

На правах рукописи

АЗАРОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ  
В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЁМНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

4.1.3 – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

Брянск – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина» и в Федеральном бюджетном научном учреждении «Белгородский федеральный аграрный научный центр» Российской академии наук

**Научный руководитель:** **Ступаков Алексей Григорьевич**  
доктор сельскохозяйственных наук,  
доцент, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

**Официальные оппоненты:** **Чуян Наталия Анатольевна**  
доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ  
«Курский ФАНЦ», заведующая лабораторией  
агрочвоведения и экологии почв

**Недбаев Виктор Николаевич**  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
ФГБОУ ВО Курский ГАУ, доцент кафедры  
почвоведения и общего земледелия

**Ведущая организация:** ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова»

Защита состоится 29 сентября 2023 г. в 10.00 часов  
на заседании диссертационного совета 35.2.006.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный аграрный университет» по адресу: 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2а, корпус 4. E-mail: ds35200601@bgsha.com. Тел. факс: +7 (48341) 24-7-21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Брянский ГАУ и на сайте организации по адресу <http://www.bgsha.com> на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации <https://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_-\_\_\_\_\_ 2023 г.

Просим принять участие в работе совета или прислать свой отзыв в двух экземплярах, заверенных печатью.

Учёный секретарь  
диссертационного совета,  
доктор сельскохозяйственных наук,  
доцент

Смольский Евгений Владимирович

### **Общая характеристика работ**

В настоящее время рациональному использованию почвы придается приоритетное значение, как в мире, так в нашей стране. Основные положения по обеспечению и повышению плодородия почвы нашли своё отражение в разработанной национальной стратегии устойчивого развития России, утвержденной Государственной Думой Российской Федерации, в которой обозначены мероприятия по созданию оптимальной среды обитания и материального благополучия населения, обеспечению продовольственной и экологической безопасности, сбалансированного природопользования (Турьянский А.В., 2018).

В Белгородской области с 2011 года целенаправленно ведутся работы по внедрению в региональном земледелии биологических принципов, направленных на максимальное использование возобновляемых природных ресурсов и технологических процессов растениеводства. Правительством Белгородской области осуществляется систематический контроль за исполнением принятого Постановления. Особую актуальность вопросы сохранения и воспроизводства плодородия пахотных земель приобретает при возделывании энергоёмких пропашных культур, в перечне которых сахарная свёкла занимает особое место. Являясь коммерческой культурой со значительным выносом питательных веществ урожаем, она принимает на себя основную химическую нагрузку в виде минеральных, органических удобрений и средств защиты растений. Таким образом, всесторонние исследования по совершенствованию агротехнологии возделывания этой культуры позволят при формировании высоких устойчивых урожаев корнеплодов создать условия для расширенного воспроизводства плодородия чернозёмов (Мощенко, Ю.Б., 1970).

Знания особенностей агрофизической, агрохимической, физико-химической, биологической активности почвы в зависимости от напряженности технологических процессов являются необходимыми условиями для разработки научных и практических основ регулирования экологического состояния чернозёмов, управления функционированием экосистем.

**Актуальность темы.** Плодородие почвы определяется её уникальной способностью обеспечивать растения влагой, элементами минерального питания, оптимальными агрохимическими, физико-химическими и биологическими свойствами. Ведущая роль в формировании почвенного плодородия принадлежит таким агротехническим приёмам, как севооборот, способы основной обработки почвы и уровни удобрённости.

В этой связи определение агрохимических, физико-химических и биологических свойств почвы, которые служат в качестве диагностических показателей, характеризующих степень её удобрённости и потенциальные возможности, обеспечивающие повышение продуктивности сахарной свёклы в зависимости от агроприёмов, является актуальным.

**Степень разработанности темы.** В нашей стране и, особенно, в Центрально-Чернозёмном экономическом регионе, вопросами оптимизации различных приёмов возделывания основных культур и сохранения почвенного плодородия занимались многие учёные-аграрии.

В Белгородской области поиск оптимальных вариантов агротехнологий возделывания сахарной свёклы и других культур освещали в своих трудах П.Г. Акулов (1992), А.Г. Ступаков (1998), А.В. Смык (2000), В.Б. Азаров (2004), Г.И. Уваров (2005), Н.И. Клостер (2012), В.В. Лоткова (2022) и другие учёные.

Однако, в вышеперечисленных научных публикациях авторы акцентировали своё внимание на отдельных элементах, представляющих только часть комплексной агротехнологии.

Научные разработки, направленные на всестороннее изучение основных составляющих технологии возделывания, таких как севооборот, способ основной обработки почвы и насыщенность органическими и минеральными удобрениями в различных сочетаниях и комбинациях при возделывании сахарной свёклы при комплексном анализе воздействия этих факторов на агрофизические, агрохимические, физико-химические и биологические свойства почвы в условиях Центрально-Чернозёмного региона России в современных реалиях не проводились, что и определяет актуальность и значимость наших исследований.

**Цель исследований.** Целью работы явилось обоснование и совершенствование элементов агротехнологий в условиях юго-запада ЦЧР, обеспечивающих повышение продуктивности сахарной свёклы и расширенное воспроизводство плодородия чернозема типичного.

Для успешной реализации поставленной цели исследований было предусмотрено выполнение ряда задач:

- изучить влияние применения органических и минеральных удобрений на урожайность сахарной свёклы и качество свеклосахарного сырья;
- установить оптимальные дозы, способы и сочетания применения удобрений под сахарную свёклу в различных севооборотах;
- выявить характер действия различных сочетаний элементов агротехнологий на изменение свойств чернозема типичного;
- исследовать влияние применения энергосберегающих способов основной обработки почвы на продуктивность сахарной свёклы и показатели плодородия чернозёма типичного;
- рассчитать экономическую эффективность изучаемых приёмов при возделывании сахарной свёклы;

**Научная новизна работы.** Впервые экспериментально выявлены, проанализированы, обобщены и научно обоснованы оптимальные параметры элементов технологии возделывания сахарной свёклы для эффективного агропроизводства при условии расширенного воспроизводства плодородия черноземов юго-запада ЦЧР.

На основе результатов полевого стационарного многофакторного опыта, заложенного в 1987 году, оптимизирована система удобрения сахарной свёклы в различных видах севооборотов для черноземных почв Белгородской области.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты исследований являются научной основой создания региональных рекомендаций по возделыванию сахарной свёклы. Материалы исследований использовались при написании статей в специализированных изданиях, а также при подготовке рекомендаций по эффективному применению минеральных и органических удобрений в свеклосеющих предприятиях Центрального Черноземья. Экспериментальные данные ежегодно используются при чтении лекций на курсах повышения квалификации специалистов агрономического профиля.

Результаты исследований находят отражение при составлении практических рекомендаций для стабилизации и воспроизводства плодородия черноземных почв в сельхозпредприятиях Белгородской области.

### **Положения, выносимые на защиту:**

– в результате длительного применения органических удобрений в сочетании с минеральными показатели почвенного плодородия чернозема типичного в юго-западной части ЦЧР претерпевают положительные изменения;

– основными критериями повышения урожайности сахарной свёклы современных технологий являются оптимальные агрофизические, агрохимические и биологические свойства почвы, обеспеченность питательными элементами, из которых в первом минимуме находится азот;

– применениям энергосберегающих способов обработки с минимальным воздействием на почву создаются предпосылки для создания оптимальных агрохимических и агрофизических свойств почвы для получения высоких устойчивых урожаев сахарной свёклы;

– органическая и органо-минеральная система удобрения сахарной свёклы при энергосберегающей поверхностной обработке почвы обеспечивает наибольшую экономическую эффективность агроприемов в агротехнологии возделывания сахарной свёклы.

**Степень достоверности и апробации результатов.** Обоснованность выводов и достоверность рекомендаций производству обусловлены значительным количеством полевых, камеральных и лабораторных исследований, комплексным подходом, правильностью лабораторных анализов работ и подтверждены математической обработкой полученных данных, публикациями основных результатов в журналах из перечня ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, апробацией материалов на конференциях различных уровней. Достоверность полученных данных обеспечена применением методик, входящих в базу ГОСТов Общероссийского классификатора стандартов Российской Федерации.

**Личный вклад соискателя** состоит в участии в выборе темы исследований, целей и задач, структуры исследовательской работы; непосредственном участии в проведении полевых и лабораторных опытов; обобщении, анализе и камеральной обработке экспериментальных данных; подготовке диссертации и автореферата, написании статей и выступлениях с сообщениями на различных конференциях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 139 страницах печатного текста, состоит из введения, 8 глав, заключения, предложений производству, списка литературы из 169 источников, в том числе 18 – на иностранных языках и 17 приложений, иллюстрирована 28 таблицами и 2 рисунками.

**Публикации результатов исследований.** Материалы диссертации докладывались ежегодно на заседаниях ученого совета агрономического факультета в Белгородском ГАУ и ученого совета Белгородского ФАНЦ РАН (2017-2023 г.). Основные разделы диссертации освещались на региональных, всероссийских и международных научно-практических конференциях. По материалам работы соискателем в соавторстве готовится к публикации два учебных пособия, опубликованы три статьи в рецензируемых журналах, определенных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

**Благодарности.** Считаю своим долгом выразить глубокую благодарность директору ФГБНУ Белгородский ФАНЦ академику РАН С.И. Тютюнову за оказанную поддержку и всем сотрудникам, научного центра, оказавшим помощь в проведении полевых экспериментов, а также своему научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук А.Г. Ступакову за помощь в работе и ценные советы.

## **Содержание работы**

В Белгородской области с 2011 года целенаправленно ведутся работы по внедрению в региональном земледелии биологических принципов, направленных на максимальное использование возобновляемых природных ресурсов и технологических процессов растениеводства. Правительством Белгородской области осуществляется систематический контроль за исполнением принятого Постановления. Особую актуальность вопросы сохранения и воспроизводства плодородия пахотных земель приобретает при возделывании энергоёмких пропашных культур, в перечне которых сахарная свёкла занимает особое место. Являясь коммерческой культурой со значительным выносом питательных веществ урожаем, она принимает на себя основную химическую нагрузку в виде минеральных, органических удобрений и средств защиты растений. Таким образом, всесторонние исследования по совершенствованию агротехнологии возделывания этой культуры позволят при формировании высоких устойчивых урожаев корнеплодов создать условия для расширенного воспроизводства плодородия чернозёмов (Мощенко, Ю.Б., 1970).

Знания особенностей агрофизической, агрохимической, физико-химической, биологической активности почвы в зависимости от напряженности технологических процессов являются необходимыми условиями для разработки научных и практических основ регулирования экологического состояния чернозёмов, управления функционированием экосистем.

### **Условия и методика проведения исследований**

**Климат** Белгородской области умеренно континентальный с относительно мягкой со снегопадами и оттепелями зимой и жарким, часто с засухами и суховеями летом. Среднегодовая температура Белгородской области в целом +6,4°C. Она колеблется от +5,9°C до +6,6°C. Осадки распространяются неравномерно, в этом случае при среднемноголетнем значении 550 мм, в первый год исследований выпало 417 мм осадков, что характеризует вегетационный период как острозасушливый, а в сезоне 2020/2021 год сумма осадков составила 664 мм.

Многофакторный стационарный полевой опыт, расположенный на опытном поле в ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» расположен в зоне распространения черноземных почв. Почва опытного участка чернозем типичный среднесиловый малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, с содержанием гумуса в пахотном слое 5,1-5,6 %, подвижного фосфора 48-57 мг и обменного калия 92-121 мг/кг почвы, рН<sub>KCl</sub> 5,8-6,4. Черноземы типичные имеют следующее строение почвенного профиля: темная, почти черная окраска с поверхности, мощный почвенный профиль 120-150 см, глубокий гумусовый горизонт 7-90 см, хорошая оструктуренность почвенной массы, слабо уплотненное тонкопористое строение, высокое содержание карбонатных солей, частая перерытость, землероями, кротовинность, почвенный профиль хорошо гумусирован, а горизонты по окраске, структуре и сложению плавно переходят друг в друга.

В опыте изучали два севооборота со следующим чередованием культур: зернопропашной – горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос и зернотравянопропашной – многолетние травы 1-го года пользования (эспарцет), многолетние травы 2-го года пользования, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень + многолетние травы (фактор А).

Изучали два способа основной обработки почвы (фактор Б): вспашка на глубину 30-32 см плугом ПЛН-5-35 и минимальная обработка дискатором на глубину 12-14 см.

Изучали уровни удобренности: навозом 0 и 16 т на 1 га севооборотной площади и минеральные удобрения: контроль (без удобрения),  $N_{84}P_{124}K_{124}$  в зерно-травянопропашном севообороте и  $N_{124}P_{124}K_{124}$  в зернопропашном севообороте.

В опыте высевали гибриды сахарной свёклы зарубежной селекции интенсивного типа, районированные для условий Белгородской области.

Схема опыта с сахарной свеклой включает варианты с минеральными и органическими удобрениями (фактор В): контроль (без удобрений),  $N_{180}P_{180}K_{180}$ , навоз 80 т/га,  $N_{180}P_{180}K_{180}$  + навоз 80 т/га.

В ходе исследований проведены следующие наблюдения, учеты, анализы согласно общепринятым методикам:

1. Ежедневный учет атмосферных осадков, температуры воздуха, температуры на поверхности почвы в стационарном метеорологическом пункте наблюдений;

2. Агрохимические показатели в пахотном горизонте по слоям 0-10, 10-20, 20-30 см: сумма минерального азота (нитратный ГОСТ 26951-86, аммонийный ГОСТ Р 53219-2008); Подвижного фосфора и калия (ГОСТ 54650-2011)

3. Физико-химические свойства: гидролитическая кислотности почвы- Нг (Минеев, 2001); обменная кислотность  $pH_{KCl}$  (Минеев, 2001).

4. Гумусовое состояние почвы: валовый гумус по методу Тюрина.

5. Общая биологическая активность почвы методом аппликации (Мишустин, Вострова, Петрова, 1991): хлопчатобумажной тканью; льняное полотно; по методу Университета Утрехта (Голландия); учет численности сапрофитных организмов в горизонтах почвы 0-10, 10-20, 20-30 см (Звягинцев, 1991); аппликационным материалом со 100% содержанием целлюлозы.

Схема опыта отражена в таблице 1.

Таблица 1– План размещения полевого многофакторного опыта

Севообороты			
Зеротравянопропашной		Зернопропашной	
Способы обработки почвы			
минимальная	вспашка	минимальная	Вспашка
Удобрения			
без удобрений	без удобрений	без удобрений	без удобрений
$N_{180}P_{180}K_{180}$	$N_{180}P_{180}K_{180}$	$N_{180}P_{180}K_{180}$	$N_{180}P_{180}K_{180}$
Навоз 80 т/га	Навоз 80 т/га	Навоз 80 т/га	Навоз 80 т/га
$N_{180}P_{180}K_{180}$ + навоз 80 т/га	$N_{180}P_{180}K_{180}$ + навоз 80 т/га	$N_{180}P_{180}K_{180}$ + навоз 80 т/га	$N_{180}P_{180}K_{180}$ + навоз 80 т/га

### **Влияние агротехнических приемов на плотность почвы при возделывании сахарной свёклы**

Исследования плотности почвы под посевами сахарной свёклы на опыте, выполненные в третьей декаде июня. На контроле без использования удобрений лимитирующим фактором выступает глубина и способ основной обработки почвы под культуру. Если, при глубокой отвальной обработки происходит четкое

разделение по слоям почвы с лучшими показателями в нижних слоях, то при мелкой обработке происходит обратная зависимость - наблюдается уплотнение слоя почвы 20-30 см - 1,22-1,23 г/см<sup>3</sup>. Вид используемых удобрений является также важным фактором влияния на изменение показателей плотности почвы. При использовании минеральных удобрений отмечаются аналогичные закономерности, как при неудобренных вариантах. Так, в зернопропашном севообороте в нижнем слое зафиксированы показатели плотности на уровне 1,24-1,26 г/см<sup>3</sup>.

Иная картина складывается при применении навоза. В этом случае даже в нижних слоях почвы величины плотности пахотной почвы не превышает градации оптимальных величин- 1,14-1,17 г/см<sup>3</sup>, что отвечает биологическим потребностям сахарной свёклы.

### **Запасы продуктивной влаги в почве и водопотребление сахарной свёклы под влиянием элементов агротехнологии**

На таблице 2 представлены данные о суммарном водопотреблении за период вегетации и коэффициент водопотребления сахарной свёклы. Общие значения суммарного водопотребления растениями сахарной свёклы показывают, что эта величина находится в пределах 3900-4700 м<sup>3</sup>/га. Минимальное количество влаги на гектар посевной площади расходуется в варианте без использования удобрений и выражается величиной 3865-4058 м<sup>3</sup>/га, что объясняется невысокими показателями урожайности корнеплодов на этих вариантах. При условии внесения минеральных удобрений суммарное водопотребление на единицу площади значительно возрастает, доходя до 4470 м<sup>3</sup>/га при вспашки. Уменьшение глубины воздействия на почву способствовало более экономному расходованию почвенной влаги. Органические удобрения способствовали дополнительному расходованию влаги на формирование урожая сахарной свёклы до значительных величин на уровне 4500-4700 м<sup>3</sup>/га при отвальной обработке.

Таблица 2– Водопотребление сахарной свёклы в зависимости от элементов агротехнологии. Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га				Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т			
	ЗТП* севооборот		ЗП севооборот		ЗТП* севооборот		ЗП севооборот	
	В**	М	В**	М	В**	М	В**	М
Без удобрений	3980	3865	4058	3896	157	195	183	220
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	4292	3904	4470	4117	87	76	93	83
80 т/га навоза	4512	4255	4722	4399	116	101	119	107
80 т/га + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	4006	3811	4117	4045	75	67	79	76
НСР <sub>05</sub> (А)	156	149	162	153	-	-	-	-
НСР <sub>05</sub> (Б)	182		201		-		-	

Оптимальным вариантам с точки зрения влагосбережения является совместное внесение органических и минеральных удобрений. В этом случае даже при значительно возросшей продуктивности сахарной свёклы суммарное водопотребление оставалось на уровне контрольного неудобренного варианта.

## **Физико-химические свойства почвы в зависимости от элементов агротехнологии сахарной свёклы**

В многофакторном полевом опыте на варианте без удобрений как зернотравянопропашном, так и зернопропашном севооборотах показатели гидролитической кислотности по слоям 0-10 и 10-20 см имели практически одинаковые значения при равнозначном воздействии на почву обрабатывающими агрегатами. При внесении только минеральных удобрений прослеживается сильное повышение гидролитической кислотности в зернотравянопропашном севообороте (5,14-5,25 мг-экв/100 г почвы) и в зернопропашном до (5,14-5,69 мг), при этом высокие значения этого показателя отмечены на вариантах при минимальной обработке почвы.

При заделки в почву навоза прослеживается его позитивная роль, происходит сглаживание негативного влияния высокой концентрации химических соединений на кислотно-основной баланс чернозема. гидролитическая кислотность почвы в зернотравянопропашном севообороте составила 5,14 - 5,25 мг-экв/100 г почвы на вспашке и 5,85 - 5,98 мг при минимальной обработке почвы,

Как показали результаты исследований, на посевах сахарной свёклы ёмкость катионного обмена почвы находилась на высоком естественном уровне. В этом, несомненно, заслуга уровня потенциального плодородия чернозёма типичного. Как показали результаты исследования зависимости ёмкости катионного обмена от изучаемых факторов, на контроле без применения удобрений величина его составила 35,5-41,4 мг-экв/100 г почвы. Отмечается практически равное значение ЁКО по слоям пахотного горизонта почвы при условии глубокой отвальной обработки. И, напротив, при снижении механического воздействия наблюдается чёткое разделение пахотного горизонта по содержанию почвенных коллоидов. В этом случае разница между величинами ёмкости катионного обмена в верхних слоях по сравнению со слоем 20-30 см составила достоверную величину 4,7-5,4 мг-экв/100 г почвы не в пользу последнего.

Введение в технологию возделывания сахарной свёклы минеральных удобрений позволило увеличить ёмкость поглощения почвы на 3-4 мг-экв. Однако, тенденции, описанные выше, сохранились с ещё более контрастными значениями.

На посевах сахарной свёклы ёмкость катионного обмена почвы находилась на высоком естественном уровне. В этом, несомненно, заслуга уровня потенциального плодородия чернозёма типичного. Как показали результаты исследования зависимости ёмкости катионного обмена от изучаемых факторов, на контроле без применения удобрений величина его составила 35,5-41,4 мг-экв/100 г почвы. Отмечается практически равное значение ЁКО по слоям пахотного горизонта почвы при условии глубокой отвальной обработки. И, напротив, при снижении механического воздействия наблюдается чёткое разделение пахотного горизонта по содержанию почвенных коллоидов. В этом случае разница между величинами ёмкости катионного обмена в верхних слоях по сравнению со слоем 20-30 см составила достоверную величину 4,7-5,4 мг-экв/100 г почвы не в пользу последнего.

Введение в технологию возделывания сахарной свёклы минеральных удобрений позволило увеличить ёмкость поглощения почвы на 3-4 мг-экв. Однако, тенденции, описанные выше, сохранились с ещё более контрастными значениями.

### **Биологическая активность почвы по степени разложения льняного полотна**

В зернотравянопропашном севообороте на фоне вспашки при закладке льняного полотна в качестве индикатора определения биологической активности почвы в первый же срок экспозиции полученные данные свидетельствуют об интенсификации деятельности почвенной микрофлоры не только на удобренных вариантах, но и на абсолютном контроле. На вариантах без применения удобрений разложение льняного полотна по слоям пахотного горизонта составила 12,5; 12,0; 14,3 % при МСУ 15,1; 15,3; 11,6 %, при ОСУ 16,0; 15,9; 14,3 % и при ОМСУ 22,8; 19,9; 20,1 %. Через 60 дней экспозиции биологическая активность на контроле возросла до 27,3-31,0 при МСУ до 42,8-51,1 %, при ОСУ 32,9-35,7 %, при ОМСУ 45,0-48,9 %. В этот срок выемки льняного полотна отмечено усиление биологической активности на варианте минеральной системой удобрения в слое 20-30 см. По степени разложения льняного полотна на фоне вспашки в первый срок экспозиции расположилась по мере возрастанию в следующем порядке: контроль, МСУ, ОСУ, ОМСУ.

Следовательно, в засушливых условиях лета положительное влияние навоза даже при его запашке стало ослабевать во второй половине этого сезона. В третий срок экспозиции биологическая активность почвы увеличилась по всем вариантам опыта в 1,2-1,5 раза с сохранением той же их ранжировки, что и в предыдущий срок наблюдений. По завершению эксперимента можно сделать вывод, что в зернотравянопропашном м севообороте даже на контроле биологическая активность почвы находится на достаточном высоком уровне- 71,6-74,2 %, в чём безусловно сказалось положительное влияние многолетних бобовых трав. На варианте с максимальной насыщенностью органическими и минеральными удобрениями степень разложения льняного полотна превысила 90 %.

Внедрение в зернотравянопропашном севообороте минимальной обработки почвы вносит свои коррективы и биологическое состояние агроценоза, поскольку активному механическому воздействию подвергается только верхний 0-10 см слой почвы.

Во все сроки наблюдений прослеживается четкая закономерность: биологическая активность верхнего 0-10 см слоя почвы по всем объектам землепользования всегда выше по сравнению с нижележащими слоями.

В целом активность почвенных микроорганизмов при её минимальной обработки выше, чем на вспашке, особенно в верхнем горизонте, что объясняется созданием благоприятных условий для функционирования почвенной микрофлоры относительно их пищевого, водного режимов. В этой связи уместно снова напомнить о положительной роли поверхностного мульчирующего слоя почвы в регулировании данных процессов.

О высокой биологической активности почвы, определенной методом аппликации с использованием в качестве индикатора льняного полотна в зернотравяном севообороте на фоне вспашки на 120 день экспозиции свидетельствует степень разложение целлюлозы в верхнем слое почвы при МСУ 90,6 %, ОСУ 92,8, и при ОМСУ 96,6.

### **Численность микроорганизмов в почве**

В естественном фитоценозе в силу сложившейся высокой водопроницаемости верхнего дернового слоя почвы естественная аэрация создала относительно благоприятный водно-воздушный режим для функционирования микроорганиз-

мов. Их численность находилась  $2,8 \cdot 10^7$  в слое 0-10;  $2,0 \cdot 10^7$  на глубине 10-20 см и  $2,5 \cdot 10^6$  20-30 см (табл. 3).

На вариантах без внесения удобрений в обоих севооборотах четко прослеживается взаимосвязь между количеством поступившего в почву органического вещества с пожнивно-корневыми остатками и нетоварной частью урожая возделываемых культур с одной стороны и заселенностью почвы сапрофитными микроорганизмами с другой. В зернотравянопропашном севообороте урожай сена эспарцета вывозились с поля, а в зернопропашном севообороте солома гороха после уборки зерна измельчалась и заделывалась в почву.

Таблица 3 – Количество колониеобразующих единиц (КОЕ, шт/г) в почве в зависимости от агроприемов. (2019-2021).

Вариант	Слои почвы, см	Зернотравянопропашной севооборот		Зернопропашной севооборот	
		Вспашка	Минимальная	Вспашка	Минимальная
Без удобрений	0-10	$7,7 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^7$	$8,2 \cdot 10^9$	$5,5 \cdot 10^9$
	10-20	$6,5 \cdot 10^7$	$2,6 \cdot 10^7$	$6,1 \cdot 10^9$	$4,2 \cdot 10^9$
	20-30	$4,0 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^7$	$4,3 \cdot 10^8$	$5,2 \cdot 10^8$
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	$1,4 \cdot 10^{11}$	$6,2 \cdot 10^{10}$	$3,6 \cdot 10^{11}$	$6,5 \cdot 10^{10}$
	10-20	$5,3 \cdot 10^{11}$	$5,3 \cdot 10^{10}$	$5,4 \cdot 10^{11}$	$4,2 \cdot 10^{10}$
	20-30	$7,2 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^{10}$	$5,0 \cdot 10^{10}$	$6,3 \cdot 10^9$
80 т/га навоза	0-10	$2,4 \cdot 10^{11}$	$9,2 \cdot 10^{10}$	$5,3 \cdot 10^{11}$	$7,4 \cdot 10^{10}$
	10-20	$5,4 \cdot 10^{11}$	$5,6 \cdot 10^{10}$	$4,4 \cdot 10^{11}$	$6,3 \cdot 10^{10}$
	20-30	$1,1 \cdot 10^{11}$	$5,2 \cdot 10^{10}$	$6,2 \cdot 10^{10}$	$6,7 \cdot 10^9$
Навоз 80 т/га + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	$5,2 \cdot 10^{11}$	$9,8 \cdot 10^{10}$	$5,8 \cdot 10^{11}$	$8,1 \cdot 10^{10}$
	10-20	$5,3 \cdot 10^{11}$	$5,8 \cdot 10^{10}$	$5,2 \cdot 10^{11}$	$5,4 \cdot 10^{10}$
	20-30	$6,2 \cdot 10^{10}$	$5,6 \cdot 10^{10}$	$8,8 \cdot 10^{10}$	$7,2 \cdot 10^9$

Подобный агротехнический прием затем повторялся на озимой пшенице по обоим севооборотам. Соотношение зерна к соломе у гороха 1:1,5, у озимой пшеницы 1:0,8-1,2 в зависимости от влагообеспеченности почвы в вегетационный период, способов обработки почвы и уровня удобрений особенностей гороха и озимой пшеницы.

### Агрохимические показатели почвы

#### в зависимости от элементов технологии возделывания сахарной свёклы

В благоприятных погодных условиях (высокая влажная и оптимальная температура воздуха) в момент отбора почвенных проб содержание аммонийного азота в верхнем слое почвы (0-30 см) на контроле составило от 4,3 до 7,95 мг/кг, причем значительное его содержание было сосредоточено в горизонте 10-20 см.

В зернотравянопропашном севообороте существенных различий в обеспеченности почвы аммонийным азотом не выявлено, хотя просматривается тенденция его росту на вариантах в минеральной и органоминеральной системе удобрениями.

В зернопропашном севообороте количество аммонийного азота в почве ниже по сравнению с зернотравянопропашным на 1,5-6,5 мг/кг почвы. Для зернопро-

пашного севооборота характерно сокращение содержание аммонийного азота на вариантах с минимальной обработкой почвы на 2-4 мг/кг, особенно в верхних слоях по сравнению (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание аммонийного азота в почве в зависимости агроприемов. (2019-2021) (мг/кг).

Вариант	Слой почвы, см	Зернотравянопропашной севооборот		Зернопропашной севооборот	
		Вспашка	Минимальная	Вспашка	Минимальная
Без удобрений	0-10	6,00	6,19	5,24	5,09
	10-20	8,89	8,82	3,91	6,42
	20-30	7,39	9,73	6,33	4,64
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	9,47	9,91	9,49	5,26
	10-20	8,48	11,89	5,11	5,53
	20-30	9,46	9,94	7,82	5,51
80 т/га навоза	0-10	6,70	7,91	6,76	5,23
	10-20	9,16	7,97	5,54	6,61
	20-30	8,91	8,84	2,04	2,74
Навоз 80 т/га + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	9,66	8,60	7,08	4,43
	10-20	11,62	7,57	6,40	4,58
	20-30	6,47	4,80	2,28	3,34

В многофакторном полевом опыте на варианте без внесения удобрений в зернотравянопропашном севообороте содержание нитратов в пахотном слое почвы на вспашке колеблется в пределах 13,9-9,6 мг/кг, при минимальной обработке почвы 14,5-8,9 мг/кг. В зернопропашном севообороте по вспашке 19,2-13,7 мг/кг при минимальной обработке 21,1,12,1 мг/кг.

Высокое содержание почвенных нитратов сосредотачивалось на варианте с внесением минеральных удобрений в зернотравянопропашном севообороте. Как на вспашке, так и при минимальной обработке почвы концентрация нитратов снижалась при углублении почвенного горизонта. В зернопропашном севообороте количество нитратов несколько ниже, чем в зернотравянопропашном.

При минимальной обработке почвы отмечено резкое повышение нитратов в верхнем слое почвы и по всему профилю пахотного горизонта до 53,5; 32,3 и 17,9 мг/кг. Это негативно влияет на интенсивность разложения аппликационного материала при определении общей биологической активности почвы. Почвенная биота была подавлена высокой концентрацией нитратов в почвенном растворе.

На вариантах опыта с внесением навоза более высокая насыщенность почвы нитратами отмеченная в зернотравянопропашном севообороте при сокращении их количества по мере углубления обработки почвы с 33,3 до 18,3-11,9 мг/кг. В зернопропашном севообороте на вспашке обеднение почвы нитратами происходило плавно с 28,2; 16,0 и 10,2 мг/кг, но при минимальной обработке основная масса нитратов сконцентрировалась в горизонте 10-20 см 34,3 мг/кг.

На вариантах с совместным внесением минеральных и органических удобрений, основное количество нитратов сосредоточилось в верхнем 0-10 см слое

почвы, причем наибольшая их концентрация отмечена на вспашке (48 мг/кг в ЗТП севообороте и 49,5 мг/кг в ЗП).

Поскольку количество нитратов в почве в целом по опыту превалировало по сравнению с содержанием аммиачного выявленные закономерности относительно суммы минерального азота полностью отражают все нюансы, выявленные в результате анализа данных по содержанию нитратов.

### **Продуктивность сахарной свёклы при различных уровнях технологии её возделывания**

В проведенных исследованиях хорошо прослеживается зависимость продуктивности от удобрений и их вида. При внесении только минеральных удобрений урожайность составила 58,89-64,70 т/га, что на 18,56-24,86 т/га больше по сравнению с вариантами с внесением навоза (39,84-42,61 т/га), независимо от способа основной обработки почвы и севооборота. Прибавка от использования навоза составила 11,84-14,28 т/га или 43-50%, а от применения минеральных удобрений – 33,18-36,75 т/га или 129-131% (табл. 5).

Таблица 5- Влияние удобрений и видов севооборотов на продуктивность сахарной свёклы по вспашке почвы, 2019-2021 гг.

Вариант		Урожайность корнеплодов			Сахаристость, %		Сбор сахара		
Навоз т/га	NPK	т/га	+/-		%	+/-	т/га	+/-	
			т/га	%				т/га	%
<b>Зерноотравнопропашной севооборот</b>									
-	-	27,95	-	-	19,22	-	5,37	-	-
-	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	64,70	36,75	131,48	18,13	-1,09	11,7	6,36	118,4
80	-	39,84	11,89	42,54	18,78	-0,44	7,48	2,11	39,3
80	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	65,51	37,56	134,38	17,91	-1,31	11,7	6,36	118,4
<b>Зернопропашной севооборот</b>									
-	-	24,69	-	-	19,05	-	4,70	-	-
-	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	59,01	34,32	139,01	18,51	-0,54	10,9	6,21	132,22
80	-	40,97	16,28	65,93	18,56	-0,49	7,60	2,91	61,66
80	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	61,77	37,08	150,18	18,71	-0,34	11,5	6,85	145,71
НСР (удобрения)		2,48			0,94		-		
НСР (севооборот)		3,51			1,34		-		

Это объяснимо тем, что сахарная свекла достаточно требовательная культура к содержанию элементов питания в почве. При совместном внесении навоза и минеральных удобрений можно достичь высокого содержания элементов питания для этой культуры и тем самым получить максимальный урожай.

Применение органо-минеральной системы удобрения позволило получить урожайность сахарной свёклы 61,77-65,51 т/га при использовании вспашки, что на 37,08-37,56 т/га или 134-150% больше, чем без применения удобрений и 63,45-65,33 т/га – при минимальной обработки почвы, это на 37,00-37,74 т/га или 131-147% больше контрольного варианта (табл. 6).

Наличие многолетних зернобобовых трав в зерноотравнопропашном севообороте положительно повлияло на урожайность корнеплодов сахарной свеклы – урожайность составила 27,95-28,33 т/га без дополнительного внесения удобрений.

ний, в сравнении с зернопропашным севооборотом, где обработка почвы существенного влияния на урожайность не оказывала.

Таблица 6 – Влияние удобрений и видов севооборотов на продуктивность сахарной свёклы по минимальной обработке почвы, 2019-2021 гг.

Варианты		Урожайность корнеплодов			Сахаристость, %		Сбор сахара		
Навоз, т/га	НРК	т/га	+/-		%	+/-	+/-		
			т/га	%			т/га	%	
Зернотравянопропашной севооборот									
-	-	28,33	-	-	18,23	-	5,16	-	-
-	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	60,22	31,89	112,56	17,58	-0,65	10,5	5,42	104,98
80	-	42,61	14,28	50,40	18,48	0,25	7,87	2,70	52,46
80	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	65,33	37	130,61	17,7	-0,53	11,5	6,39	123,89
Зернопропашной севооборот									
-	-	25,71	-	-	18,06	-	4,64	-	-
-	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	58,89	33,18	129,05	18,23	0,17	10,7	6,09	131,21
80	-	40,23	14,52	56,47	17,46	-0,6	7,02	2,38	51,27
80	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	63,45	37,74	146,79	16,55	-1,51	10,7	5,85	126,15
НСП (удобрения)		1,95			2,9		-		
НСП (севооборот)		2,74			1,3		-		

Поскольку величина выхода сахара является производной от урожайности и сахаристости корнеплодов, то при совместном внесении навоза и минеральных удобрений отмечен максимальный сбор сахара с гектара: в зернотравянопропашном севообороте при вспашки 11,73 т/га, при минимальной обработке почвы 11,56 т/га, в зернопропашном севообороте 11,55 т/га и 10,51 т/га соответственно (рис. 1).

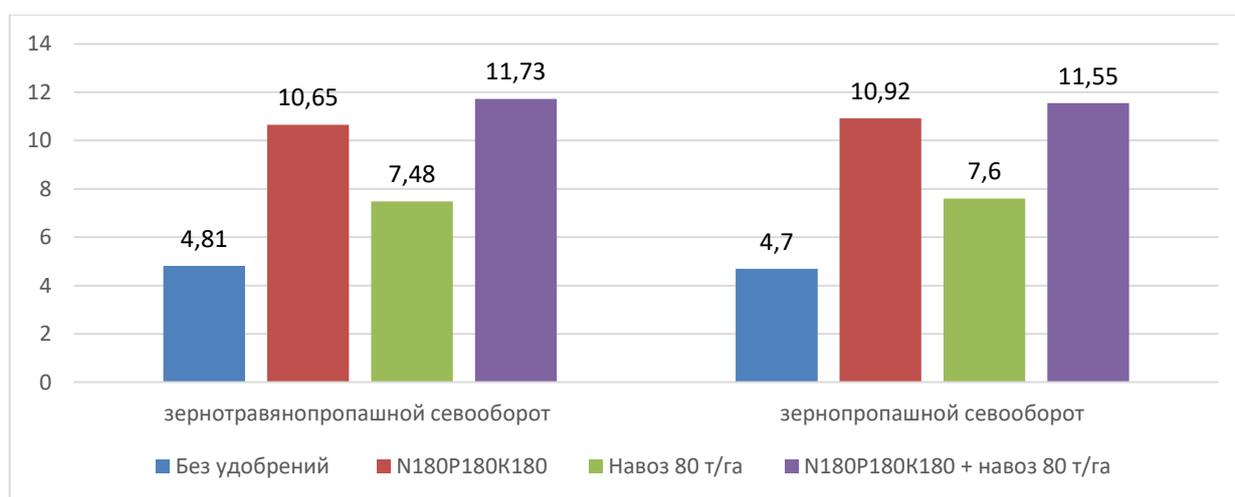


Рисунок 1 – Влияние удобрений и видов севооборотов на сбор сахара сахарной свёклы при вспашке почвы, 2019-2021 гг.

Зернопропашном севообороте при использовании минимальной обработки почвы сбор сахара наибольший был при минеральной системе удобрений и составил 10,73 т/га, что на 0,22 т/га больше, чем при использовании органо-минеральной системы удобрений, при которой сахаристость корнеплодов была минимальной и составляла 16,55 % (рис. 2).

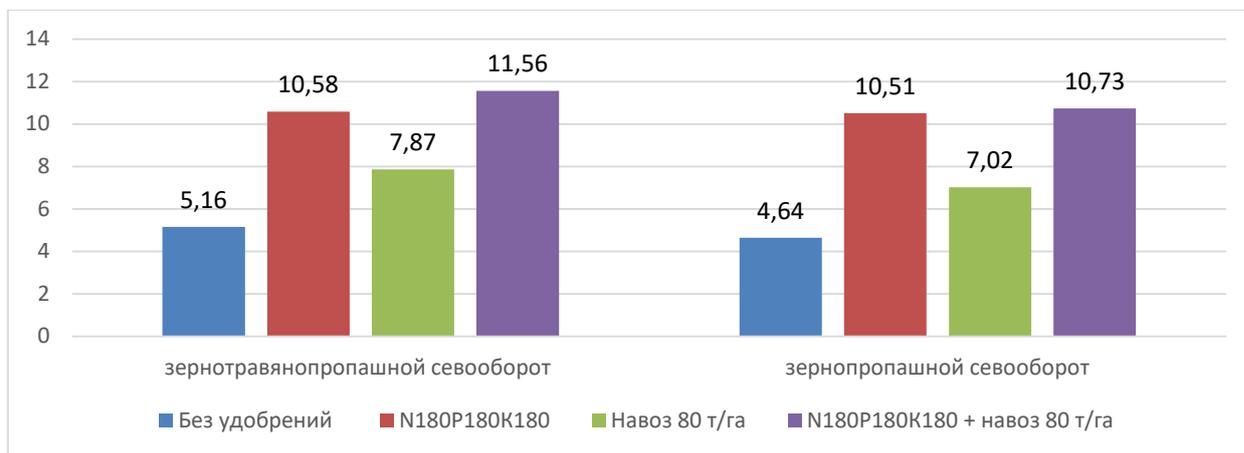


Рисунок 2 – Влияние удобрений и видов севооборотов на сбор сахара сахарной свёклы при минимальной обработке почвы, 2019-2021 гг.

### Экономическая эффективность технологий возделывания сахарной свёклы в зависимости от уровня удобренности и способов обработки почвы

Мы в своих исследованиях определили основные экономические параметры каждого варианта опыта исходя из текущей маркетинговой ситуации и опираясь на актуальные справочные данные по ценам на удобрения, ГСМ и тарифную сетку оплаты труда.

Как показали наши исследования, на фоне глубокой отвальной обработки почвы показатели экономической эффективности значительно различаются по вариантам удобренности. При отсутствии в технологии возделывания сахарной свёклы удобрений в зернопропашном севообороте получен практически нулевой показатель эффективности на уровне 2 % рентабельности, что говорит о нецелесообразности и вредности такой технологии (табл. 7).

Таблица 7 – Экономическая эффективность удобрений возделывания сахарной свёклы по отвальной обработке почвы. Средние данные 2019-2021 гг.

Показатель	Зернотравянопропашной севооборот				Зернопропашной севооборот			
	0	NPK	Навоз	Навоз + NPK	0	NPK	Навоз	Навоз + NPK
Сбор сахара, т/га	5,37	11,73	7,48	11,73	4,70	10,92	7,60	11,55
Затраты по технологической карте, тыс. руб/га	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5
Затраты на мин. и орг. удобрения, тыс. руб/га	-	35,2	16,8	52,0	-	35,2	16,8	52,0
Всего затрат, тыс. руб/га	92,5	127,7	111,3	144,5	92,5	127,7	111,3	144,5
Цена реализации, тыс. руб/т	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Выручка от реализации, тыс. руб/га	107,4	234,6	149,6	234,6	94,0	218,4	152,0	231,0
Себестоимость единицы продукции, тыс. руб/т	17,2	10,8	14,8	12,3	19,6	12,1	14,6	12,5
Прибыль, тыс. руб/га	14,9	106,9	38,3	90,1	1,5	90,7	40,7	86,5
Уровень рентабельности, %	16,1	83,7	34,4	62,4	1,6	71,0	36,6	59,9

Введение в технологию минеральных удобрений на уровне 180 кг/га д.в. макроэлементов существенно увеличило затраты на величину 35200 руб/га, одна-

ко, благодаря повышению продуктивности на этих экспериментальных вариантах была получена прибыль 85-90 тыс. руб/га. Органические удобрения в дозах 80 т/га привели к дополнительному выходу до 2,5 т сахара с гектара, но, несмотря на это, внесение, транспортировка и сама себестоимость навоза несколько снивелировали отмеченный положительный эффект. В этом случае при рентабельности производства 34-37 % прибыль составила 38-40 тыс. руб/га.

Совместное внесение органических и минеральных удобрений не привело к существенному повышению экономических показателей. Объяснение данной закономерности следует искать в непропорциональном увеличении затрат и стоимости дополнительной продукции.

Совместное внесение органических и минеральных удобрений не привело к существенному повышению экономических показателей. Объяснение данной закономерности следует искать в непропорциональном увеличении затрат и стоимости дополнительной продукции.

### **Заключение**

1. При глубокой отвальной обработке по слоям пахотного горизонта почвы произошла заметная дифференциация её плотности с лучшими показателями в нижних слоях, а при мелкой обработке происходила обратная зависимость - наблюдалась статистически доказанное уплотнение слоя почвы 20-30 см с величинами, выходящими за пределы оптимальных значений - 1,22 - 1,23 г/см<sup>3</sup>. При применении полуперепревшего навоза крупного рогатого скота, даже в нижних слоях плотность пахотного слоя почвы не превышала градации оптимальных величин - 1,14-1,17 г/см<sup>3</sup>. Оптимальным вариантом по созданию благоприятной величин плотности почвы может служить совместное внесение органических и минеральных удобрений.

2. Коэффициент структурности почвы без внесения удобрений при глубокой отвальной обработке почвы имел более высокие значения в середине пахотного горизонта в слое 10-20 см и составил 3,6 единицы. В нижней части профиля эта величина снижается до 3,4. В верхнем слое 0 - 10 см отмечалась снижение структурированности почвы до величин 2,5-2,8 с лучшими значениями в севообороте с многолетними травами. При органической системе удобрения наблюдалась значительное улучшение структурности даже в верхнем слое пахотного горизонта почвы до величин 3,8-4,2 с преимуществом глубокой отвальной обработки почвы. С увеличением глубины коэффициент структурности заметно улучшается, достигая значений 5,2-5,6 в зернотравянопропашном севообороте и 4,9-5,1 в зернопропашном севообороте.

3. Запасы продуктивной влаги в почве весной в фазе кущения находились на уровне 135-148 мм на варианте без внесения удобрений и от 145 до 170 мм на удобренных вариантах. При внесении минеральных удобрений запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы повышались до 155-156 мм при вспашке и 137-145 мм при минимальной обработке почвы. По видам севооборота не обнаружено существенного различия в начальных запасах влаги. При отсутствии удобренности, запасы влаги в почве осенью составили примерно равную величину вне зависимости от факторов опыта - 35-39 мм. При внесении только минеральных удобрений проявляется положительная роль минимальной обработки почвы во влагоудержании. Различия по севооборотам между минимальной обработкой почвы и вспашкой составили 6-8 мм.

4. В минеральной системе удобрения гидролитическая кислотность повысилась в зернотравянопропашном севообороте до 5,14-5,25 мг-экв./100 г почвы и в зернопропашном до 5,14-5,69 мг-экв./100 г, при этом более высокие значения отмечены при минимальной обработке почвы. С внесением навоза отмечена самое низкое значение гидролитической кислотности в нижнем горизонте почвы 2,68 мг-экв./100 г почвы. Реакция почвенного раствора без внесения удобрений во всех слоях почвы находилась в пределах 5,94-6,26 единиц. Применение органо-минеральной системы удобрений вне зависимости от видов севооборотов и способов основной обработки почвы обеспечило создание оптимальной для растений сахарной свеклы реакции почвенного раствора 5,67-5,91 единиц.

5. Глубокая отвальная вспашка способствовала активизации почвенных микроорганизмов по всему пахотному горизонту, а минимальная - только в верхних слоях. В условиях многофакторного стационарного опыта величина биологической активности по разложению льняной ткани увеличивается в ряду: зернопропашной севооборот - зернотравянопропашной а так же ряду вариантов: минеральная система удобрений- контроль- органическая системе- органо-минеральная при значительном повышении при минимальной обработке почвы с абсолютными значениями 55-85 % при 120-дневной экспозиции. При минеральной системе удобрений отмечается снижению числа сапрофитов в верхнем слое почвы. Плотность заселения почвы сапрофитами на вариантах с внесением высоких доз навоза весьма значительно до  $6,3 \cdot 10^{11}$  КОЕ/г почвы.

6. В зернопропашном севообороте количество аммонийного азота в почве ниже по сравнению с зернотравянопропашным на 1,5-6,5 мг/кг почвы. Для зернопропашного севооборота характерно сокращение содержания аммонийного азота на вариантах с минимальной обработкой почвы на 2-4 мг/кг, особенно в верхних слоях. На варианте без внесения удобрений в зернотравянопропашном севообороте содержание нитратов в пахотном слое почвы на вспашке находилась в пределах 9,6 - 13,9-мг/кг, при минимальной обработке почвы 8,9 - 14,5мг/кг. В зернопропашном севообороте по вспашке 13,7-19,2, при минимальной обработке, 12,1 - 21,1мг/кг. При минимальной обработке почвы отмечено резкое повышение содержание нитратов в верхнем слое почвы и по всему профилю пахотного горизонта до 53,5; 32,3 и 17,9 мг/кг. На вариантах опыта с внесением навоза более высокое содержание нитратов отмечена в зернотравянопропашном севообороте при сокращении их количества по мере углубления обработки почвы с 33,3 до 18,3 и 11,9 мг/кг. В зернопропашном севообороте на вспашке снижение нитратов содержание происходило плавно с 28,2 до 16,0 и 10,2 мг/кг, а при минимальной обработке наибольшее содержание нитратов наблюдалась в слое 10-20 см составило 34,3 мг/кг. На вариантах с совместным внесением минеральных и органических удобрений, наибольшее содержание нитратов сосредоточилось в верхнем 0-10 см слое почвы, причем, наибольшая их концентрация отмечена на вспашке (48 мг/кг в ЗТП севообороте и 49,5 мг/кг в ЗП).

7. Содержание в почве доступных соединений фосфора и калия прямо пропорционально количеству их с внесенными удобрениями. В зернопропашном севообороте их количество заметно выше, чем в севообороте с многолетними травами. На вспашке их содержание распределялось равномерно по профилю, тогда как при минимальной - в верхнем 0-20 см слое. Общее содержание подвижного фосфора колеблется от 3-9 мг/100гр почвы на контроле до 34,4-46,0 мг/100гр почвы на вариантах максимальной удобренности. Содержание обменного калия зафиксировано на уровне 11,7-12,8 и 59,2-69,1 мг/100гр почвы соответственно.

8. Наиболее высокие показатели содержания гумуса в почве установлены на вариантах с совместным внесением навоза и минеральных удобрений 6,07 и 6,15 % в зернопропашном севообороте в верхнем слое почвы и 5,49 и 5,72% в зернотравянопропашном севообороте.

9. В зернотравянопропашном севообороте прибавки урожайности корнеплодов сахарной свеклы от минеральных удобрений в дозе  $N_{180}P_{180}K_{180}$  по вспашке на 4,86 т/га больше (13,2%), чем по минимальным обработкам почвы. В зернопропашном разница (1,14 т/га) не достоверна.

10. Прибавки урожайности от навоза в дозе 80 т/га в зернотравянопропашном севообороте меньше по вспашке - 11,89 т/га, чем по минимальным обработкам почвы - 14,28 т/га. В зернопропашном наоборот прибавки по вспашке - 16,28 т/га преобладают над прибавками по минимальным обработкам почвы - 14,52 т/га.

11. Органоминеральная система удобрений сахарной свеклы обеспечила практически равную прибавку урожайности корнеплодов независимо от видов севооборотов и способов основной обработки почвы (37,00-37,74 т/га), однако относительное увеличение урожайности, более высокое во вспашке, чем по минимальной обработке, в зернотравянопропашном севообороте, соответственно 134,38 и 130,61% и в зернопропашном 150,18 и 146,79%.

12. Достоверное снижение сахаристости корнеплодов сахарной свеклы наблюдалось при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{180}P_{180}K_{180}$  в зернотравянопропашном севообороте по вспашке (-1,09%) и при сочетании и минеральных удобрений и навоза (-1,315), а также в зернопропашном севообороте по минимальным обработкам в органоминеральной системе удобрений (-1,51%).

13. Наибольший сбор сахара при совместном внесении минеральных удобрений и навоза отмечен по вспашке в зернопропашном севообороте и по минимальной обработке почвы в зернотравянопропашном, соответственно 11,55 и 11,56 т/га, а при внесении  $N_{180}P_{180}K_{180}$  в зернотравянопропашном севообороте по минимальным обработкам почвы в зернопропашном севообороте - 11,73 и 10,73 т/га.

14. Наибольшая прибавка при возделывании сахарной свеклы по вспашке 10,69 и 90,7 тыс. руб./га получена соответственно в зернотравянопропашном и зернопропашном севообороте. По минимальным обработкам почвы её значение составило 86,1 и 89,1 тыс. руб./га.

Экономические показатели органоминеральной системы удобрения уступали показателям минеральной системы.

### **Предложения производству**

1. При возделывании сахарной свёклы в условиях Центрально-Чернозёмного региона России возможно использование минимальной энергосберегающей обработки почвы с глубиной воздействия до 12-15 см.

2. При минимализации основной обработки почвы необходимо внесение достаточных доз минеральных удобрений по 180 кг/га д.в. азота, фосфора и калия, а, при низких показателях плодородия используемых земель, органических удобрений в адаптированных дозах на фоне введения в севооборот многолетних бобовых трав.

3. При соблюдении данных условий возможно получение до 65 т/га корнеплодов, что соответствует более 11 т/га сахара при рентабельности технологии возделывания сахарной свёклы 65 процентов.

### **Перспектива дальнейшей разработки темы**

В дальнейших наших исследованиях планируется включить в схему опыта варианты с различным насыщением минеральными удобрениями, увеличить количество сочетаний и комбинаций для сахарной свёклы. Также представляется весьма актуальным провести исследования по влиянию на показатели плодородия почвы и продуктивность сахарной свёклы различных видов органических удобрений, таких как птичий помёт, органические компосты, свиноводческие стоки и гранулированные органические удобрения.

### **Список публикаций по теме диссертации**

#### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ**

1. Цыгуткин А.С., Азаров А.В. Изучение влияния сельскохозяйственных культур и почвы, как саморазвивающейся системы, на содержание гумуса // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – №6. – С. 44-49.
2. Каторгин Д.И., Пойменов А.С., Азаров А.В., Логвинов И.В. Использование дисперсионного анализа для обработки многолетних данных длительного многофакторного опыта поставленного по полной факториальной схеме на черноземе типичном // Наука и образование. – 2021. – №2. – С. 26-31.
3. Клостер Н.И., Азаров А.В. Биологическая активность черноземов при различных агротехнологиях в Центрально-Черноземной зоне России // Плодородие. 2021. – №6. – С. 56-58.

#### **Статьи в научных сборниках и журналах**

1. Азаров А.В. Азотный режим минерального питания чернозёма типичного в зависимости от климатических условий и интенсивности технологических процессов в земледелии // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сборник докладов XVI международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», посвященной 175-летию со дня рождения В.В. Докучаева. г. Курск, 28-29 апреля 2021 г. – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2021. – С. 17-23.
2. Азаров А.В. Количество сапрофитных микроорганизмов в пахотном горизонте чернозема типичного в зависимости от интенсивности использования земли / Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В.Докучаева». – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2020. – С. 13-18.
3. Азаров В.Б. Заселённость аппликационного целлюлозосодержащего материала почвенными сапрофитными микроорганизмами на объектах землепользования с различной интенсивностью сельскохозяйственного использования чернозема типичного / Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых учёных, посвящённые 45-летию со дня образования ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», 15-17 сентября 2020 г. – Белгород: Белгородская областная типография, 2020. – С. 549-554.
4. Азаров А.В., Ступаков А.Г. Продуктивность и плодородие чернозёма типичного в зависимости от климатических условий и антропогенных факторов / А.В. Азаров, А.Г. Ступаков // Инновационные направления в химизации земледелия

лия и сельскохозяйственного производства Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской Школы молодых учёных, 19-21 июня 2019 г., г. Белгород, С. 600-605

5. Азаров А.В., Чистотин Д.В. Выбор индикатора для определения общей биологической активности почвы методом аппликации / А.В. Азаров, Д.В. Чистотин // Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской Школы молодых учёных, 19-21 июня 2019 г., г. Белгород, 2019.- С. 595-600

6. Азаров А.В. Биологическая активность чернозёма типичного в специализированных севооборотах ЦЧЗ / А.В. Азаров // «Реализация методологических и методических идей профессора Б.А. Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия», Коллективная монография, Том 1, Москва-Суздаль, 2017. – С. 194-197

7. Азаров А.В. Урожайность кукурузы и её качество в различных севооборотах в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрённости / А.В. Азаров // Материалы Всероссийской научно-практ. конфер. «Инновационные технологии возделывания белого люпина и других зерновых культур» (г. Белгород, 13-15 июня 2017 г.). – Белгород: ФГБНУ Белгородский НИИСХ, 2017. – С. 87-90.

8. Азаров А.В. Нитрифицирующая способность почвы как показатель биологической активности чернозёма типичного юго-западной части ЦЧЗ / А.В. Азаров, А.С. Пойменов // Ландшафтное земледелие – основа высокоэффективного производства. Материалы Всероссийской научно-произв. конфер., посвященной 80-летию академика РАСХН, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного деятеля науки РФ О.Г. Котляровой, 4.07.2017. - Белгород: Изд-во Белгородского ГАУ, 2017. – С. 44-48

9. Мануйлов А.А., Азаров А.В. Использование отходов животноводства и коммунального хозяйства для ремедиации нарушенных земель // Ландшафтные и экологические исследования природных и антропогенных геосистем. Материалы IV Общероссийской (с международным участием) научно-практической конференции (заочной) посвященной 85-летию высшего географического образования в Тамбовской области. - Тамбов: ИД "Державинский", 2022. - С. 287-294.

10. Азаров А.В., Мануйлов А.А. Биологическая активность чернозема типичного в зависимости от климатических условий и интенсивности технологический процессов в земледелии // Innovationsinlifesciences: сборник материалов IV международного симпозиума . - Белгород: "БелГУ", 2022. - С. 20-21.