На правах рукописи

Корчагин Виктор Иванович

ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Специальность 06.01.04 – агрохимия

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Воронеж - 2017

Работа выполнена на кафедре агрохимии и почвоведения в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» и в ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы «Воронежский»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Мязин Николай Георгиевич

Официальные оппоненты: **Казьмин Владимир Михайлович** - доктор сельскохозяйственных наук, ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский», директор

Ступаков Алексей Григорьевич - доктор сельскохозяйственных наук, кафедра земледелия, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», профессор

Ведущая организация: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

Защита состоится 01 июня 2017 г. в 12^{00} часов в 268 ауд. на заседании диссертационного совета Д. 220.010.07 при ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1, Воронежский ГАУ.

Тел./факс (4732)53-86-51,e-mail: olga.koltsova.52@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» и на сайте www.ds.vsau.ru, с авторефератом – на сайтах ВАК Министерства образования и науки РФ www.vak3.ed.gov.ru и ВГАУ www.ds.vsau.ru

Автореферат разослан « » апреля 2017 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные и скрепленные гербовой печатью организации, просим направлять ученому секретарю диссертационного совета.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат сельскохозяйственных
наук, доцент _____ Кольцова Ольга Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Данные агрохимического, эколого-токсикологического и фитосанитарного мониторинга почв и посевов сельскохозяйственных культур, проведенного в последнее десятилетие агрохимической службой Министерства сельского хозяйства России, свидетельствуют о прогрессирующей деградации почвенного плодородия во многих регионах России, в том числе и в Воронежской области, что представляет угрозу экологической, продовольственной и национальной безопасности страны (Ермолаев С.А., Сычев В.Г., Плющиков В.Г., 2001).

В этой связи для разработки мероприятий по поддержанию, повышению плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур, а также составления прогноза их изменений и управления на ближайшее время и на перспективу особое значение приобретает изучение закономерностей в динамике показателей плодородия почвы и урожайности основных культур области при многолетнем использовании удобрений в условиях региона.

Интенсификация сельского хозяйства в современных условиях невозможна без применения удобрений и высокопродуктивных сортов и гибридов. Однако в настоящее время неопровержимо доказано, что увлечение чрезмерно высокими дозами минеральных удобрений без достаточного научного обоснования может привести к целому комплексу негативных экологических последствий. Поэтому важнейшей задачей на современном этапе является комплексное изучение влияния минеральных удобрений не только на плодородие и свойства почвы, урожай и качество продукции, но и в целом на окружающую человека природную среду (Мязин Н.Г., 2015).

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур неразрывно связано с широким использованием минеральных удобрений. Однако высокая стоимость ограничивает возможность их применения. В связи с этим актуальным становится использование дешевых местных сырьевых ресурсов, среди которых определенный интерес представляют глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты.

В настоящее время, как показывает практика, новые прогрессивные технологии, признанные и успешно применяемые во всем мире, еще не получили должного развития в России. Одной из таких ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве является «точное земледелие». Поэтому анализ освоения и внедрения элементов точного (координатного) земледелия на территории Воронежской области весьма актуален.

Цель наших исследований - дать комплексную эколого-агрохимическую оценку влияния удобрений на изменение агрохимических показателей плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур в Воронежской обла-

сти за период с 1964 по 2010 г. и провести анализ освоения и внедрения элементов точного земледелия на территории нашего региона.

Задачи исследований:

- выявить закономерности изменения основных агрохимических показателей плодородия почв пахотных угодий Воронежской области при длительном антропогенном воздействии;
- дать эколого-агрохимическую оценку содержания микроэлементов в почвах;
- определить зависимость урожайности основных сельскохозяйственных культур от уровня применения удобрений;
- установить влияние нетрадиционных видов удобрений на плодородие черноземов, урожай и качество сельскохозяйственных культур;
- провести сравнительную оценку традиционного и современного подхода к проведению агрохимического обследования полей;
- дать экономическую оценку применения удобрений по турам агрохимического обследования в Воронежской области.

Научная новизна работы. Впервые в Воронежской области дана комплексная оценка состояния плодородия почв по основным агрохимическим показателям, а также их микроэлементного состава. Установлена закономерность динамики урожайности основных сельскохозяйственных культур области в зависимости от уровня применения агрохимических средств. Определена математическая зависимость формирования продуктивности озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы на силос и подсолнечника от доз удобрений, применяемых под эти культуры. Выявлены дополнительные резервы местных удобрительных средств, которые могут служить источником минерального питания для растений. Проведена сравнительная оценка традиционного и современного подходов к проведению агрохимического обследования полей.

Положения, выносимые на защиту:

1. Динамика плодородия почв и продуктивности основных сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня применения удобрений - основа для прогнозирования возможных их изменений и управления.

2. Низкая обеспеченность пахотных почв региона подвижными формами цинка, меди, марганца и кобальта как фактор, сдерживающий рост урожаев и качества продукции.

3. Местные сырьевые ресурсы (глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты) как дополнительный или резервный источник элементов минерального питания растений.

4. Внедрение точного земледелия позволит повысить окупаемость средств химизации, уменьшить непроизводительные потери элементов пита-

ния, увеличить урожайность, а также положительно влиять на плодородие почвы и экологическую обстановку в ней.

5. Экономическая оценка эффективности применения удобрений.

Достоверность результатов исследований подтверждается данными многолетних полевых агрохимических исследований и лабораторных анализов, выполненных по общепринятым методикам и подвергнутых математической обработке методом дисперсионного и регрессионного анализа.

Практическая значимость работы. Полученные результаты можно использовать для разработки мероприятий по поддержанию и повышению плодородия почв и урожайности основных сельскохозяйственных культур, а также составления краткосрочных и долгосрочных прогнозов их изменений. Доказана возможность использования в качестве дополнительных источников минерального питания для растений местных сырьевых ресурсов (глауконитовых песков, фосфоритов и мелиорантов). Обоснована необходимость внедрения точного земледелия в практику сельскохозяйственного производства, которое позволит повысить окупаемость средств химизации, уменьшить непроизводительные потери элементов питания, увеличить урожайность и предотвратить загрязнение окружающей среды.

Апробация работы и публикации

Основные положения и выводы работы вошли в авторские монографии «Дифференцированное внесение удобрений как основное направление точного земледелия», 2013 г. и «Врачеватели Воронежских черноземов», 2014 г.

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на научной конференции «Совершенствование рекомендаций по внесению калийных удобрений» (г. Москва, 2012 г.), ежегодных практических семинарах-совещаниях Министерства сельского хозяйства (г. Москва, 2009 - 2016 гг.), пропагандировались автором на областных и районных агрономических совещаниях: р.п. Таловая, 2013 г.; г. Воронеж, 2013, 2014 гг.; с. Новая Усмань, 2014 г.; Лискинский район, с. Средний Икорец, 2016 г., на Всероссийском агрономическом совещании (г. Москва 2014 г.), на Всероссийском совещании, посвященном 50-летию создания агрохимической службы России (г. Брянск, 2014 г., г. Воронеж, 2014 г.), на международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.В. Докучаева и научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора В.А. Федотова (ВГАУ, 2016 г.).

По материалам диссертации опубликовано 9 работ, в том числе три в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы

Диссертация изложена на 199 страницах компьютерного текста и состоит из введения, восьми глав, заключения, списка литературы и предложений про-

изводству. Включает 22 таблицы, 40 рисунков, 20 приложений. Список литературы состоит из 330 наименований, в том числе 11 на иностранных языках.

Личный вклад автора

В работе использовались архивные материалы и данные статистических отчетов, полученные под руководством и с участием автора. Выполнена экспериментальная работа. Автором обобщены и систематизированы 46-летние данные агрохимических наблюдений и сделаны выводы.

Автор выражает искреннюю признательность коллективу ФГБУ Государственный центр агрохимической службы «Воронежский» и ФГБУ ЦАС «Таловская» за своевременное и качественное проведение полевых и камеральных работ по агрохимическому обследованию почв Воронежской области.

Содержание работы

Глава I ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В данном разделе проведен анализ отечественных и зарубежных исследований по влиянию удобрений и кальцийсодержащих мелиорантов на показатели почвенного плодородия, а также урожай и качество основных сельскохозяйственных культур.

Обзор литературы по теме диссертационной работы выявил необходимость проведения мониторинга агрохимических показателей плодородия почв и применения удобрений с целью разработки мероприятий по поддержанию и повышению плодородия почв и урожайности основных сельскохозяйственных культур, а также составления краткосрочных и долгосрочных прогнозов их изменений.

Глава II ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Воронежская область - одна из южных областей Центрального Федерального округа, расположена в центральной полосе европейской части России и входит в Среднерусскую провинцию.

В условиях Воронежской области климат умеренно континентальный. По соотношению выпадающих осадков и испаряющей способности степная часть области относится к зоне недостаточного, лесостепная - неустойчивого увлажнения.

Метеорологические условия в годы проведения исследований (1976-2010 гг.) складывались по-разному. Наиболее неблагоприятными годами, когда погодные условия негативным образом отразились на урожайности основных сельскохозяйственных культур, а также отличались от среднемноголетних значений по количеству осадков и температурному режиму, были: 1977/1978 - 1980/1981, 1982/1983, 1983/1984, 1991/1992, 1993/1994 - 1996/1997, 1999/2000,

2001/2002, 2002/2003, 2006/2007, 2008/2009, 2009/2010 сельскохозяйственные годы.

В составе почвенного покрова сельскохозяйственных угодий доминируют почвы черноземного типа почвообразования, которые являются зональными: выщелоченные и типичные (43 %), обыкновенные (30 %), южные (5 %).

Исследования по изучению динамики плодородия почв Воронежской области в зависимости от уровня применения удобрений проводились за период с 1964 по 2010 год.

Отбор почвенных проб проводился согласно общесоюзной инструкции по крупномасштабным почвенным и агрохимическим исследованиям территорий колхозов и совхозов (1964 г.), а в настоящее время согласно «Методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения», утвержденным 17.09.03г. Президентом Российской академии сельскохозяйственных наук Г.А. Романенко и 24.09.03 г. Министром сельского хозяйства Российской Федерации А.В. Гордеевым.

С 2009 года агрохимический центр «Воронежский» стал проводить обследование почв сельхозугодий современными методами, предусматривающими использование GPS–оборудования с точным фиксированием места отбора проб, автоматического пробоотборника, а также специального программного обеспечения для создания картограмм содержания питательных элементов.

Исследования влияния глауконитов и фосфоритов на плодородие черноземов и урожайность сельскохозяйственных культур проведены в 2003 - 2010 гг. в ЗАО «Землянское» Семилукского района Воронежской области, химических мелиорантов (дефеката) - в 2007 – 2010 гг. в хозяйствах ЗАО «Путь Ленина», ЗАО им. Ленина Аннинского района на площади 1888 га, в 2007 – 2011 гг. - в хозяйствах ООО МТС «Агросервис» Верхнехавского, ООО «Воронежская Земля» Новоусманского, КФХ Князев Хохольского районов соответственно на площади 1826, 1147, 2480 га и в 2010 – 2011 гг. - в хозяйствах ООО «Масловский» Новоусманского, ООО «Агролидер» Эртильского районов соответственно на площади 505 и 1028 га, а также сыромолотого мела - в 2003-2007 гг. на базе колхоза им. К.Маркса Семилукского района Воронежской области.

Стационарные производственные опыты с глауконитами, фосфоритами и сыромолотым мелом были заложены в 2003 году. Схема опыта с глауконитами включала варианты: 1) контроль – без удобрений; 2) глауконит – 2,5 т/га (80 кг/га д.в. K_2O); 3) глауконит – 5 т/га (160 кг/га д.в. K_2O). Схема опыта с фосфоритами: 1) контроль - без удобрений; 2) фосфориты (100 кг/га д.в. P_2O_5); 3) фосфориты + дефекат (100 кг/га д.в. P_2O_5 + 15,0 т/га). Схема опыта с мелом включала варианты: опыт №1 - 1) контроль – без удобрений; 2) мел – 6 т/га;

3) мел – 8 т/га. Опыт №2 - 1) контроль – без удобрений; 2) мел – 5 т/га; 3) мел – 10 т/га.

Почва опыта с глауконитами - чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый. Обеспеченность подвижным фосфором низкая, обменным калием средняя, сумма обменных оснований – 21,3 мг-экв/100 г почвы, pH - 4,95. Почва опыта с фосфоритами - чернозем выщелоченный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый. Обеспеченность подвижным фосфором низкая, обменным калием средняя, сумма обменных оснований – 22,2 мг-экв/100 г почвы, pH - 5,13. Почва производственных опытов с мелом - чернозем выщелоченный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый. Почва опыта №1 – средне обеспечена подвижным фосфором, выше среднего - обменным калием, сумма обменных оснований – 20,5 мг-экв/100 г почвы, pH - 5,0. Почва опыта №2 – средне обеспечена подвижным фосфором и обменным калием, сумма обменных оснований – 24,6 мг-экв/100 г почвы, pH - 5,4.

При закладке и проведении опытов использовали общепринятую методику. Химические анализы растительных, почвенных образцов и удобрительных средств (глауконита, фосфорита, дефеката и сыромолотого мела), а также почвенных образцов при сплошном агрохимическом обследовании проводились в лабораториях Государственного агрохимического центра «Воронежский» и ФГБУ ЦАС «Таловская» в соответствии с утвержденными методиками.

Статистическая обработка результатов мониторинга плодородия почв и урожайных данных выполнена методами корреляционного, регрессионного, дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова (1985) с помощью программы STATISTIKA 5,5 и процессора электронных таблиц Microsoft Excel XP.

Глава III МОНИТОРИНГ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПЕРИОД С 1964 ПО 2010 г.

3.1 Динамика содержания подвижного фосфора в зависимости от уровня применения удобрений в почвах пашни Воронежской области

Наличие доступных для растений соединений фосфора и калия в почвах – один из основных показателей ее плодородия, который определяет урожайность всех сельскохозяйственных культур. На черноземах чаще всего в первом минимуме находится фосфор (Орел А.Н., 1998).

Длительное систематическое внесение минеральных и органических удобрений улучшало фосфатный режим почв (рисунок 1).

По результатам первого тура агрохимического обследования средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы в области составляло 74 мг/кг почвы, что соответствовало среднему содержанию.

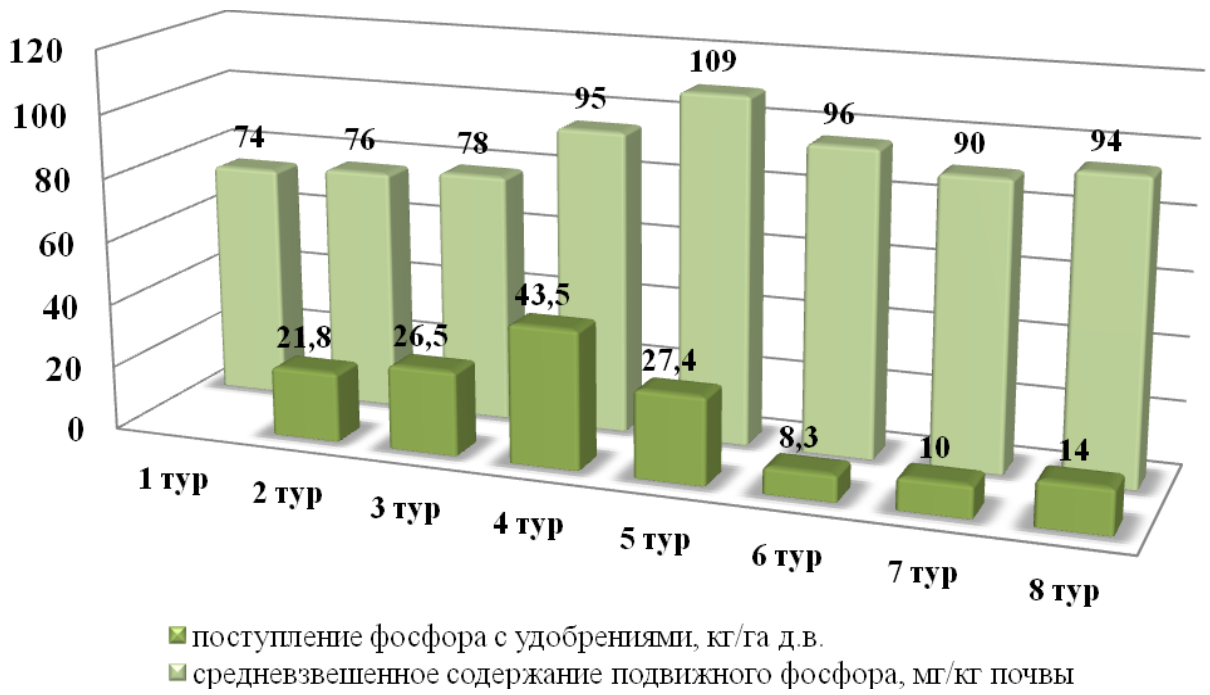

Рисунок 1 – Динамика средневзвешенного содержания подвижного фосфора и поступление его с минеральными, органическими удобрениями по турам агрохимического обследования в пашню Воронежской области

Обращает на себя внимание рост содержания подвижных фосфатов в почве за период между I и V турами (1964-1995 гг.): увеличение их содержания в пахотном горизонте составило в среднем по области 35 мг/кг (с 74 до 109 мг/кг почвы). Это, на наш взгляд, связано с устойчивым ростом объемов применения удобрений в этот период (с 21,8 кг/га во втором туре до 43,5 кг/га в четвертом).

Начиная с пятого тура агрохимического обследования (1991-1995 гг.) ежегодное поступление этого элемента в почвы с удобрениями снижалось, что влекло за собой снижение средневзвешенного содержания подвижного фосфора в почвах. В шестом цикле (1996-2000 гг.) отмечено самое низкое поступление фосфора с минеральными и органическими удобрениями – 8,3 кг/га. д.в. и только с 2001 года, или с седьмого тура агрохимического обследования, отмечается тенденция увеличения поступления фосфора с удобрениями в почвы области и, как следствие, увеличение его содержания в почвах.

В целом по области за 46 лет агрохимических наблюдений средневзвешенное содержание подвижного фосфора увеличилось на 20 мг/кг и в VIII туре составило 94 мг/кг почвы, что на 27 % больше относительно I тура.

За этот период произошло и перераспределение площадей почв по классам обеспеченности подвижным фосфором.

К VIII туру исследований уменьшилось количество почв с низким и очень низким (до 50 мг/кг) и средним содержанием подвижного фосфора соответственно с 24,8 до 10,1 % и с 58,5 до 50,6 %. Одновременно увеличились площади почв с повышенной, а также высокой и очень высокой обеспеченностью этим элементом соответственно с 13,7 до 32,1 % и с 3 до 7,2 % относительно первого тура.

Следовательно, фосфатный режим почв тесным образом связан с объемами применения фосфорсодержащих удобрений.

3.2 Динамика содержания обменного калия в зависимости от уровня применения удобрений в почвах пашни Воронежской области

Динамика поступления калия с минеральными и органическими удобрениями в пашню Воронежской области аналогична динамике фосфора (рисунок 2).

Рисунок 2 – Динамика средневзвешенного содержания обменного калия и поступление его с минеральными, органическими удобрениями по турам агрохимического обследования в пашню Воронежской области

За период с 1976 по 1990 г. (II – IV туры агрохимического обследования) поступление этого элемента в почвы с удобрениями увеличилось с 35,0 до 42,6 кг/га д.в. За последующий пятилетний цикл обследования (1991-1995 гг.) происходит постепенное снижение поступления калия с минеральными и органическими удобрениями в почвы до 28,5 кг/га д.в. Пик резкого снижения поступления этого элемента в почвы Воронежской области приходится так же, как и фосфора, на период с 1996 по 2000 г., или шестой цикл агрохимического обследования: его среднегодовое количество снизилось до 12,4 кг/га д.в., что в

2,3 раза меньше, чем в пятом туре. Начиная с седьмого тура прослеживается положительная тенденция увеличения поступления калия с удобрениями в почвы области.

Зависимость содержания в почве обменного калия от объемов применения калийсодержащих удобрений гораздо менее ярко выражена, чем подвижных фосфатов, что связано с большими потенциальными запасами калия в почве. Поэтому количество обменного калия в почвах области за годы наблюдений практически не изменялось и оставалось на одном уровне (115 – 128 мг/кг почвы), и начиная с III тура (1979-1985 гг.) агрохимического обследования его содержание изменялось в пределах одного класса обеспеченности - высокого (122-128 мг/кг почвы).

Более заметные изменения произошли в перераспределении площадей почв по классам обеспеченности. Так, за период с 1964 по 2010 г. (I - VIII туры) площади с очень низким и низким (до 40 мг/кг почвы) содержанием уменьшились с 3,2 до 1,0 % и перешли в средний класс обеспеченности, площадь пашни с очень высокой степенью обеспеченности снизилась с 27,8 до 6,8 % и увеличились площади с повышенным и высоким содержанием обменного калия.

3.3 Динамика содержания органического вещества (гумуса) в зависимости от уровня применения удобрений в почвах пашни Воронежской области

Гумусовое состояние является важнейшим критерием оценки уровня плодородия почвы.

Основным источником пополнения запасов гумуса в почве является внесение органических удобрений, и в частности навоза. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах региона необходимо ежегодно вносить 6 - 8 т/га органических удобрений (Жабин М.А. и др., 2014).

Как видно из представленных данных (рисунок 3), в динамике применения органических удобрений за годы существования агрохимической службы наблюдаются значительные колебания.

Так, если за период с 1976 по 1978 г. среднегодовое внесение органических удобрений в пашню Воронежской области составило 2,3 т/га, то к четвертому туру агрохимического обследования (1986-1990 гг.) оно увеличилось до 3,4 т/га.

С 1991 года, или пятого тура, происходит постоянное снижение объемов применения органических удобрений. Если в пятом туре на гектар пашни в среднем по области было внесено 2,9 т/га, то в шестом – 1,7 т/га. В седьмом и восьмом турах (2001-2010 гг.) агрохимического обследования внесение органических удобрений снизилось до 1,4 т/га.

Проведенные восемь туров агрохимического обследования (1964 - 2010 гг.) показали, что в целом по области средневзвешенное содержание

Рисунок 3 – Динамика средневзвешенного содержания гумуса и применение органических удобрений по турам агрохимического обследования в Воронежской области

гумуса в почвах остается примерно на одном уровне – 5,6 % (рисунок 3).

Полученные данные свидетельствуют о стабилизации содержания гумуса в пахотном слое почв области. Это минимальное содержание гумуса в черноземных почвах нашего региона, по мнению Н.И. Лактионова (1981), П.Г. Акулова (1992), представляет собой «скелетную» часть органического вещества, которая трудно минерализуется даже при создании благоприятных условий.

Несмотря на то что в среднем по области содержание гумуса практически не изменялось по турам обследования, произошли изменения в распределении площадей по степени обеспеченности гумусом.

За 46 лет агрохимического обследования площади пашни с очень слабогумусированным и слабогумусированным содержанием сократились на 2,7 % и перешли в группу с малогумусным содержанием. Произошло снижение площадей со среднегумусным содержанием на 1,6 %, а почв с высоким содержанием гумуса (тучные > 9 %) за последние 10 лет обнаружено не было.

3.4 Динамика и состояние кислотности в зависимости от уровня применения удобрений и мелиорантов в почвах пашни Воронежской области

В настоящее время в области насчитывается около 580 тыс. га, или 29,2 % площади пашни почв, нуждающихся в известковании, при этом тенденция к

увеличению их относительной доли в структуре почв пашни сохраняется (таблица 1).

Таблица 1 - Распределение площадей почв пашни Воронежской области по степени кислотности, %

Тур	Годы обследования	Группировка почв по степени обменной кислотности (pH_{KCl})						Всего кислых почв тыс. га, % от обследованной
		очень сильно–кислые ≤4,0	сильно-кислые 4,1-4,5	средне-кислые 4,6-5,0	слабо-кислые 5,1 – 5,5	близкие к нейтральным 5,6 – 6,0	нейтральные > 6,0	
III	1979-1985	0,1	0,1	3,6	19,6	25,8	50,8	23,4
IV	1986-1990	0,1	0,5	5,5	21,7	26,0	46,2	27,8
V	1991-1995	0,1	0,6	5,2	22,0	28,7	43,4	27,9
VI	1996-2000	-	0,3	5,9	21,7	28,0	44,1	27,9
VII	2001-2005	-	0,2	5,4	21,4	28,7	44,3	27,0
VIII	2006-2010	-	0,2	5,5	23,5	29,1	41,7	29,2

Анализ данных последнего тура обследования (VIII цикл) показал увеличение доли кислых почв на 5,8 % и одновременное увеличение доли почв с реакцией среды, близкой к нейтральной, на 3,3 % в сравнении с III туром агрохимического обследования. За тот же период наблюдений произошло снижение доли почв с нейтральной реакцией среды на 9,1 %. Отмеченная закономерность является следствием не только недостаточных темпов известкования, но и увеличения выноса кальция с урожаем, а также применения физиологически кислых удобрений (рисунок 4).

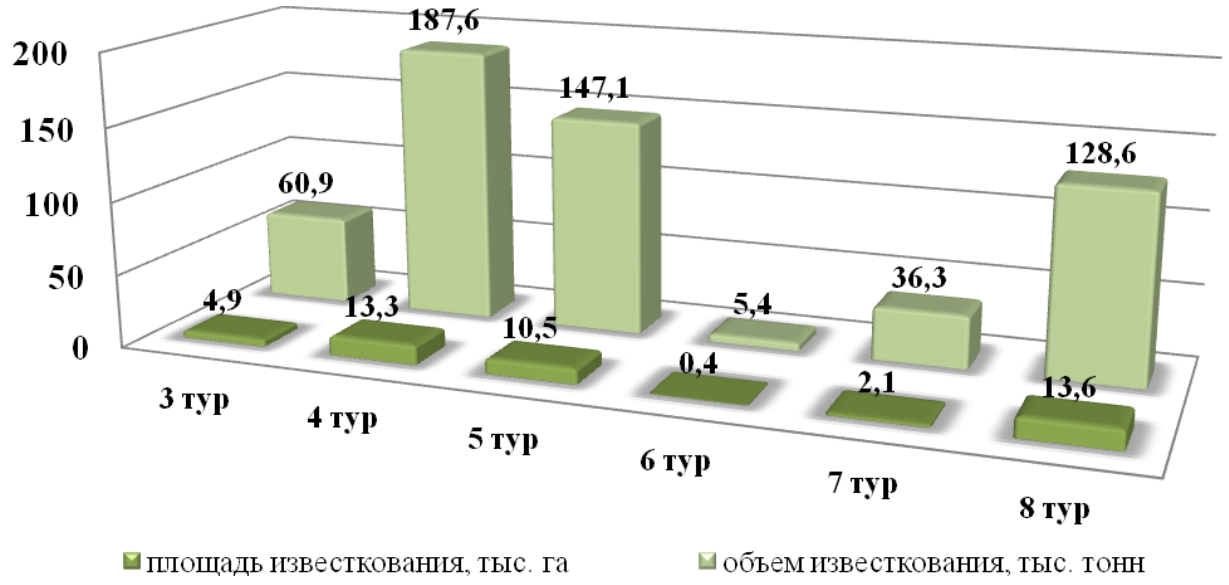

Рисунок 4 – Динамика известкования кислых почв в хозяйствах Воронежской области

Следовательно, при существующих площадях кислых почв в области и сроках действия мелиоранта 6 - 7 лет необходимо ежегодно известковать не менее 100 тыс. га.

3.5 Баланс элементов питания и гумуса в почвах пашни Воронежской области

Одной из наиболее важных характеристик при оценке сельскохозяйственного землепользования является баланс элементов питания, который учитывает структуру посевных площадей, урожайность культур, вынос элементов питания, приход их с минеральными и органическими удобрениями.

В Воронежской области за 32 года наблюдений при сопоставлении количества питательных веществ, внесенных в виде минеральных и органических удобрений, с выносом их валовыми сборами сельскохозяйственных культур при достигнутом уровне урожайности баланс элементов питания по турам агрохимического обследования складывался по-разному (таблица 2).

Таблица 2 - Баланс питательных веществ в земледелии Воронежской области за период с 1979 по 2010 г., кг д.в./га

Тур обследования	Годы	N	P_2O_5			K_2O		
		Баланс, +-	Приход	Расход	Баланс, +-	Приход	Расход	Баланс, +-
III	1979-1985	-14	26,5	32,5	-6	41,0	55	-14
IV	1986-1990	+9	43,5	17,5	+26	42,6	47,6	-5
V	1991-1995	-28	27,4	22,4	+5	28,5	63,5	-35
VI	1996-2000	-28	8,3	18,3	-10	12,4	43,4	-31
VII	2001-2005	-38	10	23	-13	13,8	52,8	-39
VIII	2006-2010	-23	14	20	-6	18,5	49,5	-31

Анализ представленных данных свидетельствует об увеличении содержания элементов питания в почвах пашни Воронежской области под влиянием поступления минеральных и органических удобрений.

Как видно из таблицы 2, в третьем туре (1979-1985 гг.) баланс по азоту, фосфору и калию был отрицательным и составлял соответственно - 14, - 6, - 14 кг д.в./га. Так как объемы применения удобрений до 1990 года постоянно нарастали, достигнув максимума в четвертом туре (1986-1990 гг.), то в этот период наблюдений поступление азота и фосфора в почвы области было выше выноса их с урожаем, что привело к повышению содержания подвижного фосфора в них и положительному его балансу (+26 кг д.в./га), баланс азота также был положительным (+9 кг д.в./га). За период 1991-1995 гг. отмечен отрицательный баланс по азоту (–28 кг д.в./га), по фосфору баланс оставался положи-

тельным (+5 кг д.в./га) и его содержание в почвах достигло максимального уровня (рисунок 5).

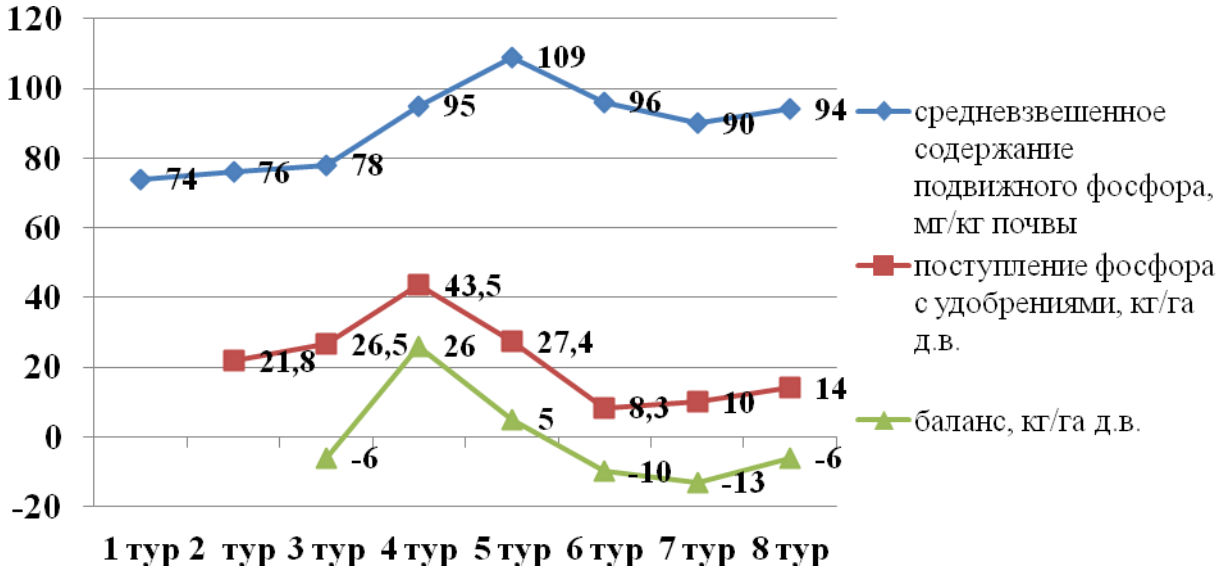

Рисунок 5 – Динамика средневзвешенного содержания подвижного фосфора, поступление его с минеральными, органическими удобрениями и баланс фосфора по турам агрохимического обследования в пашне Воронежской области

Это связано, как было отмечено выше, во-первых, с использованием ранее накопленного потенциала, и во-вторых, с тем, что применение удобрений в 1991-1992 гг. оставалось еще на достаточно высоком уровне, а приходная его часть с минеральными и органическими удобрениями в почвы области превышала расходную. В последующие годы использование минеральных и органических удобрений стало резко сокращаться, что приводило к снижению содержания подвижных форм фосфора в почве и, как следствие, - отрицательному его балансу. Аналогичная тенденция прослеживалась и по азоту.

Что касается обменного калия, то за весь период наблюдений (1979-2010 гг.) баланс складывался отрицательный, то есть вынос с урожаем был выше его поступления с минеральными и органическими удобрениями, в связи с чем наметилась тенденция снижения его запасов в почве (рисунок 6).

Так, за период третьего тура (1979 - 1985 гг.) баланс по калию был отрицательный и составил 14 кг д.в./га. Однако в связи с тем, что максимальный пик применения удобрений наблюдали в 1986-1990 гг., то в четвертом туре наметилась тенденция увеличения содержания калия в почве и баланс составил 5 кг д.в./га.

Для определения зависимости баланса элементов питания от поступления их с удобрениями были рассчитаны коэффициенты корреляции. Установлено, что прослеживается тесная связь между поступлением фосфора и калия с удоб-

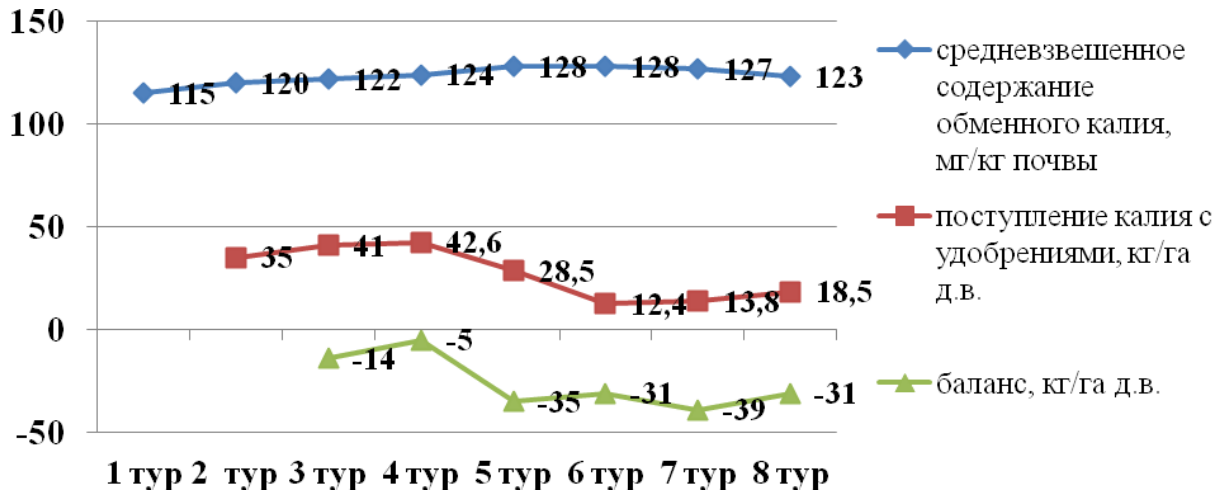

Рисунок 6 – Динамика средневзвешенного содержания обменного калия, поступление его с минеральными, органическими удобрениями и баланс калия по турам агрохимического обследования в пашне Воронежской области

рениями и балансом их в почвах области, коэффициенты корреляции при этом составили соответственно 0,93 и 0,86.

Количественная зависимость носит прямолинейный характер и выражается следующими уравнениями регрессии, представленными на рисунке 7.

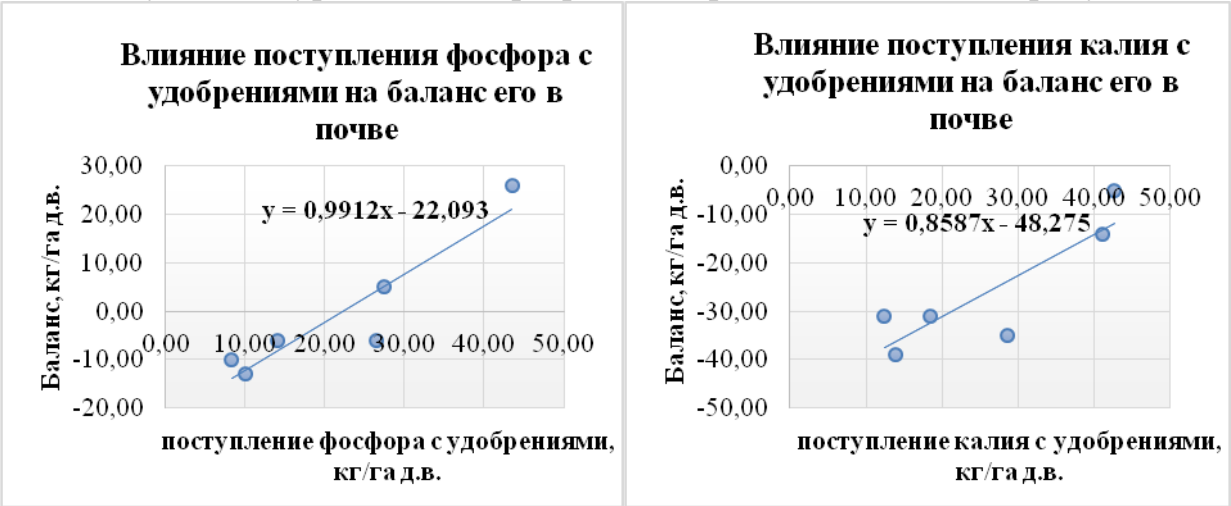

Рисунок 7 - Зависимость между поступлением фосфора и калия с удобрениями и балансом их в почве по турам агрохимического обследования в Воронежской области

для фосфора: У=0,9912х-22,093

для калия: У=0,8587х-48,275

Рассчитанные уравнения регрессии, которые характеризуют высокую взаимосвязь между этими величинами, позволяют прогнозировать баланс элементов питания в земледелии Воронежской области в зависимости от поступления фосфора и калия в почву.

Расчет баланса гумуса в почвах пашни Воронежской области нами был проведен за 2002-2010 гг. и показал, что за последние 2 тура обследования он складывался отрицательный при ежегодном дефиците 0,63 - 0,66 т/га. Исходя из того, что коэффициент гумификации навоза для черноземных почв равен 0,09, для поддержания бездефицитного баланса гумуса необходимо вносить ежегодно на гектар пашни 7 - 8 т навоза.

Глава IV МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Для прогнозирования и практического применения микроудобрений большое значение имеет оценка почв по обеспеченности подвижными (доступными для растений) формами микроэлементов (Панасин В.И., 2003).

Нами проведены анализ содержания и степени обеспеченности почв пашни Воронежской области подвижными формами цинка, меди, марганца и кобальта, за два последних тура агрохимического обследования.

Как свидетельствуют данные наших исследований (таблица 3), все почвы 32 административных районов Воронежской области не содержат цинк, медь, марганец и кобальт в токсических для растений концентрациях.

Таблица 3 - Распределение площади пашни по степени обеспеченности подвижными формами микроэлементов в Воронежской области за период с 2006 по 2015 г.

Элемент	Тур и годы обследования	Обследованная площадь, тыс. га	Степень обеспеченности						Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы
			низкая		средняя		высокая		
			тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
Zn	VIII (2006-2010)	1976,7	1965,9	99,4	10,3	0,5	0,5	0,1	0,45
	IX (2011-2015)	2519,4	2512,8	99,7	4,8	0,2	1,8	0,1	0,38
Cu	VIII (2006-2010)	1976,7	1647,8	83,4	294,1	14,9	34,8	1,7	0,15
	IX (2011-2015)	2519,4	2432,9	96,5	85,7	3,4	0,8	0,1	0,10
Mn	VIII (2006-2010)	1976,7	1012,4	51,2	676,8	34,2	287,5	14,6	12,38
	IX (2011-2015)	2519,4	1535,2	61,0	653,6	25,9	330,6	13,1	11,22
Co	VIII (2006-2010)	1976,7	1360,5	68,8	562,3	28,5	53,9	2,7	0,14
	IX (2011-2015)	2519,4	2387,5	94,7	131,3	5,2	0,6	0,1	0,11

Напротив, в настоящее время в целом по области практически все они имеют острый дефицит по цинку, меди и кобальту (соответственно 99,7, 96,5 и 94,7 % от обследованной площади), а также 86,9 % отличаются недостаточным содержанием подвижного марганца. По характеристике обеспеченности подвижные микроэлементы в области образуют следующий убывающий ряд: Mn> Co> Cu >Zn.

В этой связи дефицит в почве представленных микроэлементов может оказаться фактором, сдерживающим дальнейший рост урожаев и качества продукции. Поэтому при разработке системы удобрения сельскохозяйственных культур необходимо предусматривать применение микроудобрений, содержащих эти элементы.

Глава V ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПЕРИОД С 1976 ПО 2010 г.

Анализ производства зерна озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы на силос и подсолнечника за последние 35 лет показывает, что по мере повышения культуры земледелия, укрепления материально-технической базы хозяйств, внедрения в производство высокопродуктивных сортов и гибридов урожайность основных сельскохозяйственных культур области возрастала (таблица 4).

При этом основную роль в повышении эффективности земледелия и получении высоких и стабильных урожаев основных сельскохозяйственных культур области играет сбалансированное применение минеральных и органических удобрений. Об этом свидетельствует хозяйственная деятельность колхозов и совхозов Воронежской области за 1986-1990 гг., когда на 1 га пашни стали вносить в среднем за год по 118,8 кг д.в. NPK и 3,4 т навоза, в результате чего в почве сложился положительный баланс элементов питания. В эти годы под озимую пшеницу на 1 га посевной площади вносили по 17 т навоза и 188,6 кг д.в. NPK, под сахарную свеклу минеральных удобрений - 381,8 кг д.в., под кукурузу на силос - 2,5 т и 145,6 кг д.в. и под подсолнечник 119,8 кг/га д.в. минеральных удобрений.

Это способствовало увеличению их урожайности за период с 1976 по 1990 год: озимой пшеницы - на 9,8 ц/га, сахарной свеклы – на 51,1 ц/га, кукурузы на силос - на 74,7 ц/га и подсолнечника – 3,7 ц/га.

Однако с 1991года происходило постоянное снижение объемов применения удобрений, особенно резко этот процесс пошел с 1993 года. Так, если в 1993 году на гектар пашни в среднем по области было внесено 3,2 т навоза и 36,1 кг д.в. минеральных удобрений, то в 1996-2000 гг. эти показатели составили соответственно 1,7 т и 19,4 кг д.в.. В результате этого в почве сложился

Таблица 4 - Применение удобрений и урожайность основных сельскохозяйственных культур по турам агрохимического обследования

Тур	Годы обследования	Озимая пшеница			Сахарная свекла			Кукуруза на силос			Подсолнечник		
		Внесено минеральных удобрений, кг/га д.в. NPK	Внесено органических удобрений, т/га	Урожайность, ц/га	Внесено минеральных удобрений, кг/га д.в. NPK	Внесено органических удобрений, т/га	Урожайность, ц/га	Внесено минеральных удобрений, кг/га д.в. NPK	Внесено органических удобрений, т/га	Урожайность, ц/га	Внесено минеральных удобрений, кг/га д.в. NPK	Внесено органических удобрений, т/га	Урожайность, ц/га
II	(1976-1978)	49,5	5,3	21,6	441,1	1,4	177	55,1	5,8	151,0	43,2	0,3	9,3
III	(1979-1985)	63,2	9,4	19,5	427,8	0,8	129,3	112,6	7,4	183,4	62,1	0,3	8,6
IV	(1986-1990)	188,6	17,0	31,4	381,8	0,3	228,1	145,6	2,5	225,7	119,8	0,2	13
V	(1991-1995)	90,3	16,2	24	216,4	0,2	150,5	56,1	1,6	156,4	53,4	0,1	9,8
VI	(1996-2000)	37,1	8,2	20,8	87,4	0,1	145,5	17,8	0,4	129,3	11,9	0,02	9,6
VII	(2001-2005)	47,0	6,4	25,5	158,6	0,1	218,9	23,5	0,3	138,7	20,2	0,1	10,5
VIII	(2006-2010)	65,1	3,9	25,0	272,1	1,9	274,4	41,4	0,9	127,6	39,3	1,0	13,9

отрицательный баланс элементов питания. Все это негативным образом отразилось на урожайности основных культур. За период с 1991 по 2000 г. урожайность в среднем по области снизилась на 34, 36, 43 и 26 % соответственно озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы на силос и подсолнечника.

И только с 2001 года, когда наметилась положительная тенденция роста объемов применения минеральных и органических удобрений, отмечается постепенный рост урожая основных сельскохозяйственных культур в нашем регионе.

Для определения зависимости урожая озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы на силос и подсолнечника от доз удобрений, применяемых под эти культуры, были рассчитаны коэффициенты корреляции и уравнения регрессии, которые представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от доз минеральных и органических удобрений

Культура	Коэффициенты корреляции			Уравнения линейной регрессии	
	удобрения				
	минеральные	органические	минеральные+органические	минеральные	органические
Озимая пшеница	0,83	0,49	0,87	У=0,06х+19,09	У=0,37х+20,45
Сахарная свекла	0,98	0,82	0,99	У=0,68х+95,74	У=51,22х+177,08
Кукуруза на силос	0,97	0,43	0,97	У=0,72х+112,64	У=5,35х+144,41
Подсолнечник	0,37	0,64	0,73	У=0,02х+9,64	У=3,86х+9,56

Анализ полученных результатов свидетельствует о тесной связи между дозами минеральных удобрений и урожайностью озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы на силос и средней - подсолнечника, коэффициенты корреляции при этом составили соответственно 0,83, 0,98, 0,97 и 0,37. Рассчитанные коэффициенты корреляции указывают на среднюю связь (0,49) урожая озимой пшеницы, (0,43) кукурузы на силос, (0,64) подсолнечника и сильную (0,82) - урожая сахарной свеклы с дозами органических удобрений. Установлена сильная положительная связь между совместным влиянием навоза и минеральных удобрений и урожайностью изучаемых культур.

Рассчитанные уравнения регрессии, которые характеризуют высокую взаимосвязь между этими величинами, позволяют прогнозировать урожайность озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы на силос и подсолнечника в зависимости от доз удобрений, применяемых под эти культуры.

Глава VI НЕТРАДИЦИОННЫЕ ВИДЫ УДОБРЕНИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Воронежские черноземы, несмотря на большое потенциальное плодородие, частично утратили механизмы устойчивости и требуются определенные вложения для их поддержания в виде разумного использования агрохимикатов (Корчагин В.И., Романюк В.Н., 2011).

В настоящее время актуальным становится применение дешевых местных сырьевых ресурсов в качестве удобрений, среди которых определенный интерес представляют глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты.

Как показали результаты наших исследований на черноземе выщелоченном в опыте с глауконитами (2003-2009 гг.), они способствуют улучшению пищевого режима почв, повышению урожайности и качества продукции и снижению концентрации в почве подвижных форм цинка, свинца, меди, никеля, хрома, кобальта, а также служат источником минерального питания растений пролонгирующего действия.

Наибольшая прибавка урожайности по изучаемым культурам опыта была получена на варианте с глауконитом в дозе 5 т/га и составила в 2003 году проса – 6,3 ц/га, в 2004 году гороха – 9,5, в 2005-2006 годах озимой пшеницы – 5,8, 9,1, в 2007 году ячменя - 5,8, в 2009 году озимой пшеницы - 6,6 ц/га. Максимальное содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы также было отмечено на варианте с глауконитом в дозе 5 т/га и составило в 2005 году - соответственно 13,8 и 26,5 %, в 2006 году – 14,1 и 26,9 % и в 2009 году – 14,3 и 27,0 %.

Кроме глауконитов источником минеральных элементов, относящихся к нетрадиционным видам удобрений, может служить фосфоритная мука.

В ходе проведенных исследований было установлено, что для устранения дефицита фосфора в почве, а также увеличения урожайности и качества зерновых культур рекомендуется совместное внесение на черноземе выщелоченном 100 кг/га д.в. фосфоритов и 15 т/га дефеката, пролонгирующее действие которых составляет более 7 лет. Прибавка урожая зерновых при этом составила 6,0 - 8,0 ц/га.

Следует отметить высокую эффективность применения дефеката в качестве мелиоранта кислых почв на территории Воронежской области, который уже в первый год способствует снижению гидролитической кислотности на 0,2 – 0,5 мг-экв на 100 г почвы. Прибавка урожая при этом составила по озимой пшенице 3-8 ц/га, ячменю – 3 - 5, сахарной свекле – 50 - 90 ц/га.

Применение мела природного сыромолотого в качестве мелиоранта кислых почв в 2003-2007 гг. на черноземе выщелоченном привело к снижению

кислотности почв на 0,4 - 1,3 единицы pH. Оптимальная норма внесения мела при этом была– 5 – 10 т/га физ. веса.

Глава VII ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Известно, что показатели плодородия почвы могут меняться в широких пределах даже в рамках одного, отдельно взятого поля. Поэтому применение минеральных удобрений без учета пестроты показателей плодородия почвы внутри поля снижает их эффективность и приводит к дальнейшему увеличению вариабельности почвенного плодородия.

Неоднородность распределения элементов питания в пределах одного поля приводит к значительным колебаниям урожайности сельскохозяйственных культур. Наши исследования в ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского района показали, что урожайность кукурузы на зерно по отдельным участкам одного поля изменяется в пределах от <2 до > 12 т/га.

Рассчитанные коэффициенты корреляции свидетельствуют о средней связи урожая кукурузы на зерно с содержанием подвижного фосфора и гумуса, коэффициент корреляции составил соответственно 0,5 и 0,6.

Существенной корреляционной зависимости между урожайностью кукурузы на зерно и содержанием обменного калия и pH почвы не выявлено. Это, на наш взгляд, связано с тем, что черноземные почвы богаты калием и отзывчивость культур на калийные удобрения на этих почвах слабая. Изменение реакции среды (pH) максимум на 0,6 единицы также, видимо, недостаточно для заметного влияния на урожайность кукурузы.

Количественная зависимость содержания подвижного фосфора и гумуса с урожайностью кукурузы на зерно выражается уравнениями регрессии: У=0,0429х + 5,3436 (для подвижного фосфора); У=1,846х - 0,8825 (для гумуса).

Полученные уравнения регрессии позволяют прогнозировать урожайность кукурузы на зерно при известном содержании подвижного фосфора и гумуса в почве.

Привлекательность точного земледелия, как и других технологических инноваций, на практике определяется прежде всего экономической эффективностью на уровне сельскохозяйственного предприятия (Шпаар Д., 2009).

Оценка экономической эффективности двух систем: точного (с применением GPS-навигации) и традиционного (обычного) земледелия, применяемых под сахарную свеклу на примере хозяйства ООО «ЭкоНиваАгро», показала, что прибавка урожая сахарной свеклы от дифференцированного внесения удобрений составила 117 ц/га, что на 6 ц/га больше по сравнению с традиционным внесением. Чистый доход с применением системы точного земледелия составил

15 174 руб./га, что на 5,5 % выше, чем тот же показатель при обычном земледелии.

Следовательно, наиболее экономически целесообразным из двух рассмотренных систем земледелия следует считать использование точного земледелия с применением GPS-навигации.

Таким образом, внедрение точного земледелия позволяет повысить окупаемость средств химизации, уменьшить непроизводительные потери элементов питания и увеличить урожайность.

Глава VIII ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Расчет экономической эффективности применения удобрений под основные сельскохозяйственные культуры Воронежской области показал, что она зависит как от применяемых доз удобрений, так и от возделываемой культуры и полученной урожайности.

Положительный экономический эффект по озимой пшенице получен во втором, шестом, седьмом и восьмом турах обследования (чистый доход изменялся от 1938 до 7421 руб./га), по сахарной свекле – в четвертом, шестом, седьмом и восьмом турах (чистый доход изменялся от 3049 до 22608 руб./га), по кукурузе на силос - с четвертого по восьмой тур (чистый доход изменялся от 1100 до 5519 руб./га), по подсолнечнику дополнительный чистый доход получен во все годы наблюдений при уровне его от 2676 до 13481 руб./га.

Отрицательный экономический эффект (убыток) связан, на наш взгляд, как с диспаритетом цен на удобрения и сельскохозяйственную продукцию, так и с нарушениями других элементов технологии возделывании сельскохозяйственных культур (подготовка почвы, качество посевного материала, сроки сева, борьба с вредителями, болезнями и сорняками, сроки уборки и т.д.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Длительное систематическое внесение минеральных и органических удобрений улучшало фосфатный и калийный режимы почв. До 1990 года, когда объемы применения удобрений постоянно нарастали, происходило заметное увеличение содержания доступных форм фосфора и калия в почве. Содержание подвижных фосфатов в почве между I и V турами (1964- 1995 гг.) увеличилось в пахотном горизонте с 74 до 109 мг/кг почвы и составило в среднем по области 35 мг/кг, а обменного калия - со 115 до 128 мг/кг почвы – 13 мг/кг. В последующие годы, в условиях резкого снижения объемов применения удобрений (с 1991 года), наблюдается заметное снижение содержания подвижного фосфора в почве и по завершении VIII тура агрохимического обследования в среднем по области почвы стали характеризоваться как среднеобеспеченные (94 мг/кг). Что касается обменного калия, то такой зависимости от применения удобрений не

наблюдалось, его содержание по завершении VIII тура агрохимического обследования в среднем по области оставалось на уровне высокого класса обеспеченности (123 мг/кг почвы). Это объясняется большими потенциальными запасами калия в черноземах.

Определена положительная зависимость баланса элементов питания от их поступления с удобрениями. Коэффициенты корреляции свидетельствуют о тесной связи между поступлением фосфора (к=0,93) и калия (к=0,86) с удобрениями и балансом их в почвах области.

2. Средневзвешенное содержание гумуса в почвах области за 46-летний период наблюдений оставалось примерно на одном уровне – 5,6 %. Однако расчет баланса гумуса в почвах пашни Воронежской области за последних 2 тура обследования показал его ежегодный дефицит - 0,63 - 0,66 т/га. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса необходимо вносить ежегодно на гектар пашни 7 - 8 т навоза.

3. За период с 1979 по 2010 г. произошло увеличение площадей почв с кислой реакцией среды с 23,4 до 29,2 % пашни, при этом тенденция к увеличению доли кислых почв сохраняется. 576,4 тыс. га почв области нуждаются в известковании.

4. Почвы Воронежской области не содержат цинк, медь, марганец и кобальт в токсических для растений концентрациях. Напротив, в целом по области практически все они имеют острый дефицит по цинку, меди и кобальту (соответственно 99,7 %, 96,5 и 94,7 % от обследованной площади), а также 86,9 % отличаются недостаточным содержанием подвижного марганца. По обеспеченности почв подвижные микроэлементы в области образуют следующий убывающий ряд: Mn> Co> Cu >Zn.

5. За период 1986-1990 гг., когда вносилось максимальное количество удобрений на 1 га пашни (в среднем за год 118,8 кг д.в. NPK и 3,4 т навоза), в почвах области сложился положительный баланс элементов питания. Это способствовало увеличению урожайности озимой пшеницы на 45 %, сахарной свеклы – на 28, кукурузы на силос – на 49 и подсолнечника – на 39 %. Снижение объемов применения минеральных и органических удобрений за период с 1991 по 2000 г. привело к снижению урожайности соответственно на 34 %, 36, 43 и 26 %. С 2001 года, когда наметилась положительная тенденция увеличения объемов применения минеральных и органических удобрений, отмечается постепенный рост урожая основных сельскохозяйственных культур.

Анализ результатов мониторинга свидетельствует о высокой связи между дозами минеральных удобрений с урожайностью озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы на силос и средней - подсолнечника, коэффициенты корреляции при этом составили соответственно 0,83, 0,98, 0,97 и 0,37. Рассчитанные коэффи-

циенты корреляции указывают на среднюю связь (0,49) урожая озимой пшеницы, (0,43) кукурузы на силос, (0,64) подсолнечника и сильную (0,82) - урожая сахарной свеклы с дозами органических удобрений. Установлена сильная положительная связь между совместным влиянием навоза и минеральных удобрений и урожайностью изучаемых культур.

6. Наряду с традиционными видами удобрений дополнительным или резервным источником минерального питания для растений могут быть местные нетрадиционные виды удобрений - глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты – дефекат или сыромолотый мел.

Для улучшения пищевого режима почв, повышения урожайности и качества продукции, а также снижения концентрации в почве подвижных форм цинка, свинца, меди, никеля, хрома и кобальта рекомендуется внесение глауконита в дозе 5 т/га. Прибавка урожая составила в 2003 году проса – 6,3 ц/га, в 2004 году гороха – 9,5, в 2005-2006 годах озимой пшеницы – 5,8, 9,1, в 2007 году ячменя - 5,8, в 2009 году озимой пшеницы - 6,6 ц/га.

Для устранения дефицита фосфора в почве, а также увеличения урожайности и качества зерновых культур рекомендуется совместное внесение на черноземе выщелоченном 100 кг/га д.в. фосфоритов и 15 т дефеката, пролонгирующее действие которых составляет более 7 лет. Прибавка урожая зерновых - 6,0 - 8,0 ц/га.

Применение дефеката в качестве мелиоранта кислых почв на территории Воронежской области уже в первый год способствует снижению гидролитической кислотности на 0,2 – 0,5 мг-экв на 100 г почвы. Прибавка урожая составила по озимой пшенице 3 - 8 ц/га, ячменю – 3 - 5, сахарной свекле – 50 - 90 ц/га.

Использование мела природного сыромолотого снижало кислотность почв на 0,4 - 1,3 единицы pH. Максимальный процесс раскисления отмечен на третий год, на пятый год отмечается стабилизация почвенной кислотности на уровне pH > 5,5. Оптимальная норма внесения мела – 5 – 10 т/га физ. веса.

7. Установлена положительная связь урожая кукурузы на зерно с содержанием P_2O_5 и гумуса в почве. Коэффициенты корреляции составили для подвижного фосфора 0,5, а для гумуса – 0,6, и полученные уравнения регрессии позволяют прогнозировать урожайность кукурузы на зерно при известном содержании подвижного фосфора и гумуса в почве. Существенной корреляционной зависимости между урожайностью кукурузы на зерно и содержанием обменного калия и pH почвы не выявлено.

8. Технология внесения удобрений с применением GPS-навигации обеспечивает больший экономический эффект по сравнению с традиционной системой земледелия.

Прибавка урожая сахарной свеклы от дифференцированного внесения удобрений составила 117 ц/га, что на 6 ц/га больше по сравнению с традиционным внесением. Чистый доход с применением системы точного земледелия составил 15 174 руб./га, что на 5,5 % выше, чем при обычном земледелии.

9. Положительный экономический эффект по озимой пшенице получен во втором, шестом, седьмом и восьмом турах обследования (чистый доход изменялся от 1938 до 7421 руб./га), по сахарной свекле – в четвертом, шестом, седьмом и восьмом турах (чистый доход изменялся от 3049 до 22608 руб./га), по кукурузе на силос - с четвертого по восьмой тур (чистый доход изменялся от 1100 до 5519 руб./га), по подсолнечнику дополнительный чистый доход получен во все годы наблюдений при уровне его от 2676 до 13481 руб./га.

Отрицательный экономический эффект (убыток) связан, на наш взгляд, как с диспаритетом цен на удобрения и сельскохозяйственную продукцию, так и с нарушениями других элементов технологии возделывании сельскохозяйственных культур (подготовка почвы, качество посевного материала, сроки сева, борьба с вредителями, болезнями и сорняками, сроки уборки и т.д.).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Результаты исследований могут быть использованы для краткосрочных и долгосрочных прогнозов изменения агрохимических показателей плодородия почв Воронежской области.

2. Для поддержания бездефицитного баланса азота, фосфора и калия в почвах Воронежской области необходимо увеличить их применение на 25 - 30 кг/га по азоту, 5 - 10 кг/га - по фосфору и 35 - 40 кг/га - по калию.

3. При существующих площадях кислых почв в области и сроках действия мелиоранта 6 - 7 лет необходимо ежегодно известковать не менее 100 тыс. га.

4. При разработке системы удобрения отдельных сельскохозяйственных культур области или севооборота в целом необходимо предусмотреть применение микроудобрений, содержащих цинк, медь, марганец и кобальт.

5. В качестве дополнительных источников минерального питания растений рекомендуется использовать местные ресурсы - глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты – дефекат или сыромолотый мел.

6. Шире практиковать при внесении удобрений точное земледелие, которое позволяет повысить окупаемость средств химизации, уменьшить непроизводительные потери элементов питания, увеличить урожайность, а также положительно влиять на плодородие почвы и экологическую обстановку в ней.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК

1. **Корчагин В.И.** Глаукониты и плодородие воронежских черноземов / **В.И. Корчагин**, В.Н. Романюк // Плодородие. – 2011.- № 4. – С. 42-44.

2. **Корчагин В.И.** Мониторинг агрохимических показателей плодородия почв и урожайность основных сельскохозяйственных культур Воронежской области / **В.И. Корчагин**, Ю.А. Кошелев, Н.Г. Мязин // Плодородие. – 2016.- № 3. – С. 10-13.

3. **Корчагин В.И.** Эффективность точного земледелия на выщелоченном черноземе Воронежской области / **В.И. Корчагин**, Ю.А. Кошелев, Н.Г. Мязин // Вестник ВГАУ. – 2016.- № 1. – С. 17-23.

Книги и монографии

4. Дифференцированное внесение удобрений как основное направление точного земледелия / **В.И. Корчагин** [и др.]. – Воронеж: Истоки, 2013. – 14 с.

5. Врачеватели Воронежских черноземов / под ред. **В.И. Корчагина**. – Воронеж: Истоки, 2014. – 99 с.

6. Органическое вещество черноземов / **В.И. Корчагин** [и др.] // под ред. Ю.И. Житина. – Воронеж: Истоки, 2012. – 12 с.

Статьи в других изданиях

7. **Корчагин В.И.** Мониторинг кислотности почв пашни Воронежской области / **В.И. Корчагин**, Ю.А. Кошелев, Н.Г. Мязин // Значение и перспективы агрохимических исследований в повышении продуктивности земледелия: материалы научной конференции, 27-28 сентября 2011 г. /Донской ГАУ. – пос. Персиановский, 2011. – С. 26-30.

8. **Корчагин В.И.** Микроэлементы в пахотных почвах Воронежской области / **В.И. Корчагин**, Ю.А. Кошелев, Н.Г. Мязин // Современные проблемы сохранения плодородия черноземов: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.В. Докучаева (Россия, Воронеж, 21-22 апреля 2016 г.) – Воронеж, 2016. – С. 93-99.

9. **Корчагин В.И.** Баланс элементов питания и гумуса в земледелии Воронежской области / **В.И. Корчагин**, Ю.А. Кошелев, Н.Г. Мязин // Инновационные технологии производства зерновых, зернобобовых, технических и кормовых культур: юбилейный сборник научных трудов / Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 290-296.

Подписано в печать 07.04.2017 г. Формат 60x80 $^{1}/_{16}$. Бумага кн.-журн.
П.л. 1,0. Гарнитура Таймс. Тираж 100 экз. Заказ №
Типография ФГБОУ ВО ВГАУ, 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1