуса на вариантах без удобрений снизилось с 4,71 до 4,61%, при внесении 280 кг д.в. удобрений с 4,63 до 4,57% и при внесении 7,5 т навоза на фоне 175 кг д.в. NPK содержание гумуса увеличивалось с 4,53 до 4,61%, особенно в подпахотном горизонте почвы.

Для стабилизации уровня гумусированности эродированных черноземов, входящих в первую технологическую группу (с уклоном до 3 градусов) норма внесения навоза на фоне повышенных доз минеральных удобрений должна составлять не менее 3 т на гектар севооборотной площади.

### **2.3. Тема: 03.01.Н2. «Разработать научно-методические основы сохранения и повышения плодородия почв путем систематического применения удобрений».**

В Центрально-Черноземной зоне по вопросам повышения доли участия биологического азота в земледелии исследования не проводились. Поэтому в ЦЧФ ВИУА была предпринята попытка определить на основании полученных экспериментальных данных объемы фиксированного азота в соответствии с посевными площадями, фактическими и прогнозными урожаями бобовых культур. Симбиотический азот занимает небольшую долю в общем потреблении азота возделываемыми культурами, в связи с чем в ВИУА было предложено найти пути повышения удельного веса биологического азота при одновременном значительном сокращении количества применяемых удобрений на черноземных почвах. В этих почвах азот находится в первом минимуме и в системе удобрения культур севоборота на его долю приходится 62% в формировании совокупной растениеводческой продукции, в то время как доля участия фосфора составляет 32%, а калия около 5% [41]. Поэтому была поставлена цель по установлению абсолютных и относительных размеров вовлечения в биологический круговорот атмосферного азота основными культурами в зависимости от приемов возделывания и дать рекомендации по повышению их азотфиксирующей способности в Центрально-Черноземной зоне.

В 1978 году был заложен полевой опыт и начались исследования по теме 02.11.46.101.17. «Установить размеры симбиотической азотфиксации основных видов бобовых культур ЦЧЗ и разработать способы ее повышения».

Ответственным исполнителем исследований был назначен Азаров Борис Фадеевич – кандидат сельскохозяйственных наук. По материалам, полученным в ходе проведения данной научно-исследовательской рабо-

ты Азаров Борис Фадеевич в 1995 году защитил диссертацию «Симбиотический азот в земледелии Центрально-Черноземной зоны Российской Федерации» на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук [42].

Изучение азотфиксирующей способности гороха, вико-овсяной смеси, клевера, люцерны и эспарцета велось с 1978 по 1994 годы на опытных полях Корочанского и Белгородского производственных отделений ЦЧФ ВИА на типичных и выщелоченных черноземах.

Опыты I и II по выявлению влияния состава удобрений бобовых культур на их азотфиксирующую способность с последующим установлением роли симбиотического азота в формировании урожая зерна озимой пшеницы проводили в течении 1978-1982 годов с горохом, вико-овсяной смесью, клевером, люцерной и эспарцетом. Для гороха сопоставимой злаковой культурой являлся ячмень, для вико-овсяной смеси – чистый посев овса, для многолетних бобовых трав – костреч безостый.

Однолетние культуры возделывались на четырех вариантах удобрений: 1) без удобрений; 2)  $P_{60}$ ; 3)  $P_{60}K_{60}$ ; 4)  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Многолетние травы изучались на пяти уровнях минерального питания: 1) контроль без удобрений; 2)  $P_{150}$ ; 3)  $P_{150}K_{150}$ ; 4)  $N_{60}P_{150}K_{150}$ ; 5)  $N_{120}P_{150}K_{150}$ . При этом фосфорно-калийные удобрения вносились под покровную культуру из расчета 50 кг/га д.в. на каждый год жизни трав, азотные по  $N_{60}$  в раннюю (4 вариант) и раннюю и после первого укоса (5 вариант) подкормки. Повторность опыта четырехкратная с тремя последовательными закладками во времени.

Опыт III проводился с 1983 по 1989 годы. Изучалось влияние фосфатного уровня чернозема типичного на продуктивность и азотфиксирующую способность многолетних бобовых трав по трем системам удобрений: 1)  $K_{150}$ ; 2)  $P_{150}K_{150}$ ; 3)  $N_{60}P_{150}K_{150}$ . Система удобрений трав накладывалась на два фона обеспеченности почвы фосфором: естественный (5-8 мг на 100 г почвы по Чирикову) и созданный (12-18 мг на 100 г почвы) путем внесения суперфосфата в дозах, обеспечивающих доведение заданного содержания подвижного фосфора в почве с предварительным расчетом по фосфатному потенциалу черноземов (80 кг суперфосфата на 1 мг содержания фосфора в почве). После распашки трав 2-го года пользования делянки дробились пополам, вносились фоном  $P_{90}K_{90}$  и  $N_{90}P_{90}K_{90}$  с последующим посевом озимой пшеницы для определения роли биологического азота в формировании ее урожая.

Опыт IV, где изучали влияние агротехнических приемов возделывания люцерны на ее азотфиксирующую способность и роль симбиотического азота в повышении продуктивности последующих культур и плодородия почвы, входит составной частью в стационарный, многофакторный опыт по разработке научных основ расширенного воспроизводства плодородия черноземов ЦЧЗ, заложенный в 1987 году.

На основе полученных экспериментальных данных было установлено, что в Центральном-Черноземной зоне основные виды бобовых культур способны вовлечь в биологический круговорот следующее количество симбиотически связанного атмосферного азота: горох – 76 кг/га, вико-овсяная смесь – 78 кг/га, многолетние травы 1-года пользования: клевер – 196 кг/га, люцерна – 197 кг/га, эспарцет – 178 кг/га. Травы 2-го года пользования клевер 257 кг/га, люцерна – 431 кг/га, эспарцет – 336 кг/га. Указанные величины симбиотической азотфиксации определяют экономию «технического азота» в системе удобрения культур плодосменных севооборотов в земледелии ЦЧЗ в объемах, составляющих не менее половины отмеченного количества биологического азота [42].

Коэффициент азотфиксации (доля симбиотического азота в общем объеме его потребления у бобовых культур) варьирует у гороха от 0,09 до 0,64 (средний по максимуму 0,54), вико-овсяной смеси от 0,34 до 0,72 (средний 0,57), многолетних трав 1-го года пользования от 0,32 до 0,87 (средний 0,82), люцерны от 0,43 до 0,86 (средний 0,82), эспарцета от 0,31 до 0,87 (средний 0,82), второго года пользования: клевер от 0 до 0,86 (среднее 0,79), люцерна от 0,35 до 0,89 (среднее 0,86), эспарцета от 0,20 до 0,90 (среднее 0,80) [43].

В засушливые и умеренные по увлажнению годы относительная азотфиксирующая способность бобовых культур (коэффициент фиксации), увеличивается, но абсолютные размеры вовлечения в биологический круговорот симбиотического азота снижается. В условиях благоприятного по водному, температурному и воздушному режимам вегетационного периода количество фиксированного биологического азота бобовыми культурами значительно повышается при одновременном снижении коэффициента азотфиксации.

Применение фосфорных удобрений эффективно на люцерне обоих годов пользования и клевере второго года пользования на фоне средней обеспеченности подвижными соединениями фосфора. Кострец безостый и эспарцет не реагируют на улучшение режима фосфорного питания.

Наивысшие значения азотфиксирующей способности клевера и люцерны получены при внесении фосфорно-калийных удобрений в запас подпокровную культуру в дозе 50 кг действующего вещества на каждый год жизни трав.

Внесение азотных удобрений под бобовые культуры нецелесообразно по следующим причинам: минеральный азот удобрений подавляет симбиотическую активность бобово-ризобиального комплекса. Коэффициент азотфиксации сокращается более чем в два раза, уменьшаются размеры вовлечения атмосферного азота в биологический цикл. Внесение азотных удобрений не способствует росту урожайности зерна гороха, увеличивая вегетативную массу растений. Имеющие место прибавки в урожае сена

клевера, люцерны, эспарцета под влиянием азотных подкормок нестабильны по годам, зачастую не превышают наименьшую существенную разницу и не оправдывают себя по экономическим соображениям.

При проведении ранней азотной подкормки в дозе 60 кг д.в. на фоне  $P_{150}K_{150}$  урожайность сена костреца возрастает вдвое, двух подкормок – ранней и после первого укоса – в три раза. Положительное влияние азотных подкормок на урожайность костреца усиливается на второй год пользования. На высококультуренных почвах черноземного типа с повышенной обеспеченностью фосфором возможно получение высоких урожаев многолетних бобовых трав при максимальной азотфиксирующей способности без применения минеральных удобрений, что имеет большое значение при освоении почвозащитных севооборотов в контурно-мелиоративном земледелии [42].

Систематическое применение в севообороте минимальной и безотвальной обработок почвы не оказывает отрицательное влияние на продуктивность и азотфиксирующую способность люцерны за два года ее использования.

Под влиянием азотных удобрений повышается содержание азота в надземной массе и растительных остатках изучаемых культур, но наиболее интенсивное увеличение концентрации азота отмечается в злаковых культурах. Фосфорные и калийные удобрения не оказывают существенного воздействия на химический состав растений.

В бобово-злаковой травосмеси происходит перераспределение азота между компонентами и в злаковой культуре, входящей в состав смеси по сравнению с чистым посевом, повышается содержание азота в количестве, составляющем 14-24% от его содержания в его бобовом компоненте.

Наивысшей азотфиксирующей способностью среди изучаемых культур обладает люцерна. Эспарцет, являясь не притязательной культурой к режиму минерального питания, показывает высокую продуктивность и способность к азотфиксации на бедных почвах.

Зернобобовые накапливают в почве до 23 ц/га растительных остатков, однолетние травы до 34/га, многолетние до 180 кг/га. В засушливые годы масса растительных остатков бобовых культур возрастает и превышает надземную массу более чем в два раза.

По обобщенным экспериментальным данным, коэффициент выхода растительных остатков относительно основной продукции для зернобобовых культур равен 1,15; однолетних трав – 0,85; многолетних трав 1,35.

Симбиотический азот бобовых культур на фоне фосфорно-калийных удобрений способствует формированию высоких урожаев зерна озимой пшеницы с высоким качеством без применения азотных удобрений. После однолетних бобовых предшественников 24-23 ц/га, после многолетних бобовых трав – 40-45 ц/га. Синтезированное в почве органическое вещество бобовых

многолетних трав обеспечивает увеличение урожайности корнеплодов сахарной свеклы на второй год последействия на 30-33 ц/га. Незначительные прибавки урожая зерна озимой пшеницы от внесения азотных удобрений по бобовым предшественникам свидетельствуют о том, что урожайность пшеницы формируется в основном за счет симбиотического азота [44].

Получение величины прибавок урожая озимой пшеницы по бобовым предшественникам на фоне фосфорно-калийных удобрений по сравнению со злаковыми предшественниками, а также сопоставление продуктивности озимой пшеницы по бобовым предшественникам на фоне РК и злаковым на фоне полного удобрения дают основания утверждать, что симбиотический азот однолетних бобовых культур равнозначен 30-35 кг/га, а многолетних бобовых трав – 90-100 кг/га минерального азота удобрений.

Обогащение почв симбиотическим азотом однолетних бобовых культур составляет 16-33 кг/га, многолетних бобовых трав 175-258 и более кг/га в зависимости от видовых особенностей растений, уровня удобренности и погодных условий вегетационного периода. Максимальной способностью к обогащению почвы биологическим азотом обладает люцерна, минимальное количество симбиотически связанного азота поступает в почву во влажные, благоприятные годы.

После многолетних трав в метровом слое почвы под посевами озимой пшеницы накапливается на 80-90 кг/га больше минерального азота, чем занятого и черного пара. Кроме того, по обороту пласта многолетних трав под посевами сахарной свеклы содержание минерального азота в метровом слое почвы на 110-140 кг/га больше, чем после предпредшественников занятого и черного паров.

Симбиотический азот бобовых культур в ЦЧЗ способен обеспечивать дополнительное получение 1181,5 тыс. т высококачественного зерна озимой пшеницы, что составляет 23,8% от его общего валового сбора.

По результатам исследования были предложены рекомендации производству. С целью увеличения биологического азота в земледелии ЦЧЗ необходимо увеличить площади посевов бобовых культур не менее чем до 30% в общей структуре посевных площадей, отдав предпочтение гороху в группе зернобобовых культур и люцерне в клину многолетних трав. Рекомендовалось внедрять травосеяние не только в орошаемых и почвозащитных севооборотах, но и полевых, что позволяет биологизировать земледелие.

По бобовым предшественникам предлагается пересмотреть систему удобрений озимой пшеницы с целью экономии азотных удобрений на 30-50%, против рекомендуемых доз в 90-120 кг/га. Азотные удобрения под озимую пшеницу по бобовым предшественникам целесообразно применять в дозах, установленных методом почвенной и растительной диагностики [42].

## **2.4. Тема: 03.01.Н4. «Изучить действие сочетания извести и минеральных удобрений на плодородие почв и разработать научно-методические основы периодического известкования с целью создания оптимальной реакции почв и баланса кальция и выдать рекомендации производству»**

Для решения поставленных задач была утверждена тема 02.11.46.101.08. Изучить влияние сочетания известковых, минеральных и органических удобрений в зерно-свекловичном севообороте на плодородие выщелоченных черноземов ЦЧЗ в условиях интенсивной химизации». Руководителем данной темы стал Богомазов Николай Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук. По материалам данных научно-исследовательских работ им была подготовлена и защищена диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук «Эколого-агрохимическая эффективность удобрений на выщелоченных черноземах» [45].

Решалась данная задача в многофакторном полевом стационарном опыте с ортогональной схемой, где изучалось эффективность действия и взаимодействия четырех доз азотных, фосфорных, калийных и известковых удобрений на безнавозном фоне и на фоне внесения навоза 10 т/га севооборотной площади, равной 50 т/га разового внесения. Опыт проводился с 1983 по 1994 годы в зерносвекловичном севообороте со следующим чередованием культур: сахарная свекла, ячмень, кукуруза, горох, озимая пшеница.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемогучный малогумусный тяжелосуглинистый, сформировавшийся на лессовидных суглинках. Агрохимическая характеристика пахотного слоя (0-30 см): содержание легкогидролизуемого азота 117-150 мг/кг, подвижного фосфора и обменного калия по Чирикову – 57-89 и 110-140 мг/кг; рН солевой – 4,9-5,3; гидролитическая кислотность по Каппену 4,6-5,2; сумма поглощенных оснований – 29,8-35,4 мг-экв/100 г почвы; содержание гумуса – 5,1-5,3%.

Известковые удобрения и полуперепревший подстилочный навоз вносили под сахарную свеклу, в дальнейшем в течение 4 лет изучалось их последствие. Из известковых удобрений в 1-й ротации применен дефекат, вносимый в дозах 0,5-1,5 дозы по гидролитической кислотности, во второй ротации молотый мел в дозах 0,25-0,75 дозы. Полная доза  $\text{CaCO}_3$  составляла 8,8 т/га. Единичная доза НРК под сахарную свеклу составляла 90 кг д.в.; под ячмень вносился только азот в дозе 30 кг д.в.; под кукурузу 60 кг д.в.; под горох фосфор и калий в дозе 30 кг д.в.; под озимую пшеницу – 60 кг д.в.

Двойная доза НРК под сахарную свеклу составляла 180 кг д.в.; под ячмень вносился только азот в дозе 60 кг д.в.; под кукурузу 120 кг д.в.; под горох фосфор и калий в дозе 60 кг д.в.; под озимую пшеницу – 120 кг д.в.

Тройная доза NPK под сахарную свеклу составляла 270 кг д.в.; под ячмень вносился только азот в дозе 90 кг д.в.; под кукурузу 180 кг д.в.; под горох фосфор и калий в дозе 90 кг д.в.; под озимую пшеницу – 180 кг д.в.

В результате были разработаны закономерности действия минеральных, органических и известковых удобрений в зависимости от погодных условий на урожай сельскохозяйственных культур, качество продукции, агрохимические и агрофизические свойства выщелоченного чернозема, обеспечивающие получение среднегодового урожая основной продукции сельскохозяйственных культур зерносвекловичного севооборота 64-67 ц/га зерновых единиц.

Продуктивность зерносвекловичного севооборота тесно связана с влагообеспеченностью и повышалась от 47,5 ц/га з.е. при ГТК 0,90 – до 53,9 ц/га при ГТК 1,19. Внесение возрастающих доз фосфорных и калийных удобрений на безазотном фоне повышали среднегодовую продуктивность за две ротации севооборота на 3,7-5,3 ц/га, азотных на 8,8-13,3 ц/га и известковых на 1,2-3,6 ц/га зерновых единиц, на фоне навоза на 1,4-2,4; 5,4-7,6 и 1,0-3,1 ц/га зерновых единиц.

Окупаемость 1 кг минеральных удобрений за две ротации на безазотном фоне снижалась с ростом доз удобрений: азотных – с 18,17 до 8,86; фосфорных и калийных – с 3,90 до 1,77 кг зерновых единиц, на фоне навоза соответственно с 11,73 до 5,54 и с 1,52 до 0,88 кг. Известковые удобрения повышали окупаемость 1 кг минеральных удобрений.

Эффективность минеральных удобрений под сахарную свеклу тесно связана с погодными условиями. Оптимальной дозой минеральных удобрений под сахарную свеклу, обеспечивающей получение 63-65 ц/га «белого сахара» является при ГТК 0,50 –  $N_{90-100}P_{90}K_{90}$ , при ГТК 0,75 –  $N_{80-90}P_{90}K_{90}$ , при ГТК 1,00 –  $N_{70-80}P_{90}K_{90}$ , при ГТК 1,25 –  $N_{60-70}P_{90}K_{90}$  [46].

Оптимальной дозой азотных удобрений под фуражный ячмень является  $N_{90}$ , позволяющая получить урожай до 45 ц/га и повысить обеспеченность 1 кг зерна переваримым протеином до 106 г. Оптимальной дозой азота под пивоваренный ячмень, обеспечивающий максимально высокий урожай хорошего качества при ГТК < 1,0 является  $N_{30-40}$ . При более высокой влагообеспеченности (ГТК > 1,25) внесение азотных удобрений не эффективно ввиду снижения его качества и увеличения удельного расхода зерна на 1 л пива [47].

Оптимальной дозой минеральных удобрений под кукурузу на силос на фоне последействия 50 т/га навоза является  $N_{160-180}P_{60-80}K_{60-80}$ , обеспечивающей сбор 90-93 ц/га кормовых единиц с содержанием переваримого протеина до 65 г в 1 кг к.е. [45].

Внесение минеральных удобрений под кукурузу на зерно в условиях хорошей влагообеспеченности за июнь – июль и при содержании в почве

не менее 1660 мг/кг щелочногидролизуемого азота, 100-120 мг/кг подвижного фосфора и 140-180 мг/кг обменного калия не эффективно. Внесением азотных удобрений достигается повышение содержания «сырого» белка в зерне на 1,4-1,6%, а также основных незаменимых кислот [45].

Урожай зерна гороха в зерносвекловичном севообороте определяется в основном уровнем влагообеспеченности за май-июнь. Внесение минеральных удобрений под горох на выщелоченных черноземах неэффективно. Применением азотных удобрений под предшествующему гороху культуру можно только незначительно влиять на качественные показатели зерна.

При ожидаемом низком уровне влагообеспеченности за май-июнь (ГТК 0,75 и менее) необходимо выращивать озимую пшеницу Мироновская 808 или другой высокорослый сорт. Дозы минеральных удобрений не должны превышать  $N_{60-70}P_{60}K_{60}$ . Внесение азотных удобрений вызывает улучшение качества зерна – количество клейковины повышается до 30% при одновременном содержании белка до 14,6-14,8%.

Биоэнергетический коэффициент полезного действия минеральных удобрений на безнавозном фоне в зависимости от доз и соотношений N:P:K составил 6,62-1,48: на фоне навоза – 2,57-1,03. Известкование способствовало снижению энергетической эффективности минеральных удобрений тем больше, чем выше доза  $CaCO_3$ .

Биоэнергетический коэффициент полезного действия навоза составил на неудобренных минеральными удобрениями вариантах составил 1,61. Известкование способствовало росту энергетической эффективности навоза до 2,17. Фосфорные и калийные удобрения снижали биоэнергетический коэффициент полезного действия до 0,55. На фоне азотных удобрений более 50 кг/га применения навоза энергетически не эффективно.

Для научно обоснованной системы удобрения в пятипольном зерносвекловичном севообороте необходимо для обеспечения воспроизводства плодородия почв, поддержания бездефицитного баланса гумуса и обеспечения среднегодовой продуктивности 66-67 ц/га зерновых единиц вносить ежегодно с минеральными удобрениями  $N_{70-75}P_{50-60}K_{50-60}$  на фоне 10 т навоза на 1 га севооборотной площади.

В зерносвекловичных севооборотах основное место внесения навоза в дозе 40-50 т/га – под сахарную свеклу. При ожидаемом ГТК за май-сентябрь 1,00 и меньше следует вносить под сахарную свеклу  $N_{70-100}P_{80-90}K_{80-90}$  при более высоком ГТК –  $N_{60-70}P_{80-90}K_{80-90}$  [46].

Под фуражный ячмень следует вносить  $N_{90}$ , под пивоваренный ячмень с ожидаемым ГТК за май-июнь 1,00 и менее –  $N_{30-40}$ . В условиях ожидаемого высокого увлажнения внесение азотных удобрений не эффективно.

Под кукурузу на силос доза минеральных удобрений должна быть  $N_{160-180}P_{60-80}K_{60-80}$ .

Под кукурузу на зерно и горох внесение минеральных удобрений не эффективно. При ожидаемом ГТК за май-июнь 0,75 и менее необходимо выращивать озимую пшеницу Мироновская 808 или другой высокорослый сорт. Доза удобрений должна составлять N60-70P60K60, при более высокой обеспеченности (ГТК более 1,00) необходимо выращивать короткостебельные интенсивные сорта озимой пшеницы. Дозы удобрений под нее не должна быть выше N100-120P60K60.

В зерносвекловичных севооборотах на выщелоченных черноземах ЦЧЗ рекомендуется поддерживать уровень реакции среды в почве, соответствующий рН солевой – 5,5-6,0. Расчет доз известковых удобрений необходимо производить по определенным нормативам расхода CaCO<sub>3</sub> на изменение рН почвы с заданной оптимальной величины.

Почвы с повышенной кислотностью следует известковать полными дозами не реже одного раза за ротацию севооборота при условии применения высоких доз минеральных удобрений.

Для определения величины гидролитической кислотности в выщелоченных черноземах рекомендуется использовать метод Годлина с потенциометрическим окончанием.

## **2.5. Тема: 02.11.46.101.14. «Установить оптимальные параметры минерального питания растений и затраты удобрений для их достижения под основные сельскохозяйственные культуры севооборота на черноземах ЦЧЗ»**

Высокий уровень применения удобрений в 70-90 годы прошлого столетия был направлен на получение максимально возможной продуктивности сельскохозяйственных культур, на расширенное воспроизводство плодородия почв. Преобладало мнение, что интенсификации земледелия нет альтернативы. Поэтому исследовались разные варианты насыщения почвы элементами питания, особенно фосфора. Предполагалось, что необходимо создавать насыщенные фоны фосфорных удобрений на фоне применения азота, фосфора и калия. Решать эту задачу было предложено Сокореву Николаю Сильверстовичу. По материалам научно-исследовательских работ он подготовил и защитил докторскую диссертацию на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук «Агроэкологическое обоснование эффективности длительного применения минеральных удобрений на черноземе выщелоченном Центрально-Черноземной зоны в зависимости от обеспеченности фосфором» [48].

Исследования проводили в севообороте – черный пар, горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос – на естественном и четырех уровнях удобренности, созданных путем одновременного вне-

сения суперфосфата в дозах: 0, 200, 400, 600, 800 кг/га, что соответствовало 7,0; 9,1; 11,6; 14,5; 17,6 мг/100 г почвы. Уровни создавали за год до вхождения в первую ротацию севооборота. Делянки с различной обеспеченностью подвижным фосфором расщепляли аналитической 16-вариантной схемой, представляющей собой специальную выборку из многофакторного эксперимента 4x4x4 (000, 002, 020, 200, 202, 220, 222, 111, 113, 131, 133, 311, 313, 331, 333). Единичная доза азота, фосфора и калия под озимую пшеницу составила – 50 кг д.в., под сахарную свеклу  $N_{90}P_{50}K_{90}$ , под кукурузу на силос –  $N60P50K60$ . Ячмень и горох использовали последствие удобрений, внесенных под предшествующие культуры. Удобрения – аммиачную селитру, двойной суперфосфат и калийную соль вносили под основную обработку почвы. Каждый вариант опыта и уровни плодородности закладывали в двух повторениях. Расположение вариантов блочное, рендомизированное. Размер делянок: уровней фосфора 2112 кв. м, аналитических – 132 кв. м. Учетная площадь 72 кв. м. В пространстве опыт был представлен тремя полями, последовательно открывающимися во времени. Посев проводили семенами озимой пшеницы сорта Белгородская – 5 и Альбатрос одесский, сахарной свеклы – Львовский гибрид, ячменя Нутанс – 518, кукурузы Днепровский – 247, гороха – Уладовский юбилейный, районированными в Белгородской области. Закладку опытов, сопутствующие исследования, отбор почвенных и растительных образцов, их анализы выполняли в соответствии с методическими указаниями ВИУА.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый, имеющий следующие агрохимические показатели пахотного слоя (0-30 см): гумус (по Тюрину) – 5,24%; подвижный фосфор и калий по Чирикову – 6,7 и 13 мг/100 г почвы соответственно; степень подвижности фосфатов в  $CaCl_2$  – вытяжке – 0,03 мг/л; валовый фосфор – 0,23%; pH солевой – 5,5; гидролитическая кислотность по Каппену – 2,24 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 36,4 мг-экв/100 г почвы.

Проведенные исследования свидетельствуют, что под влиянием высоких разовых доз фосфорных удобрений от 200 до 800 кг/га, внесенных при создании искусственных уровней, происходило значительное изменение фосфатного режима почв. Через год после их внесения в среднем по трем полям содержание подвижного фосфора увеличилось с 6,7 мг/100 г почвы на естественном уровне до 17,5 мг/100 г почвы на варианте P800, а степень его подвижности от 0,025 до 0,50 мг/л. Расход фосфорных удобрений на увеличение содержания  $P_2O_5$  в почве был тем меньше, чем выше была его доза. Затраты фосфорных удобрений на накопление 1 мг  $P_2O_5$  в 100 г почвы составляли в среднем 70-100 кг/га.

Вопреки сложившемуся мнению, содержание подвижного фосфора в пахотном слое в среднем по трем полям на абсолютном контроле есте-

ственного уровня (P<sub>0</sub>) без внесения удобрений при отрицательном балансе (-240 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> за 10 лет) не уменьшилось во времени, а возросло от 5,7 (начало первой ротации севооборота) до 8,9 мг/100 г почвы (конец второй ротации), т.е. в 1,6 раз при НСР<sub>05</sub> – 2,2, а степень подвижности фосфатов соответственно от 0,029 до 0,24 мг/л или в 8,3 раза [48].

За 10 лет сельскохозяйственного использования почвы без внесения удобрений происходила минерализация ее органического вещества. При этом потери гумуса достигли 0,24%. Под действием природных и антропогенных факторов вместе с разрушением гумуса разрушались прочносвязанные соединения фосфора до подвижных форм. О трансформации органофосфатов в минеральные формы можно судить по соотношению между содержанием гумуса и подвижного фосфора. Между ними обнаружена обратная корреляционная зависимость ( $R = -0,95$ )

В конце второй ротации, по сравнению с началом первой ротации севооборота, содержание подвижного фосфора на естественном и P 200 уровнях без внесения удобрений увеличилось на 3,2 и 2,5; а на уровнях P600-800 соответственно уменьшилось на 0,4 – 3,1 мг/100 г почвы. При этом степень подвижности фосфатов на естественном уровне повысилась в 8,3 раза, а на искусственных уровнях только в 1,4-2,9 раза [48].

Аналогичная закономерность в изменении содержания подвижного фосфора на всех фосфатных уровнях наблюдалась и при внесении фосфорных удобрений в дозах 30 кг/га в год на фоне азота и калия.

На искусственных (контрольных) фосфатных уровнях, созданных разовым внесением высоких доз фосфорных удобрений (600-800 кг/га) произошла перестройка фосфатного фонда. Почвы приобрела новое свойство – интенсивно поглощать подвижный фосфор и трансформировать его в минеральные малоподвижные формы, т.е. по сравнению с естественным на искусственных уровнях без внесения удобрений в почве увеличилась емкость поглощения фосфатов.

В зависимости от уровня обеспеченности почв природными и остаточными от удобрений фосфатами в пахотном слое в течение 10 лет происходили разнонаправленные процессы трансформации их соединений. В почвах увеличивалось содержание подвижного фосфора с малой естественной обеспеченностью и снижалось с большой искусственной обеспеченностью до границ оптимального фосфатного уровня возделываемых сельскохозяйственных культур.

Динамическое равновесие подвижного фосфора в почвах нарушало внесение фосфорных удобрений в дозах более 60 кг/га в год. В этих условиях, по истечении двух ротаций севооборота, происходило увеличение содержания подвижного фосфора на всех фосфатных уровнях.

На фосфатных уровнях Р 0-800 систематическое внесение фосфорных удобрений в дозах от 0 до 90 кг/га в год на фоне азота и калия повышало содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см в среднем за 10 лет от 7,0-12,1 до 10,6-17,3 мг/100 г почвы.

Внесение фосфорных удобрений привело к повышению степени подвижности фосфатов. Связь между дозами фосфорных удобрений и степенью подвижности фосфатов в почве была линейной. С увеличением фосфатных уровней от Р 0 до Р 800 подвижность фосфатов возросла от 0,083 до 0,27 мг/л, а с повышением систематически применяемых доз фосфорных удобрений на фосфатных уровнях от 0 до 90 кг/га в год повышалось в среднем за 10 лет от 0,083 – 0,27 до 0,14-0,65 мг/л.

Оптимальный фосфатный уровень чернозема выщелоченного для культур зернопропашного севооборота составляет 10-13 мг/100 г почвы, при степени его подвижности более 0,10-0,14 мг/л. В этом случае эффективность фосфорных удобрений отсутствует, а максимальная продуктивность севооборота в первой и второй ротациях достигается среднегодовым внесением азота в дозе 120 кг/га, калия 90 кг/га в первой. Кукуруза не реагирует на величину фосфатного уровня почв. Затраты фосфорных удобрений для повышения содержания фосфора на 1 мг/100 г почвы составляет 70-100 кг/га.

На почвах, обеспеченных фосфором в средней и повышенной степени, оптимальными дозами минеральных удобрений являются: для озимой пшеницы по пару –  $N_{50}P_{100-150}K_{100-150}$ , по гороху  $N_{50-100}P_{100}$  и  $N_{50-100}$ ; для сахарной свеклы (с учетом последействия на ячмене) –  $N_{90}P_{100} - N_{90}P_{100}K_{90}$  и  $N_{90}$ ; для кукурузы на силос и зерно (с учетом последействия на горохе) –  $N_{60-120}$ . Дифференцированное применение оптимальных доз и соотношений минеральных удобрений позволяет дополнительно получить 4,5-18,9 ц/га зерна озимой пшеницы; 84-150 ц/га корнеплодов сахарной свеклы; 5,2 – 20,7 ц/га зерна ячменя; 40-134 ц/га кукурузы на силос и 6,4-9,3 ц/га зерна; 1,5 – 6,0 ц/га зерна гороха [49].

Степень и характер действия, взаимодействия и последействия отдельных видов удобрений на продуктивность культур носит временный характер и зависит от погодных условий. Главную роль в повышении продуктивности севооборотов оказывают азотные удобрения, эффективность которых во времени возрастает в 2 и более раз. Степень влияния фосфорных удобрений зависит не только от запасов подвижного фосфора в почве, но и погодных условий в критический период роста и развития растений. С увеличением количества влаги в почве доступность фосфатов растениям на всех фосфатных уровнях повышается, а эффективность фосфорных удобрений снижается. Калийные удобрения являются стабилизирующим фактором получения высоких и устойчивых урожаев большинства культур в случае стрессовых погодных условий.

В первой ротации севооборота с увеличением содержания подвижного фосфора от 5,7 до 18,0 мг/100 г почвы вклад азотных удобрений в формирование дополнительной продукции возрастает от 59 до 82%, фосфорных – снижается от 24 до 0%, а калийных составляет около 17-18%. Во второй ротации доля участия азотных удобрений увеличилась от 75 до 100%, фосфорных уменьшалась с 25 до 0%, а калийных отсутствовала.

Сельскохозяйственные культуры различаются отзывчивостью на возрастающие дозы удобрений. Наиболее восприимчивыми к ним являются сахарная свекла, озимая пшеница и ячмень. Слабо реагируют на фосфатные уровни и внесенные удобрения кукуруза и горох, для которых главным условием оказывается увлажнение. В суммарной продуктивности севооборота, выраженной в зерновых единицах, удельный вес урожая сахарной свеклы составляет 37%, кукурузы на силос – 30%, озимой пшеницы – 21%, ячменя – 12% в первой ротации; 37,26, 17, 11 соответственно и 9% гороха – во второй ротации [49].

Применение оптимальной дозы удобрений  $N_{80}P_{60}K_{40}$  на почвах со средней (5,0 – 9,0 мг/100 г почвы) и  $N_{80}$  – повышенной обеспеченностью фосфором (>10 мг/100 г почвы) высокая продуктивность севооборота (49-50 ц/га зерновых единиц) формируется при интенсивности баланса азота 80-96% на всех фосфатных уровнях севооборота, фосфора – 133-165% и калия – 42-44% на естественном. За две ротации севооборота максимальная продуктивность севооборота достигала 52 – 62 ц зерновых единиц с 1 га и положительного баланса азота, фосфора и калия при внесении удобрений в дозах  $N_{120}P_{60}K_{120}$ .

По материалам исследований были сформулированы предложения производству. Для достижения высокой агроэкономической продуктивности основных полевых культур на выщелоченных черноземах ЦЧЗ при средней и повышенной обеспеченности подвижным фосфором, повышенной калием в зернопропашном севообороте, рекомендуется применять следующие дозы минеральных удобрений: под озимую пшеницу по черному пару  $N_{50}P_{100-150}K_{100-150}$ ; по гороху –  $N_{50-100}P_{100}$  и  $N_{50-100}$ ; под сахарную свеклу и ячмень в последствии –  $N_{90}P_{100}K_{90}$ ; под кукурузу на силос и горох в последствии  $N_{60-120}$ . Предлагаемая система удобрений позволит снизить затраты, повысить их окупаемость и получить 37-50 ц/га озимой пшеницы, 400-450 ц/га сахарной свеклы, 36-47 ц/га ячменя, 400-480 ц/га кукурузы на силос, 20-37 ц/га гороха [51].

## **2.6. Тема: 03.01.Н5. «Усовершенствовать научные основы применения органических удобрений и выдать рекомендации по эффективному их использованию по зонам страны применительно к интенсивному земледелию и промышленному животноводству»**

Уровень плодородия почв является определяющим фактором получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, что связано с культурой земледелия и с размерами применения удобрений. Многолетней практикой установлено, что приоритетными направлениями в земледелии являются: разработка комплексных методов воспроизводства плодородия и охраны почв, систем управления плодородием почв, сбалансированных, эффективных и экологически безопасных систем удобрений.

Органические удобрения – мощное средство воспроизводства гумуса в пахотных землях и оптимизации основных ценных агрономических свойств почв, источник пополнения почвенных запасов элементами минерального питания растений и необходимой энергии в земледелии, фактор воздействия на биологический круговорот веществ.

Большинство проведенных исследований в ЦЧЗ исследований сводилось к изучению агрономической эффективности подстилочного навоза и других видов органических удобрений без увязки с элементами систем земледелия и агроэкологической безопасностью.

Исследования по данной тематике проводили в стационарном опыте, который был заложен на полях совхоза «Заря» в Шебекинском районе.

Ответственным исполнителем данной темы был Шелганов Иван Игнатьевич, который в 1996 году подготовил и защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук «Органические удобрения в севооборотах Центрально-Черноземной зоны» [52].

Севооборот – кукуруза на силос, вико-овес, озимая пшеница, кормовая свекла. Варианты: 1) контроль + (рядковое удобрение) – фон; 2) Фон + жидкий навоз 1 доза; 3) Фон + жидкий навоз 2 дозы; 4) Фон + жидкий навоз 3 дозы; 5) Фон + жидкий навоз 4 дозы; 6) Фон + NPK экв. 2 дозам жидкого навоза; 7) Фон + жидкий навоз 1 доза + NPK экв. 1 дозе жидкого навоза.

Одна доза азота жидкого навоза под кукурузу 110 кг/га; вико-овес – 60 кг/га; под озимую пшеницу – 70 кг/га, под кормовую свеклу – 120 кг/га.

Опыт проводился на черноземе выщелоченном слабогумусированном среднесуглинистом. Агрохимическая характеристика почвы: гумус 3,3-3,5%; рН – 5,6;  $P_2O_5$  – 5,5-5,8 мг/100 г почвы;  $K_2O$  – 7,8-8,8 мг/100 г почвы.

Исследованиями установлено, что кукуруза является одной из культур кормового севооборота, наиболее отзывчивой на внесение возрастающих доз азота жидкого навоза. Средние данные за три ротации севооборота показывают, что общий азот жидкого навоза в дозе 110 кг/га, внесенный

под культуру с удобрениями, обеспечил прирост урожая зеленой массы кукурузы 42 ц/га при величине его на контроле 335 ц/га. С увеличением доз азота в навозе прибавка урожая возрастала пропорционально росту доз азота и составила при внесении 440 кг/га азота – 491 ц/га зеленой массы, что почти в 1,5 раза выше, чем на контрольном варианте.

На вариантах с внесением минеральных удобрений в дозах, эквивалентных по содержанию питательных веществ одной и двум дозам жидкого навоза, прибавки урожая силосной масс кукурузы оказались в два раза выше, чем на вариантах с навозом, благодаря лучшей доступности их растениям. Сочетание жидкого навоза с минеральными удобрениями, с содержанием основных элементов эквивалентно навозу, по эффективности занимает промежуточное положение между навозом и минеральными удобрениями. Дополнительное внесение с жидким навозом фосфора, с целью улучшения соотношения азота к фосфору, не имело преимущества перед приемом совместного внесения жидкого навоза и минеральных удобрений.

Менее отзывчивой культурой на ежегодное систематическое внесение жидкого навоза оказалась вико-овсяная смесь, хотя средние данные показывают, что с увеличением доз общего азота жидкого навоза прибавки урожая зеленой массы возрастали по сравнению с контролем без удобрений. При внесении 240 кг/га азота навоза урожай зеленой массы практически удваивался. На других изучаемых вариантах опыта при выращивании вико-овсяной смеси отмечена такая же закономерность, как и при возделывании кукурузы на силос.

Урожай зерна озимой пшеницы под влиянием 70 кг/га общего азота жидкого навоза увеличился на 4,1 ц/га или на 15,4% при урожае на контроле 26,5 ц/га. Удвоение дозы азота в навозе увеличило урожай зерна до 8,5 ц/га. Однако дальнейшее увеличение в удобрениях дозы азота не способствовало росту урожая зерна. Под влиянием высоких доз навоза растения пшеницы полностью полегли. Минеральные удобрения с выравниванием содержанием питательных веществ как в навозе, а также сочетания навоза с минеральными удобрениями оказывали одинаковое действие на величину урожаев зерна озимой пшеницы [52].

Внесение возрастающих доз общего азота жидкого навоза при ежегодном систематическом применении оказывало значительное влияние на продуктивность кормовой свеклы. С увеличением доз азота от 120 до 480 кг/га прирост урожая составил 35-95% по сравнению с контролем (при урожае на контроле 356 ц/га). Варианты минеральных эквивалентов НРК к дозам жидкого навоза, сочетания навоза и минеральных удобрений не имели значительных преимущественно воздействию на прирост урожаев кормовой свеклы по сравнению с соответствующими дозами одного жидкого навоза.

Под влиянием оптимальных доз азота жидкого навоза (не выше 180-200 кг/га) в кормовых культурах возросло накопление «сырого» белка, каротина; в зерне озимой пшеницы – клейковины. Вместе с тем, отмечена тенденция накопления в урожае небелкового азота, снижение содержания сухих веществ и сахара в корнеплодах кормовой свеклы [52].

Изучение динамики основных биофильных элементов в почве под всеми культурами севооборота по фазам развития растений показало, что минеральный азот способен к миграции по почвенному профилю за пределы корнеобитаемого слоя. Уже в ранне-весенний период нитратный азот по вариантам с внесением 180-360 кг/га азота находится на глубине 50-70 см, под кормовой свеклой и кукурузой в количествах превышающих содержание его в пахотном слое.

Расчет хозяйственного баланса минерального азота под культурами кормового севооборота в третьей ротации показывает, что в метровом слое чернозема выщелоченного осталось не использованным после завершения трех ротаций с систематическим внесением двух доз жидкого навоза 755 кг/га азота, на варианте с внесением четырех доз навоза – 1806 кг/га азота. На вариантах с применением минеральных удобрений, содержащих такое же количество азота, в почве оказалось такое количество не использованного азота, которое в несколько раз превосходило нормы внесения его в течение одной ротации севооборота, что свидетельствует о негативной тенденции накопления в почвенном профиле этого элемента, который может служить загрязнителем почвы и возделываемых культур.

Систематическое внесение жидкого навоза обогащало пахотный слой почвы подвижным фосфором и обменным калием. На контрольном варианте без внесения удобрений по истечении трех ротаций кормового севооборота в пахотном слое уменьшалось содержание подвижного фосфора на 11,8 мг/кг и обменного калия на 2,9 мг/кг почвы при содержании этих элементов в почве 54,5 мг/кг и 79 мг/кг почвы.

Под влиянием двух доз жидкого навоза при систематическом внесении через 12 лет наметилась тенденция прироста в почве фосфора и калия по сравнению с исходным содержанием. Значительно большее влияние на накопление в пахотном слое фосфора и калия оказывали минеральные удобрения с содержанием питательных веществ эквивалентно двум дозам навоза, под воздействием которых в пахотном слое возросло на 50,3 мг/кг почвы содержание фосфора и на 23,8 мг/кг – содержание обменного калия [53].

Большая часть фосфора, внесенного в дополнение к двум дозам жидкого навоза с целью улучшения соотношения его с азотом в удобрении, закрепляется в почве.

Данные за 12-летний период наблюдений показали, что возделывание культур кормового севооборота без удобрений привело к расходованию

почвенных запасов гумуса. Ежегодное систематическое внесение под все культуры жидкого навоза с содержанием в среднем 180 кг/га общего азота позволило за счет большего накопления растительных остатков и роста биологической активности достичь бездефицитного баланса гумуса в пахотном слое, хотя в подпахотном слое содержание его несколько понизилось.

Минеральные удобрения с содержанием основных элементов питания растений в количествах, эквивалентных двум дозам жидкого навоза, способствовали минерализации органических веществ, а гумификация пожнивных и корневых остатков в почве не обеспечивала этих процессов, что формировало дефицитный баланс гумуса по всему профилю почвы, причем с нарастанием дефицита вниз от – 0,10 до 0,40% от исходного содержания.

Совместное внесение одной дозы жидкого навоза (90 кг/га общего навоза) и минеральных удобрений в составе NPK эквивалентно одной дозе жидкого навоза способствовало накоплению гумуса лишь в границах пахотного слоя на 0,10%, в нижележащих слоях 30-50 см и 50-70 см наблюдается уменьшение содержания гумуса на 0,50 и 0,10% соответственно.

### **2.7. Тема: 0.2.11.46.101.01. «Изучить влияние соломы и различных видов навоза в сочетании с минеральными удобрениями на урожайность культур севооборота, качество продукции и плодородие чернозема типичного»**

В схеме в сравнительном изучении находились навоз подстилочный КРС, жидкий навоз, сырой и сухой птичий помет, солома [54]. Ответственным исполнителем данной темы был Москаленко Александр Андреевич, кандидат сельскохозяйственных наук.

Схема опыта: 1) контроль – без удобрений; 2) навоз подстилочный 40 т/га + NPK; 3) навоз подстилочный 40 т/га + 2NPK; 4) навоз подстилочный 60 т/га; 5). Навоз подстилочный 60 т/га + NPK; 6). Навоз подстилочный 60 т/га + 2 NPK; 7) NPK; 8) 2 NPK; 9) жидкий навоз экв. по азоту 40 т/га навоза подстилочного + NPK; 10) Солома экв. по углероду 40 т/га навоза подстилочного + 2 NPK; 11). Птичий помет сухой экв. по углероду 40 т/га навоза подстилочного + NPK.

Дозы различных органических удобрений выравнивались по содержанию углерода и изучались как при непосредственном применении, так и в сочетании с одной и двумя дозами минеральных удобрений в севообороте: горох (без удобрений), озимая пшеница ( $N_{60}P_{60}K_{60}$  одна доза), сахарная свекла ( $N_{90}P_{120}K_{30}$ ), ячмень  $N_{60}$ , кукуруза на силос ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ).

В зерно-свекловичном севообороте изучали эффективность различных видов органических удобрений в системах удобрений. Дозы подстилоч-

ного навоза в севообороте соответствовали 8 и 12 тоннам на гектар севооборотной площади. Все органические удобрения вносили под сахарную свеклу. В системах удобрений дозировки разных видов органических удобрений были выравнены по содержанию азота общего и углерода применительно к подстилочному навозу.

Изучение динамики содержания питательных веществ по фазам развития культур показало, что под влиянием систем удобрений в прямом влиянии и последствии существенно изменялось в почве подвижных форм азота, фосфора и калия по сравнению с контролем без удобрений.

В зависимости от систем удобрений в составе навоза подстилочного, соломы и птичьего помета в сочетании с минеральными удобрениями в пахотном слое почвы под посевами сахарной свеклы в начале вегетации накапливалось нитратного азота почти в 1,5 раза больше, чем на контроле; на посевах ячменя – в среднем в 2,5 раза больше; под посевами кукурузы в среднем 1,5 раза и значительно больше по сравнению с контролем на посевах гороха, озимой пшеницы.

Наибольший прирост запасов минерального азота в метровом слое почвы получен под влиянием системы удобрений в составе 60 т/га подстилочного навоза с удвоенным количеством NPK минеральных удобрений (32,9 кг/га) – под сахарной свеклой, 72,1 кг/га – под ячменем; 44,0 кг/га – под кукурузой (по сравнению с контролем). Несколько уступала по накоплению запасов минерального азота в почве система удобрений в составе 40 т/га подстилочного навоза с тем же количеством минеральных удобрений. Наименьшее влияние на прирост запасов минерального азота в почве оказала минеральная система удобрений. Промежуточное положение между органо-минеральной системой на основе подстилочного навоза и чисто минеральной занимают системы удобрений с жидким навозом, соломой и минеральными удобрениями, но влияние соломы с течением времени затухает быстрее [54].

Степень воздействия органических удобрений на фосфатный режим типичного чернозема определяется содержанием этого элемента в удобрениях и отношением азота к фосфору. Сочетание минеральных и органических удобрений в начале способствует процессу биологического закрепления фосфора, а в дальнейшем – высвобождение его в подвижных формах.

В исследованиях установлено, что содержание подвижного фосфора в почве в год внесения удобрений возрастало в пахотном слое, а при систематическом применении в системе удобрений и в подпахотных горизонтах. Минеральная система удобрения способствовала накоплению в почве фосфора под сахарной свеклой и ячменем, но в меньшей степени, чем органо-минеральные системы. В третий год при выращивании в севообороте кукурузы и минеральная система удобрений не уступала органо-минеральной. Наибольшее влияние на накопление в пахотном слое почвы подвиж-

ного фосфора оказала система удобрений в составе 60 т/га подстилочного навоза с минеральными удобрениями в двойных дозах.

Системы удобрений на основе подстилочного навоза и минеральных удобрений с удвоенной дозой питательных веществ, предусмотренных системой удобрений культур севооборота, в наибольшей степени повышали в пахотном слое почв под культурами содержание обменного калия по сравнению с контролем. Под влиянием соломы содержание калия в почве возрастало только на третий год после внесения, в связи с более замедленной полной минерализацией этого вида удобрений.

Установлено, что равновесного содержания гумуса в процессах минерализации и гумификации органического вещества в черноземных почвах можно достигнуть только при внесении 8-12 т навоза на 1 га севооборотной площади в сочетании с минеральными удобрениями в дозах, обеспечивающих потребности культур в элементах питания.

Исследования показали, на контрольном варианте без удобрений в течение одной ротации зерно-свекловичного севооборота содержание гумуса в почве не изменялось. Система удобрений культур севооборота, построенная на основе только одних минеральных удобрений, способствовала значительной минерализации органического вещества почвы, при этом снижение гумуса составило в среднем 0,22% по сравнению с исходной величиной.

Включенные в системы удобрений в качестве органических удобрений солома, сырой птичий помет, выравнивание по азоту и углероду эквивалентно 40 т/га подстилочного навоза совместно с полными минеральными удобрениями, не обеспечили в течение одной ротации бездефицитного баланса гумуса в пахотном слое почвы. Внесение в севообороте только одного навоза по 60 т/га или по 12 т на 1 га севооборотной площади, способствовало приросту урожаев в прямом действии и оставляло пахотный слой почвы обедненным на 0,18%. То же количество навоза, но внесенного в системе удобрений в сочетании с удвоенным количеством питательных веществ, создает условия для равновесного состояния процессов минерализации и гумификации органических веществ [54].

Бездефицитный баланс гумуса в пахотном слое формировался при внесении жидкого навоза, с количеством питательных веществ эквивалентно 60 т/га подстилочного навоза и сухого птичьего помета, в дозах эквивалентно по содержанию углерода 40 т/га подстилочного навоза.

Минеральная система удобрений под свеклу в составе  $N_{90}P_{120}K_{120}$  повысила урожай по сравнению с контролем на 111 ц/га,  $N_{180}P_{240}K_{240}$  – на 131 ц/га.

Анализ средних данных за три ротации показывает, что органо-минеральные системы удобрений позволяют увеличить урожай корнеплодов са-

харной свеклы на 139-165 ц/га по сравнению с контролем без удобрений. Практически не уступали по влиянию на урожай системы удобрений, построенные на основе использования куриного помета, соломы в сочетании с минеральными удобрениями. Несколько меньший прирост урожая получен от системы удобрений на основе жидкого навоза (132-138 ц/га) по сравнению с контролем, но в сопоставлении со сравнимым эквивалентом – подстилочным навозом отчетливо видно, что жидкий навоз проявил равноценное влияние с ним, прирост урожая составил соответственно 122 и 139 ц/га.

В системах удобрений лучше проявил птичий помет (прибавка от 21 до 37 ц/га), навоз подстилочный (прибавка от 28 до 34 ц/га), солома (прибавка от 11 до 31 ц/га).

На всех вариантах с внесением удобрений отмечалось снижение сахаристости корнеплодов. Снижение содержания сахара в корнеплодах зависело от дозы удобрений под культуру.

Продуктивность сахарной свеклы оценивали как сбор сахара с 1 га в расчетных единицах, так и при фактическом заводском выходе белого сахара. Отмечается, что наивысшая величина данного показателя обеспечивалась системой основного удобрения 60 т/га подстилочного навоза и минеральных удобрений  $N_{180}P_{240}K_{240}$ .

Под влиянием последействия систем удобрений и внесенного азота в целом урожай зерна ячменя по ряду вариантов возрастал по сравнению с контролем (30,1 ц/га) в 1,5 раза. Системы удобрений на основе различных видов органических удобрений, сбалансированного по составу основных питательных веществ и углероду, оказали равноценное влияние в последействиях. Увеличение доз удобрения в системах удобрений не имело преимуществ перед умеренными дозами удобрений.

Урожай зеленой массы кукурузы в среднем за две ротации повысился под влиянием удобрений на 38-72 ц/га по сравнению с контролем без удобрений. По отдельным вариантам от минеральных удобрений по 60 кг/га д.в. прирост составил от 38 до 53 ц/га, при удвоении доз удобрений – от 49 до 72 ц/га зеленой массы на силос. В последействии на прирост урожая наименьшее влияние оказала солома, внесенная под сахарную свеклу. Во второй ротации наибольшее последействие оказал сухой птичий помет, на варианте которого получен наивысший урожай (343-323 ц/га) зеленой массы при урожае на контроле 238 ц/га [52].

Наибольший прирост урожая зерна гороха получен от последействия систем удобрений с пометом (сырого и сухого) и минеральных удобрений, где прибавка урожая составила 8,0-8,6 ц/га зерна, а также сочетаний соломы с минеральными удобрениями и жидким навозом, прибавка составила 6,2-7,5 ц/га при урожае без удобрений 23,5 ц/га. Удобрения в последействии оказали слабое влияние на химический состав зерна, содержание в нем белка.

Озимая пшеница явилась культурой, которая в соответствии с системой удобрений, использует влияние органических удобрений в год, завершающей ротацию. В севообороте на пятый год после внесения прослеживается последствие только навоза подстилочного, жидкого навоза и помета, которое позволило получить более 3 кг зерна пшеницы на тонну навоза.

Анализ результатов показывает учета урожаев показывает, что при урожае зерна на контроле 37,4 ц/га от прямого влияния минеральных удобрений в составе НРК по 60 кг/га получена прибавка 9,1 ц/га, от удвоенной дозы этих удобрений – 9,9 ц/га, т.е. с недостоверной разницей между ними. Навоз подстилочный в дозе 60 т/га в сочетании с минеральными удобрениями в составе двойной дозы НРК позволили получить наивысшую прибавку зерна 14 ц/га или 37,4%.

Исследования позволяют судить о возможности вовлечения в системы удобрений культур специализированных севооборотов практически всех, имеющих в наличии местных органических удобрений. Проблему управления плодородием почв «дальнего поля» можно решать оставляя на полях солому зерновых и нетоварную часть урожая других культур, приемлемым можно считать включение в севооборот посев многолетних бобовых трав и сидератов.

Выращивание вико-овсяной смеси на паровых полях, при отсутствии достаточного количества подстилочного навоза, с запашкой сидеральной массы в фазу образования бобов на вике позволяет получить органической сухой массы от 8,9 до 10,6 т/га. Озимая пшеница, выращенная на сидеральном пару, практически не уступает урожаю зерна с черного пара, удобренного навозом в дозе 40 т/га.

Таким образом, оптимальными дозами общего азота жидкого навоза являются; под вико-овсяную смесь – 120 кг/га; под озимую пшеницу – 140 кг/га; под кормовую свеклу – 240 кг/га; под кукурузу на силос – 220 кг/га, которые позволяют почти в 1,5 раза повысить урожай кормовой свеклы и зеленой массы вико-овсяной смеси, на 85 ц/га-урожай кукурузы на силос, дополнительно получить 8,5 – 10,1 ц/га зерна озимой пшеницы. Дальнейшее увеличение доз азота жидкого навоза под культуры не эффективно.

Эффективность сочетания различных видов навоза с минеральными удобрениями в эквивалентных дозах основных питательных элементов на черноземах одинакова. Влияние навоза подстилочного прослеживается на протяжении всей ротации севооборота, обеспечивая производство на каждую тонну навоза в первый год действия 146 кг корнеплодов сахарной свеклы и в последствии – 9 кг ячменя, 85 кг кукурузы на силос; 3,3 кг гороха, 3,6 кг зерна озимой пшеницы. Эффективность жидкого навоза и соломы в севообороте ниже и последствие их затухает через три года [52].

### Глава 3.

## СОВРЕМЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В БЕЛГОРОДСКОМ ФАНЦ РАН

Новый период развития современной структуры научного учреждения начался с августа 2000 года, когда Белгородский НИИСХ возглавил Сергей Иванович Тютюнов. Он принял руководство в непростое время. После развала СССР, научные исследования испытывали недостаток финансирования. Из-за возникших трудностей была проведена оптимизация стационарных опытов, но при этом расширились исследования в области селекции и семеноводства важных сельскохозяйственных культур. Продажа семян давала возможность иметь небольшие внебюджетные средства на продолжение исследований по земледелию и растениеводству. Удалось не только восстановить и сохранить основные стационарные опыты по земледелию, но и открыть новые направления по изучению адаптивных реакций сортов сельскохозяйственных культур на факторы топографической ориентации и оптимальные параметры минерального питания. Под руководством Тютюнова С.И. были укреплены материально-техническая база производственных отделений, усилена работа по выполнению научно-исследовательских программ, предложенных Российской академией сельскохозяйственных наук.

В мае 2018 года Белгородский НИИСХ был преобразован в ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Навыки административного руководства, основы организационной и общественной работы помогли Сергею Ивановичу создать благоприятный климат в трудовом коллективе и добиться новых результатов в научной и производственной деятельности.

За последние пять лет в Центре получено 15 патентов на изобретения, внесено в Государственный реестр селекционных достижений 18 сортов и гибридов полевых культур, разработаны три технологии возделывания сельскохозяйственных культур, 21 методика и нормативных акта. Длительные стационарные опыты входят в Географическую сеть опытов с удобрениями России и стран СНГ. Начиная с 2002 года «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук» – неперенный участник Всероссийских выставок «Золотая осень» и «Агрорусь». Исследования учёных Центра заслуженно удостоены 25 медалей, среди которых 16 золотых, 4 серебряных и 4 бронзовых. Впервые в истории Центра и Белгородской области за развитие и внедрение научных исследований директор Центра Сергей Тютюнов был избран академиком Российской академии наук.

Большой вклад в развитие современных направлений научных исследований внесли Владимир Дмитриевич Соловиченко, Лидия Григорьевна Смирнова, Александр Николаевич Воронин, Владимир Павлович Нецветаев, Павел Иванович Солнцев, Сергей Анатольевич Хорошилов, Игорь Олегович Шестопалов.

Сегодня молодые ученые Центра составляют почти половину всего коллектива. Они активно участвуют в исследовательском процессе и продолжают дело своих учителей и наставников. Общие усилия сотрудников Центра позволили ему выйти на качественно новый уровень и занять лидирующие позиции в сельскохозяйственной науке и производстве в Российской Федерации.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» выполняет научно-исследовательские работы в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований на долгосрочный период (2021-2030 гг.).

#### IV. Область знаний:

##### 4. Сельскохозяйственные науки.

##### 4.1. Сельское хозяйство, лесное и рыбное хозяйство.

##### 4.1.1. Земледелие, мелиорация, водное и лесное хозяйство.

4.1.1.1. Оптимизация сельскохозяйственного природопользования, агроэкологическая оценка земель, создание адаптивных систем земледелия и агротехнологий нового поколения на основе цифровизации и регулирования потоков биогенных элементов в агроэкосистемах. Научно-исследовательские работы выполняют по данному разделу лаборатория плодородия почв и мониторинга и лаборатория защиты растений.

##### 4.1.2. Растениеводство, защита и биотехнология растений.

4.1.2.3. Управление селекционным процессом создания новых генотипов культурных растений с высокоценными признаками продуктивности и качества, устойчивости реализации генетического потенциала новых генотипов сельскохозяйственных лекарственных и ароматических культур. Научно-исследовательские работы по данному разделу выполняют лаборатория селекции и семеноводства озимой пшеницы и лаборатория селекции и семеноводства кукурузы.

##### 4.1.3. Агрочвоведение

4.1.3.2. Индикаторы изменений свойств почв под воздействием природных и антропогенных факторов, новые системы управления плодородия почв в динамических условиях внешней среды. Выполняет научно-исследовательскую работу по данному разделу лаборатория адаптивного растениеводства и агроэкологии.

### 3.1. Разработка научных основ простого и расширенного плодородия почв при разных по интенсификации системах земледелия в рамках работы лаборатории плодородия почв и мониторинга

Осенью 1987 года опыт был заложен по полной факториальной схеме с тремя специализированными севооборотами, тремя способами основной обработки почвы, тремя градациями минеральных и органических удобрений. Схема опыта 3х3х3х3 включала 81 вариант. Число повторений в опыте – три, общее количество делянок в опыте – 1215. Варианты в опыте расположены с использованием метода расщеплённых делянок. Опыт размещён на пяти полях, которые вводились последовательно. Площадь полевого опыта составляет 22,5 га, а делянки 120 м<sup>2</sup> (4 м × 30 м). Информативность схемы опыта составляет 6,341 бит, в т. ч. на 1 делянку приходится 0,026 бит. Данный опыт был заложен для решения задачи «Разработать научно методические основы сохранения и повышения плодородия почв путём систематического применения удобрений». Что и послужило для формирования новой лаборатории – плодородия почв и мониторинга.

На момент основания лаборатории плодородия почв и мониторинга её заведующим был назначен Борис Фадеевич Азаров и в лаборатории работало 28 человек. Многолетний полевой опыт, который входит в Геосеть опытов с удобрениями ведётся в Белгородском федеральном аграрном научном центре Российской академии наук и по настоящее время. Результаты этих исследований широко используются при подготовке научных рекомендаций по вопросам рационального использования минеральных и органических удобрений и различных способов обработки почвы, разработки современных ресурсосберегающих агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, сохранению и повышению плодородия почв в хозяйствах Белгородской области.

В 1997 году лабораторию возглавил доктор сельскохозяйственных наук Валентин Владимирович Никитин. Валентин Владимирович занимался исследовательской деятельностью по теме «Оптимизация минерального питания культур зерносвекловичного севооборота на чернозёмных почвах ЦЧЗ». Путём многолетних исследований, под чутким контролем Никитина В.В. разработаны основы ресурсосберегающей си-



стемы применения удобрений на чернозёмах Белгородчины: коэффициенты использования питательных веществ почвы ведущими культурами зерносвекловичного севооборота, коэффициенты использования удобрений, нормативы выноса NPK урожаем, нормативы затрат удобрений на прибавку урожая.

С 1998 по 2020 год исполнял обязанности руководителя лаборатории доктор сельскохозяйственных наук Владимир Дмитриевич Соловиченко. И в период с 2002 по 2020 год он стал заведующим лаборатории. Владимир Дмитриевич проводил научно-исследовательскую работу на тему «Почвенный покров Центрально-Чернозёмного региона и воспроизводство плодородия почв». Под руководством Соловиченко В.Д. составлены почвенные карты, карты эрозии почв, структур почвенного покрова и почвенно-эрозионного районирования по Белгородской области и Центрально-Черноземному региону. При соавторстве доктора сельскохозяйственных наук Соловиченко В.Д. составлена Красная книга почв Белгородской области. Выделены почвы: зональные, местные, комплексные, уникальные, редкие для территории области, России и исчезающие.

С 2020 года заведующим лаборатории стал кандидат биологических наук Александр Семёнович Цыгуткин. В 2022 году под руководством Владимира Дмитриевича Соловиченко сформировал экспедицию по отбору почвенных монолитов основных почв Белгородской области, по результатам которой была выпущена книга «Методика отбора и препарации почвенных монолитов». С 2022 года по настоящее время исполняет обязанности заведующей лаборатории плодородия почв и мониторинга кандидат сельскохозяйственных наук Екатерина Викторовна Навольнева. Екатерина Викторовна проводит исследовательскую работу по изучению изменения свойств чернозёма типичного и продуктивности культур в зависимости от агротехнических приёмов. В 2019 году проект «Разработка научных основ сохранения и повышения плодородия чернозёмов в специализированных севооборотах при разных способах обработки почвы и удобренности в юго-западной части Центрально-Чернозёмной зоны», был поощрён дипломом и Золотой медалью на Международной агропромышленной выставке «Агрорусь-2019».



*Екатерина Викторовна  
Навольнева, кандидат  
сельскохозяйственных наук*

## Методика проведения опыта

Почва опытного участка – чернозём типичный среднемогучный малогумусный тяжелоуглинистый на лессовидном суглинке. В пахотном слое перед закладкой опыта содержалось гумуса 5,18-5,32%, подвижного фосфора 67-78 мг, обменного калия 88-112 мг/кг почвы,  $pH_{KCl}$  5,8-6,3, гидролитическая кислотность 1,8-2,5 мг-экв./100 г почвы, сумма поглощённых оснований 35-38 мг-экв., в том числе кальций 30-33 мг-экв., магния 4-7 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями 90-93%. По агрохимическим показателям почва опытного участка являлась типичной для Белгородской области.

Пятипольные севообороты с различной насыщенностью в структуре посевных площадей пропашными культурами. Зерноотравапропашной севооборот включает 20% пропашных культур; зернопропашной – 40%; зернопароотравапропашной – 60% пропашных культур и чёрный пар. Чередувание культур в севообороте представлено в таблице 1. В настоящее время идёт седьмая ротация севооборотов.

*Таблица 1. Чередувание культур в севооборотах*

Зерноотравапропашной	Зернопропашной	Зернопароотравапропашной
Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница
Сахарная свекла	Сахарная свекла	Сахарная свекла
Ячмень+ травы	Ячмень	Кукуруза на силос
Многолетние травы 1 г.п.	Кукуруза на силос	Кукуруза на зерно
Многолетние травы 2 г.п.	Горох	Чёрный пар

Технологии возделывания сельскохозяйственных культур общепринятые для Белгородской области (кроме тех элементов технологии, которые являются изучаемыми в опыте факторами).

Три способа основной обработки почвы (вспашка, безотвальное рыхление и минимальная обработка почвы) отличаются между собой не только глубиной обработки пахотного слоя, но и по энергозатратам. Вспашка проводится в зависимости от возделываемой культуры на глубину 20-32 см. Безотвальная обработка – на ту же глубину, только без оборота пласта плугом «Параплау». При минимальной обработке рыхление осуществляется на глубину 10-15 см дисковой бороной.

Одинарные дозы минеральных и органических удобрений рассчитаны на простое воспроизводство плодородия почвы, а двойные – на расширенное. Подстилочный навозом КРС вносили один раз за ротацию севооборота под сахарную свёклу в дозах 0, 40 и 80 т/га, что в среднем на каждую культуру севооборота составляло 0, 8 и 16 т/га.

Минеральные удобрения вносили осенью под основную обработку почвы. При возделывании озимой пшеницы минеральные удобрения дополнительно вносили и весной в подкормку (табл. 2). В качестве минерального удобрения использовали азофоску ( $N_{16}P_{16}K_{16}$ ) и диаммофоску ( $N_{10}P_{26}K_{26}$ ). Опыт проводили по технологиям возделывания сельскохозяйственных культур и обработки чёрного пара, которые приняты в Белгородской области.

*Таблица 2. Дозы минеральных удобрений в севооборотах*

Чередование сельскохозяйственных культур в севообороте	Дозы минеральных удобрений кг/га д.в		
<b>Зернотравянопропашной севооборот</b>			
Озимая пшеница	60+30	60	60
Сахарная свекла	90	90	90
Ячмень+травы	50	130	130
Многолетние травы 1 г.п.	-	-	-
Многолетние травы 2 г. п.	-	-	-
Итого	230	280	280
На 1 га севооборотной площади	46	56	56
<b>Зернопропашной севооборот</b>			
Озимая пшеница	60+30	60	60
Сахарная свекла	90	90	90
Ячмень	50	50	50
Кукуруза на силос	70	70	70
Горох	20	52	52
Итого	320	322	322
На 1 га севооборотной площади	64	64	64
<b>Зернопаропропашной севооборот</b>			
Озимая пшеница	60+30	60	60
Сахарная свекла	90	90	90
Кукуруза на силос	70	70	70
Кукуруза на зерно	70	70	70
Черный пар	-	-	-
Итого	320	290	290
На 1 га севооборотной площади	64	58	58

По данным метеорологического поста Белгородского ФАНЦ РАН, расположенного на участке, примыкающем к полям, где проводят полевой опыт, средняя многолетняя температура воздуха составляет 6,3-7,2 °С. В среднем за год выпадает 546-553 мм осадков, в т. ч. за период с тем-

пературой выше 10 °С – 260-290 мм. Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см к началу вегетационного периода изменяются в пределах 150-170 мм. Снеготаяние и размерзание почвы наступает 25-28 марта, начало замерзания почвы – 9-12 ноября. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 0°С составляет 225-237 дней, с температурой выше 5 °С – 186-197 дней, с температурами выше 10 °С – 148-153 дня. Сумма температур выше 10 °С составляет соответственно 2750-3050 °С. Величина гидротермического коэффициента (ГТК) по средним многолетним данным для данной агроклиматической зоны составляет 0,9.

За одинарную дозу минеральных удобрений в схеме опыта принята расчетная доза по полному коэффициенту возврата, т.е. 230-320 фосфора и калия, а азота 210-320 кг в сумме за ротацию севооборота.

Исходя из чередования культур, планируемой урожайности, выполнены расчеты доз минеральных удобрений в экспериментальных севооборотах с учетом коэффициента возврата в целом за севооборот. С незначительными отклонениями по тем или иным типам севооборотов установлено, что оптимальной нормой внесения в сумме за ротацию пятипольного севооборота является 280-360 кг/га азота, 360 кг/га фосфора, 360 кг/га калия, что подтвердило правильность принятой расчётной дозы удобрений.

В качестве исследуемых показателей плодородия почвы изучали агрохимические, физико-химические и агрофизические свойства почв. Проводили учёт урожая, определяли качество продукции.

По завершению шести ротаций севооборотов произошли существенные изменения в агроэкологическом состоянии агроландшафтов – содержании и качественном составе гумуса, питательном режиме, кислотности, агрофизических свойствах, биологической активности почвы и продуктивности с.-х. культур.

### **Гумусное состояние почвы**

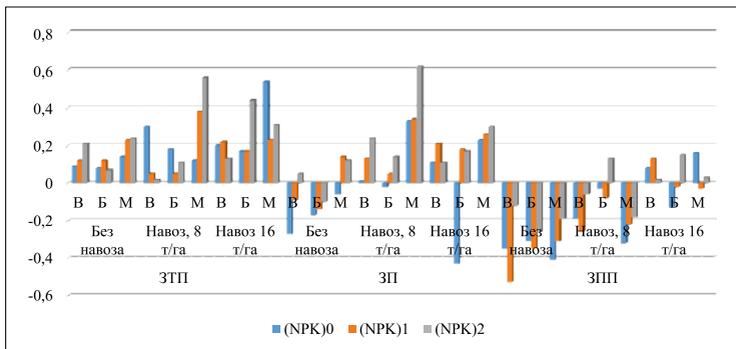
Основное свойство почвы – это её плодородие, в значительной степени обусловлено наличием в ней органической части – *гумуса* [55]. Влияние гумуса на здоровье почвы и её продуктивность не может быть переоценено. Гумус является ключевым компонентом почвенного плодородия, играющим важную роль в улучшении структуры почвы, он связывает почвенные частицы, делает почву более рыхлой и воздухопроницаемой, обладает высокой гигроскопичностью, способствует удержанию влаги в почве.

Только долгосрочные эксперименты могут установить действие периодического применения любых видов удобрений на продуктивность севооборота, качество урожая и свойства почвы. При систематическом многолетнем внесении удобрений прямое действие удобрений и его последствие, а также косвенные эффекты, связанные с влиянием на свой-

ства почвы, концентрируются в урожайности возделываемой культуры. Изучаемые агроприёмы технологии возделывания сельскохозяйственных культур оказали значительное влияние на содержание гумуса в чернозёме. За 34 года ведения многолетнего опыта, можно отметить, что содержание гумуса возросло от зернопаропропашного севооборота к зернотравяно-пропашному.

Так как содержание гумуса является достаточно стабильной величиной, целесообразно рассматривать изменение данного показателя во времени. Было проведено сравнение полученных результатов после прохождения шестой ротации севооборотов с годом закладки опыта (Рисунок 1) [56]. Перед закладкой опыта в верхнем слое почвы, содержание гумуса составляло 4,88-5,32%.

Изучая изменения в динамике содержания гумуса, нельзя не отметить значительное влияние, которое оказывает севооборот на этот процесс. Без внесения каких-либо удобрений содержание гумуса в пахотном горизонте зернотравянопропашного севооборота после прохождения шести ротаций составило 5,32%, в зернопропашном – 5,05, а в севообороте с паром – 4,89%. Севооборот с многолетними травами продемонстрировал положительный баланс гумуса, при этом его содержание увеличивалось на 0,08-0,14% независимо от способа возделывания, даже в условиях отсутствия удобрений. Напротив, в других севооборотах, где также не применялись удобрения, наблюдалось снижение содержания гумуса: в зернопропашном севообороте оно уменьшилось на 0,27%, а в севообороте с чистым паром на 0,41%. Эта разница в динамике гумуса объясняется накопительной ролью растительных остатков, которые в наибольшем количестве остаются в зернотравянопропашном севообороте, тогда как в зернопаропропашном севообороте их количество было минимальным. Интересно, что рост гумуса наблюдался только в зернотравянопропашном севообороте, что подчёркивает его эффективность. Максимальный рост был зафиксирован при совместном внесении 40 т/га органических удобрений и удвоенной дозы минеральных, составил 0,56%.



**Рисунок 1. Изменение содержания гумуса в почве в шестой ротации севооборотов в слое 0-30 см, % к массе (к показателям 1987 года)**

В зернопаропашном севообороте отмечено положительное влияние минимальной обработки почвы на содержание гумуса. Это наблюдение актуально для всех уровней удобрений, где разница между способами обработки колебалась от 0,08 до 0,66%. Эти данные подтверждают не только фактическими результатами, но и отражаются в динамике изменений гумуса за шесть ротаций, отражённых на рисунке 1. Следует отметить, что аналогичное влияние минимальная обработка почвы оказала и в зерноотрубнопаропашном севообороте, где накопление гумуса увеличилось на 0,06-0,54%. Однако стоит отметить, что в варианте с применением подстилочного навоза (8 т/га с.п.) и при совместном внесении удвоенных доз органических и минеральных удобрений наблюдались исключения из этой закономерности.

Специфика действия минеральных удобрений во времени была не односторонней, что проявлялось в разных типах севооборотов по-разному. Так, в зерноотрубнопаропашном и зернопаропашном севооборотах применение одной дозы промышленных туков способствовало росту содержания гумуса и динамика изменения во времени характеризуется увеличением содержания органического вещества в сравнении с контрольным вариантом (для сравнения в ЗТП без удобрений рост составил 0,10%, а при использовании (NPK)1 – 0,16%), причём в зернопаропашном севообороте при минимальной обработке отмечался положительный баланс гумуса, а при глубоких обработках уменьшение данного показателя во времени было меньше, в сравнении с контрольными вариантами. В свою очередь двойные дозы промышленных туков лишь стабилизировали его содержание. В зерноотрубнопаропашном севообороте напротив, при использовании увеличенных доз минеральных удобрений содержание гумуса во времени практически сохранялось на уровне 1987 года (с небольшим снижением на

0,19%), в то время как при одной дозе изучаемый показатель уменьшился на 0,40%. В рассмотренном зернопаропропашном севообороте, после прохождения шести ротаций севооборота с момента закладки опыта, росту гумуса в пахотном слое почвы способствовало использование увеличенных доз органических и минеральных удобрений, и данный рост составил 0,02-0,15%, а по фону 16 т/га с.п. навоза, как совместно с одной дозой промышленных туков, так и без них – изменения близились к нулевому показателю (0,03 и 0,04%).

При рассмотрении изменения гумуса в динамике сложнее выделить однозначное действие органических удобрений, так как первоначальное содержание данного почвенного компонента было разным, однако положительное действие отмечено и при данном анализе. Так, в севообороте с паром без применения органических удобрений снижение гумуса составило 0,36%, при систематическом использовании (раз в пять лет) 40 т/га подстилочного навоза сокращение содержания гумуса составило 0,18%, а за счёт использования 80 т/га навоза содержание гумуса характеризовалось перевесом в сторону увеличения на 0,04% (данные проценты получены при усреднении показателей по способам обработки почвы). Увеличение содержания гумуса в севообороте с многолетними травами двух лет пользования, составило от 0,10 (без удобрений) до 0,30% (с 16 т/га с.п. навоза).

Наибольшее содержание гумуса отмечалось при комбинированном применении одной дозы минеральных удобрений и удвоенной дозы навоза. В зависимости от способа основной обработки почвы в зернотравяно-пропашном севообороте содержание гумуса варьировало от 5,47 до 5,54%; в зернопропашном от 5,33 до 5,53; в зернопаропропашном от 5,22 до 5,26%. Таким образом, результаты показывают, что правильное сочетание органических и минеральных удобрений, а также выбор подходящего севооборота, могут существенно повысить уровень гумуса в почве, что, в свою очередь, способствует улучшению её свойств и повышению урожайности культур.

### **Питательный режим почвы**

Для оценки эффективного плодородия, то есть реальной способности почвы обеспечивать высокие урожаи сельскохозяйственных культур первостепенное значение имеет содержание в ней питательных веществ в доступной для растений формах [57].

Азот черноземных почв представлен различными группами, усвояемость которых регламентируется химической структурой экстрагента. Начиная с валовых форм, содержание которых в пахотном горизонте составляет 0,2-0,3%, и заканчивая минеральным азотом, к которому относятся

нитраты и аммонийные формы, усвояемые практически на 100%.

Для проведения сравнительной оценки азотного режима за большой промежуток времени эти методы не подходят и поэтому мы остановились на щелочногидролизуемом азоте, который определяли методом Корнфилда, где азот извлекали довольно сильной реактивной щелочной вытяжкой.

Для наглядности действия факторов была проведена группировка полученных показателей по изучаемым севооборотам и рассматриваемым способам обработки почвы (Таблица 3). Соединения гидролизуемого азота на вариантах схемы нашего опыта в соответствии с существующей градацией относятся в исследованиях к категории низкой обеспеченности с переходом в градацию средней обеспеченности на удобренных вариантах.

**Таблица 3. Содержание щелочногидролизуемого азота под влиянием способов обработки почвы и удобрений после прохождения шести ротаций севооборотов, мг/кг**

Удобрения		В*	Б	М	ЗТП**	ЗП	ЗПП
Навоз, т/га	Мин., ед.						
0	0	148	146	145	148	150	141
	1	151	150	149	155	152	143
	2	151	150	150	152	156	143
8	0	148	147	150	153	152	140
	1	153	154	151	155	157	145
	2	155	155	156	161	158	147
16	0	156	153	154	161	156	146
	1	158	153	155	160	160	146
	2	157	158	156	165	159	147
НСП <sub>05</sub> : А (севооборот) – 3,0; В (обработка почвы) – 3,0; С (удобрения) – 5,3							
Примечание. *Обработка почвы: В – вспашка, Б – безотвальная обработка; М – минимальная обработка.							
**Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗП – зернопропашной, ЗПП – зернопаропропашной.							

Использование минеральных удобрений способствовало росту содержания данной формы азота в почве. Так, рост после прохождения шести ротаций за счёт ежегодного применения минеральных удобрений составил в среднем по обработкам почвы 2-6 мг/кг если сравнить с контрольным вариантом, в зависимости от севооборота. Минимальное содержание отмечено в зернопаропропашном севообороте 143 мг/кг. Максимальное

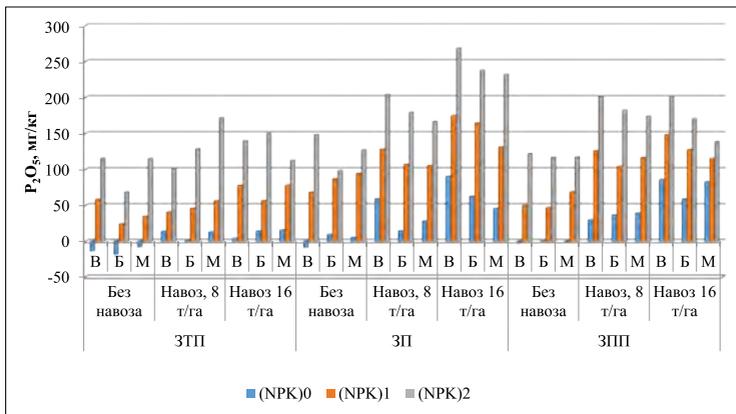
содержание достигнуто в зернопропашном севообороте и составляет 156 мг/кг – при использовании  $N_{124}P_{124}K_{124}$ . За счёт внесения навоза КРС, щелочногидролизующий азот в почве вырос на 5-13 мг/кг, в зависимости от типа севооборота, также в сравнении с контрольным вариантом. Следует отметить, что наименьшее значение показателя также зафиксировано в зернопаропропашном севообороте – 146 мг/кг.

Органо-минеральная система удобрений, при одинарных дозах обоих видов удобрения, позволила накопить гидролизующего азота в пределах 145-157 мг/кг, в зависимости от севооборота, что на 4-7 мг/кг больше, чем без применения удобрений. Применение же совместно органических и минеральных удобрений, в двойных дозах, рассчитанных на расширенное воспроизводство плодородия почвы довело содержание гидролизующего азота до 165 мг/кг, в среднем по способам обработки почвы, с максимальным показателем в севообороте с многолетними травами.

Влияние обработки почвы на содержание щелочногидролизующего азота не отмечено, разница между изучаемыми способами находилась в пределах ошибки опыта. Зернопаропропашной севооборот способствовал меньшему накоплению азота, чем зернопропашной и зернотравянопропашной севообороты, причем между ЗТП и ЗП различия не существенны. Данную закономерность возможно объяснить большим содержанием в структуре севооборота пропашных культур, способствующих большому выносу азота из почвы.

Важнейшим показателем плодородия почвы является фосфорный режим, который определяет уровень эффективности внесённых удобрений и получаемую урожайность сельскохозяйственных культур [58].

На полевом опыте в слое почвы 0-30 см без применения удобрений содержание подвижного фосфора находилось на уровне 39-55 мг/кг (низкой и средней обеспеченности), в зависимости от типа севооборота и используемого способа почвенной обработки. Мониторинг изменения содержания подвижного фосфора во времени показал, что на контрольных вариантах его содержание уменьшилось на вспашке во всех севооборотах, на глубокой обработке почвы без оборота пласта в зернотравянопропашном севообороте, а при обработке на глубину 10-12 см, в севообороте с чёрным паром и многолетними травами (Рисунок 2). Следует отметить, что в целом изменения во времени на вариантах без внесения удобрений заметно лишь в зернотравянопропашном севообороте, если сравнивать с показателями года закладки опыта, в данном севообороте содержание уменьшилось на 13,7 мг/кг [59].



**Рисунок 2. Изменение содержания подвижного фосфора в почве после прохождения шестой ротации севооборотов в слое 0-30 см, мг/кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> к показателям 1987 года**

Анализ динамики подвижного фосфора за длительный промежуток времени в слое 0-30 см, показал положительную роль зернопропашного севооборота в накоплении данного элемента. Без применения удобрений во всех севооборотах при проведении минимальной обработки содержание фосфора поддерживалось практически на уровне года закладки опыта. На органо-минеральной системе удобрений вспашка превалировала над безотвальной обработкой и обработкой на 10-12 см, такие закономерности зафиксированы в севооборотах с наибольшим содержанием пропашных культур.

Максимальный рост содержания подвижного фосфора зафиксирован при органо-минеральной системе удобрений за счёт внесения удвоенных доз минеральных удобрений, по фону навоза как 8, так и 16 т/га с.п. в зернопропашном (204,6 и 269,1 мг/кг) и зернопаропропашном (201,3 и 202,4 мг/кг) севооборотах при проведении вспашки, содержание фосфора выросло в 4,1-5,3 раз.

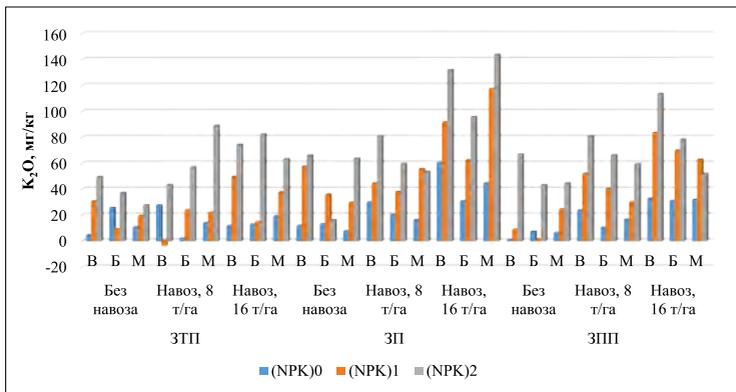
Одновременное использование разных видов удобрений в максимально изучаемых дозах привело к большому росту содержания фосфора в почве. Фактическое содержание подвижного фосфора в настоящее время при данном уровне удобрённости составляет – 161-320 мг/кг. До недавнего времени, накопление подвижного фосфора в почве трактовалось как положительная тенденция до высоких уровней. Однако на данный момент поднимаются вопросы о зафосфачивании почвы в нашей зоне. Так, если в почве будет содержаться подвижного фосфора ориентировочно более 400 мг/кг, то у культур может наступить так называемая депрессия фитоце-

ноза, что характеризуется значительным уменьшением прироста биомассы растений [60(6)]. В наших исследованиях в зернопропашном севообороте при проведении вспашки и после использования максимальных доз органических и минеральных удобрений содержание фосфора уже составляет 320 мг/кг, что является очень высоким по обеспеченности данным элементом. В дальнейшем, при таком же использовании это может привести к критическому для растений содержанию.

На почвах глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава, что преобладают в ЦЧР, общие запасы калия в почве, в частности, в чернозёмах колеблются в пределах 1,5-2,0% от общих запасов [61].

Считается, что потребность в пополнении калийных запасов почвы за счёт удобрений на чернозёмных почвах наступает позднее чем необходимость в использовании фосфорных и азотных и что роль калия в росте продуктивности сельскохозяйственных культур значительно меньше, чем таких элементов как фосфор и азот. Но несмотря на это, если в севообороте возделываются многолетние травы и другие кормовые культуры, а также технические, выносящие из почвы много калия, то потребность в нём наступает очень быстро. Во многих почвах, обладающих высокими потенциальными запасами калия, он постепенно переходит в доступную для растений форму, чем объясняется слабое действие удобрений с содержанием калия. Эффект от них заметно возрастает, когда запасы калия в почве начинают истощаться из-за большого выноса этого элемента с урожаем.

На рисунке 3 отражена динамика роста содержания подвижного калия после прохождения шести ротаций севооборотов, в сравнении с исходными показателями (год закладки опыта) в зависимости от применяемой системы удобрения, способов обработки почвы и типов севооборотов. Наибольший рост подвижного калия в почве получен в зернопропашном севообороте при использовании совместно органических и минеральных удобрений.



**Рисунок 3. Влияние различных факторов на динамику изменения подвижного калия в почве в слоя 0-30 см, мг/кг к исходному**

Содержание подвижного калия в слое почвы 0-30 см, на полевом опыте без использования удобрений, было в пределах 104-121 мг/кг, что относится к повышенной и переходу к высокой градации содержания этого элемента в почве.

При анализе изменения содержания данного элемента в почве, без применения удобрений отмечена незначительная положительная динамика (0,85-25,69 мг/кг), в сравнении с исходными данными, полученными в год закладки опыта. Это подтверждает положение, что, несмотря на значительный вынос калия продукцией культур, его большие запасы в чернозёме типичном при нехватке подвижного калия в почве частично из общих запасов переходят в доступные для питания растений формы. При этом следует отметить, что в зернопаропропашном севообороте рост содержания подвижного калия был минимальным (0,85-7,52 мг/кг), что связано с большим потреблением калия пропашными культурами, содержание которых в данном севообороте составляет 80%.

При использовании одной и двух доз навоза КРС в зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах было отмечено несомненное преимущество вспашки над безотвальной и минимальной обработками почвы, увеличение подвижного калия было на 13,26-13,76 мг/кг больше при 8 т/га с.п. и на 1,73-29,42 мг/кг при 16 т/га с.п. В зернотравнопропашном севообороте, при использовании одной дозы навоза проявилась схожая ситуация с большим накоплением по вспашке, однако при внесении удвоенной дозы данного удобрения, максимальный рост содержания калия отмечался при минимальной обработке почвы.

Использование отдельно минеральных удобрений привело к росту содержания калия в слое почвы 0-30 см и переходу от повышенной града-

ции его содержания к высокой. При внесении удвоенной дозы удобрений фактическая величина подвижного калия в почве составила 121-161 мг/кг с большим содержанием по вспашке.

Изменение содержания данного элемента во времени благодаря использованию минеральных удобрений привело к его росту на 49,5-66,9 мг/кг, в зависимости от севооборота.

### **Продуктивность севооборотов**

Хорошо известно, что продуктивность севооборота с правильным чередованием культур во времени и рациональным размещением в пространстве всегда возрастает. Многолетние исследования учёных показали, что урожайность отдельных культур при наилучшем размещении в севооборотах на фоне только биологических приёмов, соизмерима с урожайностью при применении минеральных удобрений, однако максимальная продуктивность пашни достижима лишь при сочетании этих факторов [62].

В данный момент требуются опытно-доказуемые закономерности использования специализированных севооборотов, в частности применение в их составе доли пропашных культур, многолетних трав в структуре посевных площадей и возможность использования чистых паров.

Проведённый дисперсионный анализ свидетельствует о достоверном влиянии изучаемых факторов: вида севооборота, способа основной обработки почвы, органических и минеральных удобрений (Таблица 5). Данный анализ показал, что различия между вариантами существенны, так как фактическое значение критерия Фишера было больше его табличного значения ( $F_{\text{факт.}} 97,29 > F_{\text{табл.}} 1,00$ ).

Из приведённых в таблице 4 данных следует, что каждый элемент введённый в схему опыта оказал непосредственное влияние на продуктивность севооборотов. Органические удобрения в зависимости от севооборота и способа основной обработки почвы позволили увеличить прибавку урожая на 22,2-36,6%, а минеральные – на 71,9-86,8%. Использование органических и минеральных удобрений обеспечило прибавку на 91,3-106,6%, при сравнении с вариантом опыта без применения каких-либо удобрений с максимальными дозами их внесения.

Таблица 4. Влияние различных агроприемов на продуктивность севооборотов, з.е. т/га (шестая ротация)

Навоз т/га севооборота	Минеральные удобрения, доза	Севооборот								
		ЗТП*			ЗП			ЗПП		
		В**	Б	М	В	Б	М	В	Б	М
0	0	14,21	14,77	13,89	17,68	17,06	16,95	18,38	17,94	17,27
	1***	20,92	20,75	20,62	25,63	25,47	25,63	25,76	25,42	24,74
	2	25,92	26,14	25,93	31,03	31,16	31,06	31,60	31,08	30,86
8	0	17,36	16,75	17,14	21,13	20,40	20,24	20,25	20,11	19,50
	1	23,09	22,87	23,42	28,27	27,78	27,70	28,08	27,77	27,38
	2	27,69	26,84	27,53	32,71	33,14	32,92	33,46	33,10	32,10
16	0	19,18	18,32	18,48	23,35	23,30	23,06	22,46	22,56	22,41
	1	25,92	25,32	25,61	30,43	29,97	30,89	31,53	31,91	30,95
	2	29,30	28,75	28,70	34,35	33,99	34,65	35,16	35,43	34,49

\*ЗТП – зерноотравнопропашной севооборот, ЗП – зернопропашной севооборот; ЗПП – зернопаропропашной севооборот.  
 \*\*В – вспашка, Б – безотвальная обработка, М – минимальная обработка  
 \*\*\* зерноотравнопропашной севооборот –  $N_{46}P_{56}K_{56}$ , зернопропашной севооборот –  $N_{64}P_{64}K_{64}$ , зернопаропропашной севооборот –  $N_{64}P_{58}K_{58}$ .

При сравнительном анализе севооборотов в среднем за шестую ротацию продуктивность зернопаропропашного севооборота была на 0,32-0,88 т/га з.е. больше (в зависимости от способа основной обработки почвы), чем зернопропашного и на 3,17-4,17 т/га з.е. больше, чем зерноотравнопропашного севооборота (Таблица 4). Продуктивность севооборотов зависела от вида севооборота, от доли пропашных культур в нём. Так, зернопропашной севооборот, который в своём составе содержит 40% пропашных культур, имел бесспорное преимущество перед зерноотравнопропашным, который включал 20% пропашных культур, в свою очередь максимальная продуктивность отмечалась в зернопаропропашном севообороте с 60% пропашных культур, что соответствует результатам исследований, проведённых в опыте ранее [63].

*Таблица 5. Таблица дисперсионного анализа*

Вид варьирования	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F <sub>факт.</sub>	F <sub>табл.</sub>
Общее	3950,00	45253,30			
Повторения	2	16,70			
Варианты	1727	44646,45	25,85	97,29	1
Остаточное	2221	590,16	0,27		

В зернопаропропашном севообороте одно поле с чистым паром выпадает из хозяйственного оборота, однако учитывая продуктивность всего севооборота отмечается его преимущество над другими. Чистый пар способствует интенсивной минерализации органического вещества почвы, повышая продуктивность пашни, но при этом снижает потенциальное плодородие почвы за счет уменьшения количества органического вещества и ухудшения его качественного состава.

В то же время разумное использование многолетних бобовых трав в почвозащитной ландшафтной системе земледелия положительно сказывается на плодородии почв. В связи с тем, что многолетние травы существенно обогащают почву растительными остатками, оптимизация их площадей в структуре пашни – неперенное условие простого и расширенного воспроизводства плодородия черноземов.

В целом исследование подтвердило важность соблюдения основных принципов устойчивого земледелия, направленных на сохранение плодородия почвы. Важно отметить, что правильное применение агротехнических приёмов, таких как рациональный севооборот, щадящие методы обработки почвы и сбалансированное использование удобрений, способствует не только сохранению гумуса, но и обеспечению долгосрочного плодородия почвы.

В перспективе исследований, планируется разработать математические модели, устанавливающие закономерности влияния погодных условий и удобрений на урожайность основных сельскохозяйственных культур (озимая пшеница, сахарная свёкла, кукуруза на зерно) в Белгородской области. В этом случае представляется возможность с большей точностью проанализировать практически неограниченное количество вариантов и найти оптимальный, то есть прогнозировать действие удобрений.

Ключом к повышению урожайности и защите окружающей среды является комплексное исследование агрохимических свойств почвы и установление оптимальных параметров плодородия почвы при систематическом применении разных видов удобрений. На основе имеющихся многолетних

данных планируется установить оптимальные показатели почвенного плодородия. Поскольку концентрированным выражением плодородия любой почвы служит урожайность возделываемых культур, в опытах устанавливается зависимость между величиной урожая и изучаемыми факторами. Анализ данных в динамике поможет выявить тренды изменения основных почвенных показателей в зависимости от агротехнических приёмов и климатических условий. Это позволит разработать прогноз изменения состояния почвы в будущем и принять своевременные меры по её сохранению.

## Результаты работы лаборатории



*Диплом и золотая медаль  
Российской агропромышленной выставки Золотая осень (2015 г.)*



*Свидетельство о государственной регистрации базы данных (2024 г.)*

Научные разработки лаборатории были отмечены различными наградами: Золотой медалью и Дипломом I степени «За разработку применения агрохимических средств при возделывании зерновых культур» (2004 г.); Золотой медалью всероссийской агропромышленной выставки Золотая осень «За разработку ресурсосберегающих экологически безопасных технологий применения агрохимических средств» (2010 г.); Золотой медалью «За достижение высоких показателей агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур» (2013 г.); Серебрянной медалью XVI Российской агропромышленной выставки Золотая осень «За разработку агротехнологий сохранения и повышения плодородия почв» (2014 г.); Золотой медалью «За достижение высоких показателей проведения мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» (2015 г.). Дипломом и Золотой медалью Международной агропромышленной выставки «Агрорусь-2019» поощрён проект «Разработка научных основ сохранения и повышения плодородия чернозёмов в специализированных севооборотах при разных способах обработки почвы и удобрённости в юго-западной части Центрально-Чернозёмной зоны».

С 2022 года в лаборатории плодородия почв и мониторинга велась научная работа по тематическому плану НИР по теме «Изучить на основе использования математических методов планирования эксперимента влияние антропогенного воздействия на хозяйственно значимые показатели плодородия почв и фитосанитарное состояние агроценоза, разработать ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии с использованием пестицидов для возделывания сельскохозяйственных культур в севооборотах с различным уровнем насыщения пропашными культурами». По результатам данной работы сформирована База данных «Полигонный мониторинг чернозёма типичного с возможностью прогноза урожайности сельскохозяйственных культур». И в 2024 году получено Свидетельство о государственной регистрации Базы данных №2024623427 от 6 августа 2024 г.



*Коллектив лаборатории плодородия почв и мониторинга*

Лаборатория плодородия почв и мониторинга является структурным подразделением отдела земледелия, руководителем которого является директор Белгородского ФАНЦ РАН, академик РАН Сергей Иванович Тютюнов. Исполняет обязанности заведующего лабораторией Навольнева Е.В., научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук. Коллектив лаборатории состоит из 9 человек: Азаров А.В., младший научный сотрудник, кандидат с.-х. н.; Володин Д.В., младший научный сотрудник; Дорохин К.В. младший научный сотрудник; Каторгин Д.И. младший научный сотрудник; Логвинов И.В. младший научный сотрудник; Пойменов А.С. младший научный сотрудник; Шестопалов Г.И., младший научный сотрудник; Ванюшина О.А., гидрометеонаблюдатель; Захарова В.В., агроном.

### **3.2. Лаборатория защиты растений. Разработка технологий комплексного применения удобрений и средств защиты растений при возделывании сельскохозяйственных культур в зернопаропропашном севообороте**

Центрально-Черноземная зона характеризуется достаточно благоприятными почвенно-климатическими условиями для интенсивного ведения сельскохозяйственного производства. Однако, для максимальной реализации имеющегося агропотенциала, необходимо обеспечивать стабильное функционирование современного эколого-ландшафтного земледелия путем внедрения научно обоснованных, адаптированных к местным условиям, зональных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В таких технологиях важную роль имеют все факторы, участвующие в формировании урожайности, которые необходимо учитывать (погода, почва, уровень химизации, сорта, техническое обеспечение). Складывающаяся на полях фитосанитарная обстановка требует в дальнейшем перехода от прямой борьбы с сорняками, вредителями и болезнями к организации интегрированного избавления от вредных объектов в системе.

Удобрения и другие средства химизации, применяемые совместно при одновременном, или последовательном внесении, вступают в процесс сложных взаимоотношений, в результате чего их эффективность может значительно изменяться.

Средние потери растениеводства от вредителей болезней и сорняков могут достигать свыше 30% потенциального урожая [64,65]. Для устранения влияния этих негативных явлений рекомендовано применение пестицидов. Однако теоретические основы, а также методология комплексного использования средств химизации и способов обработки почвы в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур изучены еще недостаточно. Обеспечить стабильное функционирование современного эколого-ландшафтного земледелия можно путем внедрения научно-обоснованных, приспособленных к местным условиям, зональных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В данных технологиях важное значение приобретают не только способ обработки почвы и уровень применения удобрений, но и рациональное внесение средств защиты растений от сорняков, вредителей и болезней. Мировой опыт земледелия свидетельствует о том, что устойчивое производство зерна, сахарной свеклы и других культур возможно лишь при условии комплексного учета всех факторов, определяющих рост, развитие и формирование урожая и его качества. Складывающаяся на полях фитосанитарная обстановка требует в дальнейшем перехода от прямой борьбы с сорняками, вредителями и болезнями к организации интегрированной борьбы с вредными объектами в системе защиты растений [66-77].

Научные исследования, проведенные в различных почвенно-климатических зонах, показывают, что наилучший результат достигается, когда в едином комплексе используют наиболее рациональные для конкретных условий агротехнические приемы совместно с общей химизацией, внедрением высокоэффективных сортов, хорошей организацией труда и другими факторами.

Объективные особенности зернового хозяйства России состоят в том, что не менее 70% пашни расположено в зоне рискованного земледелия, а около 90% общего производства сельскохозяйственных культур обеспечивается в полузасушливых зонах за счет пшеницы, ячменя, ржи, сорго и проса. Это во многом предопределяет высокую климатозависимость отечественного зернового хозяйства, в том числе межгодовую и региональную вариабельность производства зерна. Агроклиматический потенциал сельскохозяйственных угодий определяется не только и даже не столько естественным, сколько эффективным плодородием. Следовательно, первостепенную роль в развитии зернового хозяйства России должен играть уровень агрикультуры, включающий широкое применение минеральных удобрений, мелиорантов, пестицидов, современной техники и пр. Без этого обеспечить рост величины и качества урожая невозможно [78].

Повышение урожаев и снижение энергозатрат – важнейшая проблема современного земледелия. Анализ развития сельскохозяйственного производства показывает, что за последние годы снизились объемы применения органических и минеральных удобрений, недостаточно используются средства защиты растений. Это явилось следствием того, что урожайность падает, а качество продукции остается низким. Вместе с тем средства химизации, применяемые в земледелии, не всегда используются с наибольшей отдачей, часто без учета конкретных почвенно-климатических условий, степени засоренности полей, наличия вредителей, болезней, хозяйственно-биологических особенностей сортов и гибридов и других факторов.

Основой защиты сельскохозяйственных растений является объективная оценка фитосанитарного состояния посевов для определения целесообразности агротехнических мероприятий или химических обработок. В соответствии с возрастающими требованиями к защите растений возникает необходимость повышения уровня оценки вредной деятельности вредителей, фитопатогенов и сорняков, т.е. требуется разработка комплексной оценки их вредоносности, которая не равна простой сумме потерь от каждого из объектов, когда они вредят отдельно друг от друга.

В защите урожая от вредных объектов существенную роль играет уровень агротехники и обеспеченность растений элементами минерального питания. Известно, что в условиях высокого плодородия почв или применения возрастающих доз удобрений увеличивается масса отзывчивых на удобрения наиболее вредоносных сорных растений, повышается пора-

жаемость культурных растений вредителями и болезнями, увеличивается склонность растений к полеганию.

Разработка научно обоснованного применения средств химизации в зависимости от способа основной обработки почвы, новых сортов и гибридов может служить основой для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции.

При этом появляется необходимость в применении обоснованных доз удобрений. Для эффективного их использования растениями необходимо обеспечивать высокое фитосанитарное состояние посевов, за счет широкого использования средств защиты растений.

Создание современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур невозможно без комплексной оценки различных факторов, участвующих в формировании урожая культуры. В связи с этим, в ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» (на тот момент филиал «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова») в 1987 году был заложен многолетний стационарный полевой опыт по изучению комплексного влияния способов основной обработки почвы и средств химизации в различных соотношениях и объемах на плодородие почвы, урожай и качество получаемой продукции в зернопаропропашном севообороте – типичном для зоны и области. В 1996 году, в связи с возросшей актуальностью направления по изучению закономерностей поведения средств защиты растений, при комплексном их применении с удобрениями в условиях различной агротехники, была организована лаборатория защиты растений.

Научные исследования лаборатории защиты растений базируются на научном заделе и направлены на реализацию направлений, изучение которых было начато ранее в отделе минеральных удобрений и отделе комплексного применения средств химизации.

Была поставлена задача – изучить проблему повышения продуктивности севооборота за счет оптимизации факторов, влияющих на урожай и его качество (севооборот, обработка почвы, сорта, удобрения, средства защиты, технологии и др.). Это дает возможность планировать продуктивность севооборота, обеспечивает высокую экономическую эффективность и надежную охрану окружающей среды.

Исследования были направлены на изучение следующих вопросов:

1. Изучить влияние средств химизации в зависимости от способов основной обработки почвы на урожай и качество озимой пшеницы, сахарной свеклы, ячменя и кукурузы на зерно.

2. Определить количество, видовой состав сорных растений и их массу в посевах, а также потенциальную засоренность в почве (исходное на 1 поле севооборота).

3. Определить динамику численности и степень поражения растений вредителями.

4. Определить динамику и степень поражения растений болезнями.  
5. Изучить динамику влажности и подвижных элементов питания в зависимости от применяемых средств химизации и способов обработки почвы.

6. Изучить химический состав культурных и сорных растений в динамике и вынос ими питательных веществ.

7. Изучить содержание в основной и побочной продукции культур остаточное количество пестицидов, нитратов и других токсических веществ, а также содержание остаточных количеств пестицидов в почве.

8. Дать экономическую, энергетическую и экологическую оценку применения средств химизации.

Многофакторный полевой опыт заложен по методу расщепленных деленок, включающих две градации фактора А (основная обработка почвы), шесть вариантов внесения удобрений, фактор В (удобрения) и три градации фактора С (защита растений).

Фактор А – основная обработка почвы:

1. С оборотом пласта на глубину 20-22см плугом ПН-4-35 под озимую пшеницу и ячмень, 25-27см под кукурузу и 30-32см под сахарную свеклу.

2. Основная обработка почвы путем рыхления ее на ту же глубину при помощи плуга типа «Параплау».

Фактор В (удобрения):

1. Контроль (без удобрений).

2. Навоз – 40 т/га (под озимую пшеницу).

3. Навоз +  $N_1P_1K_1$  – разовое внесение азота.

4. Навоз +  $N_2P_2K_2$  – разовое внесение азота.

5. Навоз +  $N_1P_1K_1$  – при дробном внесении азота.

6. Навоз +  $N_2P_2K_2$  – при дробном внесении азота.

Фактор С – (системы защиты растений):

$C_1$  – агротехническая система защиты, где к агротехническим приемам добавлялось только протравливание семян.

$C_2$  – система защиты растений с использованием пестицидов по результатам оценки фитосанитарного состояния посевов, прогноза появления вредных организмов и с учетом экономических порогов вредоносности.

$C_3$  – система защиты, когда пестициды применяют в начале появления вредных организмов или же для предотвращения возможного повреждения культурных растений вредителями и болезнями.

Варианты по защите растений накладывались на различные уровни минерального питания, обеспечивающие получение различной величины урожая (табл. 6,7).

План размещения одного из трех повторений многофакторного полевого опыта представлен на рисунке 4).

*Таблица 6. Изучаемые системы удобрений в стационарном полевом опыте лаборатории защиты растений ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»*  
*«Эффективность комплексного применения средств химизации в севообороте»*

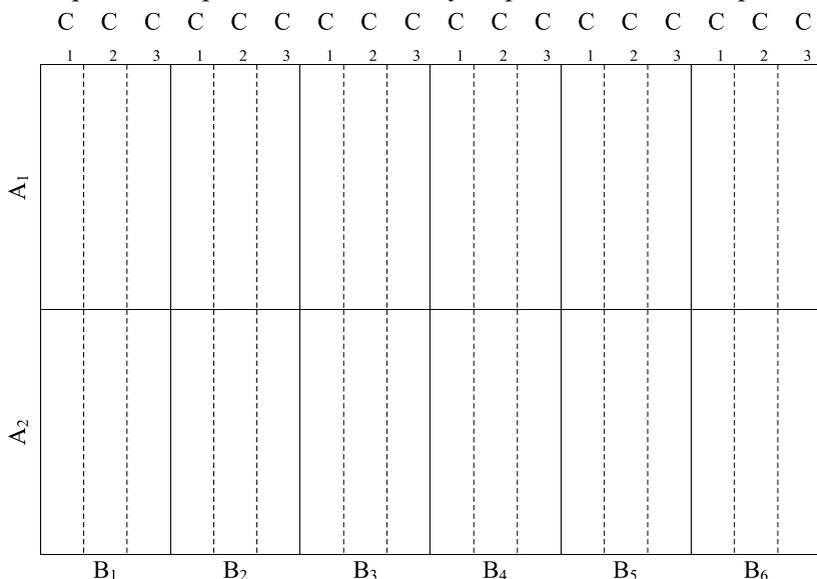
Системы удобрений					
1	2	3	4	5	6
Культуры севооборота					
Чистый пар (без удобрений)	Навоз * 40 т/га	Навоз * 40 т/га	Навоз * 40 т/га	Навоз * 40 т/га	Навоз * 40 т/га
Озимая пшеница	прямое действие навоза	Навоз + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> до посева	Навоз + N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub> до посева	Навоз + P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> до посева + N <sub>60</sub> весной	Навоз + N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub> до посева, N <sub>30</sub> весной, N <sub>30</sub> – колосшение.
Сахарная свёкла	последствие	N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> под основную обработку почвы	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> под основную обработку почвы	N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> под основную обработку почвы, N <sub>60</sub> весной	N <sub>120</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> под основную обработку почвы, N <sub>60</sub> - весной
Ячмень	последствие	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> под основную обработку почвы	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> под основную обработку почвы	P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> под основную обработку почвы, N <sub>45</sub> весной	N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> под основную обработку почвы, N <sub>45</sub> - весной
Кукуруза на зерно	последствие	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> под основную обработку почвы	N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> под основную обработку почвы	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> под основную обработку почвы, N <sub>60</sub> весной	N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> под основную обработку почвы, N <sub>60</sub> - весной

Примечание: \* - Фон для минеральных систем удобрений

**Таблица 7. Изучение системы защиты растений в стационарном полевом опыте лаборатории защиты растений ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»  
«Эффективность комплексного применения средств химизации в севообороте»**

Озимая пшеница			Сахарная свекла			Ячмень			Кукуруза на зерно		
C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Протравливание семян (фон)	Фон + гербицид + фунгицид	То же, что C <sub>2</sub> + фунгицид, инсектицид, регуляторы роста	Протравливание семян (фон)	Фон + почвенный гербицид	То же, что C <sub>2</sub> + гербициды по вегетации	Протравливание семян (фон)	Фон + гербицид	То же, что C <sub>2</sub> + фунгицид + инсектицид	Протравливание семян (фон)	Фон + почвенный гербицид	То же, что C <sub>2</sub> + гербициды по вегетации

Факторы: А – обработка почвы, В – удобрения, С – защита растений



**Рисунок 4. План размещения одного из трех повторений многофакторного полевого опыта по изучению технологий защиты растений.**

Внесение органических удобрений, химических средств защиты растений, регуляторов роста, осуществлялось с использованием имеющейся техники, для ее прохода предусматривалась технологическая колея, а также защитные полосы, для поворота машин.

Таким образом, для каждой из культур севооборота (озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на зерно) изучали 36 технологий, основными элементами которых являются два способа основной обработки почвы, шесть систем удобрений и три системы защиты растений. Возглавлял данную работу Николай Михайлович Доманов.

13 апреля 1995 г. в ВИУА им. Д.Н. Прянишникова защитил докторскую диссертацию на тему: «Разработка и оптимизация систем комплексного применения средств химизации под озимую пшеницу в Центрально-черноземной зоне России» по специальности 06.01.04. – агрохимия.

На базе многолетнего стационарного полевого опыта лаборатории защиты растений защищены 3 докторских и 10 кандидатских диссертаций. Научные разработки публикуются в рекомендациях, монографиях, нормативно-справочных изданиях, периодической печати. Всего опубликовано более 400 научных работ.



Большой вклад в научно-исследовательскую работу лаборатории защиты растений и ее предшественников, отдела минеральных удобрений и отдела комплексного применения средств химизации, внесли:

– доктора сельскохозяйственных наук: Н.М. Доманов, С.И. Тютюнов, Н.К. Шаповалов;

– кандидаты биологических наук: И.Н. Соловей, В.П. Цюпка, Ю.В. Хорошилова;

– кандидаты сельскохозяйственных наук: Л.П. Рындыч, Н.Р. Никулин, Н.К. Долженко, С.Н. Селихов, М.В. Черкашин, С.К. Мазепин, М.Н. Доманов, К.Б. Ибадуллаев, В.Л. Ишков, В.В. Навальнев, П.И. Солнцев.

На протяжении многих лет сотрудники лаборатории защиты растений работали над совместными программами с МГУ (академик – В.Г. Минеев), с Всероссийским институтом агрохимии (академики – В.Ф. Ладонин и Д.А. Кореньков, профессора – Н.К. Болдарев, М.Т. Ниловская и А.Н. Павлов), с Всероссийским научно-исследовательским институтом защиты растений (академик – М.М. Левитин, кандидат биологических наук – Т.И. Ишкова), с Всероссийским научно-исследовательским институтом фитопатологии (кандидат биологических наук Л.Н. Назарова).

В настоящее время коллектив лаборатории защиты растений продолжает работу по комплексной оценке влияния способов основной обработки почвы, удобрений, современных средств защиты растений и ростовых веществ на плодородие почвы и продуктивность культур зернопаропропашного севооборота.

Работа по комплексной оценке влияния способов основной обработки почвы, удобрений, современных средств защиты растений, агрохимикатов и ростовых веществ на плодородие почвы и продуктивность культур зернопаропропашного севооборота в стационарном полевом опыте лаборатории защиты растений ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» продолжается и в настоящее время.

## **Оценка технологий применения различных систем удобрений, средств защиты растений и способов основной обработки почвы при возделывании озимой пшеницы, сахарной свеклы, ячменя, кукурузы на зерно**

Сельскохозяйственный опыт России и многих развитых стран мира свидетельствует о том, что один из главных факторов увеличения урожайности – крупномасштабное комплексное применение удобрений и средств защиты растений на фоне высокой культуры земледелия. Лишь на основе все возрастающего применения удобрений, пестицидов, регуляторов роста растений многие страны Западной и Центральной Европы, США, Японии добились в последние 2-3 десятилетия резкого увеличения урожайности сельскохозяйственных культур – до 55-60 ц/га и более. При этом достигнута значительная устойчивость производства зерна, не зависящая от складывающихся условий погоды [79].

По данным Краснощекова Н.В. зерновое хозяйство конкретной зоны можно рассматривать как систему, эффективность функционирования которой определяется ресурсами, характеризующимися условиями климата, почв зоны, области, края [80]. По мнению Н.З. Милащенко, чтобы получить максимальную окупаемость средств интенсификации (не менее 7 кг зерна на 1кг NPK в комплексе с пестицидами и другими ресурсами) необходимо применять их только на лучших агротехнических фонах, там где есть большие запасы воды (или возможно орошение), меньше сорняков, лучшее фитосанитарное состояние почвы [81, 82].

Высокоэффективным является применение гербицидов с удобрениями и другими средствами защиты растений [83-90].

Как известно, химические вещества, применяемые совместно, вступают в сложные процессы взаимодействия, от которых зависит не только величина урожая, его качество, но и требуется разработка выделенных приемов по защите окружающей среды от возможного вредного воздействия химических средств. По данным Ладонина В.Ф., в настоящее время разработаны основные параметры высокоэффективного применения химических мелиорантов, удобрений, гербицидов, фунгицидов, инсектицидов, регуляторов роста растений в зональных системах земледелия [91]. В основном сформирован ассортимент агрохимикатов, установлены дозы и нормы их внесения, сроки и способы использования. Однако, следует подчеркнуть, что все эти разработки проводились по отдельным группам веществ (отдельно по удобрениям, отдельно по пестицидам и т.д.) и эффективность действия, например, удобрений устанавливалась вне связи с условиями питания растений. Сейчас, очевидно, что поднять и стабилизировать урожайность с помощью одного какого-либо приема невозможно. На урожайность сельскохозяйственных культур действует ряд факторов:

агротехника, система севооборотов, удобрения, организация сельскохозяйственного производства и т.д.

На этом фоне особую актуальность приобрело направление по разработке и оценке технологий возделывания озимой пшеницы, сахарной свеклы, ячменя, кукурузы на зерно, в которых комплексно используются различные системы удобрений, защиты растений при различных способах обработки почвы. В 1988-2001 годах в стационарном полевом опыте лаборатории защиты растений ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» углубленные исследования по этим вопросам. Работа в данном направлении продолжается и в настоящее время.

Одна из задач земледелия состоит в том, чтобы за счет применяемых агроприемов продуктивно использовать влагу, снижая при этом непроизводительные ее потери. Белгородская область расположена в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения, поэтому оптимальное содержание доступной влаги в почве в различные периоды роста, особенно критические, имеет большое значение для получения хорошего урожая.

Исследования на базе стационарного полевого опыта лаборатории защиты растений ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» по динамике водного режима почвы и ее агрофизических свойств, питательному режиму почвы и фитосанитарного состояния посевов, показывают, что черный пар независимо от способа основной обработки позволяет накопить к посеву озимой пшеницы достаточное количество продуктивной влаги. На динамику водного режима под посевами изучаемой культуры способ основной обработки почвы не оказывал значительного влияния. Применение удобрений способствует интенсивному развитию растений, в результате чего в фазу трубкувания (в наиболее требовательный к влаге период) запасы продуктивной влаги достоверно снижаются по отношению к делянкам без удобрений.

За счет оптимизации энергетических факторов в среднем за 11 лет исследований было получено 4,8-5,1 т/га озимой пшеницы с содержанием клейковины 25-27%, 41,0-43,0 т/га корнеплодов сахарной свеклы, 4,4-4,5 т/га ячменя и 5,7-6,0 т/га зерна кукурузы. При этом в шестидесяти процентах лет исследований урожайность указанных культур достигла соответственно 6,0-6,5 т/га, 45,0-48,0 т/га, 4,0-4,5 и 6,5-7,0 т/га, а 25% соответственно 6,5-7,0, 50,0-51,0, 4,5-5,0, 7,5-8,0 т/га.

Наилучшие результаты по продуктивности культур севооборота были достигнуты в том случае, когда дозы удобрений определялись с учетом почвенного плодородия на запланированный урожай, а средства защиты по экономическим порогам вредности появления сорняков, болезней и вредителей. Из 36 технологий комплексного применения средств химизации, изучаемых для каждой культуры, лучшие показатели были получены при

внесении под озимую пшеницу  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , сахарную свеклу  $N_{180}P_{180}K_{180}$ , ячмень  $N_{90}P_{90}K_{90}$  и кукурузу на зерно –  $N_{120}P_{120}K_{120}$ .

Лучшими способами основной обработки почвы под сахарную свеклу являются комбинированная обработка (лушение дисковое + лемешное на 12-14 см или вместо лушения лемешного – вспашка на 20 см в агрегате с катком + плоскорезная обработка на 30 см) и двухъярусная вспашка (лушение дисковое в 2 следа + двухъярусная вспашка на 30 см, по схеме 15x15). Их применение на безгербицидном фоне снижает засоренность посевов свеклы в 1,3-1,6 раза и затраты труда на уходе – на 25,7-26,0% по сравнению с улучшенной зябью.

На полях засоренных преимущественно малолетними сорняками, основную обработку под сахарную свеклу следует проводить комбинированным способом.

На полях со смешанным типом засоренности (малолетние и многолетние сорняки) наиболее целесообразным является двухъярусная вспашка на 30 см по схеме 15x15 см через 2-3 недели после двукратного дискового перекрестного лушения.

Комбинированный способ основной обработки почвы показал некоторое преимущество в формировании корнеплодов сахарной свеклы по сравнению с традиционными способами зяблевой обработки (улучшенная зябь, полупаровая). Достоверной была прибавка урожая в годы с недостаточным количеством осадков (2,3 т/га по сравнению с улучшенной зябью). Комбинированные обработки повышали сахаристость корнеплодов на 0,4-0,5%, улучшали их технологические качества: снижали содержание золы, потери сахара на заводе на 0,4-0,5 т/га по сравнению с улучшенной зябью. Комбинированная обработка является энергосберегающим способом основной обработки почвы и ее экономически выгодно применять для уменьшения затрат средств труда и времени.

Наиболее эффективное подавление сорняков в условиях лесостепи ЦЧЗ обеспечивается комплексным применением рекомендуемых почвенных гербицидов (эптам, витокс, снижающих засоренность посевов на 76-86%) в сочетании с послевсходовыми (группы бетанала, лонтрела снижающих засоренность до 92-95%). Это давало возможность возделывать сахарную свеклу с минимальными затратами ручного труда.

Улучшение фитосанитарного состояния посевов под действием гербицидов обеспечивало повышение урожайности корнеплодов. Прирост урожая только за счет внесения почвенных гербицидов в среднем за годы исследований составил 1,6 т с 1 гектара, а в комплексе с удобрениями до 2,2-2,5 т с 1 га. Совместное применение почвенных и повсходовых гербицидов по вегетации увеличивало сбор корнеплодов до 3,9-4,3 т/га.

Важнейшими средствами повышения урожайности сахарной свеклы являются навоз и минеральные удобрения, доля участия которых в формировании урожая составляет 38-39%.

Для получения максимальной продуктивности следует применять удобрения в комплексе со средствами защиты растений. Доза минеральных удобрений должна составлять 120-180 кг/га. В условиях высокой засоренности следует применять почвенные гербициды по вегетации. В этом случае доля участия в формировании урожая за счет средств химизации возрастает до 50 и выше процентов, а урожайность составляет 40,0-41,5 т/га, а в отдельные годы 50,0-52,0 т/га.

Лучшее накопление, сохранение и использование влаги выпадающих осадков на сахарной свекле наблюдалось на вариантах с комбинированной обработкой. Перед посевом свеклы в слое почвы 0-150 см содержалось на 6-13 мм доступной влаги больше, чем на улучшенной зяби. Снижился расход влаги на получение 1 т корнеплодов, коэффициент водопотребления составил 88,8-90,6 м<sup>3</sup>/т, что на 7,9-9,7 м<sup>3</sup>/т меньше, чем на контроле.

Самым высоким содержание агрономически ценных структурных отдельных слоев и водопрочных агрегатов на сахарной свекле характеризовался пахотный слой при комбинированной обработке и ярусной вспашке, наименьшим – с ранней зябью и полупаровой обработкой почвы. На делянках с комбинированной обработкой и ярусной вспашкой плотность его сложения за период вегетации не выходит за пределы оптимальных величин и колеблется в интервале от 1,01 до 1,17 г/см<sup>3</sup>, в то же время на фоне ранней зяби, полупаровой и безплужно-послойной обработках уплотняется быстрее и сильнее, достигая в отдельные годы к уборке 1,32-1,35 г/см<sup>3</sup>.

Замена вспашки на безотвальную обработку приводит к снижению продуктивности (на 8-10%) сахарной свеклы в засушливые годы на фонах слабой удобрённости. При внесении НРК по 120-180 кг на 1 га разницы в урожайности между способами обработки почвы не наблюдалось.

Между способами основной обработки почвы под озимую пшеницу не отмечалось существенных различий по запасам почвенной влаги.

Применение удобрений позволяет более рационально использовать влагу. На контроле 1 т зерна общие расходы по вспашке и безотвальной обработке составил 1849-1916 м<sup>3</sup>, на удобрённых делянках данный показатель снижался до 1337-1363 м<sup>3</sup>, экономия влаги составляла 28-30%.

Плотность почвы также не изменялась под влиянием способа основной обработки почвы и удобрений на протяжении вегетации. В слое 0-10 см она равнялась 1,09-1,14 г/см<sup>3</sup>. Наиболее уплотненными были слои почвы 10-20 и 20-30 см (1,24-1,30 г/см<sup>3</sup>) независимо от вариантов опыта.

Питательный режим почвы, складывающийся под посевами озимой пшеницы и сахарной свеклы, определялся уровнем удобрённости и практически

не отличался по способам основной обработки почвы и средства защиты растений. На участках без удобрений в период сева озимой пшеницы в слое почвы 0-10 см по вспашке и безотвальной обработке содержалось 9,1-9,2 мг/кг нитратного азота, 5,1-5,0 мг/100 г подвижного фосфора и 11,5-12,2 мг/100 г обменного калия. Применение удобрений повышало обеспеченность почвы нитратным азотом на 6,6% по навозу – 109,9%, по навозу +  $\text{N}_{120}\text{K}_{90}$ , подвижным фосфором – соответственно на 7,8-211,8% и обменным калием – на 11,3-60,0%. Из элементов питания наибольшее количество в течение вегетации растения потребляли нитратного азота, а динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия довольно стабильна. К уборке озимой пшеницы содержание нитратного азота снижалось на 62,6-69,1% к исходному содержанию в период посева, подвижного фосфора – на 2,0-10,1% и обменного калия – на 9,1-13,6%. На сахарной свекле в начале вегетации более благоприятными был питательный режим на делянках с улучшенной зябью, двухъярусной вспашкой, а также с комбинированной обработкой. В период полных всходов нитрификационная способность почвы на фоне двухъярусной вспашки была 5,14 мг, на вариантах с комбинированной обработкой – 5,05 мг на 100 г почвы, что соответственно на 9,1% больше чем на улучшенной. В период вегетации нитрификационная способность на всех вариантах обработки уменьшалась, но и здесь отмечалось преимущество ярусной вспашки.

По безотвальной обработке почвы отмечается четкая тенденция к увеличению численности и массы сорных растений. На удобренных фонах посевы озимой пшеницы более конкурентоспособны по отношению к сорнякам. Нарастание их массы к уборке происходило на 31,2-59,0% меньше, чем на контроле. При помощи гербицидов засоренность уменьшалась на 86,8-97,9%. Аналогичная тенденция наблюдалась в посевах сахарной свеклы, ячменя и кукурузы на зерно.

Вынос азота, фосфора и калия сорной растительности на делянках без внесения гербицидов составляет 25,8-43,9 кг/га, что эквивалентно получению 0,4-0,7 т зерна. Однократное применение гербицида снижает данный показатель на 66,1-97,4%.

Увеличение содержания клейковины в зерне происходит в основном за счет применения удобрений. В среднем за 6 лет на вариантах без удобрений в зерне содержалось 23,3-23,8% клейковины, по навозу 24,5-24,9%, навозу +  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  – 27,0-27,2%, по навозу +  $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{90}$  – 29,8-30,4%, а по аналогичному варианту, но с дробным внесением азота – 31,0-31,2%. Средства защиты и способ основной обработки почвы на указанный показатель заметного воздействия не оказывают.

На сахарной свекле, наоборот, высокие дозы азота ( $\text{N}_{180}$ ) снижали сахаристость на 1,5-2,0%, но за счет более высокого урожая сбор сахара на таких вариантах увеличивался.

Наилучшие показатели по выходу сахара на заводе полученные при внесении 40 т/га навоза и всей дозы минеральных удобрений под основную обработку почвы. Перенесение части азота в подкормку, не приводило к повышению урожайности, но снижало выход заводского сахара от 1,2 до 3,1 ц/га. Расчетный выход сахара при внесении  $N_{120}P_{120}K_{120}$  и  $N_{180}P_{180}K_{180}$  составил 5,45-6,01 т/га.

Использование средств защиты растений способствует более продуктивному потреблению удобрений растениями, что обеспечивает дополнительный рост урожайности. Применение на основе диагностических критериев фунгицида тилта (0,5 л/га), гербицида диалена (2,0 л/га) позволило поднять урожайность озимой пшеницы в зависимости от способа основной обработки почвы на варианте без удобрений на 0,6-0,7 т/га, по навозу на 0,7-0,8 т/га, а при совместном применении навоза и минеральных удобрений на 0,7-1,0 и 0,8-0,9 т/га. Общие прибавки урожая при этом на лучшем варианте по изучению технологий (навоз 40 т/га +  $N_{120}$  (дробно)  $P_{120}K_{90}$ ) составили 3,0-3,1 т/га, а уровень урожайности возрос до 6,5-6,6 т/га. В наиболее урожайном году (1993) эти показатели, соответственно, составили 5,3-5,7 т/га и 8,9-9,2 т/га. Урожайность сахарной свеклы возросла на 21,5 т/га, ячменя и кукурузы на зерно соответственно на 1,9-2,1 т/га.

Систематическое внесение удобрений в зернопаропропашном севообороте увеличивало продуктивность всех культур за счет улучшения агрохимических показателей почвы. С увеличением доз удобрений коэффициенты использования элементов питания, как правило – снижаются.

Внесение минеральных удобрений и пестицидов способствовало изменению некоторых агрохимических свойств типичного чернозема: повышается содержание минерального азота в почве, повышается гидролитическая кислотность почвы на 0,2 мг/экв. от применения удобрений и на 0,4-0,5 мг/экв. от их комплексного применения, снижается сумма поглощенных оснований до 30,1 мг/экв. на 100 г почвы.

За счет почвенного плодородия в целом за севооборот было получено в среднем за 1991-1999 гг. 2,71 т/га зерновых единиц. Применение средств защиты увеличило его продуктивность на 0,31-0,04 т/га или 11,4-14,8%.

Комплексное применение средств защиты растений способствует значительному росту продуктивности севооборота, которая возрастает в 1,7-2,0 раза по сравнению с контролем и составляет 4,7-5,3 т/га зерновых единиц, при этом окупаемость 1 кг НРК урожаем культур севооборота колеблется в пределах от 5,0-11,3 кг.

Применяемые принципы системного подхода позволяют установить степень взаимосвязи урожайности и качества сельскохозяйственной продукции с дозами удобрений, степенью химической защиты, погодными условиями и рассчитать доли каждого из этих факторов в достижении по-

лезного результата. Их использование дает возможность контролировать процесс возделывания сельхозкультур и активно влиять на формирование их урожая и качества.

Разработка и использование математических моделей позволяет с учетом данных краткосрочного прогноза погоды на начальных этапах вегетации растений производить корректировку внесения удобрений (подкормки) для более эффективного их использования.

Проведение микробиологических исследований показало, что применение пестицидов приводило к снижению численности групп микроорганизмов, усваивающих как органический, так и минеральный азот. Большее же влияние они оказали на сдвиг в сообществе микроорганизмов. Увеличилось процентное содержание спорных бактерий, актиномицетов, грибов, что может оказать негативное влияние на свойство почвы и получаемую продукцию.

Применение оптимальных доз удобрений и средств защиты растений не приводило к образованию высоких концентраций канцерогенных нитрозаминов.

Остаточных количеств диалена, метафоса и фундазола в почве и продукции обнаружено не было. Тур, тилт, ленацил были замечены в отдельные годы в незначительных количествах, далеко стоящих за пределами предельно допустимых концентраций.

Экономический анализ эффективности применения удобрений и средств защиты растений показал, что при внесении в среднем за севооборот 8 т/га навоза и оптимальных доз минеральных удобрений для каждой культуры от 135 до 540 кг действующего вещества и применением средств защиты растений по экономическим порогам вредности достигает 4,5-5 т/га.

Энергетический анализ показал, что удобрения более рационально используются при совместном применении со средствами защиты растений и являются наиболее важными факторами увеличения производства сельскохозяйственной продукции, обеспечивая устойчивый рост урожайности, улучшения его качества в зернопаропропашном севообороте. Коэффициент окупаемости энергозатрат за годы исследований всех культур в максимальном варианте составил 3,95-4,37 МДж, по прогнозу 3,09-4,38 МДж.

## Перспективы развития исследований

Сегодня коллектив лаборатории защиты растений ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» составляет 7 человек, в том числе 5 научных сотрудников, из них 2 кандидата наук и 2 техника. Возглавляет работу лаборатории Солнцев Павел Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук.

Исследования лаборатории базируются на многолетних данных стационарного полевого опыта, развиваются с учетом современных требований по применению интегрированной системы защиты растений, снижению пестицидной нагрузки, применению биологических средств защиты растений и направлены на совершенствование агротехнологий за счет экономически и экологически обоснованного применения удобрений, новых средств защиты растений, инновационных агрохимикатов и стимуляторов роста.

Эффективность изучаемых приемов оценивается в зависимости от способов основной обработки почвы, новых сортов и гибридов, погодных условий, и служит научной основой, способствующей получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции для обеспечения продовольственной безопасности нашей страны.



*Коллектив лаборатории защиты растений*

### **3.3. Разработка теоретических основ и принципов формирования элементов адаптивно-ландшафтного земледелия в исследованиях, выполненных в лаборатории адаптивного растениеводства и агроэкологии**

Зональные системы земледелия во второй половине 20 века были разработаны для всех регионов России. Они разделялись на уровне зональных природно-сельскохозяйственных провинций. Опыт освоения этих систем к середине 80-х годов показал необходимость более глубокой их дифференциации применительно к различным агроэкологическим условиям. Принятие новой парадигмы природопользования на конференции ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 году в глобальном масштабе совпало с решением сессии Россельхозакадемии, определившим курс на развитие докучаевских идей в землепользовании и земледелии с учетом типов местности и их углубленной идентификации. Возросло значение ландшафтного подхода к разработке систем земледелия. основополагающей, становится задача, формирования адаптивно-ландшафтного земледелия, тесно увязанного с ландшафтной экологией в конкретных почвенно-климатических условиях.

Адаптивно-ландшафтное земледелие – форма деятельности, при которой на основе экологических законов максимально учитываются особенности природных и антропогенных ландшафтов, требовательность сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, где оптимально реализуется их ресурсный потенциал.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия представляет собой сложный комплекс экологически безопасных технологий производства растениеводческой продукции и воспроизводства плодородия почвы, обеспечивающих агрономическую и экономическую эффективность использования агроландшафта конкретного землепользования.

Огромный вклад в разработку теоретических и практических идей в развитие адаптивно-ландшафтного земледелия внесли Арманд Д.Л., Каштанов А.Н., Швец Г.И., Щербаков А.П., Лопырев М.И., Кирюшин В.И., Котлярова О.Г., Володин В.М., Черкасов Г.Н.

Для разработки современной концепции экологизации и биологизации земледелия требуются новые знания и практический опыт. Изменение парадигмы природопользования от антропоцентрической к природоохранной предлагает разработку мероприятий по соблюдению требований рационального природопользования, адаптации системы земледелия к природно-экологическим условиям, учета средообразующего потенциала агрофитоценоза. Это выражается в том, что возделываемые сельскохозяйственные культуры должны быть приспособлены к местным природно-климатическим ресурсам. Разработка теоретических основ формирования экологически сбалансированных агроландшафтов – центральная

проблема в адаптивно-ландшафтном земледелии. Основой сбалансированности агроландшафтов является дифференцированное использование земельных ресурсов с учетом почвенно-ландшафтных факторов.

Для решения актуальных вопросов адаптивно-ландшафтного земледелия, в Белгородском НИИ сельского хозяйства 1 августа 2001 года была создана лаборатория адаптивного растениеводства.



Руководителем лаборатории была назначена **Смирнова Лидия Григорьевна**, доктор биологических наук, профессор.

Сфера научных интересов – почвоведение, агрохимия, экология. Разрабатываемые научные направления – проектирование базовых элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия, разработка эколого-ландшафтных принципов воспроизводства плодородия почв в эрозионных агроландшафтах, разработка системы оценок современных трендов развития почвенных процессов в антропогенно преобразованных почвах.

Профессор Смирнова Л.Г. читает курс лекций по дисциплинам: «Землеустройство», «Внутрихозяйственное землеустройство», «Ландшафтное земледелие», «Проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия» на кафедре природопользования и земельного кадастра в НИУ «БелГУ». Под её научным руководством защищены четыре кандидатских диссертации.

В разные годы в лаборатории трудились и работают: Погодаева Наталья Геннадьевна, Скрипник Татьяна Борисовна, Фисенко Зоя Анатольевна, Малахова Юлия Ивановна, Кувшинова Анастасия Анатольевна, Украинский Павел Александрович, Михайленко Ирина Ивановна, Тычинин Денис Сергеевич, Ткаченко Алексей Владимирович, Смирнов Григорий Валерьевич, Евдокименкова Марина Ивановна.

В основе научных исследований лаборатории лежит сочетание классических методов с новыми возможностями естественных дисциплин, которые изучают современное состояние окружающей среды и определяют влияние экологических факторов на продуктивность агроценозов

В рамках задач, поставленных Российской академией наук, в лаборатории проводятся исследования, направленные на разработку фундаментальных основ создания адаптивно-ландшафтных систем земледелия разного территориального уровня, выявление особенностей адаптации растений к условиям внешней среды. Важным направлением работы является поиск критериев и индикаторов естественной и антропогенной трансформации

почв в Центрально-Черноземной зоне в целях сохранения и рационального использования почвенного плодородия и производства качественной растениеводческой продукции в условиях техногенеза и изменения климата.

Научные исследования по формированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия для эрозийных агроландшафтов, а также **изучение реакций сортов озимой пшеницы на экологические факторы и оптимальные параметры минерального питания** проводят в лаборатории адаптивного растениеводства и агроэкологии с 2001 года.

В ландшафтно-полевом опыте, который развернут на склоне южной экспозиции в части склона –  $1-3^\circ$ , в условиях склона  $3-5^\circ$  и на плакоре, повторность опыта шестикратная, испытывали по 10 сортов озимой пшеницы селекции Белгородского ФАНЦ РАН. Опыт размещен в почвозащитном севообороте. Общая площадь делянки в опыте 10 квадратных метра. Размещение делянок поперек склона рендомизированное. Минеральные удобрения вносили осенью в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  вразброс.

Согласно агрохимической характеристике, в почвах в пахотном слое на плакоре содержание гумуса составляет 6,4%, подвижного фосфора по Чирикову 8,3 мг/100 г почвы, подвижного калия (по Чирикову) 11,6 мг/100 г почвы, рН солевой 5,8; Нг – 3,43 мг-экв/100 г почвы.

Почвы в агроландшафтном контуре части склона  $1-3^\circ$  имели следующие показатели: содержание гумуса – 5,9%; подвижный фосфор по Чирикову – 11,6 мг на 100 г почвы; подвижный калий (по Чирикову) 26,4 мг на 100 г почвы; рН солевой – 5,6; Нг – 3,2 мг-экв/100 г почвы. Объектами исследований служили сорта озимой пшеницы и ярового ячменя.

Почвы части склона  $3-5^\circ$  обладали следующими свойствами: содержание гумуса – 4,2%; подвижный фосфор (по Чирикову) 9,9 мг на 100 г почвы; рН<sub>ксл</sub> – 6,4; рН солевой 5,6; Нг – 4,1 мг-экв/100 г почвы.

Были получены уникальные результаты по адаптации сортов озимой мягкой пшеницы к условиям склоновой микрозональности. Исследования показали, что не все районированные для возделывания на плакорных (равнинных) землях сорта, способны адаптироваться к сложным экологическим условиям склоновых агроландшафтов. Совместно с лабораторией селекции и семеноводства озимой пшеницы (руководитель Нецветаев Владимир Павлович, доктор биологических наук, профессор) был предложен новый набор сортов: Синтетик, Ариадна, Корочанка, Богданка с определенными адаптивными свойствами. Одним из главных критериев при отборе сортов, была их способность противостоять низким температурам в зимний период, а также возможность выдерживать засушливые условия, складывающиеся в микрозонах склона в летний период. В связи с этим была предпринята попытка найти способы оценки устойчивости изучаемых сортов к сложным экологическим условиям склоновых агроландшафтов.

На основе ландшафтно-полевого опыта были получены результаты исследования, которые стали основой инновационных разработок. Разработан способ внесения минеральных удобрений и посева озимых зерновых на склоне и устройство для его осуществления (Патент на изобретение RU (11) 2271090 (13) С 1 от 25.05.2004 г.). Применяется он для внесения удобрений и посева зерновых в зависимости от крутизны склона.

При рассмотрении аналогов данного способа выделены недостатки технологического характера. Изменение глубины заделки удобрений и посева зерновых, зависит от влагообеспеченности пахотного слоя. Поэтому его особенностью является посев и внесение минеральных удобрений на определенную глубину, определяемой эрозионными процессами, которые могут возрастать с увеличением крутизны склона. Применение данного способа увеличивает урожайность озимой пшеницы в 1,5 раза и снижает затраты на агротехнические мероприятия. Окупаемость 1кг NPK прибавкой зерна составляла от 5,6 до 11,5 кг.

Для оценки экологической устойчивости сортов озимой мягкой пшеницы в условиях склоновой микроразнообразности разработаны следующие способы: 1) Способ оценки зимостойкости сортов озимых зерновых в разных агроэкологических условиях (Патент RU (11) 2273983 (13) С1.от 5.10.2004 г.)

При оценке зимостойкости растений озимой пшеницы был определен набор сортов, которые были выведены в лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы. Рассматриваемые внутривидовые варианты оценивались одновременно на полях, находящихся на водоразделах (выровненных территориях), и на полях, которые расположены на участках склонов различной крутизны с помощью подсчета перезимовавших растений. Каждый сорт оценивался по определенной шкале, которая предусматривала четыре группы устойчивости. В результате оценки самым устойчивым оказался вариант № 500, в дальнейшем сорт Богданка и сорт Синтетик. Остальные сорта оказались не приспособленными или слабо приспособленными к перезимовке в условиях склона.

Способ оценки засухоустойчивости сортов озимой мягкой пшеницы в условиях склоновой микроразнообразности. Патент RU (11) № 2567902 (13) С1 от 21.04.2015 г.

Оценка засухоустойчивости сортов проходила в условиях ландшафтно-полевого опыта, где проводили подсчет устьиц на нижней стороне листа озимой пшеницы в определенную фазу онтогенеза. В расчете использовался гидротермический коэффициент. Рассчитывался устьичный коэффициент, с помощью которого выявляли устойчивые к засухе варианты. При этом наиболее устойчивыми оказались сорта Ариадна, Корочанка и Богданка.

Способ оценки адаптивности растений озимой мягкой пшеницы в условиях склоновой микрозональности. Патент RU (11) № 2566556 (13) С1 от 15.07. 2015 г.



*Патенты, полученные по результатам научно-исследовательской работы в лаборатории адаптивного растениеводства и агроэкологии*

Важным показателем устойчивости сорта является оценка его адаптивности, которая основывалась на измерении и вычислении средней величины высоты растений, площади поверхности флагового листа, площади второго листа и массы сухого вещества. Коэффициент адаптивности учитывает среднюю морфометрическую величину для склонов различной ориентации и крутизны. В результате оценки было выявлено, что на склонах адаптивность большинства сортов к условиям произрастания слабая, однако по этому показателю выделились сорта Богданка, Ариадна и Корочанка.

Была зарегистрирована база данных по агроэкологической характеристике районированных сортов озимой мягкой пшеницы для усовершенствования адаптивно-ландшафтной системы земледелия юго-западной части ЦЧЗ (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2012620142 от 27.11.2011 г.).

В 2009 году была выпущена монография Л.Г. Смирновой «Приемы повышения урожайности зерна озимой пшеницы в условиях склоновых земель ЦЧЗ», где освещены результаты полевых и лабораторных исследований о влиянии экологических и ландшафтных факторов на урожайность сортов озимой пшеницы, районированных в Центрально-Черноземной зоне (5 регион). Были изучены и установлены различия почвенного плодородия в зависимости от геоморфологических условий и проанализированы проблемы устойчивости сортов озимой пшеницы в условиях склоновых земель. Комплексный подход позволил установить закономерности изменения урожайности сортов озимой пшеницы в зависимости от склоновой микрозональности и выявить их адаптационные способности к различным

ландшафтным условиям. В результате сорта Богданка, Корочанка, Синтетик, Ариадна были рекомендованы к возделыванию на склоновых землях, урожайность которых достигала 50-60 ц/га в зависимости от микрозоны склона. Выявлена эффективность удобрений по этим сортам, окупаемость 1 кг NPK прибавкой зерна составляла от 3,5 до 5,2 кг.



*Результаты научно-исследовательской работы  
лаборатории адаптивного растениеводства*

Модель адаптивно-ландшафтного обустройства территории и системы земледелия разрабатывается на основе агроэкологической оценки, в основу которой положено соответствие эталонных значений основных диагностических параметров земель основным агроэкологическим требованиям растений.

Академик Кирюшин В.И. (2005) в рамках методологии ландшафтно-экологической оптимизации природопользования рекомендовал рассмотреть проблему инновационного развития адаптивно-ландшафтных систем земледелия и обосновать необходимость перевода земледелия на более высокий информационно-технологический уровень.

Для решения поставленной задачи лабораторией адаптивного растениеводства и агроэкологии была предложена тема: **«Разработать геоинформационную систему почвенно-агроэкологического районирования страны, региональных ГИС агроэкологической оценки земель для адаптивно-ландшафтного земледелия»**

В ходе выполнения исследований были разработаны алгоритмы использования геоинформационных методов агроэкологической оценки земель разного территориального уровня.

Их применение охватывает всю технологическую цепочку работы с геопространственной информацией: сбор данных, включение материалов дистанционного зондирования Земли, их хранение и обработку, а также

анализ и представление результатов в любой наглядной форме. Основным элементом

при геоинформационном моделировании является база данных, содержащая необходимую информацию, и сама модель, в рамках которой математически описываются взаимосвязи объектов. Применительно к задачам почвенно-ландшафтного картографирования геоинформационная система представляет собой программно-аппаратный комплекс, основой которого являются цифровые карты с привязанными к ним базами данных.

В результате были разработаны методические подходы по созданию среднемасштабной (М 1:200000) векторной карты Белгородской области с оцифрованными горизонталями на основе топографической карты, растров морфометрических показателей горизонтальной и вертикальной кривизны на основе цифровой модели рельефа, на которой выделена эрозионная сеть и установлены границы бассейнов IV порядка. Также выявлены преобладающие формы мезорельефа (склонов и их типов), рассчитано соотношение выделенных типов склонов в каждом водосборном бассейне на цифровой карте Белгородской области.

Выполнены тематические карты по морфометрическим характеристикам рельефа с использованием бассейнового подхода, проведена типизация бассейновых структур и выделены их основные классы. Проведена оценка эрозионного потенциала, на основе которого формируются группы земель для различного технологического воздействия. Построены картограммы распределения суммы активных температур и проведено районирование территории Белгородской области по этому показателю.

Комплексная оценка земель с применением геоинформационного моделирования и картографирования на региональном уровне для целей адаптивно-ландшафтного земледелия обеспечит рациональное и эффективное использование природного потенциала территории Белгородской области, позволит предотвратить негативные процессы и создать оптимальные условия для функционирования экологически устойчивого агроландшафта.

**Тема: Создать информационную основу агроэкологической оценки земель на локальном уровне на примере типичного хозяйства Белгородской области для включения ее в систему регионального уровня.**

Создание геоинформационной основы регионального уровня послужило разработке алгоритмов и методических подходов для проведения агроэкологической оценки земель на локальном уровне или на уровне землепользования.

Выполнена агроэкологическая оценка территории ФГУП «Белгородское», выделены основные единицы ландшафтно-экологической классификации земель и проведена агроэкологическая типизация земель. Созда-

на информационная модель данных агроэкологической оценки земель на уровне землепользования. Сформирована база данных, куда вошли семь блоков, которые соответствуют основным параметрам, анализируемым при агроэкологической оценке земель. Выделены блоки: климатические параметры, рельеф, почвенный покров, угодье, морфометрические показатели рельефа, картограммы агрохимического обследования, агроэкологическая типизация.

Информационные блоки делятся на массивы информации, которые более подробно раскрывают основные параметры оценки. Далее деление структуры происходит на уровне информационных компонентов. При наличии разносторонней информации по выделенным компонентам в структуре может быть выделена еще одна информационная единица – «Характеристики компонентов». Модель данных имеет иерархическую структуру. Информационные единицы находятся в соподчинении, т.е. низшие ступени информации раскрывают и дополняют информацию высших единиц. Разработанная геоинформационная модель агроэкологической оценки земель локального уровня для ФГУП «Белгородское», может входить в один из модулей общей региональной системы агроэкологической оценки земель.

**Тема: Разработать систему оценки пространственного распределения показателей плодородия в почвах эрозионных агроландшафтов для адаптивно-ландшафтного земледелия на микролокальном (микролокальном) уровне.**

На территории Белгородской области функционирует 1443 крестьянских (фермерских) хозяйств. Площадь используемых земель для производства сельскохозяйственной продукции этими хозяйствами составляет 176896 га. В среднем на один объект К(Ф)Х в области приходится 123 га. Наблюдается неравномерное распределение площади таких земель по районам. Например, в Шебекинском районе действует 112 К(Ф)Х индивидуальных предпринимателей и средняя площадь земель, обрабатываемых одним хозяйством составляет 67,9 га. На долю мелких (10-50 га) и очень мелких хозяйств (до 10 га) приходится около 70%.

В связи с этим возникали некоторые методические трудности по составлению проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия для небольших по площади землепользований.

В рамках указанной проблемы выполнены задачи по поиску решений проведения агроэкологической оценки земель на микролокальном уровне.

На примере фермерского хозяйства разработана геоинформационная модель проведения оценки показателей плодородия почв и выявлены основные закономерности их изменения. На основе анализа пространственных данных, касающихся количественных показателей уровня плодородия исследуемой территории составлены тематические карты, включающие

соответствующие информационные слои. Для этих целей применяли ГИС-технологии, с помощью которых проводили морфометрический анализ рельефа с построением цифровых моделей и изучена иерархическая позиционно-динамическая структура на микроуровне. Это позволило выделить агроэкологические группы земель с учетом обоснованных пространственных, технологических, почвенно-эрозионных (обеспечение допустимого смыва почвы), требований, а также рационального размера и получения запланированной урожайности. Были спроектированы и разработаны рабочие участки и сформированы поля севооборотов. В условиях развития узкоспециализированного сельскохозяйственного производства обоснована целесообразность технологических приемов, обеспечивающих окупаемость проводимых мероприятий, на основе результатов изучения пространственного варьирования показателей плодородия почв.

**Тема: Система оценки пространственного распределения показателей плодородия в почвах представительных эрозионных ландшафтов « (№ 0611-2019-0003).**

Основным результатом исследования по данной теме является установление эколого-ландшафтных закономерностей варьирования показателей плодородия в эрозионных агроландшафтах. В небольших по площади хозяйствах актуальным становится понятие внутривополевая вариабельность, которая является одной из основных причин неравномерного распределения урожайности в пределах рабочего участка, и как следствие снижения эффективности сельскохозяйственного производства. Установленные закономерности направленности изменений пространственной неоднородности в зависимости от склоновой микроразнообразности рекомендуется использовать при разработке технологии точного земледелия. Формирование цифровых картографических материалов с пространственным распределением показателей плодородия почв, позволит сократить антропогенную энергию и сохранить устойчивую экологическую обстановку на водосборных бассейнах.

Для выполнения темы государственного задания сотрудники лаборатории совместно с аспирантами НИУ «БелГУ» уже в течение пяти лет выезжают в научную экспедицию в заповедник «Белогорье» участок «Ямская степь» для отбора почвенных и растительных образцов.

Для комплексной оценки пространственного распределения показателей плодородия почвы в эрозионных ландшафтах были отработаны методические подходы по определению оптимального количества почвенных проб с учетом пространственной вариабельности почвы для объективной оценки ее плодородия. Предложен «Способ расчета оптимального количества почвенных проб в условиях эрозионных агроландшафтов» (Патент на изобретение RU 2819697 C1 от 22 мая 2024 года). Способ заключается

в распределении методом катены и отборе почвенных проб, имеющих координатную привязку на местности по предложенной формуле.

Также проводился поиск способов расположения точек отбора почвенных проб в пространстве. Для этого в ГИС выполнялся анализ различных почвообразовательных факторов – рельефа, четвертичных отложений, характера землепользования. Для проектирования сети точек применялась программа ArcGis 10.5. Для автоматизации процесса использовали в этой программе инструмент описания координатной геометрии (COGO). В результате были построены линии заданной длины и направления, разбиты линии на отрезки заданной длины, что позволило более точно нанести расположение точек отбора на исследуемой территории.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), конечным результатом которых являлись ортофотопланы со средним расширением 5 см на пиксел, позволило получить точную картографическую основу.

Для автоматизированного создания цифровой модели местности (ЦМР) использовалась программа «ArcGIS». ЦМР создавалась путем применения инструментария ArcToolsBox – 3D Analyst Tools – Интерполяция растра – Топо в растр. Данный инструмент позволил создать две разные модели рельефа местности с учетом координат полученных с двух приемников.

Проведенная количественная оценка гумусного состояния черноземов на целине и пашне в условиях эрозионных ландшафтов показала, что за вековой период распашки территории, примыкающей к заповеднику содержание гумуса в метровом слое уменьшилось на 1%, по сравнению с содержанием гумуса в почвах на целинных участках. В верхних горизонтах (0-20 см) разница составляла 2,16%. Отмечается резкое падение показателя в слое 20-40 см в почвах на целинных участках на 2,66%, в то же время такого резкого падения в почвах пашни не наблюдается. В верхних слоях наблюдается невысокая вариабельного содержания гумуса (9-13%) в почвах на исследуемых угодьях. В нижних слоях 60-100 см выявлена повышенная и высокая вариация признака (26-34%), вследствие присутствия в этих слоях гумусового горизонта и материнской породы. По содержанию гумуса пространственная неоднородность в склоновых ландшафтах как на целине, так и на пашне не выявлена, коэффициент вариации невысокий. Доминирующее положение на целине занимают тучные и среднегумусные черноземы, на пашне среднегумусные и малогумусные черноземы.

Результаты количественного анализа по оценке содержания подвижного фосфора указывают на выраженную неоднородность почв, так как нет определенной зависимости в распределении содержания подвижного фосфора в почвенном профиле. Число статистически значимых различий обнаруживается и в верхнем слое (0- 20 см) и на глубинах 20-40 см, 40-60 см, 60-80 см и 80-100 см.

Пространственное распределение содержания подвижного фосфора по Чирикову показывает, что территория склона в слое 0-20 см на целине представлена почвами со средним содержанием подвижного фосфора (50-70 мг/кг), на пашне – почвами со средним и повышенным содержанием фосфора от 90 до 125 мг/кг. С глубиной содержание подвижного фосфора падает и темпы его падения в условиях целины менее заметны, наблюдается постепенное его снижение. На каждой глубине отмечается более однородное распространение контуров с определенным содержанием подвижного фосфора. В условиях степи уже на глубине 20-40 см отмечаются включения контуров с содержанием фосфора менее 30 мг/кг.

Пространственное распределение содержания подвижного калия по Чирикову определяет, что территория склона в слое 0-20 см на целине представлена почвами с высоким содержанием подвижного калия (110-140 мг/кг), на пашне – почвами с повышенным и высоким содержанием калия от 90 до 125 мг/кг. На глубине 20-40 и 40-60 см содержание подвижного калия падает. В условиях степи уже на глубине 20-40 см отмечаются включения контуров с содержанием калия менее 100 мг/кг. В более глубоких слоях почвенного профиля отмечается нарастание уровня подвижного калия, особенно четко это можно увидеть на пашне. Увеличивается площадь контуров с содержанием калия более 160 мг/кг.

Для оценки пространственного распределения показателей плодородия почв в эрозионном агроландшафте на участке, расположенном на опытном поле Белгородского ФАНЦ РАН, применяли современные геоинформационные системы (ГИС) и статистические методы.

В результате обработки полученных значений показателей плодородия современными статистическими методами и методами моделирования позволило определить внутрипольную вариабельность, на основе которой были выделены микрозоны с количественным содержанием гумуса, подвижного фосфора и калия.

По результатам непараметрического многомерного дисперсионного анализа установлено статистически значимое влияние уклона поверхности и высоты местности на пространственное содержание подвижного фосфора и калия в почве. С учетом геоморфологических характеристик выделено пять групп или микрозон, в которых средние значения показателей изменялись в зависимости от сочетания уклона поверхности и высоты местности.

В ходе исследования было определено, что распределение гумуса на территории опытного участка однородно и не превышает 33%. Однако, по результатам теста непараметрической корреляции Спирмена, его содержание в почве напрямую зависит от трех морфометрических характеристик: высоты, уклона и вертикальной кривизны, в следствии чего территория

участка была поделена на 8 микрозон, где каждая из которых была представлена сочетанием показателей этих трех характеристик.

На основе внутривидового зонирования территории эрозийного агроландшафта был предложен «Способ расчета годовой дозы фосфорных и калийных удобрений для дифференцированного внесения в условиях эрозийного агроландшафта». Он предназначен для определения годовой дозы этих удобрений в условиях склона для технологии точного земледелия.

Полученные новые знания будут использованы для разработки теоретических основ и принципов формирования методических подходов по проведению мониторинга показателей плодородия в условиях представительных эрозийных агроландшафтов и созданию элементов технологии точного земледелия. Определение способа отбора почвенных проб для установления статистически значимой пространственной неоднородности показателей плодородия и установлению методики расчета доз удобрений для выделенных микрозон позволит разработать систему дифференцированного внесения удобрений на отдельном поле.

Научные разработки лаборатории были отмечены наградами:

Диплом Министерства сельского хозяйства РФ за разработку: «Оценка экологической пластичности регионально доминирующих внутривидовых вариантов озимой пшеницы в пределах склоновых лесостепных агроландшафтов ЦЧЗ России» (Санкт-Петербург, 2018).

Дипломы и золотые медали Всероссийской агропромышленной выставки «Золотая осень-2016» «За подбор сортов озимой пшеницы в условиях склоновой микрозональности» и «За достижение высоких показателей при проведении мероприятий по защите почв от эрозии» Москва, ВДНХ, 5-8 октября 2016.



*Достижения лаборатории адаптивного растениеводства и агроэкологии*

В лаборатории адаптивного растениеводства и агроэкологии продолжают исследования по теме: «Экологическая оценка продуктивности внутривидовых вариантов озимой пшеницы в зависимости от склоновой микроразнообразности в условиях эрозионных представительных агроландшафтов юго-западной части Центрально-Черноземной зоны».

Предстоит изучить механизм изменения адаптивных свойств внутривидовых вариантов озимой мягкой пшеницы в условиях основных типов мезорельефа, провести оценку сортов озимой мягкой пшеницы по параметрам экологической пластичности и стабильности с учетом фактора мезорельефа, выявить динамику качества внутривидовых вариантов озимой мягкой пшеницы в зависимости от склоновой микроразнообразности. Будут рекомендованы внутривидовые варианты для микроразнообразности склона, как элемент технологии точного земледелия с учетом пространственного распределения показателей плодородия.

#### **3.4. Лаборатория селекции и семеноводства кукурузы в ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» и результаты её работы по созданию новых конкурентоспособных гибридов кукурузы**

Образование лаборатории селекции и семеноводства кукурузы в структуре Белгородского НИИСХ приходится на 1997 год, в результате открытия селекционных направлений в учреждении. Основу лаборатории составили специалисты, приглашённые губернатором Савченко Е.С. с целью повышения уровня селекции кукурузы в Белгородской области. В дальнейшем приглашенные специалисты перешли с селекционным материалом из ООО «Белкорн» в сложившуюся к тому моменту структуру учреждения. В число приглашённых вошли: к.с.-х. н. Асыка Юрий Александрович (ВСГИ, Одесса), к.б.н. Воронин Александр Николаевич (ВСГИ, Одесса), селекционер Журба Геннадий Михайлович (ВНИИ кукурузы, Днепропетровск). Вместе с собой, специалисты привезли перспективные на тот момент районированные гибриды кукурузы: двойные-межлинейные Прогноз 132 СВ, Прогноз 152 СВ и простой Кулон МВ. За короткий период удалось создать совместно с селекционерами Воронежской опытной станции двойной-межлинейный гибрид кукурузы Белкорн 277 СВ. Ведение семеноводства данных гибридов, позволило частично обеспечить потребность в семенах первого поколения сельхозтоваропроизводителей Белгородской области в непростые годы рыночной экономики и дать старт началу новых научных исследований по селекции кукурузы в учреждении.

Первоначально лабораторию возглавил Асыка Ю.А., одновременно с этим работая директором института. В этот период, созданная лаборатория расширилась за счёт привлечения новых сотрудников. Так, в штат во-

шли: к.с.-х. н. Соловей Игорь Николаевич, сотрудник аналитической лаборатории инженер-химик Клименко Марина Васильевна, агроном Веретнов Дмитрий Леонидович. В последствии к ним присоединилась в должности техника Бирюкова Татьяна Владимировна.

В первые годы работы лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, проходило становление селекционного процесса, заключавшееся в исследовании адаптационных характеристик геномов перспективного исходного материала кукурузы, интродуцированного в новые для него, климатические условия Белгородской области. Особое внимание уделялось: потенциальной зерновой продуктивности, исследованию нормы реакции цитоплазматической мужской стерильности «Т», «М» и «С»-типов, устойчивости растений кукурузы к моменту уборки и высоким технологическим качествам при ведении семеноводства. Кроме этого, на базе лаборатории совершенствовалась новая методика оценки произведённых семян кукурузы, позволяющая рассчитывать процент гибридности семян первого поколения на основе анализа данных электрофореза запасных белков. В последствии, данная методика была внедрена в Белгородском «Агрохимцентре», как система контроля качества произведённых и ввозимых семян гибридов кукурузы первого поколения на территорию Белгородской области.

С 2000-го года на протяжении 18-ти лет лабораторию возглавлял Воронин А.Н. За этот период к коллективу лаборатории добавились д. с/х н. Сокорев Николай Селивёрстович, выпускники местной Белгородской сельскохозяйственной академии, а в настоящее время Белгородского государственного аграрного университета им. В.Я. Горина: Хорошилов Сергей Анатольевич, Шемякина Любовь Николаевна, Деревлев Евгений Иванович и Лавриненко Павел Сергеевич. С 2002 года Воронин А.Н. обязанности заведующего лабораторией селекции и семеноводства кукурузы совмещал с должностью заместителя директора по научной работе. Основной целью расширения коллектива за счёт молодых специалистов является соблюдения принципа преемственности поколений для дальнейшего исследования и совершенствования селекционного процесса по созданию новых гибридов кукурузы на основе современных методов.



***Александр Николаевич Воронин,**  
доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по науке*

В начале нулевых годов XXI в. Пришли первые результаты селекционной работы лаборатории. Они выражались внесением в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации нового двойного межлинейного гибрида кукурузы Белкорн 250 МВ в 2003 году, а позднее в 2005 году, в реестр внесён новый трёхлинейный гибрид кукурузы Евро 301 МВ. Вместе с этим, успешное научное наставничество Асыки Ю.А., Воронина А.Н., Журбы Г.М. и Нецветаева В.П., позволило успешно защитить кандидатскую диссертацию на тему: «Генетические закономерности потери влаги зерном кукурузы при созревании» Хорошилову С.А. в 2006 году и получить учёную степень кандидат биологических наук. На ряду с успехами, к сожалению, случались и неудачи. Так, переданные на испытание в Госсорткомиссию перспективные гибриды кукурузы Степаныч СВ и Силуэт СВ, не смогли полностью реализовать имеющийся потенциал продуктивности. Они отлично проявили себя в первом году двухлетнего цикла, но оказались чувствительны к острым условиям засухи во втором году и были сняты с испытания. Несмотря на это в результате целенаправленной селекционной работы с 2015 по 2018 гг. внесены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации ряд новых трёхлинейных гибридов: Ресурсный СВ, Эффектный СВ, Стабильный СВ и Достойный СВ. В основании такого достижения, лежит целенаправленная работа по созданию нового исходного материала кукурузы, адаптированного к изменяющимся климатическим условиям Белгородской области и Центрально-Чернозёмного региона в целом. Длительные исследования по селекции и семеноводству кукурузы, позволили заведующему лабораторией Воронину А.Н. в 2016 году защитить диссертацию с присуждением учёной степени доктор сельскохозяйственных наук.

К сожалению, с течением времени лабораторию кукурузы не обошли и печальные события. В 2018 году в результате продолжительной болезни скончался селекционер Журба Геннадий Михайлович, а позднее в 2021 году скоропостижно ушёл из жизни её первый заведующий Асыка Юрий Александрович. Ушедшие из жизни коллеги, запомнились внесением значительного вклада в воспитание учеников, становление и последующее развитие селекционно-семеноводческих исследований кукурузы в Белгородской области.

За период своей работы лаборатория селекции и семеноводства кукурузы как структурное подразделение учреждения, осуществляла сотрудничество по ведению промышленного семеноводства гибридов кукурузы собственной селекции с крупными Агро-холдингами Белгородской области. Так с 2000 по 2004 гг. велось взаимодействие с ОАО «Эфко», а с 2015 по 2018 гг., с Краснояружской зерновой компанией. Данное сотрудничество позволило произвести значительные объёмы семян гибридов кукурузы первого поколения различной спелости, обеспечив на тот момент запросы отечественных сельхозтоваропроизводителей.

С 2018 года работу лаборатории возглавляет к.б.н. Хорошилов Сергей Анатольевич.

К настоящему времени внесены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации два новых гибрида кукурузы Коренастый СВ и Ладный СВ, которые расширяют имеющуюся линейку гибридов по продолжительности ФАО. После двухлетнего испытания в геосети «Госсорткомиссии» Российской Федерации нового гибрида кукурузы Славный СВ, профильной Экспертной комиссией принято решение, впервые внести указанное селекционное достижение в реестр допущенных к использованию с 2025 года. Кроме этого, подразделение является разработчиком проекта полного цикла: «Селекционно-генетические исследования зернового комплекса кукурузы с целью контроля высокого содержания каротиноидов в зерне» в рамках программы реализации проекта НОЦ мирового уровня «Инновационные решения в АПК». В его выполнения выполнения на условиях софинансирования, создана лаборатория ПЦР-анализа оборудованная приборной базой, позволяющей вести селекционно-генетические исследования на современном уровне. В результате выполнения данного проекта создан и передан на испытание в Госсорткомиссию РФ новый гибрид кукурузы Каротиноидный СВ, зерно которого, отличается повышенным содержанием каротиноидов.



Одним из первых, внесённых в Государственный реестр селекционных достижений, является гибрид кукурузы Белкорн 250 МВ, семена которого пользуются спросом, а промышленное семеноводство ведётся и в настоящее время.

**Белкорн 250 МВ.** Создан в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук» и Научном сельскохозяйственном селекционно-семеноводческом ООО «Белкорн». Передан на Государственное сортоиспытание в 2001 году. Включён в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации по Центрально-Чернозёмному (5) региону на зерно и силос, по Центральному (3) и Средневолжскому (7) регионам на силос с 2003 года.

Авторы. Ю.А. Асыка, А.Н. Воронин, Г.М. Журба.

Двойной межлинейный гибрид. Среднеранний (ФАО 230). Материнской формой гибрида кукурузы Белкорн 250 МВ является стерильный простой гибрид Пионер 3978 М. Отцовской формой – простой гибрид Дуб МВ, восстановитель фертильности «М»-типа ЦМС.

Растение средней высоты – высокое достигает до 260 см. Початок средней длины – длинный, достигающий в длину до 22 см, слабokonической формы, стержень початка окрашен слабо-средне. Зерно с эндоспермом полукремнистого типа (промежуточное), в верхней части жёлтое – жёлто-оранжевое. Масса 1000 зерен 280-300 г.

Время цветения метёлки раннее – среднее. Главная ось метелки выше верхней боковой ветви средняя – длинная, образует с боковыми веточками средний угол. Первичные боковые веточки метёлки слегка изогнутые, средней длины, веточек средне – много. Интенсивность антоциановой окраски шёлка от очень слабой до слабой.

Семеноводство ведётся на стерильной основе по схеме полного восстановления фертильности у гибрида первого поколения.

Устойчив к южному гельминтоспориозу, умеренно устойчив к бактериозу, фузариозу початков и пузырчатой головне, средне-восприимчив к стеблевому кукурузному мотыльку.

Средняя урожайность зерна за годы испытания составила в Центрально-Чернозёмном регионе – 81,8 ц/га, выше стандарта на 1,6 ц/га., нормализованного сухого вещества – 86,7 ц/га, что на уровне стандарта. Потенциальная урожайность зерна в конкурсном испытании достигала 96,3 ц/га, нормализованного сухого вещества 326 ц/га.

Средняя урожайность нормализованного сухого вещества в Центральном регионе – 90,2 ц/га, Средневолжском – 88,9 ц/га, выше стандарта на 11,2 и 7,4 ц/га, соответственно. Гибрид отзывчив на оптимальные уровни азотного питания в дозе до 90 кг д.в. на 1 га.

Гибрид кукурузы Белкорн 250 МВ отличается адаптационной пластичностью с высокой питательностью зелёной массы.

Оригинаторы: ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», Научное сельскохозяйственное селекционно-семеноводческое ООО «Белкорн». Свидетельство оригинатора №35248 от 20.01.2003 г.

Результаты исследовательской работы лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, направленной на создание новых генотипов родительских форм гибридов кукурузы, обеспечивающих гетерозис и высокую устойчивость к абиотическим факторам, реализованы в виде серии высокопродуктивных материнских родительских форм кукурузы, созданных на основе «С»-типа цитоплазматической мужской стерильности: Сириус С, Орион С, Вера С, Надя С, Геша С.

«Сириус С» – стерильная материнская форма гибридов кукурузы (ФАО-220). Початок слабо-конусовидной формы, длиной 18-21 см, количество рядов зерен в початке 20-22, количество зерен в ряду 38-40. Высота прикрепления початка 55 см. Диаметр початка 42-45 мм, диаметр стержня початка 20-21 мм. Окраска стержня початка – белая. Зерно зубовидной консистенции, желтого цвета с красным оттенком в нижней части. Масса 1000 зерен 156-160 г. Растение высотой 220-230 см, количество листьев 14, устойчивость к ломкости стебля высокая. Материнская форма «Сириус С» устойчива к южному гельминтоспориозу, пузырчатой и пыльной головне на естественном инфекционном фоне, западноевропейским кукурузным мотыльком поражается слабо. Холодостойкость и засухоустойчивость у гибрида «Сириус С» высокие, отзывчив на высокие агрофоны, отличается интенсивной отдачей влаги при созревании зерна.

На первоначальном этапе селекционных исследований необходимо было провести отбор простых стерильных гибридов кукурузы, которые можно было бы использовать в качестве материнских родительских форм трёхлинейных гибридов. В таблице 8 представлены наиболее урожайные стерильные простые гибриды кукурузы, которые в результате испытания показали высокую комбинационную ценность по урожайности зерна.

Таблица 8. Урожайность стерильных простых гибридов кукурузы, 2015

№ дел.	Комбинация скрещивания	Дата цветения початка	Урожайность зерна, при 14% влажности, т/га	Уборочная влажность зерна, %
30	ЕМ 54 С × СВ 21-2 зС	06.07	9,1	31,0
34	ЕМ 70 С × СВ 14-1 зС	04.07	8,5	22,8
62	Ик 105-1 С × ИК 28-4 зС	08.07	9,8	25,5
90	ЕМ 10 С × Вс 33 зС	08.07	10,5	26,1
88	К 37 С × Вс 33 зС	08.07	10,4	28,5
102	БК 207 С × ЕМ 10 зС (Сириус С)	04.07	9,7	23,0
НСР <sub>05</sub>			0,81 т/га	

Все изученные стерильные простые межлинейные гибриды кукурузы показали высокую урожайность зерна, отличаясь друг от друга по скороспелости и уборочной влажности зерна. Однако наиболее ценным в селекционном плане для дальнейшего использования, является простой стерильный гибрид БК 207 С × ЕМ 10 зС (№102), который характеризуется наивысшим селекционным индексом (4,22), при том, как самому продуктивному простому гибриду (№90) соответствует селекционный индекс – 4,02. В связи с этим перспективному материнскому стерильному простому гибриду кукурузы присвоено название «Сириус С» и продолжено изучение его комбинационной способности с линиями-восстановителями фертильности при создании трёхлинейных гибридов кукурузы.

Материнский простой стерильный гибрид кукурузы должен характеризоваться высоким уровнем стерильности, высокой комбинационной способностью по урожайности зерна и восстанавливать фертильность при скрещивании с отцовским компонентом. В связи с этим перспективная стерильная материнская форма была скрещена с линиями-восстановителями фертильности для определения комбинационной способности по урожайности зерна, уборочной влажности и оценки восстановительной способности отцовского компонента.

В таблице 9 представлены экспериментальные данные по урожайности зерна и его уборочной влажности у трёхлинейных восстановленных гибридов кукурузы, материнской формой которых является простой стерильный гибрид «Сириус С».

Простой стерильный гибрид кукурузы «Сириус С», отличается высокой комбинационной ценностью по урожайности зерна. Средняя урожайность зерна по представленному блоку составляет 8,9 т/га, что выше средней величины урожайности стандартного гибрида Днепровский 181 на 3,2 т/га или на 45%.

При этом полученные новые трёхлинейные гибриды кукурузы были скороспелее на 4-8 суток стандартного гибрида и формировали зерно с более низкой уборочной влажностью (4,1 – 10,6%).

*Таблица 9. Урожайность зерна трёхлинейных гибридов кукурузы, 2015*

№ дел.	Комбинация скрещивания	Дата цветения початка	Урожайность зерна, при 14% влажности, т/га	Уборочная влажность зерна, %
1	Днепровский 181 (st.)	12.07	7,1	31,6
14	Сириус С × РВП 23-3 СВ (Эффектный СВ)	04.07	10,3	23,8
31	Сириус С × РВП 12-1 СВ	06.07	8,7	26,5
51	Сириус С × НГ6-66-1-1 СВ	08.07	9,2	21,0
57	Сириус С × АГ10-45-2-1 СВ	08.07	8,3	23,5
63	Сириус С × НГ5-55-1-1 СВ	04.07	7,9	27,5
67	Сириус С × НГ6-72-2-1 СВ	04.07	8,7	25,8
71	Сириус С × НГ 5-43-2-1 СВ	08.07	9,1	25,8
НСР <sub>05</sub>		0,73 т/га		

Простой стерильный гибрид «Сириус С» является материнской формой серии созданных трёхлинейных гибридов кукурузы: Ресурсный СВ, Эффектный СВ и Стабильный СВ. Результаты Государственного испытания данных гибридов по урожайности зерна и нормализованного сухого вещества представлены в таблице 10.

**Таблица 10. Результаты Государственного испытания гибридов кукурузы селекции Белгородского НИИСХ, (Октябрьском ГСУ, Белгородская обл.)**

Название гибрида, (годы испытания)	Урожайность зерна при 14% влажности	Отклонение от стандарта, ц/га	Урожайность нормализованного сухого вещества, ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га
Ресурсный СВ (2013-2014)	95,1	+ 11,6	190,2	+ 38,7
Эффектный СВ (2014-2015)	87,6	+ 21,4	134,4	- 2,4
Стабильный СВ (2015-2016)	70,8	+1,9	150,0	+17,6
Достойный СВ (2016)	81,3	+17,6	119,8	-26,4

Стерильный гибрид «Сириус С» отличается высокими эффектами общей комбинационной способности по зерновой продуктивности и специфической комбинационной способностью по скороспелости, о чём свидетельствуют созданные с его участием гибриды кукурузы с потенциальной урожайностью зерна 10-11 т/га и скороспелостью от 180 до 270 единиц ФАО.

Сравнительное испытание созданных гибридов кукурузы в рамках демонстрационного полигона и научно-практической конференции «Селекция гибридов кукурузы для современного семеноводства» в 2016 году представлено в таблице 11.

**Таблица 11. Урожайность зерна и уборочная влажность новых гибридов кукурузы, 2016**

№ п/п	Гибрид	ФАО	Урожайность зерна, т/га	Уборочная влажность, %	Урожайность при 14% влажн. т/га
1	Белкорн 250 МВ	230	7,69	24,2	6,78
2	Эффектный СВ	180	10,40	25,2	9,05
3	Ресурсный СВ	220	10,43	26,2	8,95
4	Стабильный СВ	260	9,75	25,8	8,42
5	Достойный СВ	270	10,97	25,0	9,57

Как видно из данных таблицы, средняя урожайность зерна новых гибридов кукурузы составила 10,39 т/га, что на 2,7 т/га или на 35% выше, чем урожайность зерна у гибрида кукурузы Белкорн 250 МВ. Такое превышение в урожайности зерна у новых гибридов кукурузы, связано как с осо-

бенностями комбинационной селекции, так и с более высокой адаптивностью и технологичностью по устойчивости к полеганию.

Простой стерильный гибрид «Орион С», характеризуется высокой репродукционной семенной продуктивностью, обладает системой ускоренной потери влаги зерном при созревании. Создан с участием оригинальных самоопылённых линий закрепителей стерильности и их искусственно созданных стерильных аналогов по «С»-типу цитоплазматической мужской стерильности. Растение достигает высоты 260-280 см. Початок крупный, удлинённый 23-25 см. Имеет 18 рядов зёрен. Количество зёрен в ряду 43-46 шт. Зерно зубовидное, имеет жёлтую окраску зерновки. Масса 1 тысячи зёрен 250 г. Гибрид «Орион С» является материнской формой районированного трёхлинейного гибрида кукурузы Достойный СВ.

«Вера С» – простой стерильный гибрид, характеризуется высокой репродукционной семенной продуктивностью. Создан с участием оригинальных самоопылённых линий закрепителей стерильности и их искусственно созданных стерильных аналогов по «С»-типу цитоплазматической мужской стерильности. Растение достигает высоты 250 см. Початок крупный, промежуточной формы, длинный 24-26 см. Имеет 16 рядов зёрен. Количество зёрен в ряду 40-44 шт. Зерно округлое, кремнисто-зубовидное, имеет жёлтую окраску. Масса 1 тысячи зёрен 270 г. Гибрид «Вера С» является материнской формой районированного трёхлинейного гибрида кукурузы Коренастый СВ.

Материнский стерильный простой гибрид кукурузы «Надя С», характеризуется высокой репродукционной семенной продуктивностью. Создан с участием оригинальных самоопылённых линий закрепителей стерильности и их искусственно созданных стерильных аналогов по «С»-типу цитоплазматической мужской стерильности. Растение достигает высоты 260-280 см. Початок крупный, длинный 23-25 см. Имеет 18-20 рядов зёрен. Количество зёрен в ряду 42-44 шт. Зерно зубовидное, имеет жёлтую окраску. Масса 1 тысячи зёрен 250-270 г. Гибрид «Надя С» является материнской формой районированного трёхлинейного гибрида кукурузы Ладный СВ.

Простой материнский стерильный гибрид «Геша С», характеризуется высокой репродукционной семенной продуктивностью, обладает системой ускоренной потери влаги зерном при созревании. Создан с участием оригинальных самоопылённых линий закрепителей стерильности и их искусственно созданных стерильных аналогов по «С»-типу цитоплазматической мужской стерильности. Растение достигает высоты 250 см. Початок крупный, конусовидный, длиной 20-22 см. Имеет 20 рядов зёрен. Количество зёрен в ряду 43 шт. Зерно зубовидное, вытянутое, верхушка жёлтого цвета, боковые стенки зерновки имеют антоциановую окраску. Масса 1 тысячи зёрен 240 г. Гибрид «Геша С» является материнской формой трёх-

линейного гибрида кукурузы Славный СВ, внесённого с 2025 года в Государственный реестр селекционных достижений РФ.

Перечисленные с описанием материнские стерильные формы кукурузы входят в состав следующих районированных гибридов:

**Ресурсный СВ.** Создан в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Передан на Государственное сортоиспытание в 2013 году. Включён в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации на допуск к использованию по Центрально-Чернозёмному региону (5) с 2015 года.

Автор: А.Н. Воронин, Г.М. Журба, С.А. Хорошилов, М.В. Клименко.

Гибрид среднеранний (ФАО 220), трёхлинейный. Материнская форма – простой стерильный гибрид «Сириус С». Отцовская форма – самоопылённая линия РВП 12-1 СВ, восстановитель фертильности «С»-типа ЦМС.

Семеноводство ведётся на стерильной основе по схеме полного восстановления фертильности у гибрида первого поколения.

Растение высотой 220-260 см, количество листьев 14, устойчивость к ломкости стебля высокая. Початок слабо-конусовидной формы, длиной 18-21 см, количество рядов зёрен в початке 20-22, количество зёрен в ряду 38-40. Высота прикрепления початка 55-60 см. Диаметр початка 42-45 мм, диаметр стержня початка 20-21 мм. Окраска стержня початка – красная. Зерно зубовидной консистенции, жёлтого цвета с красным оттенком в нижней части. Масса 1000 зерен 220-250 г. Устойчив к южному гельминтоспориозу, пузырчатой и пыльной головне на естественном инфекционном фоне, стеблевым кукурузным мотыльком поражается слабо.

Холодостойкость и засухоустойчивость высокие. Отзывчив на высокие агрофоны, отличается интенсивной отдачей влаги при созревании зерна. Обладает высокими показателями кормовой ценности силосной массы. Отличается высоким (18,4 мг/кг) содержанием каротиноидов в зерне, что представляет особую ценность для птицеводства.

*Таблица 12. Результаты Государственного испытания гибрида в Белгородской области, (Октябрьский ГСУ, среднее 2013-2014 гг.)*

Название гибрида	Урожайность зерна при 14% влажности ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га	Урожайность нормализованного сухого вещества, ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га
Ресурсный СВ	95,1	+ 11,6	190,2	+ 38,7

*Таблица 13. Урожайность зерна гибрида в экологическом испытании  
ЗАО «Краснояржская зерновая компания», 2017 г.*

Гибрид	ФАО	Уборочная влажность зерна, %	Урожайность зерна при 14% влажности, ц/га
Ресурсный СВ	220	23,6	88,1

Патентообладатель: ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Патент РФ №7973 от 15.10.2015 г.;

**Эффективный СВ.** Создан в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук» и научно-производственном фермерском хозяйстве «Компания Маис». Передан на Государственное сортоиспытание в 2014 году. Включён в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации на допуск к использованию по Центрально-Чернозёмному региону (5) с 2016 года.

Авторы: А.Н. Воронин, В.Н. Борисов, Г.М. Журба, С.А. Хорошилов, М.В. Клименко.

Гибрид раннеспелый (ФАО 180), трёхлинейный. Материнская форма – простой стерильный гибрид «Сириус С». Отцовская форма – самоопылённая линия РВП 23-3 СВ, восстановитель фертильности «С»-типа ЦМС.

Семеноводство ведётся на стерильной основе по схеме полного восстановления фертильности у гибрида первого поколения.

Растение высотой 210-240 см, высота прикрепления початка 50-60 см, количество листьев 14, устойчивость к ломкости стебля высокая. Початок слабо-конусовидной формы, ближе к цилиндрическому, ножка короткая, длиной 23-25 см, количество рядов зёрен в початке 14-16. Зерно зубовидной консистенции, жёлтого цвета. Масса 1000 зёрен 210-250 г.

Устойчив к южному гельминтоспориозу, пузырчатой и пыльной головне на естественном инфекционном фоне.

Холодостойкость и засухоустойчивость высокие. Гибрид отзывчив на высокие агрофоны, отличается интенсивной отдачей влаги при созревании. Обладает высокими показателями кормовой ценности силосной массы. Отличается повышенным (14,0 мг/кг) содержанием каротиноидов в зерне, рекомендуется для птицеводства.

**Таблица 14. Результаты Государственного испытания гибрида в Белгородской области (Октябрьский ГСУ, среднее 2014-2015 гг.)**

Название гибрида	Урожайность зерна при 14% влажности ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га	Урожайность нормализованного сухого вещества, ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га
Эффективный СВ	87,6	+ 21,4	134,4	- 2,4

Средняя урожайность зерна за годы испытания составила в Центрально-Чернозёмном регионе – 76,9 ц/га, что выше стандартов на 12,3 ц/га, максимальная – 138,3 ц/га на Обоянском сортоучастке Курской области, что выше стандарта на 23,8 ц/га.

**Таблица 15. Урожайность зерна гибрида в экологическом испытании ЗАО «Краснояружская зерновая компания», 2017 г.**

Гибрид	ФАО	Уборочная влажность зерна, %	Урожайность зерна при 14% влажности, ц/га
Эффективный СВ	180	19,3	89,4

Патентообладатель: ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Патент РФ №8495 от 30.05.2016 г.;

**Стабильный СВ.** Создан в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Передан на Государственное сортоиспытание в 2015 году. Включён в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации на допуск к использованию по Центрально-Чернозёмному региону (5) с 2017 года.

Авторы: А.Н. Воронин, Г.М. Журба, С.А. Хорошилов, М.В. Клименко.

Гибрид среднеспелый (ФАО 260), трёхлинейный. Материнская форма – простой стерильный гибрид «Сириус С». Отцовская форма – самоопылённая линия ИК 108-2 СВ, восстановитель фертильности «С»-типа ЦМС.

Семеноводство ведётся на стерильной основе по схеме полного восстановления фертильности у гибрида первого поколения.

Растение высотой 230-250 см, высота прикрепления початка 60-70 см, количество листьев 18, устойчивость к ломкости стебля высокая. Початок слабо-конусовидной формы, длиной 18-22 см, количество рядов зёрен в початке 18-20, количество зёрен в ряду 38-43. Зерно зубовидной консистенции, жёлтого цвета с красным оттенком в нижней части. Масса 1000 зёрен 240-280 г с плотной консистенцией эндосперма (тяжеловесное).

Холодостойкость и засухоустойчивость высокие. Гибрид интенсивного типа, отзывчив на высокие агрофоны, отличается средней интенсивностью

отдачи влаги при созревании зерна. Обладает повышенными показателями кормовой ценности силосной массы. Отличается повышенным (15,0 мг/кг) содержанием каротиноидов в зерне, рекомендуется для птицеводства.

*Таблица 16. Урожайность зерна гибридов кукурузы в экологическом испытании ЗАО «Краснояржская зерновая компания», 2017 г.*

Гибрид	ФАО	Уборочная влажность зерна, %	Урожайность зерна при 14% влажности, ц/га
Стабильный СВ	260	21,4	123,3

Патентообладатель: ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Патент РФ №9274 от 09.10.2017 г.;

**Достойный СВ.** Создан в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Передан на Государственное сортоиспытание в 2013 году. Включён в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации на допуск к использованию по Центрально-Чернозёмному региону (5) с 2018 года.

Авторы: А.Н. Воронин, Г.М. Журба, С.А. Хорошилов, М.В. Клименко.

Гибрид среднеспелый (ФАО 270), трёхлинейный. Материнская форма – простой стерильный гибрид «Орион С». Отцовская форма – самоопылённая линия СВ 5-1 СВ, восстановитель фертильности «С»-типа ЦМС.

Семеноводство ведётся на стерильной основе по схеме полного восстановления фертильности у гибрида первого поколения.

Растение высотой 260-290 см, количество листьев 16, устойчивость к ломкости стебля высокая. Початок слабо-конусовидной формы, длиной 25-26 см, количество рядов зёрен в початке 14. Зерно зубовидной консистенции, жёлтого цвета.

Гибрид ремонтантного типа. Устойчив к южному гельминтоспориозу, пузырчатой и пыльной головне на естественном инфекционном фоне, стеблевым кукурузным мотыльком поражается слабо.

Холодостойкость и засухоустойчивость высокие. Гибрид отзывчив на высокие агрофоны, отличается интенсивной отдачей влаги при созревании.

Гибрид кукурузы Достойный СВ, наряду с высокой зерновой продуктивностью, отличается высокой урожайностью листостебельной массы, что актуально в технологии биологизации земледелия для формирования эффективного мульчирующего слоя из растительных остатков. Обладает высокими показателями кормовой ценности силосной массы. Отличается высоким (19,8 мг/кг) содержанием каротиноидов в зерне, что представляет особую ценность для птицеводства.

**Таблица 17. Результаты Государственного испытания гибрида в Белгородской области (Октябрьский ГСУ, среднее 2016-2017 гг.)**

Название гибрида	Урожайность зерна при 14% влажности ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га	Урожайность нормализованного сухого вещества, ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га
Достойный СВ	94,8	+11,3	202,5	+ 51,0

**Таблица 18. Урожайность зерна гибрида в экологическом испытании ЗАО «Краснояржская зерновая компания», 2017 г.**

Гибрид	ФАО	Уборочная влажность зерна, %	Урожайность зерна при 14% влажности, ц/га
Достойный СВ	270	22,5	93,0

Патентообладатель: ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Патент РФ №9908 от 09.11.2018 г.

В результате реализации программы Госзадания по выделению новых генотипов самоопылённых линий кукурузы с высокими параметрами комбинационной способности по продуктивности зерна для синтеза гибридов, адаптированных к условиям Центрально-Чернозёмного региона РФ, созданы конкурентоспособные гибриды кукурузы:

**Коренастый СВ.** Создан в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Передан на Государственное сортоиспытание в 2019 году. Включён в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации на допуск к использованию по Центрально-Чернозёмному (5) и Средневолжскому (7) регионам с 2022 года.

Авторы: С.А. Хорошилов, А.Н. Воронин, М.В. Клименко, Т.В. Бирюкова, П.С. Лавриненко, Е.И. Деревлёв.

Гибрид раннеспелый (ФАО 170), трёхлинейный. Направление использования зерновое. Материнская форма – простой стерильный гибрид «Вера С». Отцовская форма – самоопылённая линия НГ 6-72-2-1 ВС, естественный восстановитель фертильности «С»-типа ЦМС.

Семеноводство ведётся на стерильной основе по схеме полного восстановления фертильности у гибрида первого поколения.

Растение высотой 230-250 см, количество листьев 14, устойчивость к ломкости стебля высокая. Початок промежуточной формы, длиной 22-25 см, количество рядов зёрен в початке 14-16, количество зёрен в ряду 40-45 шт. Зерно кремнисто-зубовидное, жёлтого цвета. Масса 1000 зёрен 240-260 г с плотной консистенцией эндосперма.

Устойчивость к полеганию, холодостойкость и засухоустойчивость высокие. Гибрид интенсивного типа, отзывчив на высокие агрофоны, отличается высокой интенсивностью отдачи влаги при созревании зерна.

В результате испытания в Госсортокмиссии РФ существенно превысил стандартный гибрид на 4,5 ц/га.

*Таблица 19. Результаты Государственного испытания гибрида в экологической сети Госсортокмиссии РФ, среднее 2021-2022 гг.*

Название гибрида	Урожайность зерна при 14% влажности ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га	Урожайность нормализованного сухого вещества, ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га
Средний стандарт	61,5	-	147,8	-
Коренастый СВ	65,9	+4,5	-	-
НСР <sub>05</sub>	3,7		-	

Патентообладатель: ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Патент РФ №12318 от 14.07.2022 г.;

**Ладный СВ.** Создан в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Передан на Государственное сортоиспытание в 2019 году. Включён в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации на допуск к использованию по Центрально-Чернозёмному (5) региону с 2022 года.

Авторы: С.А. Хорошилов, А.Н. Воронин, М.В. Клименко, Т.В. Бирюкова, П.С. Лавриненко, Е.И. Деревлёв.

Гибрид раннеспелый (ФАО 290), трёхлинейный. Направление использования универсальное. Материнская форма – простой стерильный гибрид «Надя С». Отцовская форма – самоопылённая линия АГ 10-147-2-1 ВС, естественный восстановитель фертильности «С»-типа ЦМС.

Семеноводство ведётся на стерильной основе по схеме полного восстановления фертильности у гибрида первого поколения.

Растение высотой 250-270 см, количество листьев 18, устойчивость к ломкости стебля высокая. Початок промежуточной формы, длиной 23-25 см, количество рядов зёрен в початке 18-20, количество зёрен в ряду 43-45 шт. Зерно зубовидной консистенции, жёлто-оранжевого цвета. Масса 1000 зёрен 260-280 г.

Устойчивость к полеганию, холодостойкость и засухоустойчивость высокие. Гибрид интенсивного типа, полновеgetационный ориентирован на высокое формирование силосной массы. Отзывчив на высокие агрофоны.

В результате испытания в Госсорткомиссии РФ, наряду с высокой зерновой продуктивностью, существенно превысил стандарт по силосной массе на 12,0 ц/га.

**Таблица 20. Результаты Государственного испытания гибрида в экологической сети Госсорткомиссии РФ, среднее 2021-2022 гг.**

Название гибрида	Урожайность зерна при 14% влажности ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га	Урожайность нормализованного сухого вещества, ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га
Средний стандарт	68,1	-	147,8	-
Ладный СВ	64,2	-3,8	169,2	+ 21,4
НСР <sub>05</sub>	5,4		12,0	

Патентообладатель: ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Патент РФ №12319 от 14.07.2022 г.;

**Славный СВ.** Создан в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Передан на испытание в Госсорткомиссию РФ в 2023 году. Включён в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации на допуск к использованию по Центрально-Чернозёмному (5) региону с 2025 года со специализацией на зерно.

Авторы: С.И. Тютюнов, С.А. Хорошилов, А.Н. Воронин, М.В. Клименко, Т.В. Бирюкова, Е.И. Деревлев, П.С. Лавриненко.

Среднеранний трёхлинейный гибрид кукурузы (ФАО 210). Создан для ведения семеноводства на стерильной основе по схеме полного восстановления фертильности у материнской формы. Материнской формой является простой стерильный гибрид «Геша С», отцовской – самоопылённая линия SB 5-2 – естественный восстановитель «С»-типа ЦМС.

Растение средней высоты, достигает 250 см, имеет 14 листьев на стебле и характеризуется полуэриктоидным типом листьев. Початок промежуточной формы, достигающий в длину 23-25 см. Зерновка среднего размера, зубовидной формы жёлтого цвета. Стержень початка белого цвета.

Гибрид обладает высокой устойчивостью к полеганию и поражению южным гельминтоспориозом, средне-высокой холодостойкостью, и засухоустойчивостью. Обладает высокой интенсивностью отдачи влаги зерном при созревании. Потенциальная зерновая продуктивность гибрида составляет – 100 ц/га, силосная – около 300 ц/га.

Заявка № 88365/7755185, находится в стадии подготовки к выдаче Патента.

В результате реализации проекта полного цикла: «Селекционно-генетические исследования зернового комплекса кукурузы с целью контроля высокого содержания каротиноидов в зерне» в рамках программы проекта НОЦ мирового уровня «Инновационные решения в АПК», проведены исследования по содержанию общего количества каротиноидов в зерне оригинальных самоопылённых линий, включённых в рабочую коллекцию для выявления перспективных образцов кукурузы [92].

Зерно гибридов кукурузы, используемое для кормовых целей представляют особую ценность, если обладают повышенными качественными характеристиками [93].

В настоящее время существуют программы, которые с помощью селекции способны повысить качество зерна кукурузы за счёт количественного увеличения – крахмала, жира, сахаров, белка и каротиноидов. Каротиноиды как вещества, играющие особую роль в метаболизме животных и человека, представляют интерес для качественного улучшения путём совершенствования кукурузного зернового комплекса.

Окраска кукурузной зерновки в значительной степени обусловлена присутствием пигментов красного, оранжевого и жёлтого цветов, которые и являются каротиноидами [94]. В начале двадцатого столетия в США учёными-животноводцами, отмечено повышение прибавки веса за счёт использования при откорме желтозёрной кукурузы в сравнении с белозёрной [95 (4)]. Корма обогащённые провитамином А оказывают высокое влияние на продуктивность и сохранность птицы, скорость яйцекладки, повышение средней массы яйца и насыщенность окраски желтка [96].

Накопление в зерне кукурузы каротиноидных пигментов зависит в значительной степени от составных компонентов входящих в формулу гибрида [97].

В исследование были вовлечены гибриды кукурузы Эффективный СВ, Ресурсный СВ, Стабильный СВ и Достойный СВ, успешно прошедшие Государственное испытание (2013-2018гг.) и включенные в реестр селекционных достижений РФ на допуск к использованию по Центрально-Чернозёмному региону. Кроме этого гибрид кукурузы Ресурсный СВ с 2017 г. Допущен к использованию по Средне-Волжскому региону.

Зерно данных гибридов в 2018 г. Изучено по количественному содержанию каротиноидов в сравнении с местным стандартным гибридом Белкорн 250 МВ и некоторыми распространёнными в нашем регионе гибридами иностранной селекции (ГИС).

Полученные результаты количественного содержания каротиноидов зернового комплекса новых гибридов кукурузы, показали существенное превышение над стандартным гибридом Белкорн 250 МВ, а так же над большинством гибридов иностранной селекции (табл. 19).

Необходимо отметить, что материнской формой у гибридов Эффектный СВ, Ресурсный СВ и Стабильный СВ, является высокопродуктивный стерильный простой гибрид «Сириус С». Но данный факт не помешал наличию существенных различий даже между этими гибридами кукурузы, следовательно, значительный вклад в формирование повышенного количества каротиноидов вносит и отцовский форма скрещивания.

*Таблица 21. Содержание каротиноидов в зерне отечественных и иностранных гибридов кукурузы (в пересчёте на лютеин), 2018 г.*

№ п/п	Название гибрида	Количество каротиноидов, мг/кг	± к St.
1	Белкорн 250 МВ (St.)	9,7	-
2	Эффектный СВ	14,0	4,3
3	Ресурсный СВ	18,4	8,7
4	Стабильный СВ	15,0	5,3
5	Достойный СВ	19,8	10,1
6	ГИС 1 (Майзадур)	11,9	2,2
7	ГИС 2 (Майзадур)	13,5	3,8
8	ГИС 3 (Майзадур)	10,0	0,3
9	ГИС 4 (Сингента)	16,9	7,2
10	ГИС 5 (Сингента)	16,6	6,9
11	ГИС 6 (Монсанто)	13,5	3,8
12	ГИС 7 (Вудсток)	16,9	7,2
	Среднее	15,4	
	НСР0,05	3,29	

Из набора представленных гибридов кукурузы, наибольшей концентрацией каротиноидных пигментов в зерновом комплексе отличается гибрид Достойный СВ с содержанием 19,8 мг/кг. Данный гибрид в качестве отцовского компонента имеет оригинальную самоопылённую линию кукурузы SB 5-1, являющуюся естественным восстановителем «С»-типа ЦМС, которая, по нашему мнению, вносит значительный вклад в формирование повышенной величины концентрации каротиноидов зернового комплекса указанных гибридов.

Наряду с изучением количества каротиноидов в зерне исследуемых гибридов кукурузы, интерес представляет их сбор с единицы площади в зависимости от величины урожайности зерна данных гибридов (табл. 20).

*Таблица 22. Урожай зерна гибридов кукурузы и сбор каротиноидов с единицы площади (в пересчёте на лютеин), среднее 2018 – 2019 гг.*

№ п/п	Название гибрида	Урожай зерна, т/га	Количество каротиноидов, г/га	± к St., г/га
1	Белкорн 250 МВ (St.)	7,7	84,7	-
2	Эффектный СВ	7,6	121,6	36,9
3	Ресурсный СВ	7,7	154,0	69,3
4	Стабильный СВ	7,3	124,1	39,4
5	Достойный СВ	7,7	169,4	84,7
	Среднее	7,6	130,8	
	НСР <sub>0,05</sub>	0,73	6,26	
	V,%	2,3	25,0	

Из данных таблицы 20 видно, что в среднем за два года исследования существенные различия по зерновой продуктивности отсутствовали в результате сложившихся засушливых условий, выпавших на критические фазы развития растений. Однако, среди указанных гибридов кукурузы, количественный сбор каротиноидов с единицы площади значительно варьирует ( $V = 25,0\%$ ). Так гибриды Эффектный СВ и Стабильный СВ обеспечивают увеличение сбора каротиноидов на 36,9 и 39,4% соответственно, Ресурсный СВ стремится к удвоению (69,3%), а Достойный СВ удваивает (100,0%) сбор с единицы площади по отношению к стандарту.

Для подтверждения предположений в отношении особенностей формирования общего количества каротиноидов при гибридизации кукурузы и выявления источников данного признака, в 2018-2019 годах проведён сравнительный анализ родительских компонентов входящих в формулы гибридов по данному признаку (табл. 23).

**Таблица 23. Содержание каротиноидов в зерновом комплексе гибридов кукурузы и их родительских формах (в пересчёте на лютеин), 2018 – 2019 гг.**

№ п/п	Название компонента	Количество каротиноидов, мг/кг		
		2018 г.	2019 г.	Среднее
1	Бк 207 С	8,4	9,6	9,0
2	ЕМ 10 зС	25,8	27,4	26,6
3	Сириус С	21,2	23,9	22,5
4	РВП 23-3 СВ	17,6	18,4	18,0
5	РПВ 12-1 СВ	20,1	23,6	21,9
6	Бк 108-2 СВ	16,7	19,1	17,9
7	Эффектный СВ	14,0	18,0	16,0
8	Ресурсный СВ	18,5	21,1	19,8
9	Стабильный СВ	15,1	18,9	17,0
	Среднее	17,5	20,6	19,1
	НСР <sub>0,05</sub>	2,97	3,69	

Дисперсионный анализ показал, что в исследуемом наборе форм кукурузы имеются существенные различия по содержанию каротиноидов в зерновке. Из таблицы видно, что накопление каротиноидов в 2018 году проходило менее интенсивно в сравнении с 2019 годом, что возможно вызвано сложившимися климатическими условиями. На ряду с этим, максимумы и минимумы накопления каротиноидов у родительских компонентов и гибридов кукурузы по годам в целом не изменяются. Максимальное накопление характерно для самоопылённой линии ЕМ 10 зС – 26,6, а минимальное самоопылённой линии Бк 207 С – 9,0 мг/кг. Повышенным накоплением отличаются материнская форма – простой гибрид «Сириус С» и отцовская форма трёхлинейного гибрида Ресурсный СВ – самоопылённая линия РВП 12-1 СВ – 22,5 и 21,9 мг/кг, соответственно.

Материнская форма простого стерильного гибрида «Сириус С» – Бк 207С с общим количеством каротиноидов – 9,0 мг/кг, существенно уступает отцовской ЕМ 10зС – 26,6 мг/кг. Учитывая количество каротиноидов сформированное гибридом «Сириус С» – 22,5 мг/кг, можно констатировать не полное доминирование отцовской формы над материнской у данного гибрида. В свою очередь отцовские формы трёхлинейных гибридов – РВП 23-3 СВ и Бк 108-2 СВ, имеют существенно меньшую (18,0 и 17,9 мг/кг, соответственно), а РВП 12-1 СВ сравнимую (21,9 мг/кг) концентрацию каротиноидов по отношению к материнскому гибриду «Сириус С», что в результате отражается на количестве каротиноидов и у трёхлинейных

гибридов кукурузы – Эффектный СВ, Стабильный СВ и Ресурсный СВ, соответственно. Данный факт подтверждает существенность вклада отцовского компонента гибрида в накопление каротиноидных пигментов зерном кукурузы.

В результате проведённого сравнительного анализа гибридов кукурузы и их родительских форм, подтверждена возможность генетического контроля концентрации каротиноидов в зерновом комплексе гибридов кукурузы за счёт компонентов скрещивания.

Последние достижения в области молекулярной биологии позволили выявить ключевые гены, участвующие в биосинтезе каротиноидов.

Способность к накоплению значительного количества каротиноидов зерном кукурузы, является главным источником провитамина А (про-А) [98, 99].

По данным Всемирной организации здравоохранения, витамин А является одним из наиболее дефицитных витаминов, необходимых для жизнедеятельности человека [100 (9)]. Организм человека не способен синтезировать собственный витамин А, поэтому его необходимо обеспечивать за счёт рациона. В зерне кукурузы содержатся четыре преобладающих каротиноидных соединения: (β)-каротин, (β)-криптоксантин, зеаксантин и лютеин. Однако только (β)-каротин обладает самой высокой активностью провитамина А [101].

Установлено, что у кукурузы решающую роль в данном процессе играют три гена – *Psy1*, *LcyE* и *CrtRB1*, которые кодируют основные ферменты биосинтетического цикла каротиноидов [102].

С появлением возможности проведения ПЦР-анализа по идентификации целевых генов ответственных за формирование повышенного уровня накопления каротиноидов зерном кукурузы, осуществлён скрининг ранее исследуемых самоопылённых линий, родительских форм и гибридов созданных на их основе.

Целью нашего исследования было выявить генотипы с благоприятными аллелями гена *CrtRB1* и *Psy1*, ассоциированными с высоким уровнем про-А в зерне кукурузы.

Результаты исследования полиморфизма гена *CrtRB1* в 22 образцах кукурузы отражены на электрофореграмме (рис. 9).



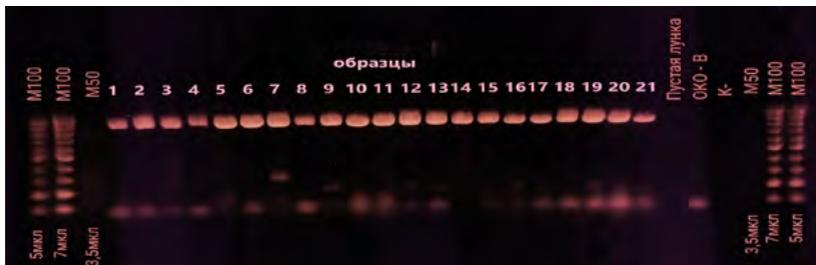
**Рисунок 5. Электрофореграмма продуктов амплификации с праймером к полиморфизму *CrtRB1* 3'ТЕ**

(*M* – маркер молекулярного веса, *ОКО-В* – отрицательный контроль выделения, *К* – отрицательный контроль амплификации; 1 – Бк 8-1, 2 – ЕМ 10, 3 – ЕМ 66, 4 – *SB* 5-1, 5 – ЕМ 10, 6 – РВП 23-3, 7 – РВП 12-1, 8 – Бк 207, 9 – *Ик* 108-2, 10 – *Орион С*, 11 – Бк 8-1 × ЕМ 66, 12 – *Сириус С* × *SB* 5-1, 13 – (Бк 207 × ЕМ 66) × РВП 12-1, 14 – (Бк 207 × ЕМ 66) × РВП 23-3, 15 – (Бк 207 × ЕМ 66) × *SB* 5-1, 16 – (Бк 8-1 × ЕМ 66) × *SB* 5-1, 17 – *Сириус С*, 18 – Бк 207 × ЕМ 66, 19 – (Бк 207 × ЕМ 10) × РВП 12-1, 20 – *Сириус С* × РВП 23-3, 21 – *Орион С* × *SB* 5-1, 22 – *Сириус С* × *Ик* 108-2).

Изучение 3'ТЕ полиморфизма гена *CrtRB1* в 22 образцах кукурузы выявило наличие как благоприятного аллеля 1 (543 п.н.), так и неблагоприятного аллеля 2 (296 п.н.). Присутствия неблагоприятного аллеля 3 в исследованном материале не обнаружено.

Анализ амплифицированных фрагментов показывает, что в большинстве генотипов присутствует благоприятный аллель 1 (543 п.н.). Образцы: 11, 12, 16, 17, 19, 20 несут в себе неблагоприятный аллель 2 (296 п.н.).

Результаты амплификации целевого гена *Psy1* приведены на ниже следующей электрофореграмме (рис.10).



**Рисунок 6. Электрофорезграмма продуктов амплификации с праймером к полиморфизму *Psu1***

(*M* – маркер молекулярного веса; *ОКО-В* – отрицательный контроль выделения; *К-* – отрицательный контроль амплификации; 1 – Бк 8-1, 2 – ЕМ 10, 3 – ЕМ 66, 4 – СВ 5-1, 5 – РВП 23-3, 6 – РВП 12-1, 7 – Бк 207, 8 – Ик 108-2, 9 – Орион С, 10 – Бк 8-1×ЕМ 66, 11 – Сириус С×СВ 5-1, 12 – (Бк 207×ЕМ 66)×РВП 12-1, 13 – (Бк 207×ЕМ 66)×РВП 23-3, 14 – (Бк 207×ЕМ 66)×СВ 5-1, 15 – (Бк 8-1×ЕМ 66)×СВ 5-1, 16 – Сириус С, 17 – Бк 207×ЕМ 66, 18 – (Бк 207×ЕМ 10)×РВП 12-1, 19 – Сириус С×РВП 23-3, 20 – Орион С×СВ 5-1, 21 – Сириус С×Ик 108-2).

В результате исследования полиморфизма гена *Psu1*, целевой аллель (934 п.н.) идентифицирован в геноме всех исследуемых генотипов. Следовательно, дифференциацию по общему содержанию каротиноидов среди исследуемых форм обуславливают предположительно альтернативные аллели указанного гена, а также взаимодействие «генотип – среда».

Таким образом, в результате выполнения данной тематики, выделены оригинальные самоопылённые линии: ЕМ 66 и СВ 5-1, формирующие стабильно повышенное общее содержание каротиноидов в зерне кукурузы на уровне – 21,2 и 27,8 мг/кг в пересчёте на лютеин, соответственно. Указанные генотипы объединены в гибридную комбинацию под названием Каротиноидный СВ, которая передана на испытание в Госорткомиссию РФ в 2024 году.

На основе разработанной и реализованной в ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» селекционной программе в последние годы созданы и внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ семь конкурентоспособных гибридов кукурузы: Эффектный СВ, Ресурсный СВ, Стабильный СВ, Достойный СВ, Коренастый СВ, Ладный СВ и Славный СВ различного направления использования со скороспелостью от 170 до 290 единиц ФАО, которые отвечают требованиям современного сельскохозяйственного производства и способны формировать потенциальную продуктивность по урожайности зерна на уровне 10 т/га.

### **3.5. Развитие селекционных и генетических исследований в лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы**

В Белгородской области при возделывании озимой мягкой пшеницы значительную долю посевов составляли сорта украинской селекции. После разделения территории Советского Союза на отдельные республики и формированием границы между ними возникла необходимость организации селекционно-семеноводческих исследований по зерновым культурам на данной территории. Инициатором начала работы по селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Белгородской области явился губернатор Евгений Степанович Савченко. На его инициативу откликнулся ряд научных работников Селекционно-генетического института УААН (Одесса).

Лаборатория селекции и семеноводства пшеницы была организована на базе Центрально-черноземного филиала Всероссийского института удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова в июне 1996 года. Лабораторию селекции и семеноводства пшеницы возглавили кандидат биологических наук В.П. Нецветаев и ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук Р.Е. Шестопалова. В состав коллектива лаборатории вошли младший научный сотрудник Нечаева Н.В., агрономы Шестопалов И.О., Плюшкина Н.В., Петренко А.В. и механизатор Михайлов А.Н., а также кандидат сельскохозяйственных наук Мельников В.И. В.И. Мельников возглавил группу по селекции и семеноводству ячменя с сотрудниками Григорян И.М., Батурина Т.В. и Шерстюкова Л.В.

Учитывая специализацию этого научного учреждения по земледелию, возникла необходимость в дополнительной селекционной технике, необходимой для проведения селекционных и семеноводческих исследований. В этом плане комбайн САМПО-130 был переоборудован под уборку деланочных посевов. Проблемой оставалось отсутствие селекционной сеялки. Селекционное оборудование в Советском Союзе производил Московский завод опытных конструкций (Москва). Связь с ним не дала результатов, он был перепрофилирован и прекратил выпуск селекционной техники. В связи с этим, была налажена связь с другими существующими селекцентрами (Одесса, Харьков, Краснодар, Ульяновск), чтобы приобрести хотя бы части от селекционных сеялок и собрать комплект сеялки с аппаратом центрального высева СНК-6-10 на базе трактора СШ-75. Значительную техническую роль в сборе, комплектации сеялки и модификации комбайна сыграл А.М. Михайлов. Учитывая, что к деланочному посеву озимой мягкой пшеницы под урожай 1997 г. Своя сеялка еще не была готова, селекционную сеялку арендовали у фирмы «БелСелект».

Исходный растительный материал для закладки селекционных опытов был привезен из Селекционно-генетического института (лаборатория биологии развития сельскохозяйственных растений, отдел генетических основ селекции, отдел селекции и семеноводства ячменя) а также дополнен коллекцией ряда сортов озимой пшеницы разных селекционных центров России. В таком составе коллектива лаборатория селекции и семеноводства проработала до 2000 года. За это время была изучена коллекция сортов озимой пшеницы, создан исходный растительный материал данной культуры, начато проведение генетических исследований по зимостойкости и устойчивости к заболеваниям и т.д. По результатам конкурсных испытаний в 1999 году было передано на государственное испытание два сорта пшеницы БЕЛНИИСХ 1, БЕЛНИИСХ 2 и два сорта ярового ячменя Владислав и Хаджибей, а также начато первичное семеноводство сорта озимой мягкой пшеницы Одесская 267, районированного по региону с 2001 года. Переданные на государственные испытания сорта озимой пшеницы были раннеспелыми. Так, БЕЛНИИСХ 1 выколашивался на 8 дней раньше стандарта Белгородской 12, а БЕЛНИИСХ 2 – на 14 дней. Анализ сортового районирования по 5 региону показал отсутствие в нем раннеспелых сортов озимой пшеницы. Это не было случайностью. В последний год испытания переданные сорта пострадали от весенних заморозков. Рассмотрение сложившейся ситуации показало, что такие формы переходят к следующей фазе развития и теряют закалку. Соответственно, в этой фазе, они оказываются более чувствительны к весенним заморозкам даже по сравнению с яровым ячменем.

В 2000 году большая часть сотрудников лаборатории селекции и семеноводства пшеницы перешла на работу в фирму ИНТЕКО. В составе лаборатории остались доктор биологических наук В.П. Нецветаев и младший научный сотрудник А.В. Петренко. В 2002 году данная лаборатория была доукомплектована биологом-исследователем Е.М. Тупальской, младшим научным сотрудником М.В. Малышевой и агрономом-семеноводом Е.В. Коптевой, а также И.П. Моториной аспиранткой Белгородского ГУ. Поэтому селекционно-семеноводческая работа продолжилась в новом составе. В результате в 2002 году были переданы на государственное сортоиспытание по 5-му региону России новые сорта. Коротышка и Синтетик. За это время в области генетики и селекции зерновых В.П. Нецветаевым были обобщены собственные исследования, выполненные как в ВСГИ (Одесса), так и в Белгородском НИИСХ, которые были включены в докторскую диссертацию по теме: «Теоретические основы использования белкового полиморфизма для оптимизации селекционного процесса» по специальности генетика.

Учитывая первый, неудачный опыт передачи сортов озимой пшеницы в Госкомиссию РФ по сортоиспытанию, была развернута работа по изучению влияния и оценке лимитирующих перезимовку озимых факторов

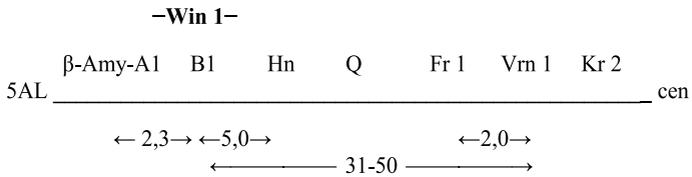
внешней среды, характерных для Белгородской области. С этой целью для выявления лимитирующих перезимовку озимых факторов были подобраны образцы зерновых дифференциаторов зимостойкости, включающие следующие культуры и сорта: озимый ячмень Одесский 165, озимая твердая пшеница Алый парус, озимый тритикале Привада, озимая мягкая пшеница Белгородская 12, БелНИИСХ 1, № 500, Мироновская 61. Это позволило целенаправленно оценивать, создаваемый селекционный материал, по зимостойкости. Так, по морозостойкости дифференциаторы составляют ряд: Привада > № 500, БелНИИСХ 1 > Белгородская 12 > Алый парус > Одесский 165. По устойчивости к анаэробнозису в зоне корней они образуют следующую последовательность: Привада > Одесский 165 > БелНИИСХ 1 > Мироновская 61 > Белгородская 12 > № 500, Алый парус. Соответственно, появилась возможность оценивать тип зимостойкости или их сочетания в разные годы испытаний селекционного материала. Сложившиеся погодные условия холодного периода 2002 года способствовали выделению форм, обладающих таким типом зимостойкости, как реакция на резкое снижение температур.

Кроме этого, был локализован в хромосоме 1А ген, обозначенный как Win 1 (Winter 1), обуславливающий устойчивость к анаэробнозису озимой мягкой пшеницы (рис. 1). Он оказался тесно сцепленным с локусом B1b1 (Безостость vs. Остистость) величиной в 3-5% рекомбинации [103].

И.П. Моториной и А.В. Петренко была начата научная работа по исследованию эффективности генов устойчивости к бурой ржавчине на основе изолятов, выделенных с №132/03 и протестированных на изогенных линиях. Оно показало, что в текущем году (2003) распространение имели расы фитопатогена, обладающих вирулентностью к генам: Lr1, Lr2a, Lr2в, Lr2с, Lr3, Lr 3вg, Lr10, Lr11, Lr14a, Lr14в, Lr3O, Lr32, Lr33, Lr34. В то же время обнаружили эффективность к местной популяции рас бурой ржавчины гены: Lr3ка, Lr9, Lr12, Lr13, Lr15, Lr17, Lr18, Lr19, Lr20, Lr21, Lr22, Lr24, Lr25, Lr2 8, Lr3 5 и дополнительно сорт яровой мягкой пшеницы Прохоровка.

По результатам Государственных испытаний в реестр допущенных к использованию по 5 региону РФ с 2008 года были включены сорта озимой мягкой пшеницы лаборатории: Синтетик и Ариадна (переданный на испытания в 2003 г.). Характерно, что в Курской области в 2008 г. Сорт Синтетик дал урожай 109 ц/га (данные инспектуры по Курской области). Ближайший к нему по продуктивности сорт Львовская 4 дал урожай 99,3 ц/га. В 2004 году на Государственные испытания был передан сорт озимой мягкой пшеницы Богданка. Он был получен с использованием сложного скрещивания и межвидовой гибридизации, включающей одесскую популяцию *Aegilops cylindrica*. Сорт интересен тем, что в его эндосперме накапливается лютеин (каротиноид), что крайне важно для животноводства, особенно в птицеводстве, и по данному количественному показателю

приближается к зерновой кукурузе. Другой особенностью сорта, является повышенная способность его к весеннему кущению, чем он выгодно отличается от существующих сортов озимой пшеницы.



*Рисунок 7. Верх – Перезимовка озимых в 2001-02 г.  
(весна 2002 г., Гонки).*

*Слева направо: Белгородская 12, Алый парус, Одесская 161.  
Низ – карта сцепления локусов хромосомы 5А мягкой пшеницы.  
Жирным выделен ген, обуславливающий устойчивость сорта к анаэробнозису в зоне корней.*



*Нецветаев В.П. проводит занятия со студентами по генетике и биотехнологии растений в Белгородском ГУ (25.10.2006)*

Руководитель лаборатории селекции и семеноводства пшеницы постоянно участвовал в подготовке студентов БелГУ по дисциплинам: биотехнология, генетика, экологическая генетика, молекулярная генетика. Он являлся также членом диссертационного совета БелГУ по защитах диссертаций по специальности «генетика» при медицинском факультете, а с 2023 года по специальности «селекция, семеноводство и биотехнология» БелГУ при институте фармации, химии и биологии.

С 2008 года состав лаборатории селекции и семеноводства пшеницы несколько изменился. К этому времени покинули подразделение в связи со сменой работы М.В. Малышева, Е.В. Коптева и Е.М. Тупальская. Вновь поступившими в лабораторию стали младшие научные сотрудники Л.С. Бондаренко (Пашенко), О.В. Акиншина, И.М. Михайленко, а с 2010 г. Т.А. Рыжкова.



*Сотрудники лаборатории селекции и семеноводства (16.04.2008).  
Слева – направо: Л.С. Бондаренко, И.М. Михайленко и О.В. Акинишина*

В этот период в данном научном подразделении была разработана методика оценки количества дисульфидных связей в белковом комплексе зерна для оценки его качества, связанного с агрегацией пептидов в клейковину. На основе этого было показано, что качество клейковины зависит от количества-S-S- связей в белковом комплексе эндосперма.

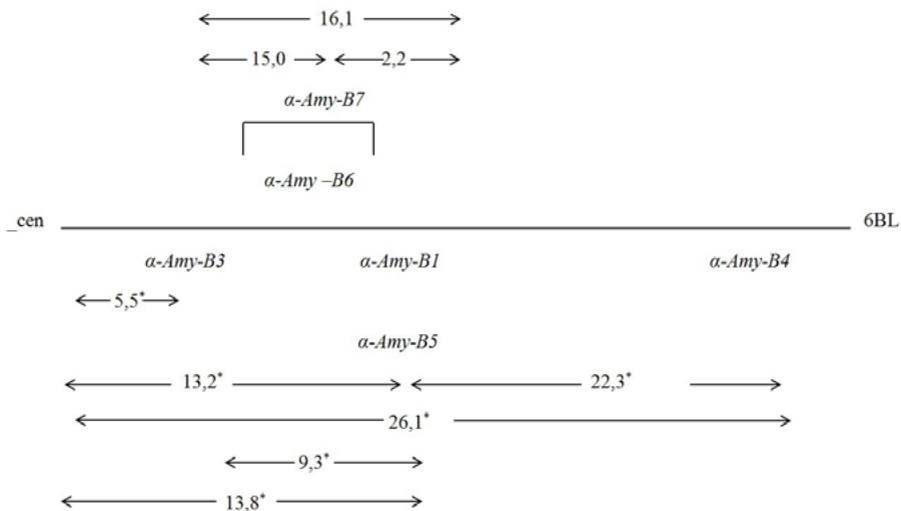
В 2008 году в Белгородской области был проведен «День Российского поля». В нем активное участие приняла лаборатория селекции и семеноводства пшеницы Белгородского НИИСХ. Были представлены демонстрационные посевы всех сортов озимой мягкой пшеницы селекции данного научного подразделения, включенные в реестр районированных по региону к этому времени. Ко «Дню поля» были подготовлены и представлены рекламные материалы с описанием биологических особенностей созданных сортов этой культуры.



*Нецветаев В.П. демонстрирует посевы сортов озимой мягкой пшеницы селекции Белгородского НИИСХ районированных по региону ко Дню Российского поля, 5.07.2008*

Научную работу в качестве аспирантов на базе лаборатории проводили Л.С. Бондаренко и О.В. Акиншина, а позже и Т.А. Рыжкова. Направление научных исследований Л.С. Бондаренко было посвящено генетике изоферментного состава альфа амилазы мягкой пшеницы и ее роль в формировании некоторых количественных признаков создаваемых сортов этой культуры. В результате, был идентифицирован дополнительные локусы  $\alpha$ -Аму В6 и  $\alpha$ -Аму В7, контролирующие альфа-амилазу, и определен порядок расположения их на генетической карте хромосомы 6В (рис. 8).

Оценка ассоциации изоферментного состава альфа-амилаз с количественными признаками показала, что различия генотипов пшеницы по этому ферменту, обусловленные генами хромосомы 6В, были связаны с датой колошения растений и устойчивостью к прорастанию зерна на корню. Продемонстрирована динамика изменения встречаемости некоторых фенотипов по изоферментам альфа-амилазы озимой мягкой пшеницы в направлении юг–север и запад–восток на территории европейской части России и на Украине. Так, генотипы по локусам  $\alpha$ -Аму наиболее часто встречающиеся среди сортов южной селекции существенно реже наблюдались у сортов белгородской селекции.



**Рисунок 8. Порядок расположения локусов, контролирующих синтез  $\alpha$ -амилаз пшеницы, в длинном плече хромосомы 6В (\* данные Nishikawa K. Et al., 1993).**

О.В. Акиншина исследовала роль бета-амилазы в формировании качества зерна мягкой пшеницы и особенности ее генетического контроля. На основе анализа изоферментов бета-амилазы и его влияния на количество дисульфидных связей белкового комплекса установлено, что один из наиболее распространенных вариантов этого фермента обуславливает положительное влияние на формирование показателей качества зерна. Идентифицирован и локализован локус  $\beta$ -Amy-A1, в хромосоме 5A на расстоянии  $13,70+3,37\%$  рекомбинации от гена B1, и  $\beta$ -Amy-D1, расположенный в хромосоме 4D на расстоянии около  $36,1\%$  рекомбинации от гена Rht2. Наследственные варианты бета-амилазы существенно влияют на формирование показателей качества, связанных с белковой частью зерна и не затрагивают показателей качества, связанных с углеводной частью эндосперма.

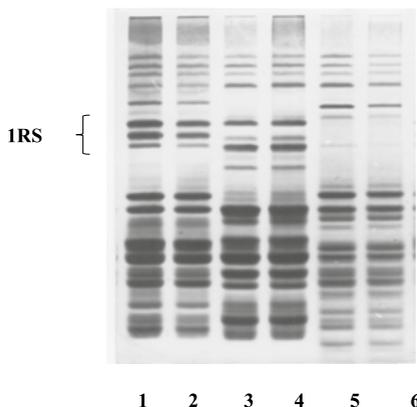
В эти годы на качество клейковины оказывало влияние поражение зерна клопом вредная черепашка, что маскировало выявление наследственных различий селекционных образцов по качеству. Для преодоления данного препятствия при исследовании клейковины была разработана модификация стандартного метода (ГОСТ 9353-90, ГОСТ 13586.1-68) оценки качества клейковины с помощью прибора ИДК (индекс деформации клейковины). Модификация заключалась в том, что замес шрота проводился в 0,05М растворе уксусной кислоты. Это позволяет инактивировать

ферменты вредного клопа-черепашки и увеличить способность клейковинных белков к агрегации, что связано с их первичной структурой, т.е. наследственностью. Это позволило выделить перспективные по качеству селекционные формы. Соответственно, одна из них (№57/06), характеризующаяся клейковиной первой группы качества в 2006 г. Была передана на государственные испытания под названием Корочанка. По результатам государственных испытаний она районирована по нашему региону с 2011 г. И Госкомиссией по сортоиспытанию была внесена в список ценных по качеству. Это подтвердило значимость разработанного подхода для оценки качества клейковины в условиях наличия клопа вредная черепашка. В этом же году на государственные сортоиспытания были переданы следующие сорта озимой мягкой пшеницы Везёлка и Козачья.

В 2009 г. Наблюдалось поражение мягкой пшеницы головней. В связи с этим в последующие годы начали использовать протравливание всего селекционного и семеноводческого материала. Используя, разработанный в лаборатории подход для оценки качества муки, проводили оценку зерна в селекционном материале на наличие межмолекулярных дисульфидных связей белкового комплекса эндосперма. Сорта Синтетик и Богданка характеризовались наиболее низкими величинами этого показателя, что подтвердили данные оценки качества клейковины и электрофоретического анализа клейковинных белков. Так, было установлено, что сорт Синтетик несет ржаную транслокацию 1BL.1RS, а Богданка – транслокацию 1AL.1RS. Ржаная транслокация в коротких плечах хромосом 1B и 1A у пшеницы снижает качество зерна, т.к. в коротком плече ржаной хромосомы 1RS находятся локусы, контролирующие синтез запасных белков эндосперма (рис. 4). В то же время, называемые «супер» сильные сорта пшениц, например, Селянка одесская, отличались высокими показателями наличия дисульфидных связей (около 7 усл. Ед.). №79, в создании которого участвовала Селянка одесская, также выделялся по данной характеристике качества клейковинных белков.

По результатам государственных испытаний в реестр сортов озимой мягкой пшеницы допущенных к использованию по 5 региону РФ с 2009 года внесен сорт озимой мягкой пшеницы Богданка селекции нашего учреждения. С началом весенней вегетации 2010 года наблюдалось сильное поражение скрытостебельными вредителями (злаковые мухи). Шведской мухой были поражены даже посевы кукурузы (до 50-60% растений). Это явилось основным фактором, оказавшим влияние на формирование урожая пшеницы. Оценка на устойчивость к скрытостебельным вредителям селекционного материала озимой мягкой пшеницы выразилась в реакции растений на вредителя в виде непродуктивного кущения. Она варьировала от 2,0 до 3,5 баллов. Совершенно устойчивых форм среди

коллекционного и селекционного материала не обнаружено. Источником вредителя явилось поле с падалицей. Соответственно, деланки расположенные ближе к очагу распространения вредителя поражались значительно сильнее, по сравнению с более удаленными от него. Это существенно сказалось на динамике урожайности селекционных посевов.



**Рисунок 9. Электрофореграммы глиадинов зерна мягкой пшеницы.**

*Фигурная скобка обозначает зону с вариантами белков ржи, свидетельствующих о наличии ржаных транслокаций в геноме пшеницы: 1-2 – аллели Gld-1A17 транслокация IRS.1AL; 3-4 – аллели Gld-1B3 транслокация IRS.1BL. 5-6 – пшеница с нормальным кариотипом.*

К 2010 году институтом было приобретено новое оборудование Mixolab (Франция) для оценки реологических свойств муки пшеницы (рис. 9). Это позволило выделить ряд перспективных по реологическим свойствам форм для дальнейшей селекционной работы, связанной с улучшением хлебопекарных качеств муки. Так, по максимальным значениям такого показателя как «Замес» в интервале от 4 до 5 можно отбирать образцы с повышенными показателями качества, связанных с белковой частью зерновки. Три реологических индекса характеризуют качество зерна, связанное с его углеводной частью. Достоинством прибора явилась возможность в одном анализе оценивать 5 показателей, обуславливающих формирование муки повышенного качества. К работе на этом приборе активно подключилась Т.А. Рьжкова. Так, совместно с М.Ю. Третьяковым они провели исследование по влиянию добавок зернобобовых в пшеничную муку на реологические свойства теста. В частности они показали, что добавление бобового компонента в пшеничный размол позволяет улучшить физические свой-

ства клейковины как «сильных», так и более «слабых» сортов пшеницы при поражении их вредным клопом-черепашкой, что позволит получить более качественную по потребительским свойствам выпечку. Это направление научной работы послужило отправной точкой у Т.А. Рыжковой для формирования диссертационного исследования на мягкой пшенице. В целом тематика ее работы была посвящена изучению роли генов углеводного и белкового комплексов эндосперма в формировании качества зерна пшеницы.



*Бондаренко Л.С. проводит анализ реологических свойств зерна разных образцов озимой мягкой пшеницы на приборе Миксолаб (Франция)*

Все эти годы лаборатория сотрудничала с отделом генетических основ селекции Селекционно-генетического института (Одесса). 17-19 октября 2012 года отмечалось 100-летие образования этого научного учреждения. В международной конференции, посвящённой этой дате, от Белгородско-го НИИСХ выступал В.П. Нецветаев. В конференции от лаборатории селекции и семеноводства пшеницы БелНИИСХ приняла участие также и Т.А. Рыжкова. Используя свой богатый опыт и данные своих исследований сотрудники лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы тесно взаимодействовали также со своими коллегами в области селекции и генетики пшеницы из Национального центра зерна им. П.П. Лукьяненко (Краснодар), Аграрного научного центра «Донской» (Зерноград, Ростовская обл.), Института общей генетики РАН (Москва), и Института растениеводства им. В.Я. Юрьева (Харьков). Белгородский НИИСХ принимал участие в Украинско-Российском форуме селекционеров – растениеводов, организованном министерствами сельского хозяйства этих стран, продолжил научное сотрудничество с институтом растениеводства НААН Укра-

ины (г. Харьков), институтом защиты растений НААН Украины (г. Киев). Результатом сотрудничества стало внедрение образцов мировой коллекции пшеницы с генами *wx* в селекционный процесс для создания новых сортов озимой пшеницы продовольственного направления.



*Нецветаев В.П. (в центре) участник юбилейной конференции СГИ (Одесса) 18.10.2012.*

*Справа А.Н. Хохлов (отдел генетических основ селекции СГИ).*

Кроме этого, лаборатория сотрудничала с ООО «НТЦ БИО» (г. Шебекино) и закладывала полевые опыты по изучению эффективности использования инокуляции семян нута разных сортов клубеньковыми бактериями. Результаты исследований 2013 года показали, что сорта нута по разному реагировали на этот агроприем. Наиболее значимая прибавка урожая у бобовых проявилась на сорте Приво 1 по сравнению с сортом Краснокутский 36, что производственники должны учитывать в своей работе. В последующие годы сотрудничество с ООО «НТЦ БИО» продолжилось с привлечением не только бобовых культур (нут, белый люпин), но и зерновых. В целом эффективность использования микробиологических препаратов зависит от погодных условий года. Во влажные годы их эффективность значима, в сухие – не существенна. По результатам, проведенных испытаний, микробиологическое удобрение Биогор был включен в список допущенных к использованию на бобовых и зерновых культурах.

К 2012 году созданы новые сорта озимой мягкой пшеницы Везёлка и Козачья, которые были переданы на государственные испытания. Везёлка обладает повышенным качеством зерна и продуктивностью более чем на 20% выше в сравнении со стандартом в условиях ЦЧЗ (5 регион РФ). В соответствии с вариантами глимидина сорт может относиться к группе очень хороших по качеству, согласно классификации М.М. Копусь (1988).

Имеет бета-амилазу варианта А, с положительным влиянием на качество белкового комплекса. Козачья, судя по вариантам глиадина, может относиться к группе отличных по качеству, имея также изофермент А бета-амилазы. В 2012 году в период налива и уборки урожая выпало значительное количество осадков, что проводило к стеканию и прорастаемости зерна в колосе. Исследование сопряженности проросшего зерна с вариантами альфа-амилаз показало, что формы, несущие определенные сочетания изоферментов (АУХ, АВУ или АСХ) характеризовались значительно большей устойчивостью к прорастанию зерна на корню, чем генотипы с другим сочетанием вариантов амилаз. Это позволяет целенаправленно идентифицировать и отбирать генотипы мягкой пшеницы устойчивые к данному негативному воздействию внешней среды. Установлена динамика изменения встречаемости некоторых фенотипов по изоферментам альфа-амилазы озимой мягкой пшеницы в направлении юг-север и запад-восток на территории Европейской части России и на Украине. На основании полученных данных следует, что в условиях ЦЧР РФ при селекции озимой мягкой пшеницы следует вести отбор в сторону увеличения частот встречаемости вариантов  $abCde$ ,  $AbCde$  и  $AbCDE$ .

В связи введением в селекционную работу по озимой мягкой пшенице носителей генов  $Wx$  была разработана методика идентификации генотипов, различающихся по числу рецессивных генов  $wx$ , на основе анализа пыльцевых зерен гибридов  $F_1$ , а также прибор Миксолаб, позволяющий идентифицировать рецессивные гомозиготы  $wx$ . На основе предложенной методики идентификации генов  $wx$  у родителей по пыльце растений  $F_1$  идентифицировали генотипы ряда сортов собственной селекции и ино-районной селекции. Так, сорта Богданка и Корочанка являлись носителями трех доминантных генов  $Wx$ , Везелка, Волжская 100 и Уни 1 – двух доминантных генов  $Wx$  и одного – рецессивного, а Синтетик, Белгородская 19 и Козачья – одного доминантного гена  $Wx$  и двух – рецессивных. Эти данные можно использовать в дальнейшей работе по созданию сортов озимой пшеницы с повышенным содержанием амилопектина в эндосперме.

С 2011 по 2013 гг. от ФГБОУ ВПО «Тюменская ГСХА» на базе лаборатории селекции и семеноводства пшеницы проходила стажировку аспирантка М.К. Ахтариева по программе «Методы определения биохимических показателей качества зерна» на сортах яровой мягкой пшеницы сибирской селекции. Большая часть проведенных в этом научном подразделении исследований легла в основу ее диссертационной работы и в совместные публикации с сотрудниками лаборатории в ведущих журналах по генетике и селекции.

В Госкомиссию РФ в 2013 подано две заявки на два сорта озимой мягкой пшеницы *Удачная* и *Волна*, предназначенных для возделывания в 5 ре-

гионе РФ. В эти годы начало наблюдаться поражение посевов пшеницы твердой головней, что повлияло на эффективность при отборе на зерновую продуктивность перспективного селекционного материала. В связи с этим переданные семена данных сортов для госиспытаний были протравлены от этого патогена, чтобы не занести головню на сортоучастки. В результате протравливание явилось основанием для отклонения госиспытаний данных сортов озимой пшеницы. С этого времени весь селекционный материал лаборатории перед посевом начал протравливаться. Сорт озимой пшеницы Везёлка, допущенный к использованию с 2017 г. По нашему региону, демонстрировал наступление нового этапа селекции в меняющихся условиях среды Белгородской области, показав наиболее высокую продуктивность по сравнению с предыдущими сортами селекции ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». На основе селекционных опытов была показана нецелесообразность использования инорайонных сортов в соответствующих зонах России, что свидетельствует о необходимости расширения селекционной работы по регионам Российской Федерации. Это может позволить более эффективно использовать потенциал озимой культуры мягкой пшеницы. Недобор урожайности от использования таких сортов в Белгородской области составил более 1,5 т/га.

На 2018 год лабораторией на основе проведенных анализов было отобрано пять селекционных образцов близких по реологическим показателям углеводной части семени амилопектиновому сорту – Софийке. Три из них превосходили этот сорт по качеству, связанному белковой частью семени. Для передачи таких форм на государственные испытания потребовались дополнительные испытания на зерновую продуктивность в течение ряда лет. Было установлено, что на водопоглотительную способность зерна влияют особенности как белковой, так углеводной части семени. В то же время, была обнаружена существенная положительная связь между урожайностью и водопоглотительной способностью зерна, что важно учитывать при планировании селекционных исследований. Этот год отличался в особенностях периода налива и созревания зерна озимых культур. Избыточная влажность внешних условий среды привела к прорастанию у озимых зерна в колосе. Это могло сказаться на урожайности и качестве полученного зерна. В свою очередь, данные условия позволяли исследовать сортовые реакции на данные неблагоприятные факторы среды 2018 года. В сложившихся условиях сорта отличались не только по урожайности, но и по выходу зерна после очистки. Так, среди районированных сортов нашей селекции выделились сорта Ариадна и Везёлка, имевшие выход не проросшего зерна 92%. Наименьшим выходом семян, несмотря на наибольшую урожайность, обладал сорт Богданка. Выход зерна у него составил 74%. Наиболее чувствительным к избыточному увлажнению оказался сорт Донской

селекции – Ермак, имевший выход зерна лишь 44%. Семьи сорта Богданка показали большую дифференциацию по выходу зерна, в отличие от семей сорта Синтетик. Установлено, что восприимчивость к прорастанию семей Богданки обусловлена двумя рецессивными генами с независимым типом наследования. Соответственно, это позволило улучшить сорт Богданку по устойчивости к прорастанию на корню. Установлена положительная связь между урожайностью семей и выходом полноценного зерна после очистки. В целом, сорта озимой твердой пшеницы оказались более чувствительны к переувлажнению по сравнению с озимой мягкой пшеницей. Высоким выходом зерна в сложившихся условиях отличались сорта Ариадна, Везёлка, Волна, Льговская 4, Безенчукская 380 и Hoff. В 2019 году поданы заявки на государственные испытания двух сортов озимой мягкой пшеницы Сирена и Заречная, а в следующем году еще одного сорта Лариса. Необычность этого года проявилась в поражении весной посевов озимой пшеницы снежной головней. Все образцы данной культуры местной и южной селекции были поражены этим патогеном. Единственный сорт, показавший устойчивость к нему был Скипетр, что позволило дополнить план гибридизации на этот год. По результатам четырехлетних испытаний (2017-2020) на государственные испытания передан новый сорт озимой мягкой пшеницы Ольшанка.

Исследование образцов с разным типом крахмала показало, что изменение амилозного типа крахмала на амилопектиновый у мягкой пшеницы приводит к существенному увеличению водопоглотительной способности муки, уменьшению водородных связей, вязкости, ретроградации. В то же время, это изменение не оказывает влияния на замес, амилазу, число дисульфидных связей и прорастаемость зерна на корню. Условия среды в период созревания зерна не затронули индексов вязкости и ретроградации у амилопектиновых генотипов, но оказали значительное влияние на данные показатели у образцов с амилозным типом крахмала. Таким образом, наследственное преобразование углеводной части эндосперма не приводило к изменению показателей, связанных с белковой частью зерна (замес, число дисульфидных связей), но затрагивает индексы качества, связанные с углеводной составной семени.

Образцы, несущие свойство мягкозерности отличались значительным уменьшением водопоглотительной способности муки, уменьшением числа водородных и дисульфидных связей между органическими молекулами. В то же время, это свойство не влияло на такие показатели как: замес, вязкость, амилаза, ретроградация и прорастаемость зерна в колосе. В то же время, на данные признаки существенное влияние оказывали условия среды в период созревания зерна.

В 2019 году на государственные испытания было передано два новых

сорта озимой мягкой пшеницы Сирена и Заречная, показавшие хорошие результаты по продуктивности и качеству зерна селекционных питомников «Белгородского ФАНЦ РАН». В 2020 году в госкомиссию по сортоиспытанию РФ был передан еще один сорт этой культуры Ольшанка. По результатам государственных испытаний с 2022 года включено в реестр допущенных к использованию по нашему региону (5 регион РФ) два сорта озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» Сирена и Заречная. Сорт Ольшанка оказался гетерогенным по генам, контролирующим глиадины и бета-амилазы. Следовательно, в процессе первичного семеноводства возможно его улучшение по ряду количественных признаков, включающих продуктивность и качество зерна.

С 2022 года лабораторию селекции и семеноводства пшеницы возглавил Игорь Олегович Шестопалов. В состав лаборатории вошли также младшие научные сотрудники Д.В. Володин и Г.И. Шестопалов. В.П. Нецветаев был переведен на должность эксперта по растениеводству и семеноводству ОПХ ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». В то же время, он продолжал вести научную программу по генетической паспортизации сортов озимой мягкой пшеницы. На основе данной программы в течение 2023-2024 гг. была проведена паспортизация 150 сортов озимой мягкой пшеницы по генам, контролирующим изоферменты бета-амилаз и варианты глиадина. Используя электрофоретические методики анализа сортовой принадлежности озимой пшеницы были исследованы партии семян этой культуры Белгородской области на сортовую чистоту. Полученные результаты по состоянию сортовой чистоты озимой пшеницы разных репродукций сельхозпредприятий данного региона были представлены в Россельхозцентр по Белгородской области. Под урожай 2023 года, в связи организационными изменениями лаборатории, селекционно-семеноводческие опыты пшеницы подготовленные В.П. Нецветаевым не были заложены. Они были высеяны в следующем году. По результатам исследования на 2025 год заложено размножение селекционной формы озимой пшеницы с повышенным содержанием амилопектина в зерне, которую предполагается передать на государственные испытания.

## **Перспективы развития селекции озимой пшеницы в Белгородской области.**

Актуальность проблемы обусловлена вариацией погодно-климатических показателей внешней среды. Более того, за последние годы начиная с 2008 средне годовая температура в регионе повысилась на 2,5-3,0 градуса от нормы. Несмотря на это, южные сорта озимой пшеницы не адаптированы к складывающимся условиям среды Центрально-черноземного региона. Так, в частности, одним из важных внешних факторов является континентальность климата, которая также определяет адаптационную способность генотипа, что показано ранее [104, 105]. В связи с вариацией во времени погодно-климатических факторов и положительной динамикой температур в последние годы, возрастает актуальность создания новых генотипов данной культуры, сочетающих наследственные факторы, обуславливающие наибольшую приспособленность к данным условиям среды и отличающихся при этом высоким потенциалом продуктивности. Проблема качества зерна также остается актуальной. Технологические свойства зерна определяются белковой и углеводной частями эндосперма. Так, в 2017 году, качество зерна в регионе лимитировалось углеводной составляющей зерна. Было очень высоко число падения, что значительно ухудшало технологические свойства муки. Следовательно, актуальной остается задача введения генов, обуславливающих формирование повышенного содержания амилопектина в эндосперме озимой мягкой пшеницы. Такие генетические источники, несущие гены *wx*, и улучшающие реологические свойства муки за счет изменения углеводного комплекса имеются в нашем распоряжении и вводятся в селекционную программу [106]. В качестве исходного материала для создания и оценки новых генотипов озимой мягкой пшеницы планируется использовать гибриды разных поколений от внутривидовых и межвидовых скрещиваний. В первом варианте привлекаются для гибридизации сорта и формы разного географического происхождения, в том числе несущие фрагменты чужеродного генетического материала. Во втором – для гибридизации с сортами и формами мягкой пшеницы привлекаются образцы тритикале и пшенично-пырейные октоплоиды. В последнем случае, для повышения адаптивных свойств в период перезимовки необходимо в культуру озимой пшеницы ввести наследственные факторы из хромосом ржи (от тритикале), обуславливающие повышенную устойчивость к переувлажнению в холодный период года. Это один из основных факторов ограничивающих хорошую зимостойкость в озимой культуре пшеницы в Центрально-черноземном регионе, в отличие от юга страны и Поволжья [107]. Для оценки адаптивных свойств созданных генотипов планируется ежегодное испытание их в условиях вре-

менной изменчивости погодно-климатических параметров. Для создания генотипов с повышенными технологическими свойствами зерна ставится задача введения в культуру трех рецессивных генов *wx*, обуславливающих синтез амилопектинового крахмала. Учитывая проведенные исследования по генетике этого признака [108], данная задача может быть решена только путем создания гетерогенного сорта по этим генетическим факторам, что и планируется при ее реализации. Качество, связанное с белковой частью зерна, обусловлено наследственными вариантами запасных белков эндосперма [109]. Соответственно, данную задачу планируется решать с помощью контроля вариантов запасных белков и бета-амилазы. Учитывая, что важную роль в этом играют дисульфидные связи между пептидами, формируя белковый комплекс, при оценке качества будет тестироваться число дисульфидных связей в муке между пептидами. Для этого будет использоваться методический подход, разработанный в нашей лаборатории [110].

### **Патенты на сорта зерновых селекции ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»**

Сорт ярового ячменя Хаджибей. Патент Российской Федерации на сорт № 2377 от 12.11.2004, код сорта 9904875.

Сорт озимой мягкой пшеницы Ариадна. Патент Российской Федерации на сорт № 4125 от 07.07.2008, код сорта 9610460.

Сорт озимой мягкой пшеницы Синтетик. Патент Российской Федерации на сорт № 4185 от 25.11.2008, код сорта 9705433.

Сорт озимой мягкой пшеницы Богданка. Патент Российской Федерации на сорт № 4186 от 25.11.2008, код сорта 9553372.

Сорт озимой мягкой пшеницы Корочанка. Патент Российской Федерации на сорт №5873 от 22.03.2011, код сорта 9360024.

Сорт озимой мягкой пшеницы Везёлка. Патент Российской Федерации на сорт №9249 от 30.08.2017, код сорта 8853515.

Сорт озимой мягкой пшеницы Сирена. Патент РФ на сорт Сирена (код: 8057019) № 12121 от 15.04.22.

Сорт озимой мягкой пшеницы Заречная Патент РФ на сорт Заречная (код: 8057018). № 12123 от 15.04.22.

Сорт озимой мягкой пшеницы Лариса. Патент РФ на сорт Лариса (код 8058984) № 13418 от 28.03.2024.

Сорт озимой мягкой пшеницы Ольшанка. Патент: № 13454 (Код сорта: 7954357). Дата регистрации патента: 04 апреля 2024г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографии представлены основные результаты научно-исследовательской деятельности Белгородского ФАНЦ РАН за 50 летний период. Отрезок времени в истории общества конечно небольшой, но если учесть интенсивность и насыщенность этих лет событиями, сложность противоречивость и драматизм общественной жизни, тернистость путей в науке, в судьбах людей, то это не так и мало. От образования филиала ЦЧФ ВИУА в 1975 году в эпоху расцвета социализма, до современного научного учреждения, принявшего на себя все исторические, политические перемены и реформы и не потерявшего своего уникального научного потенциала, Белгородский ФАНЦ РАН продолжает актуальные исследования, сформировав оптимальную структуру.

По словам основателя ЦЧФ ВИУА академика Минеева В.Г., в Белгородской области открытие центра плодородия напрямую связано с руководством области, которое было заинтересовано в динамичном развитии региона, создании устойчивого земледелия, основанного на инновационных научных исследованиях в агрохимии и агропочвоведении. Плодородие почв является стержнем высокопродуктивного земледелия, а самый быстродействующий и эффективный путь его воспроизводства – это оптимизация систем применения удобрений.

Основанный полвека назад филиал ВИУА стал единственным научным учреждением в Белгородской области по решению фундаментальных задач агрохимии и агропочвоведения: методических вопросов и практических рекомендаций по сохранению и воспроизводству плодородия черноземных почв в условиях интенсивного земледелия. Полученные результаты исследования базировались на уникальных стационарных опытах, схемы которых разрабатывали известные ученые ВИУА. Данные этих опытов использовались для корректировки особенностей влияния удобрений на плодородие черноземных почв и изучению их эффективности в условиях Центрального Черноземной зоны. Ученые филиала выпустили рекомендации по разработке системы и технологии применения удобрений для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, опубликовали «Методические рекомендации по повышению плодородия почв Белгородской области», была утверждена «Программа химизации сельского хозяйства Белгородской области на 1981-1985 годы». Важным научным документом явилась «Научно-обоснованная система земледелия Белгородской области», в которой изложены современные научные принципы повышения устойчивости земледелия на почвозащитной и почвоводоохранной основе. Принятие этой программы послужило развитию адаптивно-ландшафтного земледелия в Белгородской области, тесно увязанного с ландшафтной эко-

логией в конкретных почвенно-климатических условиях.

По мнению академика Кирюшина В.И. в России уникальным регионом, в котором в течение последних 25 лет последовательно осуществлялись экономические, социальные и экологические преобразования, является Белгородская область. В отличие от большинства регионов страны, руководство сумело воспользоваться экономическими свободами, сдерживать разрушительные процессы аграрного реформирования, упорядочить земельные отношения и модернизировать сельскохозяйственное производство на основе научно-технических достижений, обеспечив высокие темпы его развития. Решающая роль в создании новой социально-экономической региональной системы принадлежала Губернатору области Савченко Е.С. Дальнейшее развитие аграрной экономики области Губернатор рассматривал через призму экологизации агропромышленного комплекса, прекращения деградационных процессов, гармонизации природопользования и в особенности биологизации земледелия [111].

С 2010 года в области принят ряд экологически значимых законов, программ и проектов. Правительством области была разработана и принята долгосрочная целевая программа «Внедрение биологической системы земледелия на территории Белгородской области на 2011-2018 годы». Ее главная задача – сбережение и восстановление почвенного плодородия. Приоритетную роль в реализации основных направлений программы играют планомерный ввод и системная эксплуатация многолетних трав в структуре посевов. Результаты исследования, проведенные в Белгородском ФАНЦ РАН по установлению роли азотфиксирующей способности бобовых многолетних трав как предшественников в формировании урожая зерновых культур, обеспечивает экономичное применение азотных удобрений и их способность улучшать микробиологическое состояние почвы. Рекомендовалось увеличить площади посевов бобовых культур не менее чем до 30 % в общей структуре посевных площадей и внедрять травосеяние не только в почвозащитных севооборотах, но и полевых, что позволяет биологизировать земледелие. Данные материалы были включены в разделы современной программы биологической системы земледелия, в которой особое значение придается повышению доли биологического азота в его круговороте. Соответственно в структуре посевных площадей области предусматривается расширение посевов бобовых культур, особенно бобовых трав.

Важнейшая составляющая программы биологизации – проекты адаптивно-ландшафтной системы земледелия, учитывающие плодородие почвы, ландшафтные особенности территории. В Белгородском ФАНЦ РАН разрабатываются методические подходы по использованию геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель землепользований и землевладений разного территориального уровня для целей

адаптивно-ландшафтного земледелия. Проводятся исследования по установлению закономерностей направленности изменений пространственной неоднородности почвенного покрова в зависимости от склоновой микроразональности. Данные исследования актуальны для проектирования систем земледелия на ландшафтной основе для небольших по площади фермерских хозяйств, в некоторых из них площадь землепользования не превышает нескольких гектаров.

В Белгородском ФАНЦ РАН в отделении № 2 структура сельскохозяйственных угодий сформирована по адаптивно-ландшафтному принципу. На основании постановления выездного заседания президиума ВАСХНИЛ в 1989 году, о переходе к контурно-мелиоративному земледелию, было проведено землеустройство на территории ОПХ «Белгородское» (современное отделение №2) в соответствии с почвенно-экологическими факторами, с обустройством базовых линейных рубежей. В этом хозяйстве было тесно увязано ландшафтное обустройство с развитием скотоводства. Структура посевных площадей сформировалась в соответствии со специализацией, где обеспечивается системный эффект чередования зерновых и кормовых культур, появляется возможность введения многолетних трав, которые помимо кормового значения важны для повышения плодородия почв, защиты их от эрозии и оптимизации фитосанитарного состояния агроценозов. На территории данного землепользования сформировалась базовая модель биологической системы земледелия, где происходит интеграция земледелия и животноводства.

Исследования, проведенные учеными Центра в период 1975 по 1995 годы по усовершенствованию научных основ применения органических удобрений послужили хорошей основой для формирования системы удобрений в биологической системе земледелия. Получение массы полезного биологического материала в виде отходов животноводства: свиноводческие стоки, отходы крупного рогатого скота, птицеводства, необходимо использовать в соответствии с теми рекомендациями, которые были сформулированы учеными на основании результатов многолетних стационарных опытов. По данным министерства сельского хозяйства Белгородской области сегодня каждый гектар региональной пашни получает в среднем более 6 т органики, что служит хорошей основой восстановления плодородия наших почв.

Сегодня Белгородский ФАНЦ РАН осуществляет научное сопровождение реализации программы биологизации земледелия, разработку и содействие во внедрении наукоемких технологий. Идея Минеева В.Г., высказанная им 50 лет назад, о создании центра плодородия почв в каждом регионе нашла отражение в современной концепции развития земледелия Белгородской области. Перед земледельцами стоит задача – повышать пло-

дородие почвы, значит по большому счету, стать мудрым и на долгие годы гарантировать стране продовольственную безопасность. А обеспечение продовольственной безопасности страны не возможно без создания новых сортов и гибридов растений, которые адаптированы к конкретным условиям окружающей среды и требованиям потребителей.

В Центре интенсивно развиваются селекционно-генетические исследования на основе использования молекулярно-генетических методов работы с селекционным материалом по озимой мягкой пшенице и кукурузе по нескольким направлениям.

Генетические исследования направлены на создание генотипов озимой мягкой пшеницы с измененным составом белкового и углеводного комплексов, позволяющими более эффективно использовать полученный зернофураж за счет улучшения его переваримости и питательной ценности.

В Белгородском ФАНЦ РАН проведены исследования по изменению углеводного комплекса зерна пшеницы методами гибридизации и влияние его на качество зерна, а также разработаны методики идентификации типа крахмала (амилозный или амилопектиновый). Разработана экспресс методика идентификации необходимых генотипов по пыльцевым зернам.

Созданы новые генотипы озимой мягкой пшеницы, имеющие изменённый состав углеводного комплекса, разработаны методики прогноза уровня качества зерна и степени дифференциации его под действием наследственных и средовых факторов.

Параллельно с изменением углеводного состава зерна Центр способен оценивать белковую составляющую эндосперма. Центр располагает компетенциями и необходимым современным оборудованием.

Селекционно-генетические исследования по кукурузе в Центре ведутся в направлении изучения особенностей влагоотдачи при созревании зерна через определение устойчивости растений кукурузы к ломкости стебля, которая определяет технологичность производства зерна кукурузы, до определения качества зерна и кукурузного силоса.

Разрабатывается новое направление по созданию гибридов кукурузы, способных формировать наряду с высокой урожайностью зерна, и высокий потенциал листостебельной массы. Результатом исследований, проведённых за последние годы, является внесение в государственный реестр селекционных достижений РФ восьми гибридов кукурузы, защищённых патентами (Белкорн 250 МВ, Эффектный СВ, Ресурсный СВ, Достойный СВ, Стабильный СВ, Коренастый СВ, Ладный СВ и Славный СВ).

Таким образом, развитие селекционно-генетических исследований в Центре позволяет поднять селекционные работы на более высокий уровень и целенаправленно создавать генотипы новых сортов и гибридов, ускоряя селекционный процесс.

Слагаемыми полученных результатов в Центре являются высококвалифицированные специалисты в области сельскохозяйственных наук, выделение селекционного направления в область приоритетных задач, заинтересованность областных структур в реализации результатов селекционных программ в сельскохозяйственное производство области и организационные мероприятия по семеноводству оригинальных семян.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт министерства сельского хозяйства Белгородской области. История развития агропромышленного региона. – <https://belapk.ru/publications/istoriya-razvitiya-agropromyshlennogo-kompleksa-be/>
2. Белгородская область: 60 лет на пути к лидерству. <https://sfera.fm/articles/myasnaya/belgorodskaya-oblast-60-let-na-puti-k-liderstvu>.
3. Сельское хозяйство Белгородской области. [https://65yearbel.belarchive.ru/?page\\_id=13](https://65yearbel.belarchive.ru/?page_id=13).
4. Сычев В.Г. Всероссийскому научно-исследовательскому институту агрохимии имени Прянишникова Д.Н. 85 лет. – Плодородие № 5, 2016. – С. 2-6.
5. История развития агрохимических исследований в ВИУА: К 70-летию Всерос. науч.-исслед. ин-та удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова : [Сб. ст.] / Рос. акад. с.-х. наук; [Под ред. Н.З. Милащенко, В.Ф. Ладонина]. – Москва: Агроконсалт, 2001. – 399 с.: ил., табл.: 20 см.; ISBN 5-94325-016-6.
6. Осипов А.И., Комаров А.А., Суханов П.А. Исторические вехи агрохимической службы в России. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – №3. – С. 156-165.
7. Шкуркин С.И., Шафран С.А., Налиухин А.Н. Становление и развитие географической сети полевых опытов с удобрениями в России (к 80 – летию Географической сети опытов с удобрениями//Плодородие. – 2021. – №3. – С. 12-15.
8. Романенков В.А. Агрохимические опыты в системе исследований геосети: прошлое, настоящее будущее//Известия ТСХА, выпуск 3, 2012. – с. 54-61
9. Романенков В.А., Егоров В.С. Смена парадигм в развитии агрохимии и их отражение в трудах Минеева В.Г.//Агрохимия в 21веке. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной памяти академика РАН В.Г. Минеева. 27-28 сентября 2018 г. – С. 8-12.
10. Методические и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии (на базе географической сети опытов) / Шевцова Л.К., Панников В.Д., Липкина Г.С., и др. Южный Урал, Оренбург, 1991, – 354 с.
11. Минеев В.Г. Тернистый путь к вершинам науки. Воспоминания и размышления. – М.: Изд-во «КДУ», 2016. -344 с.
12. Татанов Ю.И., Рудай И.Д., Рындыч Л.П., Шелганов И.И., др. Методические рекомендации по повышению продуктивности лугопастбищных многолетних трав. Белгород, 1977. – 35 с.

13. Рудай И.Д., Шелганов И.И., Рындыч Л.Л., др. Методические рекомендации по разработке системы и технологии применения удобрений в специализированных хозяйствах. Белгород, 1978. – 37 с.

14. Асыка Н.Р., Середя П.Я., Рындыч Д.П., Шелганов И.И., др. Рекомендации по увеличению производства и улучшению качества кормов в колхозах и совхозах Белгородской области. Белгород. 1980. 81 с.

15. Рудай И.Д., Шелганов И.И., Гордиенко И.И., др. Рекомендации по рациональному применению удобрений. Белгород. 1980. – 48 с.

16. Никитенко Л.И., Лазарев В.Я., Поддубный З.П., Шелганов И.И., др. Программа химизации сельского хозяйства Белгородской области на 1981 – 1985 годы. Белгород: РИО Упрполиграфиздата, 1983, 76 с.

17. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области. Официальный сайт. [Электронный ресурс] Режим доступа <https://belg.gks.ru>

18. Сурков Н.А., Акулов П.Г., Шелганов И.И., др. Методические рекомендации по повышению плодородия почв Белгородской области. Белгород. РИО Упрполиграфиздат, 1982, 75 с.

19. Акулов П.Г., Минеев В.Г. и др. Научные основы эффективного применения удобрений в ЦЧЗ. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1983. 164 с.

20. Агрономические рекомендации по подготовке и использованию бесподстилочного навоза для удобрений. М.: Колос. 1982, 41 с.

21. Акулов П.Г., Явтушенко В.Е., Липкина Г.С. и др. Рекомендации по применению удобрений на эродированных почвах и почвозащитных системах земледелия. – М.: Агропроинформат, 1985 – 30 с.

22. Акулов П.Г. и др. Дозы и сроки внесения бесподстилочного навоза (Методические рекомендации) – М.: Агропромиздат, 1990.

23. Научно-обоснованная система земледелия Белгородской области. – Белгород, 1990, 76 с. Рассмотрена и одобрена НТС агропромсоюза, Президиумом ВАСХНИЛ и Всероссийского отделения ВАСХНИЛ 27 июня 1989 года. Акулов П.Г. и др. Научно обоснованная система земледелия Белгородской области. Белгород – 1990 – с. 242.

24. Никонов А.А. Состояние почвенных ресурсов страны. В кн.: Повышение эффективности земледелия и агропромышленного производства Белгородской области. //Материалы совместного заседания президиума ВАСХНИЛ и президиума Всероссийского отделения ВАСХНИЛ (6-7 июня 1989 г. г. Белгород. М.: Росагропромиздат, 1990. – с. 5-11

25. Никонов А.А. Исторический путь ВАСХНИЛ и ее вклад в аграрную науку. М.: Энциклопедия российских деревень, 1993. – 90 с.

26. Указ Президента Российской Федерации от 30 января 1992 года № 84 «О Российской академии сельскохозяйственных наук».

27. Постановление Совета Министров РСФСР от 03.04.1990 г. № 107 «Об учреждении Российской академии сельскохозяйственных наук».
28. Основные принципы и методические положения планирования научно-исследовательских работ и отчетности в системе Россельхозакадемии. – М.: Россельхозакадемия, 2007. – 40 с.
29. Стародубов В.И., Перхов В.И. Нефедова Е.В. Анатомия новой программы фундаментальных научных исследований. -Экономика науки, 2016, т.2, №1. – С. 14-22.
30. Статистические материалы и результаты исследований развития агропромышленного производства России /РАСХН, отделение экономики и земельных отношений. М., 2014. – С. 3-10.
31. Никитин В.В. Оптимизация минерального питания культур зерно-свекловичного севооборота на черноземах типичных юго-запада ЦЧЗ. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. М., 1998. – 42 с.
32. Никитин В.В. Способ определения обеспеченности почв азотом // Авторское свидетельство, 1992. – № 1718113.
33. Никитин В.В. Длительное применение удобрений и продуктивность зерно-свекловичного севооборота//Удобрения в интенсивном земледелии. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1987. – С. 18-24.
34. Никитин В.В. Удобрение и качество корнеплодов//Сахарная свекла, 1996, № 7. – С. 6-7.
35. Никитин В.В., Толстенко Н.Ф., Савин Н.А Прогнозирование сырой клейковины в зерне озимой пшеницы//Зерновые культуры. – 1996. – №1.- С. 10-11.
36. Никитин В.В. Дозы суперфосфата под озимую пшеницу на черноземе//Химизация сельского хозяйства. – 1988. – №3. – С. 47-48.
37. Никитин В.В., Иевлев Д.М., Курулюк Л.В. Использование удобрений под свеклу //Химизация сельского хозяйства. – 1990.-№5. – С. 61-62.
38. Явтушенко В.Е. Агроэкологическое обоснование систем удобрения на почвах склонов. Автореф. Дисс. ... д-ра с.-х. Наук. Минск: БелНИИПА, 1991. – 47 с.
39. Рындыч Л.П., Явтушенко В.Е. Смыв питательных веществ из выщелоченного чернозема в почвозащитном севообороте//Почвоведение. – 1987.- №4.- С. 117-123.
40. Явтушенко В.Е., Макаров Н.Б. Потери органического вещества и элементов питания растений из почвы в результате водной эрозии //Агрохимия. – 1996.- №4.- С. 117-123.
41. Мишустин Е.Н., Черепков Н.И. Значение биологического азота в азотном балансе и повышении плодородия почв СССР. //Биологический азот в сельском хозяйстве. М.: Наука, 1989. – С. 3-6.

42. Азаров Б.Ф. Симбиотический азот в земледелии Центрально-Черноземной зоны Российской Федерации. Автореф. Дисс. ... на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – М., 1995. – 58 с.

43. Азаров Б.Ф., Трепачев Е.П. Биологический потенциал различных видов многолетних трав по способности к азотфиксации и вкладу органического вещества и плодородия типичного чернозема. – Сельскохозяйственная биология, № 3, 1989. – с. 25-34.

44. Азаров Б.Ф., Трепачев Е.П. Влияние фосфатного уровня типичного чернозема ЦЧЗ и минеральных удобрений на продуктивность многолетних трав и озимой пшеницы. Сообщение 1. Отзывчивость различных видов многолетних трав на фосфатный уровень почвы, минеральные удобрения и способность бобовых к азотфиксации. – Агрохимия, 1991, №10, с. 39-49.

45. Богомазов Н.П. Эколого-агрохимическая эффективность удобрений на выщелоченных черноземах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – М. – 1994.- 44с.

46. Богомазов Н.П., Шильников И.А., Солдатов С.М. Влияние органико-минеральной системы удобрений с известкованием на урожай сахарной свеклы и вынос элементов питания//Агрохимия, 1991, №7, – с. 27-34.

47. Богомазов Н.П., Шильников И.А. Влияние удобрений и известкования на урожай и качество ячменя в зависимости от погодных условий на выщелоченном черноземе. //Зерновые культуры, 1991. – №1.- с. 34-35.

48. Сокорев Н.С. Агроэкологическое обоснование эффективности длительного применения минеральных удобрений на черноземе выщелоченном Центрально-Черноземной зоны в зависимости от обеспеченности фосфором. – Автореферат на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – Курск, 2006. – 44 с.

49. Сокорев Н.С., Сдобникова О.В., Попова М.Ю. Особенности применения фосфорных удобрений //Удобрение в интенсивном земледелии. – Воронеж: ЦЧ книжное изд-во, 1987. – с. 79-82.

50. Сокорев Н.С. Эффективность удобрения под озимую пшеницу в зависимости от обеспеченности почвы подвижными фосфатами //Бюллетень ВИУА. – М., 1984. – № 64. – с. 23-25.

51. Попова М.В., Сокорев Н.С., Ефремова Е.С. Последствие удобрений на урожай ячменя на выщелоченном черноземе с различной обеспеченностью подвижным фосфором// Фосфорные удобрения, плодородие почв и урожай. Бюллетень ВИУА. – М., 1987.-№ 83 – с. 24-28.

52. Шелганов И.И. Органические удобрения в севооборотах Центрально-Черноземной зоны. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. М., – 1996. – 46 с.

53. Шелганов И.И. Опыт использования органических удобрений в Белгородской области// Итоги работы Геосети опытов с удобрениями

и пути повышения эффективности применения удобрений в ЦЧЗ. Белгород, 1977. – с. 167-168,

54. Шелганов И.И., Москаленко А.А. Органические удобрения в Центрально-Черноземной зоне //Экологически безопасное использование сточных вод и животноводческих стоков в сельском хозяйстве. – Барнаул: 1995,- с. 202-209.

55. Мерзлая Г.Е., Полунин С.Ф., Васильев В.А., Шелганов И.И. и др. Дозы и сроки внесения бесподстилочного навоза / методические рекомендации/ М.: 1990, – 23 с.

56. Дериглазова, Г. М. Основы научных исследований в агрономии. Практикум для аспирантов по научной специальности: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство / Г. М. Дериглазова, А. В. Гостев. – Курск: Курский федеральный аграрный научный центр, 2024. – 106 с. – ISBN 978-5-6051166-7-7.

57. Баранов А.И. Динамика содержания гумуса и основных элементов минерального питания в солонцах юга России при улучшении естественных кормовых угодий /А.И. Баранов, В.П. Данилевский// Агрохимия, № 9, 2009. – С. 3-9

58. Милащенко Н.З. Программа исследований по расширенному воспроизводству плодородия почвы при интенсивных технологиях выращивания сельскохозяйственных культур / Н.З. Милащенко, В.Д. Панников. Москва – 1987. – 61 с.

59. Тютюнов С.И. Влияние пищевого режима и органического вещества на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы / С.И. Тютюнов, Е.В. Навольнева, В.Д. Соловиченко, А.Г. Ступаков // Агрохимический вестник №5. – 2016. – С. 23-27

60. Титова В.И. Изучение фосфорных удобрений и фосфатного состояния почв / В.И. Титова, Л.Д. Варламова, Е.В. Дабахова, А.В. Бахарев // Агрохимический вестник №2. – 2011. – С. 3-6

61. Agroecological justification of winter wheat fertilization systems in the south-west of the Central Black-soil region / S. Tyutyunov, P. Solntsev, A. Stupakov et al. // E3S Web of Conferences. 13 Sep. “13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, Interagromash 2020” 2020. С. 07005.

62. Черкасов Г.Н., Казанцев С.И. Ресурсосберегающие приёмы в адаптивно-ландшафтном земледелии //Владимирский земледелец № 3, 2013. – С. 5-8

63. Соловиченко В.Д. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование / В.Д. Соловиченко, С.И. Тютюнов – Белгород: «Отчий край», 2013. – 372 с.

64. Захаренко В.А. Оптимальные экономические обоснованные уровни использования пестицидов и минеральных удобрений в земледелии // Журнал Всес. хим. общества им. Д.И. Менделеева. –1984.–Т.19, №1. С.15-21.

65. Новожилов К.В. Защита растений: пути оптимизации //Защита растений. – 1989. – №3. – С.3-5.

66. Новожилов К.В. Сводный координационный отчет за 1986 год по выполнению общесоюзной научно-технической программы 051.05 «Разработать и внедрить интегрированные системы защиты основных сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков в условиях интенсивных технологий возделывания растений в целях снижения потерь урожая, повышения его качества и охраны окружающей среды». – Л., 1987. – 119 с.

67. Ладонин В.Ф. Экологические проблемы комплексного применения средств химизации в интенсивных технологиях // Экологические проблемы химизации в интенсивном земледелии. Труды ВИУА. 1990. – С. 11-20.

68. Тютюнов С.И., Доманов Н.М., Шаповалов Н.К., Солнцев П.И., Эффективность различных технологий возделывания озимой пшеницы // Сборник докладов Международной научно-практической конференции 9-11 сентября. Курск 2003 г. С. 400-403.

69. Доманов Н.М., Солнцев П.И. Разработка технологий возделывания озимой пшеницы различной степени интенсификации // Достижения науки и техники АПК. – 2003 г. – №3. – С. 27-30.

70. Доманов Н.М., Шаповалов Н.К., Навальнев В.В., Солнцев П.И. Технология производства высококачественного зерна озимой пшеницы. // Инновационно-технологические основы развития земледелия. Сборник докладов научно- практической конференции, Курск 2006г. – С.110.

71. Шелганов И.И., Доманов Н.М., Солнцев П.И. Технология возделывания озимой пшеницы в Белгородской области // Земледелие. – 2008. – № 4. – С. 38-40.

72. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур различной степени интенсификации / Доманов Н.М., Ибадуллаев К.Б., Солнцев П.И. – Белгород: «Отчий край», 2010. – 220 с.

73. Тютюнов С.И., Шаповалов Н.К., Солнцев П.И. Эффективность интенсификации агротехнологий возделывания сахарной свеклы // Сахарная свёкла. – 2014. – № 9. – С. 36-37.

74. Тютюнов С.И. Интенсификация земледелия при комплексном применении средств химизации на посевах сельскохозяйственных растений/ С.И. Тютюнов, П.И. Солнцев // Владимирский земледелец. – 2016. – № 4. – С. 12-15.

75. Солнцев П.И. Изменение продуктивности кукурузы на зерно при комплексном применении удобрений и средств защиты растений / П.И. Солнцев, Н.К. Шаповалов, Ю.В. Хорошилова, Ж.Ю. Горохова, Д.И. Каторгин, М.В. Емец // Сахарная свекла. – 2017. – № 8. – С. 38-40.

76. Тютюнов, С.И. Оценка эффективности применения удобрений и средств защиты растений в зернопаропропашном севообороте по продуктивности возделываемых культур / С.И. Тютюнов, П.И. Солнцев, Н.К. Шаповалов // Сахарная свекла. – 2018. – № 10. – С.10-14.

77. Тютюнов С.И. Влияние интенсификации возделывания на урожайность ярового ячменя / С.И. Тютюнов, П.И. Солнцев, Ю.В. Хорошилова, М.В. Емец, Ж.Ю. Горохова // Сахарная свекла. – 2020. – № 9. – С. 41-43. doi:1025802/SB.2020.65.88.006

78. Жученко, А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) / А.А. Жученко. – М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. – 1109 с.

79. Минеев В.Г., Ладонин В.Ф. Химизация земледелия и агроэкология // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1986. – №2. – С. 62-71.

80. Краснощеков Н.В. Агропромышленный комплекс: принципы перестройки на кооперативной основе // Вестник с.-х. науки. – 1988. – №3. – С.3-16.

81. Милащенко Н.З. Научному обеспечению программы увеличения производства зерна – приоритетное внимание // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1986. – №2. – С.44-49.

82. Милащенко Н.З. Интенсификация – важный резерв производства зерна // Техника в сельском хозяйстве. 1986. – №2. – С. 1-3.

83. Крафте А., Роббинс У. Химическая борьба с сорняками, Пер. с англ. – М.: Колос, 1964. – 456 с.

84. Котт С.А. Влияние удобрений на сорняки // Земледелие. – 1969. – №5. – С. 15-17.

85. Борин А.А., Блинов А.М., Ветчина Е.М. Технология обработки почвы в севообороте // Земледелие. – 1994. – №2. – С. 16-17.

86. Асыка Н.Р., Балабанова Н.В. Продуктивность сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и фонов питания // Совершенствование интенсивных технологий возделывания зерновых культур в ЦЧЗ // Сб.науч.тр. – Белгород. – 1988. – С.46-64.

87. Доманов Н.М. Эффективность удобрений на планируемый урожай ахарной свеклы и озимой пшеницы. // Итоги работы Географической сети опытов с удобрениями и пути повышения эффективности применения удобрений в ЦЧЗ, Поволжье и на Северном Кавказе. Белгород. 1977.

88. Ладонин В.Ф., Доманов Н.М. Эффективность комплексного применения средств химизации под озимую пшеницу // Земледелие. – 1988. – №9. – С.52.

89. Доманов Н.М. Разработка и оптимизация систем комплексного использования средств химизации под озимую пшеницу в Центрально-Черноземной зоне России. // Автореферат докторской диссертации. – М., 1995. – 58с.

90. Доманов М.Н. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от основной обработки почвы, удобрений средств защиты растений в Центральном Черноземье. // Автореферат кандидатской диссертации. – Белгород, 1999. – 26с.

91. Ладонин В.Ф. Повышать эффективность средств химизации // Защита растений. – 1986. – №4. – С. 21-22.

92. Третьяков М.Ю., Хорошилов С.А., Подкопайло Р.В., Дейнека В.И. Определение каротиноидов зерна некоторых сортов и самоопыленных линий кукурузы // Управление производственным процессом в агротехнологиях 21 века: реальность и перспективы: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию образования Белгородского научно-исследовательского института сельского хозяйства. 15-16 июля 2010 г. Белгород: «Отчий край». 2010. С. 332-335.

93. Химический состав зерна кукурузы и содержание в нем каротина Жолобова И.С., Гранкина Н.А., Борисенко В.В. и др. // Молодой ученый. 2015. №5.1. С. 9-12. URL <https://moluch.ru/archive/85/16053/> (дата обращения: 20.03.2020).

94. Смоликова Н.Г., Медведев С.С. Каротиноиды семян: синтез, разнообразие и функции // Физиология растений. 2015. Т.62. №1. С. 3-16.

95. Югенхеймер Р.У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование / Пер. с англ. Г.В. Дерягина, Н.А. Емельяновой; Под ред. И с предисл. Г.Е. Шмараева. – М.: Колос, 1979. – 519с., ил.

96. Резниченко Л.В. Эффективность применения в рационах кур бета-каротина разного происхождения // Зоотехния. 2004. №1. С. 18-19.

97. Owens BF, Lipka AE, Magallanes-Lundback M, et al. A foundation for provitamin A biofortification of maize: genome-wide association and genomic prediction models of carotenoid levels. *Genetics*. 2014; 198: 1699-1716.

98. Wurtzel, E. T. Genomics, genetics, and biochemistry of maize carotenoid biosynthesis / E. T. Wurtzel // *Recent Adv. Phytochem.* – 2004. – Vol. 38. – P. 85–110.

99. Гибриды кукурузы с повышенным содержанием каротиноидов в зерновом комплексе // С. А. Хорошилов, А. Н. Воронин, М. В. Клименко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 5. С. 47–50. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10509

100. Biofortification: a new tool to reduce micronutrient malnutrition / H. E. Bouis [et al.] // *Food Nutr. Bull.* – 2011. – Vol. 32, N 1. – P. 31–40.

101. Assessment of crtRB1 polymorphism associated with increased  $\beta$ -carotene content in maize (*Zea mays* L.) seeds / D. T. Selvi [et al.] // Food Biotechnology. – 2014. – Vol. 28. – P. 41–49.

102. Metabolic engineering of carotenoid biosynthesis in plants / G. Giuliano [et al.] // Trends Biotechnol. – 2008. – Vol. 26. – P. 139–145.

103. Нецветаев В.П., Нецветаева О.В. Выявление наследственной изменчивости зерновых по зимостойкости // Генетика. – 2004.- Т. 40, №11, С. 1502-1508.

104. Нецветаев В. П., Поморцев А.А., Чапля А.Е. Селективная ценность и гено-география аллелей бета-амилазного локуса *Vmy 1* у ячменя // Генетика. – 2000.- Т.36.- №1.- С.62-70.

105. Пашенко Л.С., Нецветаев В.П. Анализ почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы по качеству зерна // Научные ведомости БелГУ. Серия. Естественные науки. – Белгород: БГУ. – 2009.- № 11(66).- Вып. 9/2.- С. 25-29.

106. Рыжкова Т.А. и др. Влияние добавок муки из бобовых на биологическую ценность и структурно-механические свойства пшеничного теста // Хлебопечение России. – 2012.- № 2.- С. 24-26.

107. Нецветаев В.П., Шестопалов И.О. Селекция озимой мягкой пшеницы на зимостойкость в условиях ЦЧЗ / Зернов. и корм. культуры: Сборн. научн.трудов .- ВНИИ сорго и др.зерн.культур.- Зерноград.-2002.-С.65-67.

108. Нецветаев В.П., Бондаренко Л.С., Акиншина О.В. Генетический анализ изоферментов бета-амилазы мягкой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2015.- № 4.- С. 17-19.

109. Нецветаев В.П., Бондаренко Л.С., Моторина И.П. Полиморфизм альфа-амилаз мягкой пшеницы и сопряженность зимотипов фермента с количественными признаками растений // Цитология и генетика. – 2015.- Т. 49.- №6.- С. 21-29.

110. Нецветаев В.П., Пашенко Л.С. Характеристика почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы по числу дисульфидных связей в запасных белках // Научные ведомости БелГУ. Серия. Естественные науки. – Белгород: БГУ. – № 15 (86).- 2010.- Вып. 12.- С. 55-59.

111. Кирюшин В.И. О Белгородской модели модернизации сельского хозяйства и биологизации земледелия. – Земледелие, 2013, № 1. – С. 3-6.

112. Савченко Е.С. О биологизации земледелия в Белгородской области. Стенограмма выступления на областной научно-практической конференции 15 апреля 2011 г. – Сайт губернатора Белгородской области.

# СОДЕРЖАНИЕ

**Введение** . . . . .

**Глава 1. История создания и становление научного учреждения в Белгородской области** . . . . .

**Глава 2. Результаты научно-исследовательских работ в ЦЧФ ВИА за период 1975-1995 годы** . . . . .

2.1. Тема: 03.01.Н1. Установить географические закономерности действия возрастающих доз удобрений в севооборотах на урожай сельскохозяйственных культур . . . . .

2.2. Тема: 0.05.01.05 Разработать и усовершенствовать почвозащитные системы земледелия и внедрить их по зонам страны. . . . .

2.3. Тема: 03.01.Н2. Разработать научно-методические основы сохранения и повышения плодородия почв путем систематического применения удобрений. . . . .

2.4. Тема: 03.01.Н4. Изучить действие сочетания извести и минеральных удобрений на плодородие почв и разработать научно-методические основы периодического известкования с целью создания оптимальной реакции почв и баланса кальция и выдать рекомендации производству . . . . .

2.5. Тема: 02.11.46.101.14. Установить оптимальные параметры минерального питания растений и затраты удобрений для их достижения под основные сельскохозяйственные культуры севооборота на черноземах ЦЧЗ». . . . .

2.6. Тема: 03.01.Н5. Усовершенствовать научные основы применения органических удобрений и выдать рекомендации по эффективному их использованию по зонам страны применительно к интенсивному земледелию и промышленному животноводству . . . . .

**Глава 3. Современные результаты научно-исследовательской работы в Белгородском ФАНЦ РАН. . . . .**

3.1. Разработка научных основ простого и расширенного плодородия почв при разных по интенсификации системах земледелия в рамках работы лаборатории плодородия почв и мониторинга . . . . .

3.2. Лаборатория защиты растений. Разработка технологий комплексного применения удобрений и средств защиты растений при возделывании сельскохозяйственных культур в зернопаропропашном севообороте . . . . .

3.3. Разработка теоретических основ и принципов формирования элементов адаптивно-ландшафтного земледелия в исследованиях, выполненных в лаборатории адаптивного растениеводства и агроэкологии. . . . .

3.4. Лаборатория селекции и семеноводства кукурузы в ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» и результаты её работы по созданию новых конкурентоспособных гибридов кукурузы. . . . .

3.5. Развитие селекционных и генетических исследований в лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы. . . . .

**Заключение . . . . .**