МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»

На правах рукописи

АЛЬ ДХУХАЙБАВИ ХАИДЕР ХАЛАФ

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ НА ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЧР РФ

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры земледелия, агрохимии и экологии
А.Г. Ступаков

Белгород – 2020

Оглавление

Введение……4
ГЛАВА 1. Влияние предшественников и удобрений на плодородие почвы, урожайность и качество озимой пшеницы (обзор литературы)……9
1.1. Влияние предшественников на плодородие почвы, урожайность и качество озимой пшеницы……..…… .10
1.1.1. Влияние предшественников на плодородие почвы……...……10
1.1.2. Влияние предшественник на урожайность озимой пшеницы…… ..15
1.1.3. Влияние предшественников на качество озимой пшеницы…… ….20
1.2. Влияние удобрений на плодородие почвы, урожайность и качество озимой пшеницы…… 23
1.2.1. Влияние удобрений на плодородие почвы……..23
1.2.2. Влияние удобрений на урожайность озимой пшеницы…….31
1.2.3. Влияние удобрений на качество озимой пшеницы……43
ГЛАВА 2. Методика и условия проведения исследований ……...51
2.1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка…… 51
2.2. Методика и методы проведения исследований…….51
2.3. Метеорологические условия в период проведения исследований……..54
ГЛАВА 3. Агрохимические, физико-химические и водно-физические свойства чернозема типичного в зависимости от предшественников и минеральных удобрений озимой пшеницы……. 59
3.1. Водно-физические свойства почвы…… …….59
3.2. Содержание гумуса в почве…… …….67
3.3. Обменная кислотность почвы…… .70
3.4. Содержание щёлочногидролизуемого азота в почве…… ..72
3.5. Содержание подвижных фосфатов в почве…….. .74
3.6. Содержание обменного калия в почве ……..… .76
ГЛАВА 4. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы……79

4.1. Урожайность зерна озимой пшеницы……..… ..79
4.2. Содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы…….85
4.3. Содержание N, P_2O_5, K_2O в зерне озимой пшеницы…… 98
ГЛАВА 5. Экономическая и биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений в зависимости от предшественников озимой пшеницы ……...106
5.1. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений……. 106
5.2. Биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений……...108
Заключение…….…111
Рекомендации производству…….…115
Перспективы дальнейшей разработки темы……....115
Список литературы…….…116
Приложения…….……143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. В технологиях возделывания озимой пшеницы возникла необходимость в совершенствовании, так как её генетический потенциал в производственных условиях реализуется не в полной мере. В этой связи получение высокой урожайности зерна озимой пшеницы с высокими качественными показателями в значительной степени обеспечивается размещением её по рекомендуемым предшественникам в сочетании с оптимальным применением удобрений.

В современных социально-экономических условиях выявлена неоднозначность мнений по вопросам доз удобрений в разных условиях. Поэтому определение отзывчивости растений на минеральные удобрения в сочетании с разными предшественниками, действия их на продуктивность озимой пшеницы и плодородие почвы является актуальной задачей, имеющей важное научное и практическое значение.

Степень разработанности проблемы. Большая роль в поддержании оптимального питательного режима почвы и повышении продуктивности озимой пшеницы принадлежит минеральным удобрениям в сочетании научно обоснованными предшественниками. В связи с этим особое значение приобретает проблема улучшения их использования, основанное на рациональном уровне удобренности пашни, обеспечивающее воспроизводство гумуса в почве, благоприятную реакцию среды и содержание достаточного количества доступных для растений форм азота, фосфора и калия. Проведенное исследование в теоретическом плане базировалось на работах многих учёных (Прянишников Д.Н., 1963; Кирюшин В.И., 2000; Минеев В.Г., 2004; Жученко А.А., 2004 Мязин Н.Г., 2009, 2015; Котлярова Е.Г., Котлярова О.Г., 2011; Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И., 2013; Минакова О.А. и др., 2014; Гордеев А.В. и др., 2015; Навольнева Е.В., 2018; Ореховская А.А., 2019; Stupakov A.G. **et al.**, 2019). Существенное влияние на свойства почвы, урожайность и качество продукции оказывают

виды севооборотов и предшественники озимой пшеницы (Доманов Н.М., Солнцев П.И., 2005; Титовская А.И. и др., 2010; Наумкин А.Н. и др., 2013; Дедов А.В., Болучевский Д.А., 2014; Навольнева Е.В., 2014; Лазарев В.И., Котельникова М.Н., 2015; Тютюнов С.И. и др., 2016 А.Я. Айдиев и др., 2017; Ступаков и др., 2019).

Цель исследований заключалась в агроэкологической комплексной оценке влияния предшественников и минеральных удобрений при длительном их использовании на продуктивность озимой пшеницы и почвенное плодородие.

Задачи исследований:

1. Выявить влияние предшественников и разных доз минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы и её влажность;
2. Определить действие удобрений на урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников;
3. Установить влияние агроприёмов на химический состав зерна озимой пшеницы и его качество;
4. Определить экономическую и биоэнергетическую эффективность минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы по разным предшественникам.

Объекты и предмет исследований. Объектами исследований являлись минеральные удобрения, озимая пшеница сорта Майская Юбилейная и её предшественники: многолетние травы, горох, ячмень, чёрный пар. Предмет исследований – влияние предшественников и минеральных удобрений на агрохимические свойства чернозёма типичного и продуктивность озимой пшеницы.

Научная новизна исследований. На чернозёме типичном в условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона Российской Федерации впервые изучено влияние разных предшественников и минеральных удобрений в результате длительного использования (с 1957 г.) на урожайность и качество озимой пшеницы, а также на плодородие почвы.

Практическая и теоретическая значимость. Выявленные в результате исследований закономерности позволяют разрабатывать рекомендации по улучшению свойств чернозёма типичного, как среды обитания озимой пшеницы, для рационального использования минеральных удобрений, существенно увеличить урожайность зерна до 7,25 т/га при внесении под неё $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{50} с насыщенностью 1 га севооборотной площади $N_{50}P_{37,5}K_{37,5}$ по многолетним травам и до 7,43 т/га при применении $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} с насыщенностью $N_{80}P_{67,5}K_{67,5}$ по чёрному пару со сбором белка соответственно 992 и 928 кг/га.

Полученные данные по эффективному использованию удобрений в зависимости от предшественников могут быть использованы при разработке энергосберегающих и экологически обоснованных технологий выращивания озимой пшеницы.

Результаты исследований вносят существенный вклад в развитие научных представлений о действии минеральных удобрений в агроценозах озимой пшеницы по разным предшественникам, их роли в управлении плодородием почвы и формировании продуктивности культуры.

Методология и методы исследований. Методология исследований базируется на изучении научной литературы отечественных и зарубежных источников. Методы исследований: теоретические – обработка результатов исследований методом статистического анализа; эмпирические – полевые и лабораторные опыты, табличное и графическое отображение данных полученных результатов.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Минеральные удобрения по многолетним травам обусловливают накопление гумуса в почве и не приводят к ухудшению реакции среды.

2. В посевах озимой пшеницы по ячменю и многолетним травам минеральные удобрения способствуют повышению содержания гидролизуемого азота в почве, по ячменю и чёрному пару – подвижных фосфатов, по многолетним травам и чёрному пару – обменного калия.

3. Наибольшие запасы доступной влаги в почве на момент посева озимой пшеницы сосредоточены при размещении её по чёрному пару, а их динамика накопления к периоду возобновления весенней вегетации – по многолетним травам; удельный расход запасов влаги в слое почвы 0-30 см ниже, чем в слое 30-100 см.

4. Наибольшую урожайность зерна озимой пшеницы минеральные удобрения обеспечили по чёрному пару, а максимальный сбор белка – по многолетним травам.

5. Экономическая и биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений выше по ячменю; по чёрному пару и многолетним травам целесообразно использовать под озимую пшеницу минеральные удобрения в дозах $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$.

Достоверность результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается современными методами исследований при проведении полевых опытов и лабораторных анализов, необходимым количеством наблюдений и учетов, результатами статистической обработки экспериментальных данных.

Апробация материалов исследований. Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждались на Международной научно-практической конференции «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия» Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева» (Курск, 2019), на Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства» с международным участием и Всероссийской Школы молодых учёных (Белгород, 2019), на XXIII Международной научно-производственной конференции «Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее» (Майский, 2019), на Учёном совете агрономического факультета и на кафедре земледелия, агрохимии и экологии Белгородского ГАУ (Белгород, 2016-2020).

Публикации. Материала диссертационной работы отражены в 6 печатных работах, из них 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Объём и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 145 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения и предложений производству, содержит 22 таблицы, 10 рисунков, 3 приложения.

Личный вклад. Автор принимал непосредственное участие в полевых исследованиях, в выполнении наблюдений и исследований, ежегодном представлении научных отчётов, на основании которых были обобщены полученные результаты, сформировано заключение и дано предложение производству.

Глава 1

Влияние предшественников и удобрений на плодородие почвы, урожайность и качество озимой пшеницы (обзор литературы)

Пшеница – важнейший хлебный злак земного шара. Она является одной из самых древних и самых важных для большинства человечества продовольственных культур. Главное её достоинство – высокая питательная ценность хлеба, хлебобулочных, макаронных и крупяных изделий, получаемых из пшеничной муки. В зерне пшеницы удачно сочетаются необходимые для человека белки, углеводы, жиры, витамины, ферменты, минеральные вещества. В России пшеница – основная продовольственная культура. Основные площади возделывания её размещены в хозяйствах Краснодарского, Ставропольского краёв, Ростовской области и Центрально-Чернозёмном регионе (Бородин Н.Н., 1976).

По данным П.Д. Попова (2003) удобрения – важнейший фактор интенсификации земледелия. Американские ученые, например, считают, что они обеспечивают свыше 40% прибавке урожая, немецкие поднимают этот показатель до 50 %, а французские даже до 70%.

Л.А. Наумкиной и А.Н. Смелым (2007) было установлено, что важные элементы технологии возделывания озимой пшеницы, способные значительно повышать ее урожайность – хорошие предшественники и оптимальные дозы минеральных удобрений. Поэтому главной задачей исследований определение оптимальных доз внесения минеральных удобрений в зависимости от выбранного предшественника.

1.1.Влияние предшественников на плодородие почвы, урожайность и качество озимой пшеницы

1.1.1. Влияние предшественников на плодородие почвы

По данным В.Д. Соловиченко с соавторами (2018) выявлено, что большой вынос азота с урожаем происходил, главным образом, за счет азота почвы, который образуется в значительных количествах в результате парования, т.е. минерализации гумуса.

В экспериментах Н.А. Чуян и Г.М. Брескиной (2018) выявлено, что удобрение побочной продукцией зернового севооборота через их поверхностное компостирование на поле положительно влияет на состав и содержание органического вещество почвы, а, значит, поддерживает бездефицитный баланс гумуса и способствует накоплению в частности лабильных гумусовых веществ.

По данным И.В. Ильюшенко (2018) на черноземе типичном и обыкновенном содержание доступных форм азота и степень обеспеченности почв подвижными формами фосфора, могут оказывать как положительное, так и дестабилизирующее действие на урожай и на эффективность применения азотных удобрений, при этом одновременное улучшение азотного и фосфатного режимов почв способствовало еще большему усилению их воздействия на продукционный процесс.

В исследованиях А.А. Завалина с соавторами (2016) наибольшее количество азота горчиц как сидерата (44% от применяемой дозы) озимая пшеница использовала при локальном внесении минеральных удобрений. При внесении биомассы горчицы в почву без удобрений озимая пшеница использовала 30% азота горчицы. Наибольшее количество азота горчицы (57%) закреплялось в почве без применения удобрений.

На дерново-подзолистых почвах, несмотря на их слабую нитрифицирующую способностью, при достаточной насыщенности пахотного слоя подвижным фосфором и калием могут обеспечивать высокие

урожаи фуражного зерна колосовых культур, если их высевают в близком к нейтральному интервале pH кондиционными семенами по лучшим предшественником (Конончук В.В. и др., 2013).

М.А. Несмеянова с соавторами (2015) указывает, что при замене чистого пара на занятый (многолетние бобовые травы) к посеву озимой пшеницы отмечается улучшение питательного режима почвы за счёт более рационального расхода основных элементов питания в течение периода парования. Авторы обращают внимание на то, что применение в качестве предшественников озимой пшеницы бобовых трав второго года жизни в занятых парах, обеспечивается формирование удовлетворительного запаса доступной влаги к посеву зерновой культуры –130-165 мм в метровом слое почвы.

Данные С.А. Шафран (2013) по прибавкам урожая от азотных удобрений дифференцированы по содержанию минерального азота. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от вариации агрохимических свойств различается в несколько раз. Аналогично изменяется прибавка урожая от азотных удобрений, а также их окупаемость прибавкой. Эффективность фосфорных удобрений дифференцирована по содержанию подвижного фосфора в почве и по реакции почвенной среды, калийных удобрений – по степени обеспеченности почв подвижным калием.

В.И. Беспамятный с соавторами (2003) свидетельствует, что предшественники по-разному влияют на сохранность влаги в почвы: больше всего влаги терял пар, меньше – многолетние травы.

И.И. Шелганов с соавторами (2008) сделали вывод о том, что многолетние бобовые травы способны в течение вегетационного периода накапливать 96-136 кг/га симбиотического азота и за счет хорошо развитой корневой системы, обогащать почву органическим веществом, повышая плодородия почвы.

Согласно другим рекомендациям (Симакина А.И. и др., 1987), в состав основного удобрения обязательно включается азот в дозах 60-90 кг/га, а при

посеве пшеницы по поздно убираемым пропашным культурам – в дозах до 120-150 кг/га. Только при размещении пшеницы после многолетних бобовых трав, зернобобовых культур и по черному пару доза азота может быть уменьшена до 30-40 кг/га.

К.Ф. Ганжара (1986) полагает, что для нормального функционирования пахотной почвы среднегодовое поступление после уборочных остатков больше всего источников гумуса оставляют многолетние травы, меньше зерновые культуры и еще меньше пропашные.

С.И. Тютюнов и А.П. Карабутов (2017) отметили уменьшение положительной роли севооборота в регулировании содержания гумуса в черноземе типичном, которое происходит в направлении севооборот с травами, севооборот с другими предшественниками, севооборот с паром.

А.А. Пешкова и Н.В. Дорофеев (1998) показывают, что при посеве по пару осеннее развитие озимой пшеницы, при хорошей влагообеспеченности, не зависит от уровня плодородия почв.

Предшественники отличаются разным количеством растительных остатков после их уборки и по своему составу. В зависимости от количества пожнивно-корневых остатков при минерализации образуется разное количество питательных веществ, особенно азота. В севообороте необходимо учитывать использование фиксированного азота. Например, после зерновых как предшественника, зерновым необходимо внести дополнительный азот, так как низкое содержание азота в растительных остатках (C:N > 20 : 1) ведет к азотному голоданию зерновых (азот необходим для деятельности почвенных бактерий). После зернобобовых (гороха), наоборот, не требуется внесения дополнительного азота. В регионах с мягкими зимами и обильными осенне-зимними осадками существует опасность того, что азот осенью не в полной мере усваивается зерновыми и вымывается. Влияние предшественника на структуру почвы (образование грубых пор и прочной комковатой структуры) тем лучше, чем дольше он своей биологической массой покрывает почву (теневая спелость почвы) и чем больше развита

корневая система. Улучшающий структуру эффект предшественников зерновых растет в следующей последовательности: яровые промежуточные культуры < озимые промежуточные культуры < яровые зерновые, ранний картофель, горох < поздний картофель, кукуруза, сахарная свекла < озимые зерновые, озимый рапс < многолетние травы (Дитер Шпаар и др., 2008).

Правильная система земледелия должна способствовать не только получению высоких и устойчивых урожаев зерна, но и систематическому повышению плодородия почвы. В последние годы значительные площади озимых хлебов размещаются в севооборотах по различным занятым парам и непаровым предшественникам. Научные данные и производственный опыт свидетельствуют, что при посеве озимой пшеницы по непаровым предшественникам необходимо как можно раньше убирать парозанимающую культуру с тем, чтобы своевременно и хорошо подготовить почву под посев последующей озими. Исследованиями Воронежской опытной станции установлено, что запасы доступной влаги в почве при посеве озимой пшеницы по кукурузе в значительной мере определяются сроками уборки последней. Из 5 лет наблюдений только в два года влажность почвы была хорошей, когда кукурузу убирали в фазу выметывания и в начале молочно-восковой спелости зерна. При уборке ее в середине и конце молочно-восковой спелости в эти годы влажность почвы была удовлетворительной. В остальные засушливые три года верхние слои почвы сильно иссушались предшествующей культурой, что отрицательно сказывалось на получении нормальных всходов, осеннем развитии озими и урожае. О различном плодородии почв после уборки предшественников свидетельствуют многие опытные данные. Так, на Полтавской опытной станции в среднем за 4 года количество нитратного азота в слое 0-40 см ко времени сева озимых на апрельском пару было 560 кг на 1 га, на картофельном пару – 90 кг, а на полях из-под кукурузы – 60 кг (Минеев В. Г., 1973).

Неодинаковая обеспеченность почвы усвояемым азотом и доступной влагой предопределила соответствующие условия минерального питания

озимой пшеницы по изучаемым предшественникам и влияние на него удобрений. Наиболее высокий уровень азотного питания складывался при размещении пшеницы по черному пару. Содержание азота в растениях (в % на сухое вещество) составляло: в фазу кущения – 4,40, во время трубкования – 2,71, при цветении – 1,22 (в листьях – 2,95), в спелом зерне – 2,21 и в соломе — 0,31, что близко величинам, принятым за оптимальные. Озимая пшеница, посеянная по викоовсяной смеси, была хуже обеспечена азотом, чем по черному пару. Об этом свидетельствуют динамика процентного содержания азота в растениях в процессе вегетации (кущение – 4,04, трубкование – 2,30, цветении – 1,08 (в листьях −2,13), полная спелость – 1,78 в зерне и 0,24 % в соломе) и особенно масштабы потребления его в расчете на единицу площади, которые характеризовались следующими величинами (соответственно тем же фазам): 20, 39, 51 и 53 кг/га. Наиболее низкий уровень азотного питания растений наблюдался при посеве озимой пшеницы по кукурузе. Содержание азота (в %) в сухих растениях во время кущения составляло 3,18, в фазу трубкования – 2,04, при цветении – 0,91 (в листьях – 1,78), в спелом зерне – 1,64 и соломе – 0,21, что в расчете на гектар выражалось 10, 22, 37 и 41 кг (Никитишен В.И., 1977).

Установлено (Наконечная З.И., 1981), что разные культуры севооборота неодинаково используют элементы питания, по-разному влияют на влагообеспеченность и физические свойства почвы, ее биологическую активность и оказывают прямое влияние на рост и развитие растений. Как правило, многолетние бобовые травы, обогащая почву азотом, выносят с урожаем большое количество подвижных форм фосфора и калия, азотом они обеспечивают себя путем биологической фиксации его из атмосферы. Пропашные культуры и зерновые колосовые в большинстве случаев оставляют в почве после уборки незначительное количество подвижных питательных веществ. Действие культур на питательный режим почвы определяется, с одной стороны, особенностями их возделывания, с другой - выносом питательных веществ из почвы и количеством накапливаемого

органического вещества в виде корней и стерни, остающихся после уборки. По среднем данным за 4 года содержание нитратов в слое почвы 0-20 см в занятом пару составило 24,3 мг, в чистом – 74,4 мг/кг абсолютно сухой почвы.

1.1.2. Влияние предшественников на урожайность озимой пшеницы

В.Н. Наумкин с соавторами (2014) рекомендуют в качестве предшественников озимой пшеницы в севооборотах с короткой ротацией многолетние травы 1 г.п., многолетние травы 2 г.п., рапс яровой, клевер, горох.

Е.П. Шустикова и Н.Н. Шаповалова (2012) сделали вывод, что после пропашного и колосового предшественников отмечено значительное уменьшение сборов зерна озимой пшеница по сравнению с чистым паром.

Исследованиями Г.И. Уварова с соавторами (2006) определено, что среди предшественников положительное влияние на урожайность зерно оказывают многолетние и однолетние травы, а также черный пар. Заметно снижают урожай предшественники ячмень и кукуруза на силос.

На основе исследований З.М. Азизова (2017) выяснена целесообразность размещения озимых культур не только по чистому пару, но и по занятому, а в годы с благоприятным увлажнением почвы в предпосевной период – после непаровых предшественников.

В условиях Центрального Черноземья применение минеральных удобрений в звеньях севооборотов с горохом и эспарцетом было эффективнее относительно звена с чёрным паром. Наибольший эффект от применения удобрений среди изучаемых предшественников озимой пшеницы наблюдали в звене севооборота с горохом (Логвинов И.В., 2016).

Многолетние опыты сельскохозяйственной палаты нижней Саксонии в Бургстеммене продемонстрировали что, правильно подобранный предшественник - основа высокой урожайности. Такие культуры, как рапс, картофель и кукуруза на силос, создают идеальные условия для развития озимой пшеницы с осени. Их основной вклад состоит в том, что они позволяют достигать наивысшей урожайности без увеличения затрат на удобрения и СЗР Ульрих (Лерке 2018).

Работами В.И. Турусова с соавторами (2013) было установлено, что лучшими предшественниками озимых культур являются черный и занятый пары. В северной и северо-западной части Воронежской области значение черного пара по сравнению с занятым несколько снижается. Размещение озимой пшеницы по стерневым предшественникам (ячмень, озимой пшеница, рожь) приводит к снижению продуктивности до 7 ц/га, ухудшению качества зерна и увеличению рисков гибели посевов в зимне-весенний период.

Вместе с тем наблюдения С.Н. Зюбы и Л.Н. Дерновой (2013) показали, что в условиях 2012 года озимая пшеницы была наиболее продуктивной по предшественнику черный пар с повышенной дозой внесения минеральных удобрений.

Результаты А.Ф. Мельника (2012) показывают, что использование клеверотимофеечной травосмеси после 1 укоса и отавы после 1 укоса в качестве предшественника озимой пшеницы обеспечивает повышение урожайности на 6,6-12,7% по сравнению с использованием ее после двух укосов.

Эксперименты А.П. Карабутова и соавторов (2012) показали, что стабилизация урожаев озимой пшеницы в меняющихся погодных условиях юго-западной части ЦЧР связано с положительной ролью частого пара.

А.В. Парамонов (2014) указывает на то, что наиболее благоприятным из предшественников является чёрный пар, затем люцерна, горох, подсолнечник и на последнем месте кукуруза на силос.

Имеются сообщения М.А. Несмеяновой с соавторами (2015) о том, что урожайность озимой пшеницы при достаточной увлажнённости вегетационного периода в вариантах с многолетними бобовыми травами была на уровне контроля (4,1-4,8 т/га). В засушливые же годы чистый пар, как предшественник озимой пшеницы, имел существенные преимущества в формировании урожая зерна озимой культуры. Также установлено, что энергетическая эффективность технологии возделывания озимой пшеницы по сидеральному занятому пару выше (5,57-6,74), чем в контроле (0,49).

По выводам Н.В. Долгополовой (2015) наибольшая биологическая урожайность озимой пшеницы наблюдалось по чёрному пару, минимальная – по кукурузе на силос. Горох как предшественник занимал промежуточное положение.

Вместе с тем наблюдения показали, что на черноземе обыкновенном максимальная (4,9 т/га) продуктивность озимой пшеницы формируется по эспарцету, а минимальная (2,5 т/га) – после подсолнечника (Баршадская С.И. и др., 2005).

Н.В. Тупицын и С.В. Валяйкин (2004) указали на то, что большую роль играют факторы окружающей среды, т.е. учитывая прогнозы потепления климата, озимую пшеницу по чистому пару, когда всходы появляются через 7-8 дней после посева, следует высевать не в конце августа, как сегодня рекомендуют, а в интервале между 5 и 10 сентября. В условиях преобладания "теплых" зим это положительно скажется на перезимовке, урожайности пшеницы и на содержании клейковины в зерне.

В своих работах М.М. Сабитов и А.И. Захаров (2002) делают акцент на то, что наиболее высокую урожайность озимой пшеницы обеспечивает возделывание этой культуры в севооборотах с чистым, сидеральным и занятым парами.

В качестве парозанимающих культур целесообразны злаковобобовые смеси, эспарцет, горох, рапс, горчица, как рекомендуют П.Н. Рыбалкин с соавторами (2001).

По данным И.И. Галиченко (2012) лучшим предшественником был черный пар: урожайность озимой пшеницы по нему была на 1,27 т/га выше, чем по непаровым предшественникам. Если преимущество чистого пара перед занятым эспарцетом составляет 1,17 т/га, то перед подсолнечником – 1,91 т/га. Худшими предшественникам озимой пшеницы оказались озимые, значительно (более чем на 0,43 т/га) уступавшие пару, занятому эспарцетом, и подсолнечник (на 0,74 т/га).

В.И. Бровкиным и А.Н. Улановым (2008) выявлено, что наибольший урожай зерна озимой пшеницы получен по чистому пару, применение минеральных удобрений повысило сбор зерна в данном звене на 20%.

А.Ф. Мельник (2011) в своих исследованиях выявил, что применение чистого пара и многолетних трав в качестве озимой пшеницы обеспечивает высокие показатели продуктивности культуры и качества полученного зерна. Эффективность использования этих предшественников возрастает, если весной внести аммиачную селитру в дозе N_{86} , а в фазе начала налива зерна провести некорневую подкормку мочевиной в дозе N_{30}.

С.В. Пасько (2009) обращает внимание на то, что без удобрений экономически целесообразно возделывать нетребовательные к условиям питания сорта озимой пшеницы – Лира и Ермак по чистому пару и Тарасовская остистая и Росинка тарасовская – после гороха. Применение удобрений в дозе $N_{90}P_{50}$ рекомендуется при возделывании отзывчивых сортов, окупающих их внесение прибавкой урожайности: по пару – Дон 95 и Донская юбилейная, после гороха – Донская юбилейная, Дея и Донская безостая. Высокие дозы минеральных удобрений под озимую пшеницу экономически и энергетически не рентабельны.

В опытах Н.В. Долгополовой (2015) наилучшим предшественником озимой пшеницы была черный пар, которому уступали горох (− 6,6 ц/га) и кукуруза на силос (− 15,4 ц/га).

И.Н. Ильинская и М.А. Балахонский (2015) в своих работах отмечают, что высокая эффективность использования земель под озимую пшеницу отмечена по предшественникам пар и эспарцет.

А.В. Парамонов (2015) обращает внимание на то, что наиболее благоприятным из предшественников является чёрный пар, затем люцерна, горох, подсолнечник и на последнем месте кукуруза на силос.

Х.А. Малкандуев с соавторами (2014) отметили, что лучшими предшественниками для озимой пшеницы являются горох и кукуруза на силос, обеспечившие наибольший урожай с хорошим качеством,

Представляется интересной точка зрения В.И. Лазарева и Р.И. Лазаревой (2018) свидетельствующая, что в условиях Курской области лучшим предшественником озимой пшеницы, обеспечивающим оптимальные условия для ее роста и развития в осенний период вегетации, является чистый (черный) пар. Парозанимающие культуры: клевер первого года пользования, горох не зерно, горохоовсяная смесь на зеленый корм и сено, являются хорошими предшественниками озимой пшеницы.

Д.В. Дубовик и Д.Ю. Виноградов (2014) установили, что в засушливых условиях года наилучшим предшественником для озимой пшеницы является черный пар, а при избыточном увлажнении практически все предшественники равноценны.

Г.И. Уваров и соавторы (2012) склоняются к мнению том, что для озимой пшеницы возрастает роль чистого пара.

В современных условиях на черноземах повышение урожая зерна озимой пшеницы при возделывании ее по пласту многолетних трав и чистому пару возможно только при комплексном применении удобрений и средств защиты растений (Бровкин В.И. и Соколенко С.Ф., 2010).

Данные П.С. Авраменко с соавторами (1975) говорят о том, что наиболее высокая оплата удобрений прибавкой урожая выявлена для озимой пшеницы по черному пару.

На действие определенного предшественника влияет место выращивания (почва, климат); его вегетационный период; количество его растительных остатков; его потребление запасов влаги; органическое и минеральное удобрение; затенение почвы и засорение; урожайность; технические мероприятия, например, во время уборки. Эти факторы в значительной мере могут ухудшить или улучшить действие предшественника. Один и тот же предшественник под влиянием этих факторов, при разных условиях, может иметь разное действие (Дитер Шпаар и др., 2008).

Применение приёмов биологизации при возделывании озимой пшеницы не обеспечило существенной прибавки в урожайности зерна. Как при размещении посева озимой культуры по сидеральному донниковому пару, так и при бинарном посеве озимой пшеницы с люцерной синей полученная урожайность была существенно ниже, чем на варианте контрольного посева озимой пшеницы по чистому пару, и составила соответственно 4,34 и 4,2 т/га (Дедов А.В. и др., 2015).

В условиях Центрально-Черноземной зоны в почве на черных парах к моменту сева озимой пшеницы содержится достаточное количество влаги, что обеспечивает получение хороших всходов этой культуры (Минеев В.Г. 1973).

1.1.3. Влияние предшественников на качество озимой пшеницы

Установлено отрицательное влияние обильного увлажнения в периоде налива и созревание зерно и высокой температуры первой декады июля (восковая спелость) на количество и качество клейковины (Сухоруков А.Ф. и др., 2017).

Работами В.И. Турусова с соавторами (2013) было установлено, что лучшими предшественниками озимых культур являются черный и занятый

пары. В северной и северо-западной части Воронежской области значение черного пара по сравнению с занятым несколько снижается. Размещение озимой пшеницы по стерневым предшественникам (ячмень, озимой пшеница, рожь) приводит к снижению продуктивности до 7 ц/га, ухудшению качества зерна и увеличению рисков гибели посевов в зимне-весенний период.

М.А. Несмеянова с соавторами (2015) считают, что значительную роль играет качество зерна озимой пшеницы при размещении её посевов по занятому и сидеральному парам существенно выше, чем по чистому пару: содержание белка – на 12-15%, клейковины – на 6-8, ИДК – на 12,6% число падения –на 10%.

Установили, что эспарцетовый и донниковый пары обеспечивают хорошие условия для вегетации озимой пшеницы и формирования высококачественного зерна. Чистые и занятые пары в условиях недостаточного увлажнения должны сочетаться и дополнять друг друга (Зеленский Н.А. и др., 2002).

А.Ф. Мельник (2011) в своих исследованиях выявил, что применение чистого пара и многолетних трав в качестве озимой пшеницы обеспечивает высокие показатели продуктивности культуры и качества полученного зерна. Эффективность использования этих предшественников возрастает, если весной внести аммиачную селитру в дозе N_{86} , а в фазе начала налива зерна провести некорневую подкормку мочевиной в дозе N_{30}.

Вместе с тем В.В. Ермаков и Д.В. Дубовик (2005) подчёркивают, что из изучаемых предшественников наибольшее содержание клейковины и белка в зерне обеспечивал черный пар в зернопаропропашном севообороте на эродированных склоновых землях зерно хорошего качества формировалось в почвозащитном зернотравяном севообороте после многолетних бобовых трав при сбалансированном внесении минеральных удобрений.

А.В. Черенков и А.Н. Козельский (2015) делают заключение о том, что наибольшее содержание белка в зерне формируется по чёрному пару, ниже– по гороху и подсолнечнику.

Таким образом, анализ результатов исследований, полученных к началу нашей работы, показал, что оптимальные дозы удобрений, вносимые под культуры севооборота для условий Лесостепи, имеют довольно широкий диапазон. Это затрудняет использование рекомендаций в производственной обстановке. Недостаточно полно показано значение отдельных элементов питания в различных дозах в повышении урожайности культур и улучшении их качества. Следует подчеркнуть, что накопленных данных по применению удобрений при длительном и систематическом их использовании ещё явно недостаточно в районах с неустойчивым увлажнением в Центрально-Чернозёмном регионе.

Всё это обусловило необходимость проведения наших исследований по оптимизации применения удобрений при длительном их использовании под сельскохозяйственные культуры в севообороте в указанных условиях.

С.И. Тютюнов с соавторами (2015) выявили, что наилучшее качество зерна озимой пшеницы формировалось по черному пару при внесении 40 т/га навоза и $N_{60}P_{60}K_{60}$.

В Центрально-Черноземном регионе именно озимая пшеница занимает значительную долю в структуре посевных площадей. Современные сорта озимой пшеницы обладают достаточно высокими потенциальными возможностями по урожайности. Но генетический потенциал высокопродуктивных сортов используется в производственных условиях на 30-50 %. Поэтому проблема сочетания высокого урожая с высоким качеством зерна остается одной из самых важных на сегодня. Для выработки муки высокого качества требуется качественное сырье. За последние 10 лет в России наблюдается тенденция снижения качества зерна пшеницы: в основном преобладает зерно 4 и 5 классов, а иногда даже из зерна 3 класса трудно получить муку, отвечающую требованиям ГОСТа. Основным

фактором, влияющим на качество зерна пшеницы, являются наследственные особенности сорта. Поэтому при выращивании данной культуры очень важно подбирать сорта с учетом районирования. В Белгородской области наилучшее качество зерна было отмечено у сортов Майская юбилейная и Белгородская 16 – в соответствии с требованиями ГОСТ 52554–2006 «Пшеница. Технические условия» зерно этих сортов можно было отнести к 3 товарному классу (В.В. Смирнова и др., 2018).

1.2. Влияние удобрений на плодородие почвы, урожайность и качество озимой пшеницы

1.2.1. Влияние удобрений на плодородие почвы

По данным И.В. Ильюшенко (2018) на черноземе типичном и обыкновенном содержание доступных форм азота и степень обеспеченности почв подвижными формами фосфора могут оказывать как положительное, так и дестабилизирующее действие на урожай и на эффективность применения азотных удобрений. Одновременное улучшение азотного и фосфатного режимов почв способствовало еще большему усилению их воздействия на продукционный процесс.

В исследованиях А.А. Завалина с соавторами (2016) наибольшее количество азота горчицы (57%) закреплялось в почве без применение удобрений. При их внесении иммобилизация азота горчицы снижалось до 47-48 %. Минимальное количество азота горчицы (8%) терялось в виде газообразных соединений при локальной заделке удобрений, наибольшее(16%) – при разбросном их внесении. Озимая пшеница формировала самый большой урожай заделке удобрений, что на 25% выше, чем при внесении только биомассы горчицы и на 14% больше, по сравнению с разбросным способом применения удобрений.

По данным Ю.И. Гречишкиной с соавторами (2016) при расчётной системе удобрения ежегодно в средней динамике подкисление происходило на 0,15 ед. pH_{H2O} при насыщенности180 кг/га NPK.

Важно отметить, что система удобрения должна обеспечивать получение планируемой урожайности при сохранении (повышении) плодородия почв при стабилизация (снижении) уровня загрязнения их различными поллютантами (Титова В.И., 2016).

По данным А.Х. Шеуджена с соавторами (2019) выявлено, что при внесении удобрений незначительно снижалась гидролитическая кислотность в сравнении с контрольным вариантом, стабилизировалась актуальная кислотность на уровне 6,79-6,73, что свидетельствовало о повышении буферных свойств почвы. Выявлен процесс дегумификации чернозема выщелоченного под влиянием природных факторов (убыль ~0,02% в год), применение удобрений улучшало гумусное состояние пахотного слоя чернозема выщелоченного: прибавке его запасов за 2 ротации севооборота составила от 0.34 (вариант $N_{45}P_{30}K_{20}$) до 0.57% (вариант $N_{180}P_{120}K_{20}$).

Обобщены сведения Е.П. Шустиковой и Н.Н. Шаповаловой (2012), что систематическое внесение минеральных удобрений, особенно фосфорных, привело к значительному накоплению в почве остаточных форм фосфатов в посевах озимой пшеницы. В среднем для всех предшественников каждые 10 кг/га P_2O_5 способствовали ежегодному повышению содержание элемента в пахотном слое почвы в предпосевной период при использовании дозы P_{30} на 0.76, P_{90} – на 0.44, P_{150} – на 0.34 мг/кг.

В ряде случаев Б.С. Носко с соавторами (2019) выявили, что под влиянием систематического применения умеренных доз удобрений под культуры севооборота сформирован антропогенно измененный почвенный профиль, который характеризуется, главным образом, повышенным содержанием подвижных форм гумуса, фосфора, азота и калия.

Опыты, проведенные Г.И. Уваровым и А.П. Карабутовым (2012) показали, что возделывание сельскохозяйственных культур зернопропашном

севообороте без удобрения привело к снижению содержания гумуса в черноземе типичном за 20 лет на 0,20-0,24%, произошло существенное подкисление чернозема типичного. Длительное использование чернозема типичного без удобрения привело к снижению содержания щелочногидролизуемого азота в слое 0-30 см до низкого уровня. Минеральная система удобрения способствовала его увеличению. Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см варианте без удобрения увеличилось за период эксперимента в 1.4-1.5 раза. Минеральные удобрения в одинарной дозе повышали содержания подвижного фосфора до повышенного уровня, в двойной дозе – до высокого и очень высокого. Минеральных удобрения повышали содержание подвижного калия в слое 0-30 см, особенно в двойной дозе, где оно увеличилось до высокого уровня обеспеченности.

Г.Е. Мерзлая с соавторами (2012) определила, что длительное применение удобрений без внесения извести сопровождалось повышением кислотности почвы.

С.В. Лукин и В.П. Сушков (2004) указывают на то, что содержание подвижного фосфора и обменного калия в почвах Белгородской области находится практически на оптимальном для развития пшеницы уровне, а содержание азота – в первом минимуме.

Эволюция свойств черноземных почв в результате их длительного земледельческого использования определяется сбалансированностью продукционного и культурного почвообразовательного процесса. Поэтому постоянный мониторинг – неотъемлемая составная часть общегосударственного контроля. В условиях активного агротехнологического воздействия значимость его еще более возрастает (Карнин В.И. и др., 2016).

По данным А.И. Грабовец и К.Н. Бирюкова (2018) в условиях нарастания засушливости климата система удобрения должна строиться с учетом содержания подвижного фосфора в почве. При низкой

обеспеченности этим элементом для пшеницы целесообразна подкормка дозой N_{50} , а при среднем и высоком содержании подвижного фосфора в почве следует применять для подкормки N_{30} в виде карбамида в фазе колошения пшеницы.

По наблюдениям А.В. Парамонова (2014) одной из причин получения низкой урожайности озимой пшеницы является недостаточный уровень содержания доступных форм элементов минерального питания.

Некоторые авторы (Конончук В.В. и др., 2013) рекомендуют, что для создания в почве и в растениях содержания азота, обеспечивающего получение планированных уровней урожайности и качества получаемой продукции, дозы азотных удобрений рассчитывают по формуле:

$$Д=((N_{опт}-N_{ф})/100) \times 3,$$

где: Д – доза N удобрения, кг/га; $N_{опт}$ и $N_{ф}$ – оптимальное и фактическое содержание $N\text{-}NO_3$ (кг/га) в почве или $N_{общ}$ (%) в растениях; 3 – затраты азоты азота удобрений на сдвиг запасов $N\text{-}NO_3$ в почве или $N_{общ}$ в растениях; на единицу (100 кг/га $N\text{-}NO_3$ или 1% $N_{общ}$).

По данным В.И. Каргина с соавторами (2013) расход влаги на формирование 1 т зерна в контроле составил 806 мм, при внесении $N_{40}P_{65}K_{70}$ он снизился на 10,7%, $N_{80}P_{65}K_{70}$ – на 9,1%, $N_{120}P_{65}K_{70}$ – на 6,6%. Дополнительное внесение N_{28} в фазе молочной спелости не оказало большого влияние на величину этого показателя.

И.М. Никульников и О.К. Боронтов (2003) утверждают, что для сохранения экологического равновесия и воспроизводства почвенного плодородия нужно вносить по 50 т/га навоза в черном пару, $N_{160\text{-}170}P_{170\text{-}180}K_{160\text{-}170}$ под сахарную свеклу, $N_{60\text{-}90}P_{60\text{-}90}K_{60\text{-}90}$ под кукурузу, $N_{40}P_{40}K_{40}$ под ячмень, $N_{60}P_{90}K_{70}$ под озимую пшеницу после клевера, $N_{20}P_{50}K_{50}$ под горох, N_{40} под клевер. Это позволит повысить эффективное плодородие чернозема выщелоченного.

В результате работы проведенной Г.И. Уваровом и соавторами (2012) показано, что минеральные удобрения проводят к значительному насыщению

почвенно-поглощающего комплекса почвы водородом, увеличивая гидролитическую кислотность в пахотном слое в 1,7 раза, а в подпахотном – в 2,7 раза по сравнению с исходными значениями.

Г.В. Овсянникова (2006) считает, что применение удобрений в дозе $N_{40}P_{60}K_{40}$ + N_{30} улучшает пищевой режим почвы, способствуя большему нарастанию надземной массы и содержанию в ней NPK, что положительно сказывается на урожае зерна.

Наблюдения других авторов показали, что при внесении калийных удобрений даже в минеральных дозах поступление легко обменного калия в раствор ускоряется. Можно сделать вывод об улучшении условий калийного питания растений в ответ на однократное внесение даже небольшого количества калия (Соколова Т.А. и др.,2018).

Заостряется внимание на том, что за длительный период наблюдений (25 лет) в почве без применения удобрений в зернопаропропашном севообороте отмечено снижение содержания гумуса на 0,33-0,38 % независимо от способа основной обработки почвы, а зернотравянопропашном севообороте наметилась тенденция к увеличению его содержания по вспашке на 0,12 % и по безотвальной обработке почвы на 0,06 %. Наиболее заметное повышение содержание гумуса обеспечила органоминеральная система удобрения, особенно по безотвальному рыхлению (Навольнева Е.В. и др., 2015).

Концентрируется внимание на том, что длительное применение органических и минеральных удобрений в низких и средних дозах (в среднем за 18 ротаций пятипольного севооборота от 25 до 40 кг/га P_2O_5 ежегодно) определило существенные изменения основных показателей плодородия типичного чернозема: уменьшилось содержание общего гумуса и увеличилось содержание его лабильных форм: изменился состав поглощенных оснований, снизился pH_{kcl} и увеличилась гидролитическая кислотность (Носко Б.С. и др., 2008).

Из данных Р.Ф. Макарова и В.В. Архиповой (2001) становится очевидным, что при содержании в почве P_2O_5 12 мг/100 г наибольшая эффективность достигалась при применении азотно-фосфорно-калийного удобрения, а при содержании 16 мг/100 г – азотно-калийного.

Данные А.А. Федорова (2002) показывают, что внесение минеральных удобрений в дозах недостаточных, оптимальных и избыточных по отношению к продукционному процессу смещает динамическое равновесие между нерастворимыми, растворимыми и растворенными формами питательных элементов, что влияет на степень участия каждого из этих источников удовлетворении потребности растений в элементах питания. Во всех случаях растения первоначально использует запас элементов питания удобрений.

Можно согласиться с мнением авторов (Анисимов А.И. и др., 2000) о том, что к настоящему времени наметились устойчивые негативные тенденции снижения плодородия черноземных почв. Расчеты примерного хозяйственного баланса в земледелии Белгородской области за 1995-1998 гг. указывают на устойчиво сложившийся отрицательный баланс по азоту (- 33.4 кг/га), фосфору (- 6.0 кг/га) и калию (- 47.8 кг/га). Длительно сохраняющийся неуравновешенный хозяйственный баланс элементов питания говорит о падении эффективного плодородия земель.

Вместе с тем установлено, что при научно обоснованном применении удобрений можно коренным образом улучшить питательный режим почвы, создать оптимальный баланс элементов питания, позволяющий не только восполнить их затраты на формирование урожая, но и осуществить воспроизводство почвенного плодородия (Смык А.В. и др., 2001).

Обобщая полученные данные, В.Д. Муха и В.И. Лазарев (2003) пришли к выводу о том, что при длительном выращивании сельскохозяйственных культур в различных агроценозах как на удобренном, так и на неудобренном фонах происходило заметное подкисление чернозема типичного, имевшего исходную нейтральную реакцию. Изменение реакции почвенного раствора

было тесно связано с падением содержания подвижных форм кальция, которые собственно и регулирует ее. Кальцийсодержащие удобрения, особенно в сочетании с органическим веществом, способствовали повышению урожайности сельскохозяйственных культур, увеличению содержания подвижных форм кальция, снижению гидролитической кислотности.

Следует иметь в виду, что при систематическом внесении умеренных доз фосфорных удобрений под культуры севооборота на протяжении пяти ротаций севооборота происходило постепенное (от первой к пятой ротации) увеличение содержания всех фракций Минеральных фосфатов при сохранении закономерностей их соотношения, характерного для запасного внесения (Б.С. Носко и др., 2003).

Заслуживает быть отмеченным вывод Е.Т. Наумченко и Е.В. Банецкой (2018) о том, что минеральное питание растений пшеницы азотом и фосфором в период кущения наиболее интенсивно протекало на фоне последействия длительного внесения повышенных норм удобрений.

Данные Н.Н. Боевой и Г.М. Дериглазовой (2019) заставляют полагать, что ежегодное насыщение четырехпольного зернопропашного севооборота минеральными удобрениями сдвинуло физико-химические свойства пахотного слоя почвы в сторону подкисления, что негативно повлияло на водопрочность почвенных агрегатов.

Т.И. Панкова и Н.П. Масютенко (2016) определили количественную связь кислотно основных показателей плодородия чернозема типичного с его почвенными свойствами, что имеет важное значение для развития учения о почвенном плодородии, его прогнозировании, регулировании и оптимизации.

В своей работе авторы Е.Г. Широких и А.И. Стифеев (2015) заостряют внимание на том, что органическое вещество почвы согласно современным воззрениям представляет собой многокомпонентную систему, свойства который определяются в значительной степени отдельными ее компонентами и их взаимодействием между собой и окружающей средой. Оно нередко

является лимитирующим фактором, определяющим плодородие почвы в составе природных и сельскохозяйственных экосистемах.

Автор И.И. Гуреев (2016) отмечает, что нерациональное использование удобрений, помимо удорожания получаемой продукции, ведет к ухудшению ее качества, а также к закислению почв, что отрицательно сказывается на плодородии.

Многочисленные данные отечественных и зарубежных исследователей указывают на то, что систематическое применение удобрений в севообороте повлияло не только на содержание гумуса, но и сказалось на продуктивности озимой пшеницы (Лукин Л.Ю. и др., 1999). Выявлено, что сельскохозяйственное использование типичного чернозема без внесения удобрений (контроль) в течение 4-х ротаций севооборота привело к снижению содержания гумуса на 0,30-0,56%, то есть к снижению потенциального плодородия почвы. Применение минеральных удобрений не приводило к повышению содержания гумуса. При внесении органических и органо-минеральных удобрений наблюдалось повышение и стабилизация гумуса в почве.

А.П. Карабутов и Г.И. Уваров (2015) установили, что минеральные удобрения повышали содержание подвижного калия до уровня высокой обеспеченности.

В современных условиях на черноземах повышение урожая зерна озимой пшеницы при возделывании ее по пласту многолетних трав и чистому пару возможно только при комплексном применении удобрений и средств защиты растений (Бровкин В.И. и Соколенко С.Ф. 2010).

Л.А. Ефимова с соавторами (2017) пришли к мнению о том, что использование удобрений на черноземе типичном приводит к изменению физико-химических свойств почвы. Набольший положительный эффект отмечен при внесении навоза в дозе 80 /га, которая рассчитана на расширенное воспроизводство почвенного плодородия, и ее сочетаний с $N_{180}P_{180}K_{180}$.

Н.М. Доманов и П.И. Солнцев (2011) выявил, что за счет применения удобрений увеличивается содержание фосфатов и в слоях почвы 10-20 и 20-30 см. Под действием удобрений в почве создаются более высокие запасы обменного калия.

По мнению И.И. Филон и И.А. Шеларь (1999) сельскохозяйственное освоение черноземов без применения удобрений приводит к уменьшению в них запасов валового калия и содержания его различных форм. Улучшение калийного режима этих почв возможно при длительном систематическом применении удобрений.

По данным Д.А. Христенко (2007) возделывание многолетних трав трёх лет жизни положительно сказывается на содержании гумуса.

1.2.2. Влияние удобрений на урожайность озимой пшеницы

В исследованиях В.С. Цховребова с соавторами (2018) получен высокий эффект от внесенных $N_{42,9}P_{39,4}$ на чернозёме южном карбонатном. При возделывании озимой пшеницы урожайность зерна повышалось на 1.23 т/га или на 20.9%. При этом увеличилась натура зерна на 27 г/л или на 37%, а содержание белка и клейковины практически не изменились.

По другим данным внесение под озимой пшеницу $N_{126}P_{80}K_{72}$ способствовало получению урожайности зерна 5.92 т/га, что выше на 2.73 т/га или на 85.6 % (Есаулко А.Н. и др., 2018).

Анализ показал, что применение $N_{84}P_{79}K_{32}$ привело к увеличению урожайности зерно на 19.1 т/г или на 55.4% (Громова Н.В. и др., 2018).

В исследованиях В.В. Никитина и Е.В. Навольневой (2016) оптимальной дозы минеральных удобрений оказалась доза $N_{90}P_{60}K_{60}$, обеспечившая прибавку урожайность зерна 1,13-1,45 т/га.

Важно отметить, что система удобрения должно обеспечивать получение планируемой урожайности при сохранении (улучшении)

показателей, характеризующих их качество; получение положительного эффекта (экономического, агрономического и т.д.) от внедрения разработанной системы удобрения в производство, а также сохранение (повышение) плодородия почв при стабилизация (снижении) уровня загрязнения их различными загрязнителями В.И. Титова (2016).

В.А. Прошкин (2012) показал, что изучение условий эффективного использования минеральных удобрений в настоящее время выключает не только полевые исследования, но и структурную, логическую организацию полученных данных в виде моделей различных классов. Достоинством концептуальной модели является возможность представить комплексную картину количественных изменений прибавки урожайности в зависимости от вариации величин агрохимических показателей и доз питательных веществ.

Г.Е. Мерзлая с соавторами (2012) определила, что возделывание сельскохозяйственных культур без удобрений давало самую низкую их урожайность и привело к снижению содержания в почве органического вещества, уменьшению содержания подвижных соединений фосфора и калия по сравнению с исходным уровнем. Несбалансированное, одностороннее применение азотных, фосфорных и калийных удобрений оказалось малоэффективным по сравнению с их комплексом.

Анализ, сделанный Л.Г. Смирновой (2006) показал, что для получения 42 ц/га зерна озимой пшеницы на эродированном выщелоченном черноземе требуется внести не менее $N_{50}P_{50}K_{50}$.

С.В. Лукин и В.П. Сушков (2004) указывают на то, что в условиях Белгородской области прослеживается прямая линейная связь (R = 0,56) между дозами азотных удобрений и урожайностью озимой пшеницы. Использование при прогнозе урожайности данных о применении доз фосфорных или калийных удобрений не приводит к повышению надежности прогноза, поскольку в условиях области урожайность пшеницы определяется в первую очередь азотными удобрениями. Содержание подвижного фосфора и обменного калия в почвах области находится практически на оптимальном

для развития пшеницы уровне, а содержание азота – в первом минимуме. Урожайность озимой пшеницы в основном определяется дозами азотных удобрений. Максимальная продуктивность культуры в производственных условиях достигается при дозе азота 70 кг/га. Повышение уровня азотного питания приводит к снижению урожайности.

По результатам Б.М. Князева и Д.А. Дзаговой (2004) наиболее эффективной в повышении урожайности и качества озимой пшеницы является система питания, которая предусматривает внесение полного минерального удобрения под вспашку почвы с последующей подкормкой азотно-фосфорными удобрениями при посеве в рядки, а также некорневая подкормка посевов N_{30} в фазе колошения, чтобы повысить технологические свойства зерна.

А.Я. Айдиевым с сотрудниками (2017) установлено, что наибольшая урожайность озимой пшеницы отмечена при возделывании по интенсивной технологии с внесением полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{120}K_{120}$ под вспашку и по N_{30} в подкормку рано весной и в период «выход в трубку – колошение» (54,4-57,7 ц/га).

Исследования показали, что наиболее высокую урожайность 7,6 т/га, обеспечил сорт Гром при внесении повышенной дозы минеральных удобрений $N_{180}P_{100}$ при 5,6 т/га в аналогичном варианте контроле (сорт Таня). Внесение половинной дозы минеральных удобрений – $N_{90}P_{50}$ способствовало снижению урожайности изучаемых сортов от 1,3 до 1,9 т/га (Магомедов Н.Р. и др., 2016).

В наблюдениях Н.В. Долгополовой (2018) прибавка урожая в среднем за три года при весеннем внесении удобрений составила 2,6 ц/га. Внесение азотных удобрений увеличило урожай на 3,2 ц/га, фосфорных – на 3,0 ц/га, калийных – на 1,9 ц/га. При осеннем внесении удобрений урожай увеличился от азотных – на 2,0 ц/га, фосфорных – на 2,9 ц/га, калийных на 2,7 ц/га.

Наибольше прибавка урожайности отмечена при внесении удобрении в дозе $N_{60}P_{30}K_{30}$ 17,6 ц/га. При увеличении дозы до $N_{90}P_{60}K_{60}$ наблюдалось

снижение величины прибавки урожая, что связано с полегаемостью сортов на высоком фоне питания (Кузнецова Л.Н. и др., 2017).

А.Ф. Бабицкий (2012) сделал вывод, что стабильность урожайности проявляется при внесении полного минерального удобрения в дозах $N_{30-60}P_{30-60}K_{60-90}$. Снижения урожайности озимой пшеницы наблюдается без удобрений и внесении фосфорно-калийных удобрений в дозах $P_{60}K_{60}$.

В опытах С.И. Смурова и соавторов (2012) внесение $N_{30}P_{30}K_{30}$ обусловило увеличение урожайности озимой пшеницы на 6,1 ц/га (+27,2%) при выращивании без средств защита посевов и на 12,0 ц/га (+53,6%) с применением средств защита.

Имеются данные В.И. Турусова с соавторами (2013) о том, что озимая пшеница требует высокой обеспеченности элементами минерального питания и отзывчива на удобрения. Внесение на паровых полях навоза (35-40 т/га) обеспечивает достаточно высокий уровень минерального питания. Для получения хорошего урожая высококачественного зерна по чистым неунавоженным парам необходимо внести $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30} + N_{30}$, по занятым парам и другим предшественникам – $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90} + N_{30} + N_{30}$.

Обобщённые сведения С.В. Лукиным (2013) о том, что средняя урожайность озимой пшеницы в Белгородской области выше, чем в целом по Российской Федерации. Между уровнем внесения органических удобрений и урожайностью отмечена слабая положительная корреляция (R= 0,4), а между уровнем применения минеральных удобрений и урожайностью высокая (R= 0,79).

Вместе с тем, наблюдения С.Н. Зюбы и Л.Н. Дерновой (2013) показали, что в условиях 2012 года озимая пшеницы была наиболее продуктивной по предшественнику черный пар с повышенной дозой внесения минеральных удобрений.

Эксперименты А.П. Карабутова и сотрудников (2012) показали, что в условиях юго-западной части ЦЧР в неблагоприятные по метеоусловиям годы увеличивается значение севооборота. Эффективность минеральной

системы удобрения практически не зависит от погодных условий, органической системы в неблагоприятные годы она в 2 раза выше. Наибольшая урожайность озимой пшеницы отмечена на фоне органо-минеральной системы удобрения. Эффективность ее в неблагоприятные годы увеличивается в 1,3 раза.

Данные С.А. Шафрана (2013) по прибавкам урожая от азотных удобрений дифференцированы по содержанию минерального азота. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от вариации агрохимических свойств различается в несколько раз. Аналогично изменяется прибавка урожая от азотных удобрений, а также их окупаемость прибавкой. Эффективность фосфорных удобрений дифференцирована по содержанию подвижного фосфора в почве и по реакции почвенной среды, калийных удобрений – по степени обеспеченности почв подвижным калием.

Л.Н. Прокина (2015) считает, что при возделывании озимой пшеницы по многолетним бобовым травам на черноземе выщелоченном рекомендуется внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{30-60}P_{50}K_{80}$ и опрыскивание посевов весной в фазе кущения препаратом ЖУСС-2 (2,5 л/га). Это обеспечивает повышение урожайности озимой пшеницы и качества зерна. Если в севообороте озимые идут по пласту многолетних злаковых трав, необходимо вносить полное минеральное удобрение в дозе $N_{30-90}P_{50}K_{80}$ и весной применять препарат ЖУСС-2 (2,5 л/га) в фазе кущения, что обеспечивает прибавку урожая и зерно с высоким содержанием клейковины.

Исследования С.И. Баршадской и соавторов (2005) послужили основанием сделать вывод о том, что внесение удвоенной дозы азота N_{80-200} на фоне $P_{60}K_{40-60}$ и органоминеральная система дают самые высокие урожай озимой пшеницы – 5,07-5,16 т/га. Увеличение дозы фосфорно-калийных удобрений в два раза по сравнению со средней дозой не обеспечивает пропорционального роста урожая.

В.И. Бровкиным и А.Н. Улановым (2008) выявлено, что наибольший урожай зерна озимой пшеницы получен по чистому пару, применение минеральных удобрений повысило сбор зерна в данном звене на 20%.

Опыты, проведённые Г.П. Покудиной и О.А. Богатых (2007) показали, что внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечило прибавку урожайности озимой пшеницы 1,67 т/га по отношение к контролю.

Имеются многочисленные сообщения П.П. Васюкова с соавторами (2006) о том, что при возделывании озимой пшеницы по гороху основное внесение минеральных удобрений ($N_{40}P_{40}K_{40}$) и ранневесенняя азотная подкормка (N_{70}) незначительно повышают урожайность, а последующие две азотные некорневые подкормки способствуют только увеличению белковости зерна. При возделывании озимой пшеницы по подсолнечнику на этом же фоне основного удобрения и ранневесенней азотной подкормки внесение азота (N_{30}) в фазе выхода в трубку дает дополнительно 0,36-0,67 т/га зерна, а на его качество влияет только поздняя азотная подкормка. По гороху урожайность озимой пшеницы и качество ее зерна значительно выше, чем по подсолнечнику.

Эксперименты, проведённые Р.Р. Гайфуллиным и Р.Р. Исмагиловым (2006) показали, что азотные удобрения наиболее эффективны при ранневесенней локальной подкормке, которую проводят аммиачной селитрой или мочевиной в дозе (N_{30-50}) поперек рядков посева, исходя из почвенной диагностики.

Г.В. Овсянникова (2006) считает, что применение удобрений в дозе $N_{40}P_{60}K_{40}$ + N_{30} улучшает пищевой режим почвы, способствуя большему нарастанию надземной массы и содержанию в ней NPK, что положительно сказывается на урожае зерна. Азотные подкормки проводили аммиачной селитрой ранней весной в фазе выхода растений в трубку, мочевиной – в фазе колошения пшеницы.

А.Ф. Мельник (2011) в своих исследованиях выявил, что применение чистого пара и многолетних трав в качестве озимой пшеницы обеспечивает

высокие показатели продуктивности культуры и качества полученного зерна. Эффективность использования этих предшественников возрастает, если весной внести аммиачную селитру в дозе N_{86} , а в фазе начала налива зерна провести некорневую подкормку мочевиной в дозе N_{30}.

В результатах исследований В.М. Кильдюшкина и сотрудников (2009) говорится о том, что каждая доза внесенных удобрений обеспечивает определенный уровень урожайности озимой пшеницы и содержания клейковины в ее зерне.

Работы Н.М. Доманова с соавторами (2009) показали, что комплексное применение удобрений $(NPK)_{60-90}$ и средств защиты растений повышало урожайность до 3,93-4,55 т/га, или на 162,0-203,3 %.

По мнению авторов В.А. Воронцова и О.М. Иванова (2011) в условиях северо-восточной части ЦЧР на черноземах типичных с высоким содержанием питательных элементов при возделывании озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте наиболее приемлема и экономически обоснована технология возделывания с использованием минеральных удобрений N_{30} в ранневесеннюю подкормку.

С.М. Бесланеев с соавторами (2014) обращали внимание на то, что различных доз NPK урожайность пшеницы возросла и превысила контроль от 3,6 ц/га до 7,8 ц/га.

В.В. Никитин с соавторами (2016) акцентируют внимание на то, что из минеральных удобрений максимальное влияние на продуктивность пашни оказали азотные.

В итоге рассмотрения данного вопроса Н.В. Долгополовой и И.Я. Пигоревым (2016) было дано заключение о том, что при любых погодных условиях, и в течение вегетационного периода растений, эффективность азотных удобрений в ЦЧЗ, можно значительно повысить, если применять их систематически в севообороте, вносить под основную вспашку почвы, иметь на полях систему полезащитных лесных полос, располагать надежными данными долгосрочного прогноза погоды, а также учитывать биологические

особенности возделываемых культур и обеспеченность почв подвижными формами питательных веществ.

А.Н. Косилова с соавторами (2000) делают заключение о том, что наиболее предпочтительными являлось внесение 40 т навоза и $N_{30}P_{120}K_{120}$ при посеве озимой пшеницы в сочетании с подкормками N_{30} рано весной и в фазы выхода в трубку и колошение, а также на фоне навоза внесение $P_{60}K_{60}$ при посеве и N_{30} рано весной и в колошение.

В итоге рассмотрения данного вопроса Т.В. Карпинец и Д.В. Дубовик (2001) пришли к мнению, что некорневые подкормки не оказали значимого влияния на урожайность зерна.

В работах О.Г. Котляровой и М.Н. Доманова (2002) раскрывается следующее: применение в основное внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ увеличило урожайность зерна озимой пшеницы хорошего качества (3-й класс) более чем на 50% по сравнению с контролем, при этом на 56% возрастал и вынос элементов питания, а также обеспеченность почвы доступными формами азота, фосфора и калия.

В итоге рассмотрения данного вопроса А.В. Черенковым и А.Н. Козельским (2015) было отмечено, что максимальную урожайность пшеницы отмечали на внесение удобрений с осени и подкормку растений карбамидно-аммиачной смесью (N_{30}) в фазе кущения весной. По чёрному пару самые высокие её значения 7,30 т/га, после гороха и подсолнечника 4,76 и 4,15 т/га соответственно.

Становится очевидным то, что наибольшая в опыте урожайность зерна – 29,1 ц/га была получена с нормой полного минерального удобрения $N_{39}P_{16}K_{16}$, из который $N_{16}P_{16}K_{16}$ вносили одновременного с семенами сеялкой АУП-18.05 и N_{23} (аммиачная селитра) в позднюю осеннюю подкормку (Гулянов Ю.А. и др., 2016).

По мнению авторов А.А. Ореховской и А.Г. Ступакова (2014) удобрения оказывали существенное влияние на урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

В. Хамуков (2001) акцентирует внимание на том, что наивысший урожай зерна озимой пшеницы получен в вариантах с внесением $N_{60}P_{90}K_{30}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ под пахоту, а наименьший при исключении калия. Достаточно высокий урожай получен при внесении $N_{95}P_{45}K_{45}$ под пахоту и весенней подкормки азотом и фосфором в дозе по 30 кг/га.

По данным С.И. Тютюнова с соавторами (2016) внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в сочетании с навозом (40 т/га) и применение средств защиты растений по экономическим порогам вредоносности позволяло получать до 5 т/га зерна озимой пшеницы в условиях юго-западной части ЦЧР.

В.Г. Минеев и Л.А. Бычкова (2003) выявили, что отдача от 1 кг питательных веществ NPK для севооборотов России составляет 5-8 кг зерна или его эквивалента.

Ф.И. Назырова (2002) выявила, что набольшую эффективность 1 кг д. в. NPK показал вариант с минеральным удобрением в дозе $P_{60}K_{30}$ (3.6 кг з. е.).

По данным С.А. Шафрана, (2019) в лесостепной зоне затраты NPK на 1 т зерна озимой пшеницы составляет от 50 до 76 кг (в среднем 65 кг) при окупаемости NPK прибавка урожая от 3,8 до 9,7 кг/кг (в среднем 4,2 кг/кг).

Многочисленные данные отечественных и зарубежных исследователей указывают на то, что систематическое применение удобрений в севообороте повлияло не только на содержание гумуса, но и сказалось на продуктивности озимой пшеницы (Лукин Л.Ю. и др., 1999).

По мнению автора Г.А. Асланова (2006) оптимальная доза минеральных удобрений для получения высокого и качественного урожая зерна озимой пшеницы является $N_{90}P_{90}K_{60}$.

В.И. Каргин с соавторами (2017) утверждают, что при выращивании озимой пшеницы оптимальные дозы варьируют от $N_{40}P_{65}K_{70}$ до $N_{148}P_{65}K_{70}$.

В исследованиях М.И. Павлова и сотрудников (2009) говорится, что варьирование урожайности зерна в случае внесения удобрений наблюдается в дозах $N_{40}P_{40}K_{40}$ – $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Было сделано заключение, что наибольшая прибавка урожайности отмечена при внесении $N_{60}P_{30}K_{30}$, при увеличении дозы до $N_{90}P_{60}K_{60}$ наблюдалось снижение величины прибавки урожая, что связано с полегаемостью сортов на высоком фоне питания (Титовская А.И. и др., 2017).

По результатам Т.С. Морозовой и С.Д. Лицукова (2016) урожайность озимой пшеницы без удобрений составила 3,67 т/га, при внесении $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 4,47 т/га, прибавка составила 0,80 т/га. Увеличение дозы минеральных удобрений в 2 раза существенно повысило урожайность озимой пшеницы, прибавка составила 1,43 т/га

В.В. Никитин с соавторами (2016) подтверждает точку зрения о том, что наиболее сильное влияние на продуктивность культур оказывают азотные минеральные удобрения, затем калийные и на последнем месте находятся фосфорные.

Г.Е. Мерзлая с соавторами (1991) делают следующее заключение: для почвы достаточно обеспеченной фосфором и калием почве ведущая роль в повышении урожайности зерна озимой пшеницы принадлежит азотным удобрениям.

Получение запланированной урожайности обычно сопряжено с внесением удобрений. При этом необходимо удовлетворить потребности растений в питании при сохранении плодородия почвы, улучшить качество продукции, не допустить непроизводительных затрат удобрений, обеспечить охрану окружающей среды. Существует много способов расчета доз удобрений под планируемый урожай. Их можно объединить в три группы: нормативные, балансовые, статистические. Удобрения следует вносить так, чтобы они были доступны для растений в течение вегетационного периода, находились в зоне развития корневой системы, способствовали ее росту и минимально фиксировались почвой. Очень важно приблизить сроки внесения удобрений к периоду интенсивного потребления элементов питания растениями с учетом их биологии и

сортовых особенностей, а также вносить общую дозу удобрения в несколько приемов (Кирюшин В. И., Иванов А. JI., 2005).

Оптимальное удобрение азотом имеет первостепенное значение для выращивания зерновых. Без азотного удобрения урожайность зерновых снижается в значительной мере. Урожайность и содержание протеина в зерне растут с увеличением доз азота, причем содержание протеина повышается прямолинейно, а прирост урожайности только до определенного оптимума (Дитер Шпаар и др., 2008).

Согласно обобщению Я.В. Губанова (1998) применение удобрений в занятых парах и на непаровых предшественниках заметно повышает урожайность озимой пшеницы и качество зерна. Однако в восточной части зоны урожайность озимой пшеницы даже при хорошем ее удобрении не достигает продуктивности по чистому пару. Только в годы с обильными осадками осенью применение удобрений по занятым парам иногда позволяет по урожайности выровнять их с чистым паром. Озимая пшеница отзывчива на минеральные удобрения на всех типах почв и дает высокие прибавки урожая зерна – от 3 до 20 ц/га. Во всех зонах страны наибольшие прибавки урожая зерна озимой пшеницы получают при внесении фосфорных и калийных удобрений под основную обработку почвы. Азотные удобрения вносят дробно — под основную обработку, в начале весенней вегетации и в фазе выхода в трубку. Особенно эффективна весенняя подкормка азотными удобрениями в зонах с устойчивыми зимними холодами и на ослабленных посевах. Дозы минеральных удобрений на плодородных почвах доводят до $N_{60}P_{60}K_{60}$, а на бедных почвах – до $N_{90}P_{90}K_{90}$. На типичных черноземах наибольшее значение имеют фосфорные удобрения; азотные, а тем более калийные, действуют слабее. Озимые, идущие по чистым парам, в азотном удобрении, как правило, нуждаются меньше. При размещении озимой пшеницы по занятым парам или непаровым предшественникам внесение азотных удобрений крайне необходимо.

Как свидетельствуют Т.С. Морозова и С.Д. Лицуков (2018), что в условиях Белгородской области отмечено некоторое преимущество влияния минеральных удобрений на фоне последействия навоза КРС по сравнению с использованием только минеральных удобрений или только последействия навоза. Применение минеральных удобрений на фоне последействия навоза существенно повышает урожайность озимой пшеницы. Наибольшая урожайность – 5,97 т/га получена при внесении $N_{150}P_{120}K_{120}$ на фоне последействия 80 т/га навоза, где прибавка относительного контрольного варианта составила 2,18 т/га. Анализ показателей качества зерна озимой пшеницы показывает, что внесение минеральных удобрений в дозе $N_{150}P_{120}K_{120}$ и $N_{90}P_{60}K_{60}$ на фоне последействия 80 т/га навоза оказывает положительное влияние, увеличивая его показатели по сравнению с естественным агрохимическим фоном: содержание клейковины – на 8,7%, содержание белка – на 1,6-2,2 %.

Grewell and Kanwar (1966) обнаружили увеличение урожайности зерна пшеницы с 2461 кг/га до 4036 кг/га при внесении азотных удобрений (N) в дозе 300 кг/га, фосфатных (P_2O_5) и калийных (K_2O) удобрений на уровне 224 кг/га (Mason and Chapman, 1970).

Zubriski and etc., (1970) пришли к единому мнению о том, что добавление трех уровней азота N (22,4-44,8-67,2 кг/га) с тремя уровнями K_2O (0-14-18 кг/га) обусловило увеличение урожайности зерна (соответственно на 253-410-534 кг/га).

В своих исследованиях Guguvcekia and Agelove (1973) выявили, что при внесении уровня удобрений 70 кг/га (P_2O_5 и N) для удобрения пшеницы урожай зерна увеличился на 44%, а при внесении N на 12% и при внесении P_2O_5 на 9%.

По другим данным применение $N_{60}P_{60}K_{60}$ под пшеницу приводило к увеличению урожайности зерна на 430 кг с гектара по сравнению с обработкой без добавления удобрения (Spiridonova, 1978).

Внесение удобрений в дозах $N_{30-90}P_{30-90}$ за один приём привело к увеличению массы зерна и содержания NPK в соломе и семенах за счет повышения уровня удобрения (Danko and etc., 1985).

По данным Verti and Postvoi (1978) внесение удобрений в дозах $N_{180}P_{80}K_{60}$ под пшеницу увеличило процентное содержание белка в зерне.

В других исследованиях авторами выявлено, что питательные вещества NPKMg быстро перемещаются, поэтому они перемещаются из нижних частей растений в верхние, вследствие этого симптомы их дефицита проявляются в нижних частях растений (Brown and Shelp, 1997).

Добавление фосфора и калия с азотом увеличивало количество азота, поглощаемого растением, а также увеличивало урожай семян, при этом наилучший уровень удобрения для обеспечения максимальной урожайности зерна составил по 120 кг/га N, P_2O_5 и K_2O (Borisov and Stamboliev, 1977).

Agbani and etc. **(**1993) пришли к выводу, что лучший урожай был при использовании уровня K_{180} и N_{180}, обусловившие урожайность зерна 5910 кг/га и 6763 кг/га сухого вещества при содержании азота в зерне 1,75%.

В исследованиях Schafer and Siebold (1972) с использованием удобрений на уровне N_{100} и P_{90} с четырьмя уровнями калийных (K_2O) удобрений (0, 300, 600 и 900 кг/га) выявлено, что уровень K_{900} превысил другие уровни по количеству и качеству урожая зерна пшеницы.

1.2.3. Влияние удобрений на качество озимой пшеницы

Важно отметить, что система удобрения должна обеспечивать получение планируемой урожайности при сохранении (улучшении) показателей, характеризующих их качество; получение положительного эффекта (экономического, агрономического и т.д.) от внедрения разработанной системы удобрения в производство, а также сохранение

(повышение) плодородия почв при стабилизация (снижении) уровня загрязнения их различными поллютантами (Титова В.И., 2016).

По результатам исследований Б.М. Князева и Д.А. Дзаговой (2004) наиболее эффективной в повышении урожайности и качества озимой пшеницы является система питания, которая предусматривает внесение полного минерального удобрения под вспашку почвы с последующей подкормкой азотно-фосфорными удобрениями при посеве в рядки, а также некорневая подкормка посевов N_{30} в фазе колошения, чтобы повысить технологические свойства зерна.

В опытах Р.Ч. Ишмухамедова и Р.З. Хасанова (2017) содержание белка доходит до 14,2%, что на 1,0% больше по сравнению с контрольными вариантами опыта, где не применялся NPK.

Опыты, проведенные А.Ф. Бабицким (2012) показали, что в условиях дефицита почвенной влаги наиболее высокие урожайные качества семян формируются на $N_{30}P_{30}K_{30}$ уровне минеральных удобрений.

По сообщениям А.Ф. Мельника и А.Ф. Мартынова (2012) внесение минеральных удобрений в дозах $N_{150}P_{75}K_{75}$ обеспечило существенное повышение содержания клейковины в зерне озимой пшеницы.

Имеются данные В.И. Турусова с соавторами (2013) о том, что озимая пшеница требует высокой обеспеченности элементами минерального питания и отзывчива на удобрения. Внесение на паровых полях навоза (35-40 т/га) обеспечивает достаточно высокий уровень минерального питания. Для получения хорошего урожая высококачественного зерна по чистым неунавоженным парам необходимо внести $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30} + N_{30}$, по занятым парам и другим предшественникам – $N_{60\text{-}90}P_{60\text{-}90}K_{60\text{-}90} + N_{30} + N_{30}$.

Л.Н. Прокина (2015) считает, что при возделывании озимой пшеницы многолетних бобовых трав на черноземе выщелоченном целесообразно внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{30\text{-}60}P_{50}K_{80}$ и опрыскивание посевов весной в фазе кущения препаратом ЖУСС-2 (2,5 л/га). Это обеспечивает повышение урожайности озимой пшеницы и качества

зерна. Если в севообороте озимые идут по пласту многолетних злаковых трав, необходимо вносить полное минеральное удобрение в дозе $N_{30-90}P_{50}K_{80}$ и весной применять препарат ЖУСС-2 (2,5 л/га) в фазе кущения, что обеспечивает прибавку урожая и зерно с высоким содержанием клейковины.

Н.А. Лопачев и А.Ф. Мельник (2003) выявили, что запашка соломы и сидерата на фоны $N_{70}P_{40}K_{40}$ обеспечило качество зерна на уровне третьего класса государственного стандарта.

Имеются многочисленные сообщения П.П. Васюкова с соавторами (2006) о том, что при возделывании озимой пшеницы по гороху основное внесение минеральных удобрений ($N_{40}P_{40}K_{40}$) и ранневесенняя азотная подкормка (N_{70}) незначительно повышают урожайность, а последующие две азотные некорневые подкормки способствуют только увеличению белковости зерна. При возделывании озимой пшеницы по подсолнечнику на этом же фоне основного удобрения и ранневесенней азотной подкормки внесение азота (N_{30}) в фазе выхода в трубку дает дополнительно 0,36-0,67 т/га зерна, а на его качество влияет только поздняя азотная подкормка. По гороху урожайность озимой пшеницы и качество ее зерна значительно выше, чем по подсолнечнику.

Имеются данные о том, что, для повышения качества зерна озимой пшеницы эффективна некорневая азотная подкормка мочевиной (N_{20}) в период «колошение – начало налива зерна» (Р.Р. Гайфуллин и Р.Р. Исмагилов, 2006).

Вместе с тем Г.И. Букреева и Ю.Ф. Осипов (2010) установили, для того чтобы получать высококачественное зерно озимой пшеницы необходимо сбалансированное минеральное питание растений в течение всего вегетационного периода. Особую роль при этом играет азотное питание, для регулирования которого целесообразно применять дробные некорневые подкормки.

А.Ф. Мельник (2011) в своих исследованиях выявил, что применение чистого пара и многолетних трав в качестве предшественников озимой

пшеницы обеспечивает высокие показатели продуктивности культуры и качества полученного зерна. Эффективность использования этих предшественников возрастает, если весной внести аммиачную селитру в дозе N_{86}, а в фазе начала налива зерна провести некорневую подкормку мочевиной в дозе N_{30}.

В результате исследований В.М. Кильдюшкина и сотрудников (2009) установлено, что каждая доза внесенных удобрений обеспечивает определенный уровень урожайности озимой пшеницы и содержания клейковины в ее зерне.

Из всего сказанного следует, что наиболее доказательным является мнение В.В. Ермакова и Д.В. Дубовика (2005) о том, что при применении минеральных удобрений под озимую пшеницу в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ содержание клейковины в зерне возрастало на 1.9-4.0 %, белка – на 0.2-1.0 % в зависимости от предшественника и экспозиции склона.

Вывод о том, что внесение под озимую пшеницу удобрений в дозах $N_{150\text{-}150}P_{40\text{-}120}K_{40\text{-}120}$ обеспечило прибавку урожая зерна от 1.10 до 3.52 т/га (36.2-116%) подтверждает С.Х. Дзанагов с соавторами (2019). Более предпочтительными оказались варианты с дозой $N_{100}P_{80}K_{80}$ и расчетной дозой $N_{110}P_{90}K_{70}$, обеспечившей получение 6.43 т/га зерна 1-й группы качества с содержанием протеина 15,5%, стекловидностью 61%, содержанием сырой клейковины 30,4%.

Т.В. Карпинец и Д.В. Дубовик (2001) свидетельствуют о том, что некорневая фосфорно-калийная подкормка в конце цветения снижала эффективность некорневой азотной подкормки в молочную спелость, что в свою очередь повлияло негативно на содержание клейковины и стекловидность зерна озимой пшеницы. Фосфорно-калийная же некорневая подкормка, проведенная в молочно-восковую спелость, усиливала влияние азотной некорневой подкормки, внесенной в фазу молочной спелости, и способствовала формированию большего количества клейковины.

Н.М. Карманенко и Н.В. Остапенко (2002) уделяют внимание следующему: при высоком уровне азотно-фосфатного питания снижалось соотношение масса корней/масса надземной части, увеличивалось содержание нитратов в листьях и узлах кущения, повышалось количество фосфорных соединений и белковых форм азота в узлах кущения и корнях озимой пшеницы сорта Звезда.

Ю.А. Гулянов и соавторы (2016) разделяют точку зрения о том, что с целью гарантированного получения качественного продовольственного зерна следует применять систему удобрения, состоящую из двух приёмов: $N_{16}P_{16}K_{16}$ в рядки при посеве и N_{23} (мочевина) – в некорневую подкормку в фазу налива зерна.

А.В. Черенковым и А.Н. Козельским (2015) установлено, что, максимальное количество белка и клейковины в зерне получено с внесением фонового удобрения и последующей подкормкой посевов карбамидно-аммиачной смесью (N_{20}) в фазе колошения.

По мнению А.А. Ореховской и А.Г. Ступакова (2014) удобрения оказывали существенное влияние на урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

Х.А. Малкандуев с соавторами (2014) сделал заключение, что применение минеральных удобрений влияло положительно на качественные показатели зерна.

С.И. Тютюнов с соавторами (2015) выявили следующее: наилучшее качество зерна озимой пшеницы формировалось по черному пару при внесении 40 т/га навоза и $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Качество зерна определяется главным образом содержанием, составом и свойствами его белка. Поэтому при оптимизации доз удобрений по критерию качества использован показатель валового выхода белка с единицы площади. Оптимальная по этому критерию доза составила $N_{100}P_{60}K_{70}$ (Гамалей В.И. и др., 1983) .

В.Г. Минеев (2004) также свидетельствует, что в повышении содержания белка в зерне особое значение имеет дробное внесение азотных удобрений. У озимой пшеницы отмечаются два периода усиленного потребления азота: в начале роста и во время налива зерна. Недостаток азота в первый период приводит к снижению урожая, а во второй – к заметному ухудшению качества зерна, особенно к меньшему накоплению в нем белков. Калий поступает из почвы с первых дней роста растения до цветения, однако большее его потребление наблюдается в фазы выхода озими в трубку и колошения. Потребность в фосфоре у озимой пшеницы отмечается со времени появления всходов до выколашивания.

В более ранних своих исследованиях В.Г. Минеев (1973) показал, что для степных районов с типичными черноземами, характеризующимися высоким потенциальным плодородием, высокобелковое зерно можно получить при внесении умеренных доз азота в системе удобрения, в Нечерноземной же зоне с дерново-подзолистыми почвами, отличающимися низким плодородием – при повышенных дозах азота. Определенная закономерность существует и в отношении предшественников. Например, при посеве пшеницы по черному пару или после многолетних бобовых трав высокобелковое зерно можно получить при проведении одних азотных подкормок в период налива зерна; после стерневых колосовых и пропашных предшественников – при внесении высоких доз азота. Это положение подтверждается многочисленными данными научно-исследовательских учреждений страны.

Правильное применение удобрений обеспечивает непрерывное повышение плодородия почвы, повышает урожай и улучшает качество продукции. Среди основных элементов питания, которые улучшают качество зерна, важная роль принадлежит азоту. Для увеличения урожая озимой пшеницы и улучшения его качества необходимо применять систему удобрений, которая включает допосевное внесение удобрений и подкормки в весенне-летние сроки − рассев их по поверхности или прикорневые и

некорневые, проводимые в период после колошения до начала молочной спелости зерна (Бондаренко В.И. и др., 1977).

По данным Ф.М. Пруцкова (1976) наиболее высокое содержание белка и клейковины было после гороха на фоне NPK с двумя некорневыми подкормками (13,8 и 32,9%). Увеличение по сравнению с контролем составило соответственно 2,2 и 8,6 %. Самое низкое качество зерна получено на неудобренном фоне по обоим предшественникам. Положительное действие некорневой подкормки мочевиной на качество зерна пшеницы объясняется тем, что она является не только источником азота, но и физиологически активным веществом, стимулирующим процессы азотного обмена в растениях. Азотная подкормка в период колошения озимой пшеницы изменяет фракционный состав белков, увеличивая содержание клейковинообразных белков – глиадина и глютенина

Минеральные удобрения ($N_{120}P_{60}K_{60}$), внесенные под озимую пшеницу Мироновская 808 на слабовыщелоченном черноземе со средним содержанием подвижного фосфора и высоким обменного калия, не только увеличивали урожай, но и улучшали все основные показатели качества зерна. Так, без удобрений урожай составлял 23,4 ц/га, содержание белка – 12%, сырой клейковины – 24,7, а в варианте с удобрениями соответственно 42,2 ц/га, 13,9 и 29,6% (Толстоусов В.П., 1987).

Koch (1975) определил, что при изучении влияния элементов N и K на качество пшеницы выявлено, что добавление азота после цветения необходимо для процесса производства белка в зернах, в то время как хорошее калиевое питание способствует переносу азотистых соединений в колосья, в то же время увеличивая содержание видов белка (Glutenin, Prolanine) в зернах и других белков (Albumine, Globuline) наблюдается с увеличением веса 1000 зерен и увеличением урожая.

Исследования Austin and etc. (1977) показали, что улучшенные сорта пшеницы имеют высокие потребности в питательных веществах NPK в зависимости от этапов роста. Поглощение азота в фазу молочной спелости

приводит к увеличению содержания его зерна, которое максимально увеличивает содержание белка в зерне.

При высоком содержании фосфора в вегетативной части растения до стадии выколашивания, а затем в фазе полной спелости он переносится в зерно (Alston and etc., 1979).

Das and Sarker (1981) подтвердили, что элемент калий необходим растению на всех стадиях роста и в количествах, сопоставимых с элементом азотом. Он способствует транспортировке метаболитов – углеводов и аминокислот, хотя и не участвует в синтезе органических соединений.

В эксперименте по изучению влияния уровня NPK и его взаимодействий на реакцию посевов пшеницы, выявлено, что добавление удобрений увеличивает поглощение азота (Alongi and etc., 1992).

Таким образом, анализ результатов исследований, полученных к началу нашей работы, показал, что оптимальные дозы удобрений, вносимые под озимую пшеницу, высеваемую по разным предшественникам, для условий Центрального Черноземья имеют довольно широкий диапазон. Это затрудняет использование рекомендаций в производственной обстановке. Недостаточно полно показано значение предшественников в сочетании с отдельными элементами питания в различных дозах в повышении урожайности культуры и улучшении качества продукции. Следует подчеркнуть, что накопленных данных по применению удобрений при длительном и систематическом их использовании, особенно с учётом возделывания озимой пшеницы по разным предшественникам, ещё явно недостаточно в районах с неустойчивым увлажнением лесостепной зоны. Всё это обусловило необходимость проведения наших исследований по данной проблеме для условий Центрально-Чернозёмного региона Российской Федерации.

ГЛАВА 2
УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Почва опытного участка представлена чернозёмом типичным среднемощным слабоэродированным тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В пахотном 0-30 см слое почвы содержалось гумуса 4,55 %, pH_{KCl} 5,68, S и Нг соответственно 36,2 и 3,14 мг.-экв./100 г почвы, V = 92,0 %, легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия соответственно 151, 168 и 160 мг/кг (табл. 1).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка, слой 0-30 см (2017 г.)

Гумус, %	N	P	K	pH_{KCl}	S	Нг	V, %	S	Mn	Zn
	мг/кг почвы				мг.-экв./100 г почвы			мг/кг почвы		
4,55	151	168	160	5,68	36,2	3,14	92,0	3,73	13,0	0,63

2.2. Методика и методы проведения исследований

Основной метод исследований – полевой опыт, элементы которого зависят от цели и задач эксперимента. Исследования проводились в комплексном стационаре лаборатории по изучению систем земледелия ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ в четырёхпольном севообороте с таким чередованием культур:

1 поле – предшественники озимых культур;

2 поле – озимые культуры;

3 поле – пропашные культуры;

4 поле – яровые колосовые культуры.

Наблюдения за режимом питания в почве под озимой пшеницей сорта Майская Юбилейная, урожайностью и качеством продукции в зависимости от разных предшественников и фонов питания нами проводились в течение 2016/2017-2018/2019 гг. Исследовались три фона минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50}, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{50} и высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + $N_{50,}$ где дозы полного минерального удобрения $N_{10}P_{10}K_{10}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{50}P_{50}K_{50}$ вносились под основную обработку почвы, а N_{50} – в подкормку (табл. 2).

Исследования проводились в трехкратной повторности с систематическим одноярусным размещением делянок. Посевная площадь делянок 50,7 м^2, учётная – 45,0 м^2.

Таблица 2 – Схема применения удобрений

Номера вари-антов	Фоны минерального питания	Насыщенность 1 га севооборотной площади, кг			Удобрение озимой пшеницы, кг/га			
					основное			под-кор-мка
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N
1	низкий	20	7,5	7,5	10	10	10	50
2	средний	50	37,5	37,5	30	30	30	50
3	высокий	80	67,5	67,5	50	50	50	50

В качестве предшественников изучались:

1. многолетние травы;
2. горох;
3. ячмень;
4. чёрный пар.

Посев озимой пшеницы осуществляется совместно с внесением минеральных удобрений (азофоска), по 10 кг/га д.в. азота, фосфора и калия. Весной проводилась прикорневая подкормка культуры аммиачной селитрой

дозе $N_{50.}$ Внесение осуществлялось сеялкой СЗ-3,6 с заделкой через сошники, которые находились в рабочем положении.

Уборка учетных делянок проводилась комбайном Сампо-2010 прямым комбайнированием.

После уборки культур проводилось рыхление почвы тяжелыми дисковыми орудиями или противоэрозионным культиватором КПЭ-3,8 на глубину 14-16 см. В дальнейшем, по мере выпадения осадков и прорастания сорняков, почва обрабатывается дополнительно. Перед севом озимой пшеницы проводилась предпосевная культивация на глубину 4-5 см. Осенью при возделывании пропашных культур почва обрабатывалась чизельным плугом на глубину 40-42 см, а под остальные яровые – безотвально орудием КПЭ-3,8 на глубину 14-16 см.

В опыте были проведены следующие учеты и наблюдения:

– содержание общего гумуса по И.В. Тюрину в слое почвы 0-30 см (ГОСТ 26213-91);

– обменная кислотность потенциометрическим методом в слое почвы 0-30 см (ГОСТ 26484-85);

– содержание гидролизуемого азота по А.Х. Корнфилду в слое почвы 0-30 см в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26107);

– содержание подвижного фосфора и обменного калия по методу Ф.В. Чирикова в слое почвы 0-30 см в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91);

– влажность почвы термостатно-весовым методом в слоях почвы 0-30, 30-50, 50-70, 70-100 см в четыре срока: в период посева культуры, возобновления вегетации, в фазу молочной спелости и в момент уборки урожая.

Для оценки влияния изучаемых факторов на продуктивность культуры определяли урожайность озимой пшеницы, содержание сырого протеина и клейковины в зерне, а также содержание азота, фосфора и калия в зерне.

Данные учета урожайности подвергали математической обработке методом дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985) с помощью пакета программ Microsoft Excel.

Расчёт биоэнергетической экономической эффективности проводился по методике В.Г. Минеева (2004).

2.3. Метеорологические условия в период проведения исследований

По данным метеостанции Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина среднее многолетнее количество осадков за год составляет 551,0 мм (табл. 3, рис. 1).

Таблица 3 − Количество осадков в период проведения исследований, мм

Месяцы	Сельскохозяйственные годы			Среднее за 3 года	Среднее много-летнее	Откло-нение от средних много-летних
	2016/ /2017	2017/ /2018	2018/ /2019			
сентябрь	7,9	24,5	27,5	20,0	40,0	- 20,0
октябрь	54,1	64,9	12,4	43,8	46,0	- 2,2
ноябрь	85,6	48,1	18,0	50,6	46,0	4,6
декабрь	98,1	50,5	78,7	75,8	43,0	32,8
январь	50,7	48,4	55,9	51,7	33,0	18,7
февраль	40,2	41,7	24,3	35,4	31,0	4,4
март	13,7	75,4	28,5	39,2	35,0	4,2
апрель	35,3	24,4	28,7	29,5	41,0	- 11,5
май	33,9	37,4	38,7	36,7	48,0	- 11,3
июнь	31,0	42, 0	13,7	28,9	63,0	- 34,1
июль	70,5	198,1	42,0	103,5	69,0	34,5
август	26,8	1,0	1,0	9,6	56,0	- 46,4
Всего	547,8	656,4	369,4	524,7	551,0	- 26,3

За период наших исследований (2016/2017- 2018/2019) их выпадало в среднем за год 524,7 мм, то есть на 26,3 мм меньше нормы или 95,2 % от неё. В 2016/2017 сельскохозяйственном году осадков выпало 547,8 мм, что практически совпало со среднемноголетними значениями (99,4 %). В 2017/2018 сельскохозяйственном году их выпало 656,4 мм, что на 105,4 мм или на 19,1 % выше нормы.

2018/2019 сельскохозяйственный год характеризовался как засушливый, так как выпало 369,4 мм осадков, что на 181,6 мм меньше нормы или на 33,0 %.

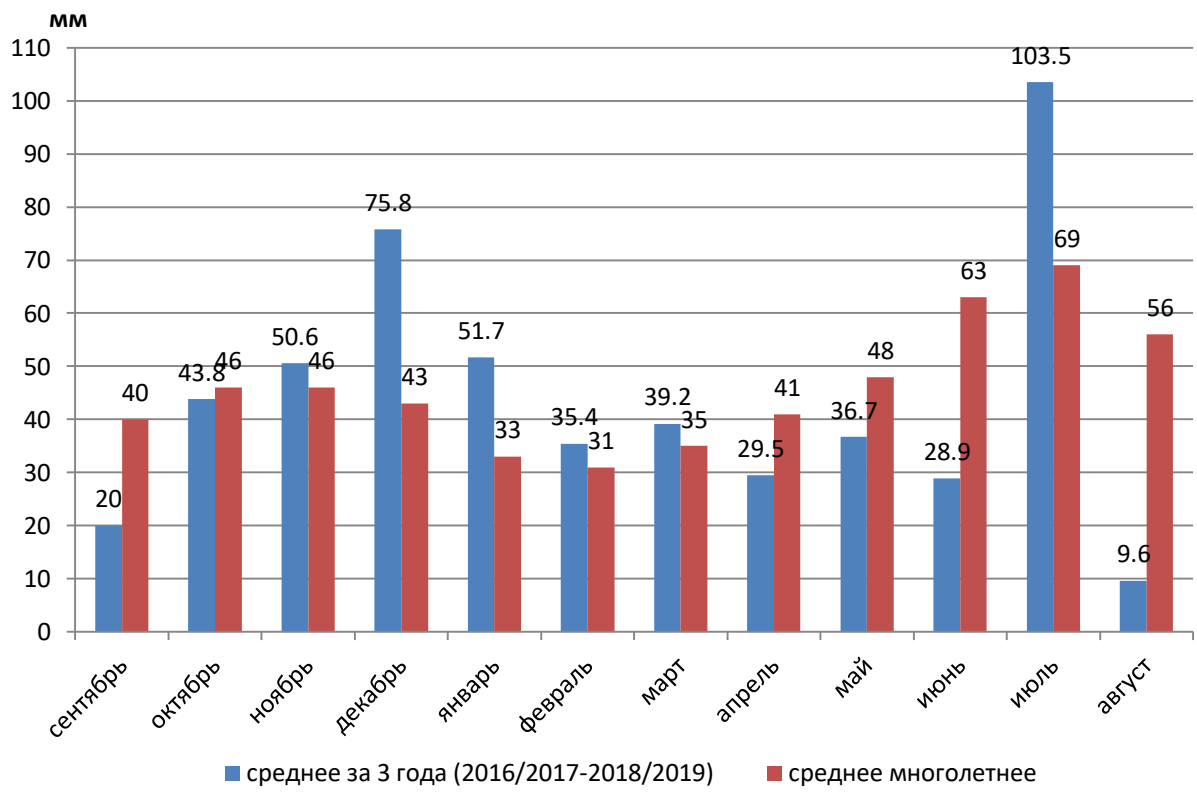


Рисунок 1 - Количество осадков в период проведения исследований, мм

В период активной вегетации (апрель–июль) в 2017 г. дефицит осадков составил 50,3 мм (- 22,8 %), в 2018 г. их выпало больше на 80,9 мм (+ 36,6 %) и в 2019 г. недостаток оказался равным 97,9 мм (- 44,3 %).

Резкими колебаниями отличался сентябрь 2016 г., когда выпало только 7,9 мм осадков (19,8 % от нормы), август 2018 г. и 2019 г., когда их количество составило по 1,0 мм (1,8 %) и июль 2018 г., со значительным превышением нормы – в 2,9 раза – 198,1 мм.

Среднесуточная температура воздуха в годы проведения исследований превышала средние многолетние значения на 2,0 °С (табл. 4, рис. 2).

В 2016/2017 сельскохозяйственном году превышение составило 1,4 °С, в 2017/2018 и 2018/2019 годах – по 2,3 °С.

Таблица 4 − Температура воздуха в период проведения исследований, °С

Месяцы	Сельскохозяйственные годы			Средняя за 3 года	Средняя много-летняя	Откло-нение от средних много-летних
	2016/ /2017	2017/ /2018	2018/ /2019			
сентябрь	13,8	15,5	16,6	15,3	12,9	2,4
октябрь	6,3	6,8	9,8	7,6	6,3	1,3
ноябрь	- 0,4	1,1	- 1,6	- 0,3	- 0,1	- 0,2
декабрь	- 5,1	2,4	- 4,4	- 2,4	- 5,3	2,9
январь	- 6,2	- 3,8	- 6,1	- 5,4	- 7,6	2,2
февраль	- 3,9	- 5,9	- 2,2	- 4,0	- 7,4	3,4
март	4,4	- 3,9	2,2	0,9	- 2,1	3,0
апрель	9,1	10,7	10,0	9,9	7,5	2,4
май	14,3	18,1	16,8	16,4	14,6	1,8
июнь	18,6	19,7	22,5	20,3	17,9	2,4
июль	20,4	21,1	19,6	20,4	19,9	0,5
август	21,4	21,5	19,8	20,9	18,7	2,2
Средняя	7,7	8,6	8,6	8,3	6,3	2,0

В период апрель–июль температура воздуха была также выше средних многолетних значений. В среднем за три года наблюдений превышение оказалось равным 1,8 °С, а за 2017, 2018 и 2019 гг. – соответственно 0,6, 2,4 и 2,2 °С.

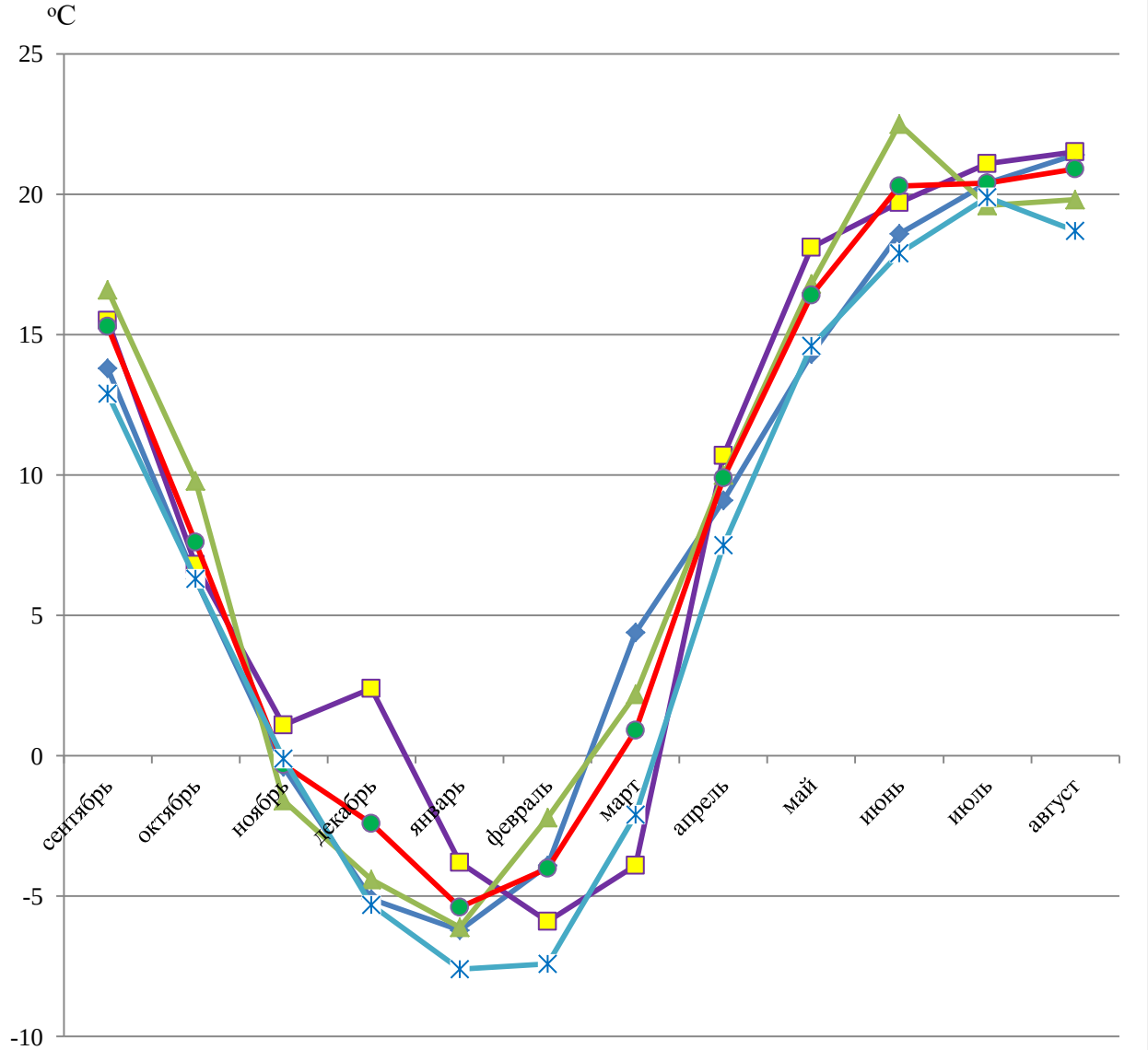


Рисунок 2 − Температура воздуха в период проведения исследований, °С

Для более полного анализа агрометеорологических условий нами применён гидротермический коэффициент (ГТК), предложенный Г.Т. Селяниновым (Лосев А.П., Журина Л.Л., 2003).

$ГТК = r / 0,1 \times \Sigma_{t>10°C}$, где

r – сумма осадков, мм;

$\Sigma_{t>10°C}$ – сумма активных температур за тот же период, °С.

Для среднемноголетних значений температуры и осадков в период апрель–июль ГТК равен 1,41. За 2017, 2018 и 2019 гг. он составлял соответственно 1,07, 1,44, 0,59 и в среднем за три года 1,16.

Сложившиеся погодные условия в годы проведения исследований не явились препятствием в получении высоких урожаев с хорошими качественными показателями при применении оптимальных доз минеральных удобрений и предшественников озимой пшеницы.

ГЛАВА 3
АГРОХИМИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРОЗЁМА ТИПИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

3.1. Водно-физические свойства почвы

Выращивание высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, и том числе озимой пшеницы, возможно лишь в том случае, если растения в критические периоды роста не испытывают недостатка в воде. В зависимости от содержания влаги в почве зависит качество обработки почвы, её физические, физико-химические и микробиологические процессы, которые определяют превращение питательных веществ, передвижение их в почве и поступление с водой в растения (Вериго С.Н., Разумова Л.А. , 1973; Старикова Г.И., 2003; Кругликов А.Ю., 2012).

Почвы северо-западной части Центрально-Черноземного региона относится к периодически промываемому типу водного режима. Основным источником накопления влаги в почве являются атмосферные осадки. Как показали многочисленные наблюдения, большее влияние на влагообеспеченность сельскохозяйственных культур оказывают осадки, выпадающие в холодное время года (ноябрь-март). Осенью дождей выпадает немного, однако осадки в этот период полностью остаются в почве, благодаря слабому испарению в этот период.

В весенний период увлажнение корнеобитаемого слоя происходит за счет талых вод, особенно при условии хорошей водопроницаемости. Системами основной обработки почвы и различными предшественниками можно существенно увеличить накопление почвенной влаги и влагообеспеченность посевов, благодаря возрастанию инфильтрации,

уменьшению испарения влаги, развитию более мощной корневой системы (Лазарев В.И., Маслова З.С., Шершнева О.М., 2017).

Озимая пшеница лучше использует осенние и зимние осадки, потребляет значительно больше влаги, чем яровая. Потребление влаги в течение вегетации идет неравномерно и зависит от интенсивности роста и развития, густоты стояния растений, температуры, развития корневой системы и наличия влаги в почве.

В фазе прорастания зерна и появления всходов растения озимой пшеницы потребляют сравнительно небольшое количество влаги. Однако, чтобы получить дружные и полноценные всходы, необходимо иметь в верхнем слое почвы (0-10 см) более 10 мм продуктивной влаги. Для нормального осеннего кущения озимой пшеницы необходимо иметь более 30 мм продуктивной влаги в пахотном 0-20 см слое почвы. Озимая пшеница наибольшее количество влаги расходует от весеннего отрастания до колошения, а наименьшее – от цветения до восковой спелости зерна. Критическим периодом по отношению к влаге у озимой пшеницы является период «выход в трубку – колошение». При недостатке влаги в этот период приостанавливается рост растений, формирование площади листьев, а это обусловливает нарушение и дифференциацию генеративных органов, что приводит к недобору урожая и снижению его качества (Айдиев А.Я., Лазарев В.И., Котельникова М.Н., 2017).

Во время цветения и налива зерна недостаток влаги снижает озерненность колоса, крупность и урожайность зерна (Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Коренев Г.В. и др., 1997).

Исследование режима влажности почвы под озимой пшеницей, выращиваемой с применением различным агротехнических приёмов, нами проводилось в течение 2016/2017-2018/2019 гг. Запасы усвояемой влаги в почве под влиянием изучаемых агроприёмов учитывались в слоях 0-30 и 0-100 см в четыре срока: в период посева, весной в период возобновления вегетации, в фазу молочной спелости и в период уборки урожая.

Наблюдения показали, что влагообеспеченность почвы под озимой пшеницей зависела как от погодных условий, периодов наблюдений, так и от предшественников (табл. 5 и 6, рис. 3).

Таблица 5 − Влияние минеральных удобрений и предшественников на запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей, мм
(высокий фон питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$)

Предшественники	Сельскохозяйственные годы		
	2016--2017	2017--2018	2018--2019
Период посева			
многолетние травы	30	25	42
горох	28	24	44
ячмень	32	27	37
черный пар	28	29	39
Возобновление вегетации			
многолетние травы	55	50	63
горох	56	48	57
ячмень	53	52	58
черный пар	53	53	56
Фаза молочной спелости			
многолетние травы	30	32	9
горох	34	30	5
ячмень	20	34	4
черный пар	28	31	8
Период уборки урожая			
многолетние травы	14	43	14
горох	12	39	17
ячмень	10	39	16
черный пар	11	45	15

Наблюдения за влагообеспеченностью посевов озимой пшеницы проводились в почве варианта с высоким фоном питания.

Так, заметно больше запасов доступной влаги в слое почвы 0-30 см в период посева озимой пшеницы за трёхлетний период наблюдений было отмечено в 2018/2019 сельскохозяйственном году – 37-44 мм, чем 2016/2017 и 2017/2018 гг., соответственно 28-32 и 24-29 мм. Это обусловлено тем, что в июле 2018 г. выпало 198,1 мм осадков, количество которых превзошло среднемноголетние показатели в 2,9 раза. Следовательно, к моменту посева их накопилось больше, чем в сравниваемые годы. В среднем за три года при посеве культуры запасов доступной влаги было одинаковое при возделывании озимой пшеницы по всем изучаемым предшественникам – по многолетним травам, гороху, ячменю и чёрному пару – 32 мм.

К моменту возобновления вегетации запасов доступной влаги накопилось в среднем по предшественникам на 77,4 % больше по отношению к периоду посева озимой пшеницы. В этот срок определения уже многолетние травы по накоплению влаги превзошли горох, ячмень и чёрный пар на 2 мм или на 3,6 %, что можно характеризовать как тенденцию. Возрастание запасов влаги в период «посев – возобновления вегетации» по многолетним травам составило 28 мм или 100 %, а по гороху, ячменю и чёрному пару 22 мм или 68,8 %.

К фазе молочной спелости относительно периода возобновления вегетации произошло снижение влагообеспеченности при возделывании озимой пшеницы по всем предшественникам, причём, наибольше по ячменю (- 64,8 %), несколько меньше по чёрному пару (- 59,3 %), по гороху (- 57,4 %) и многолетним травам (- 57,1 %). В целом, многолетние травы имели превосходство по запасам влаги относительно других предшественников, особенно над ячменём – 5 мм или 20,8 %. Превышение над запасами по гороху и чёрному пару свидетельствует как слабая тенденция, соответственно 1 и 2 мм или 4,2 и 8,3 %.

К моменту уборки урожая озимой пшеницы запасы доступной влаги в слое почвы 0-30 см практически выровнялись и составили 22-24 мм.

Варьирование запасов доступной влаги в слое почвы 0-100 см в зависимости от предшественников озимой пшеницы, фаз и сроков наблюдений в целом повторяет закономерности, отмеченные для слоя почвы 0-30 см, однако имеются и свои особенности (табл. 6, рис. 3).

Таблица 6 − Влияние минеральных удобрений и предшественников на запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см под озимой пшеницей, мм (высокий фон питания - $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$)

Предшественники	Сельскохозяйственные годы		
	2016--2017	2017--2018	2018--2019
Период посева			
многолетние травы	92	65	156
горох	122	74	157
ячмень	126	67	154
черный пар	118	123	155
Возобновление вегетации			
многолетние травы	198	188	207
горох	201	182	201
ячмень	179	187	206
черный пар	182	185	199
Фаза молочной спелости			
многолетние травы	72	72	36
горох	72	64	35
ячмень	54	76	32
черный пар	65	69	34
Период уборки урожая			
многолетние травы	40	152	43
горох	48	151	51
ячмень	32	148	49
черный пар	38	161	47

На момент посева наименьшие запасы влаги в метровом слое почвы были сосредоточены по многолетним травам – 104 мм и наибольшие – по чёрному пару – 132 мм. И если горох и ячмень обусловили превышение запасов влаги по сравнению с многолетними травами соответственно на 14 и 12 мм (+ 13,5 и 11,5 %), то чёрный пар обеспечил ещё большее их превышение – на 28 мм (+ 26,9 %).

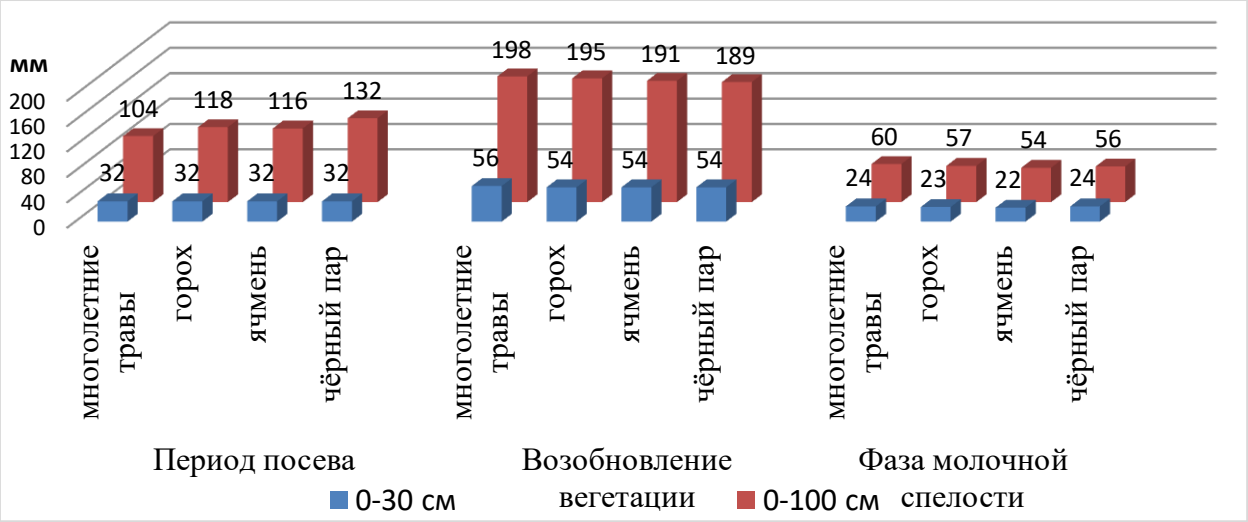


Рисунок 3 - Влияние предшественников на запасы продуктивной влаги в почве на высоком фоне питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$ под озимой пшеницей, мм (2016/2017-2018/2019 гг.)

Весной, при возобновлении вегетации уже влагообеспеченность почвы по многолетним травам превосходила таковую по гороху, ячменю и чёрному пару соответственно на 3, 7 и 9 мм (1,5, 3,5 и 4,5 %).

Нарастание запасов влаги в период «посев – возобновления вегетации» составило по многолетним травам 94 мм (90,4 %), по гороху 77 мм (65,3 %), по ячменю 75 мм (64,7 %) и по чёрному пару 57 мм (43,2 %).

В межфазный период «возобновление вегетации – фаза молочной спелости», в котором практически завершился продукционный процесс, произошло гораздо более интенсивное снижение влагообеспеченности в слое почвы 0-100 см при возделывании озимой пшеницы по всем

предшественникам, чем в слое 0-30 см. И если в пахотном слое почвы снижение запасов продуктивной влаги составило 31-35 мм или 57,1-64,8 %, то в метровом слое их количество снизилось на 133-138 мм или на 69,7-71,7 %. Расчёты показали, что на затраты влаги в слое 0-30 см приходилось в среднем по предшественникам 23,8 % от её затрат в слое 0-100 см в этот межфазный период – период интенсивного нарастания массы растений, формирования урожайности зерна и его качества. То есть, удельные её затраты в пахотном слое почвы составили 1,1 мм/см слоя почвы, а в слое 30-100 см оказались равными 1,5 мм/см слоя почвы или на 36,4 % больше. Это свидетельствует о более значительном влиянии запасов доступной влаги подпахотных слоёв почвы, по сравнению с из запасами в пахотным горизонте, на ростовые процессы растений озимой пшеницы.

В фазу молочной спелости влагообеспеченность по многолетним травам была выше влагообеспеченности почвы по гороху, ячменю и чёрному пару соответственно на 3, 6 и 4 мм (5,0, 10,0 и 6,7 %).

К моменту уборки урожая по сравнению с фазой молочной спелости произошло повышение влагообеспеченности посевов озимой пшеницы. Хотя в июне за все три года наблюдений был отмечен дефицит осадков в среднем 34,1 мм (- 54,1 %) от среднемноголетнего количества осадков и превышение температуры воздуха на 2,4°С, что может характеризовать прекращение роста растений озимой пшеницы. В меньшей степени это проявилось по многолетним травам (+ 18 мм, 30,0 %) и по ячменю (+ 22 мм, 38,6 %). По гороху и по чёрному пару повышение более значительное (+ 26 мм по обоим предшественникам, соответственно 45,6 и 46,4 %). Причём, запасы влаги по этим предшественникам превышали запасы по многолетним травам на 5 и 4 мм (6,4 и 5,1 %). Запасы по многолетним травам и по ячменю были примерно одинаковыми.

Таким образом, в момент посева озимой пшеницы запасов доступной влаги в слое почвы 0-30 см накопилось в среднем 32 мм по всем предшественникам – многолетним травам, гороху, ячменю и чёрному пару.

Ко времени возобновления вегетации влагообеспеченность посевов повысилась по многолетним травам на 28 мм или 100 %, а по гороху, ячменю и чёрному пару на 22 мм или 68,8 %. При этом уже многолетние травы по запасам влаги превзошли горох, ячмень и чёрный пар на 2 мм или на 3,6 %, что можно характеризовать как тенденцию.

К фазе молочной спелости относительно периода возобновления вегетации произошло снижение влагообеспеченности при возделывании озимой пшеницы по всем предшественникам, причём, наибольше по ячменю (- 64,8 %), несколько меньше по чёрному пару (- 59,3 %), по гороху (- 57,4 %) и многолетним травам (- 57,1 %). В целом, многолетние травы имели превосходство по запасам влаги относительно других предшественников, особенно над ячменём – на 5 мм (+ 20,8 %). К моменту уборки урожая озимой пшеницы запасы доступной влаги в слое почвы 0-30 см практически выровнялись и составили 22-24 мм.

На момент посева наименьшие запасы влаги в слое почвы 0-100 см были сосредоточены по многолетним травам – 104 мм и наибольшие – по чёрному пару – 132 мм. Нарастание запасов влаги в период «посев – возобновления вегетации» составило по многолетним травам 94 мм (90,4 %), по гороху 77 мм (65,3 %), по ячменю 75 мм (64,7 %) и по чёрному пару 57 мм (43,2 %). При возобновлении вегетации влагообеспеченность почвы по многолетним травам превосходила таковую по гороху, ячменю и чёрному пару соответственно на 3, 7 и 9 мм (1,5, 3,5 и 4,5 %).

В межфазный период «возобновление вегетации – фаза молочной спелости» снижение запасов продуктивной влаги составило на 133-138 мм или на 69,7-71,7 %. На их затраты в слое 0-30 см приходилось в среднем по предшественникам 23,8 % от затрат в слое 0-100 см. То есть, удельные затраты в пахотном слое почвы составили 1,1 мм/см слоя почвы, а в слое 30-100 см 1,5 мм/см слоя почвы или на 36,4 % больше. Это свидетельствует о более значительном влиянии запасов доступной влаги подпахотных слоёв

почвы, по сравнению с из запасами в пахотным горизонте, на ростовые процессы растений озимой пшеницы.

В фазу молочной спелости влагообеспеченность по многолетним травам была выше влагообеспеченности почвы по гороху, ячменю и чёрному пару соответственно на 3, 6 и 4 мм (5,0, 10,0 и 6,7 %).

К моменту уборки урожая по сравнению с фазой молочной спелости произошло повышение влагообеспеченности посевов озимой пшеницы: наименьшее по многолетним травам (+ 18 мм, 30,0 %) и ячменю (+ 22 мм, 38,6 %), наибольшее по гороху и чёрному пару (+ 26 мм по обоим предшественникам, соответственно 45,6 и 46,4 %). Запасы влаги по горох и черному пару были выше, чем по многолетним травам на 5 и 4 мм (6,4 и 5,1 %).

3.2. Содержание гумуса в почве

Агроэкологическое состояние почв напрямую связано с накоплением, содержанием и запасами в почве органического вещества. В результате сокращения поступления в почву органического вещества после распашки черноземов наблюдается уменьшение содержание гумуса и усиление процессов минерализации, интенсивность которых зависит от характера использования почв и зональных условий (Кирюшин В.И., 2010).

Нашими исследованиями в среднем за три года (2017-2019 гг.) выявлено, что наиболее высокое содержание гумуса в почве слоя 0-30 см при применении низкого фона питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50} содержалось в результате возделывания озимой пшеницы по многолетним травам – 4,80 %. По другим предшественникам его содержание было ниже и составляло 4,61-4,62 % (табл. 7, рис. 4).

При внесении минеральных удобрений наблюдалось повышения содержания гумуса, причём, наибольшее на варианте с высоким фоном питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50} по многолетним травам (+ 0,54 % абсолютных или +

11,3 % относительных), а по гороху, ячменю и чёрному пару – на варианте со средним фоном питания – $N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50} (соответственно + 0,45, 0,26 и 0,18 % абсолютных или + 9,7, 5,6 и 3,9 % относительных).

Таблица 7 − Влияние минеральных удобрений и предшественников на содержание гумуса в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей, %

Фоны* минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Многолетние травы			
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	4,70	4,83	4,88
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	5,40	5,34	5,09
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	5,70	5,02	5,30
Горох			
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	5,00	4,26	4,61
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	5,00	5,34	4,87
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	4,70	4,95	5,04
Ячмень			
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	4,20	4,96	4,66
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	4,70	5,13	4,77
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	4,50	5,04	4,95
Черный пар			
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	4,40	5,03	4,39
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	4,50	5,26	4,60
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	4,60	5,04	4,66

*Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}

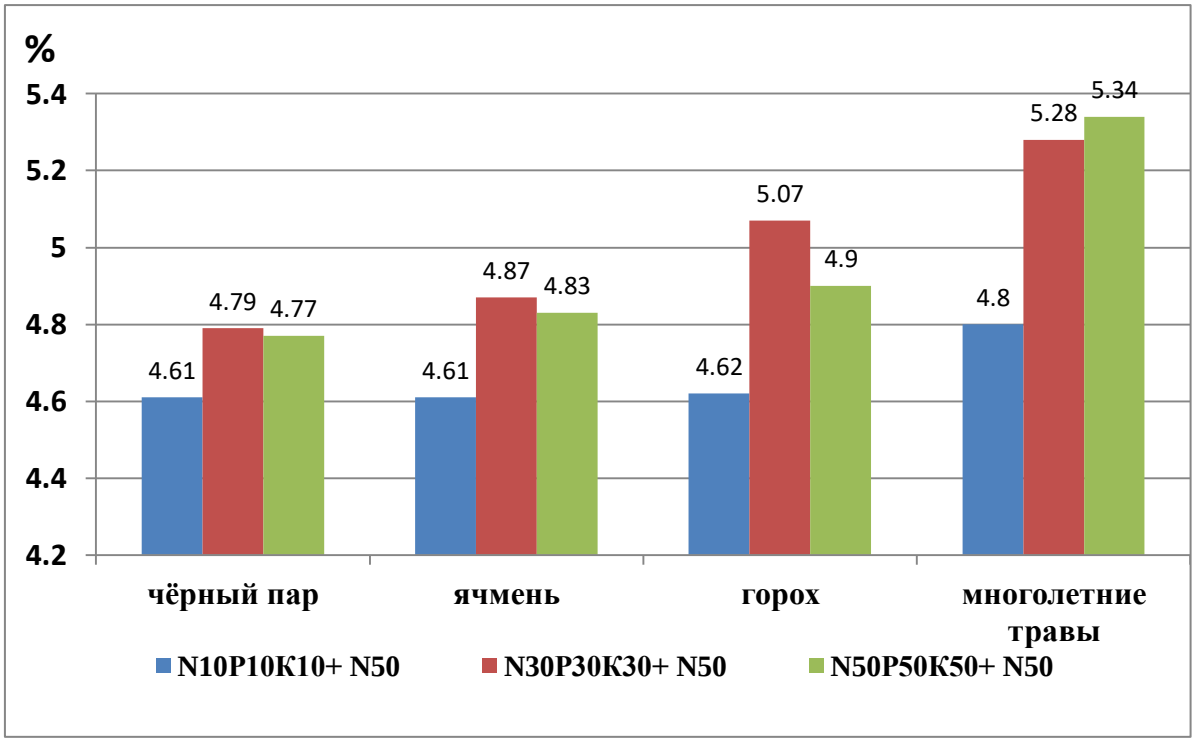


Рисунок 4 - Влияние минеральных удобрений и предшественников на содержание гумуса, % (2017-2019 гг.)

Таким образом, при посеве озимой пшеницы по многолетним травам как по предшественнику, несмотря на то, что на низком фоне минерального питания отмечено наибольшее содержание гумуса, наблюдалось его самое высокое повышение в слое почвы 0-30 см при использовании высокого фона питания (+ 0,54 % или + 11,3 %%). Несколько меньшее повышение содержания гумуса (+ 0,45 % или 9,7 %%) отмечено при возделывании по гороху на среднем фоне минерального питания.

Также на среднем фоне минерального питания при размещении озимой пшеницы по ячменю и чёрному пару наблюдалось самое низкое повышение содержания гумуса (соответственно 0,26 % или 5,6%% и 0,18 % или 3,9%%).

3.3. Обменная кислотность почвы

По мнению К.К. Гедройца (1975) физико-химические свойства почвы являются признаками, которые имеют большое значение в определении состояния всей почвенной системы и в целом её плодородия.

Для изучения физико-химических свойств чернозёма выщелоченного нами определялась величина обменной кислотности почвы в слое 0-30 см (табл. 8, рис.5).

Таблица 8 – Влияние минеральных удобрений и предшественников на обменную кислотность в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей, pH_{KCl}

Фоны* минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Многолетние травы			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	5,20	5,71	5,95
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	4,80	5,69	5,95
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	4,90	5,70	5,75
Горох			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	5,60	5,89	6,45
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	5,00	5,61	6,55
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	5,00	5,75	6,20
Ячмень			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	5,50	5,70	6,60
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	5,20	5,48	6,60
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	5,00	5,31	6,30
Черный пар			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	5,70	6,22	5,65
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	5,00	5,80	6,10
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	4,90	6,15	6,00

* Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$

В общем, значения обменной кислотности при возделывании озимой пшеницы по всем изучаемым предшественникам при применении низкого фона питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50} не выходили за пределы градации «близкая к нейтральной» – pH 5,62-5,98.

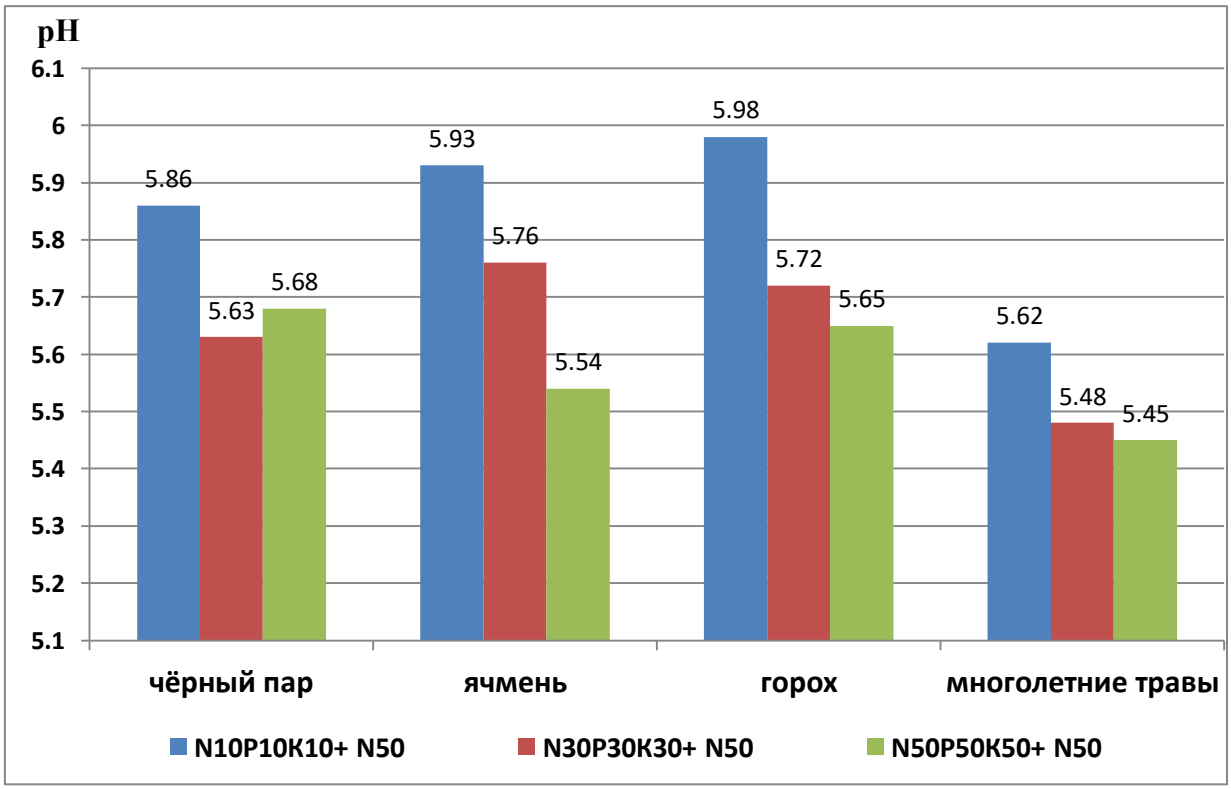


Рисунок 5 - Влияние минеральных удобрений и предшественников на обменную кислотность, pH_{KCl} (2017-2019 гг.)

При внесении среднего – $N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50} и высокого – $N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50} фонов питания проявилось явно выраженное повышение кислотности почвы. Наибольшее её повышение наблюдалось при использовании максимальной дозы минеральных удобрений – высокого фона питания – при размещении озимой пшеницы по многолетним травам (- 0,17 pH), по гороху (- 0,33 pH) и по ячменю (- 0,39 pH) и среднего фона питания – по чёрному пару (- 0,23 pH).

Для почвы, в которой проявилось влияние многолетних трав как предшественника, характерен переход кислотности из градации «близкая к нейтральной» в градацию «слабокислая»: от pH 5,62 до pH 5,48-5,45.

При наиболее высоких значениях pH в почве в посевах озимой пшеницы по гороху – 5,98 и по ячменю – 5,93 отмечено и наибольшее повышение обменной кислотности, соответственно на 0,33 и 0,39 ед. pH в результате использования высокого фона минерального питания.

Таким образом, увеличение доз минеральных удобрений от низкого фона питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50} до высокого – $N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50} обусловило повышение обменной кислотности почвы при возделывании озимой пшеницы по многолетним травам, гороху и ячменю соответственно на 0,17, 0,33 и 0,39 ед. pH, а по чёрному пару – при доведении фона питания до среднего – на 0,23 ед. pH.

В почве после возделывания многолетних трав характерен переход кислотности из градации «близкая к нейтральной» в градацию «слабокислая»: от pH 5,62 до pH 5,48-5,45.

3.4. Содержание щёлочногидролизуемого азота в почве

В повышении почвенного плодородия, увеличении урожайности и улучшении качества сельскохозяйственных культур важная роль принадлежит элементам минерального питания. Главными источниками их поступления в растения служат питательные вещества, находящиеся в почве и поступающие в неё с удобрениями (Ягодин Б.А., 2002; Минеев В.Г., 2004).

При разработке рациональной системы удобрения озимой пшеницы важно знать необходимый уровень минерального питания растений для обеспечения растений за счёт мобилизации почвенного плодородия, что зависит от запасов подвижных элементов в почве, предшественников, агротехники, погодных условий (Лазарев В.И., Маслова З.С., Шершнева О.М., 2017). Установлено, что озимая пшеница отличается повышенными требованиями к плодородию почвы и значительной отзывчивостью на применение удобрений.

Нашими исследованиями выявлено, что содержание щёлочногидролизуемого азота в слое почвы 0-30 см изменялось в зависимости от минеральных удобрений и предшественников (табл. 9, рис. 6).

Таблица 9 − Влияние минеральных удобрений и предшественников на содержание щёлочногидролизуемого азота в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей, мг/кг

Фоны* минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Многолетние травы			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	161	134	122
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	168	160	143
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	175	144	156
Горох			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	154	139	124
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	161	143	121
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	167	137	140
Ячмень			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	147	126	125
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	147	158	140
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	154	155	142
Черный пар			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	140	132	108
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	147	137	123
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	154	126	136

* Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$

В посевах озимой пшеницы по многолетним травам и гороху почва обладала более высоким содержанием щёлочногидролизуемого азота при использовании низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$ – 139 мг/кг. По ячменю оно было ниже – 133 мг/кг и самым низким – 127 мг/кг – по чёрному пару. Увеличение доз минеральных удобрений от низкого фона минерального питания до среднего – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$ – способствовало

повышению содержания азота в посевах по многолетним травам на 18 мг/кг (+ 12,9 %). По гороху, ячменю и чёрному пару наибольшее его увеличение было отмечено при доведении доз минеральных удобрений до высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$, которое оказалось равным соответственно 9, 17 и 12 мг/кг (+ 6,5, 12,8 и 9,4 %).

Таким образом, увеличение доз минеральных удобрений от низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$ до среднего – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$ – способствовало повышению содержания азота в посевах озимой пшеницы по многолетним травам на 18 мг/кг (+ 12,9 %). По гороху, ячменю и чёрному пару наибольшее его увеличение было отмечено при доведении доз минеральных удобрений до высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$, которое оказалось равным соответственно 9, 17 и 12 мг/кг (+ 6,5, 12,8 и 9,4 %).

3.5. Содержание подвижных фосфатов в почве

Наблюдения показали, что наиболее высокое содержание подвижных фосфатов в почве при применении низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$ выявлено в результате возделывания озимой пшеницы после гороха – 155 мг/кг (табл. 10). Несколько меньше их содержалось после ячменя и чёрного пара, соответственно 138 и 140 мг/кг. Наименьшим содержанием отличалась почва после многолетних трав – 122 мг/кг.

При увеличении доз минеральных удобрений от низкого фона минерального питания до высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$ наибольший прирост содержания фосфатов проявился в посевах озимой пшеницы по многолетним травам, ячменю и чёрному пару, который соответствовал 203, 217 и 220 мг/кг или 166,4, 157,2 и 157,1 %. В почве после гороха повышение содержания фосфатов было наименьшим – 160 мг/кг или 103,2 %.

На высоком фоне минерального питания наибольшим содержанием подвижных фосфатов в почве отличалась почва с такими предшественниками

как ячмень и чёрный пар (соответственно 355 и 360 мг/кг), а наименьшим их содержанием – с многолетними травами и горохом (325 и 315 мг/кг).

Таблица 10 − Влияние минеральных удобрений и предшественников на содержание подвижных фосфоров в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей, мг/кг

Фоны* минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Многолетние травы			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	104	125	138
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	171	228	204
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	254	390	330
Горох			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	162	133	170
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	197	225	220
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	225	360	360
Ячмень			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	166	105	142
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	177	255	210
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	251	390	425
Черный пар			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	167	94	160
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	209	235	206
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	251	450	380

* Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$

Таким образом, при более высоком содержании подвижных фосфатов в почве после гороха при применении низкого фона минерального питания (155 мг/кг) наблюдалось наименее интенсивное их повышение вследствие внесения высокого фона питания (+ 160 мг/кг или 103,2%).

Наибольшим содержанием фосфатов при использовании высокого фона питания выделилась почва после ячменя и чёрного пара, а наименьшим – после многолетних трав и гороха.

3.6. Содержание обменного калия в почве

Анализ содержания обменного калия в почве выявил, что самым большим при применении низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50} оно было в посевах озимой пшеницы, размещённой по гороху – 161 мг/кг, несколько меньшим по многолетним травам, ячменю и чёрному пару, соответственно 152, 150 и 149 мг/кг. Это составило от уровня его по гороху 94,4, 93,2 и 92,5 % (табл. 11).

При доведении доз минеральных удобрений от низкого фона минерального питания до высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} наибольшим повышением содержания обменного калия выделилась почва с предшественником многолетние травы (+ 152 мг/кг или 100,0 %). По другим предшественникам приросты его заметно ниже, соответственно по гороху, ячменю и чёрному пару: + 122, 102 и 113 мг/кг или + 75,8, 68,0 и 75,8 %.

В ряду снижения содержания обменного калия в почве при применении высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} предшественники расположились в такой последовательности: многолетние травы (304 мг/кг), горох (283 мг/кг), чёрный пар (262 мг/кг) и ячмень (252 мг/кг). От содержания калия в почве после многолетних трав уровни его после других предшественников составили соответственно 93,1, 86,2 и 82,9 %.

Таким образом, наибольшее повышение содержания обменного калия в почве проявилось с предшественником многолетние травы (+ 152 мг/кг или 100,0 %) при возрастании доз минеральных удобрений от низкого фона минерального питания до высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50}, обеспечив максимальное его содержание.

Таблица 11 − Влияние минеральных удобрений и предшественников на содержание обменного калия в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей, мг/кг

Фоны* минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Многолетние травы			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	117	235	103
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	157	285	116
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	220	500	191
Горох			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	141	220	121
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	191	324	149
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	207	460	183
Ячмень			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	150	190	109
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	141	300	144
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	209	380	168
Черный пар			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	157	185	104
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	180	265	128
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	220	360	205

* Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$

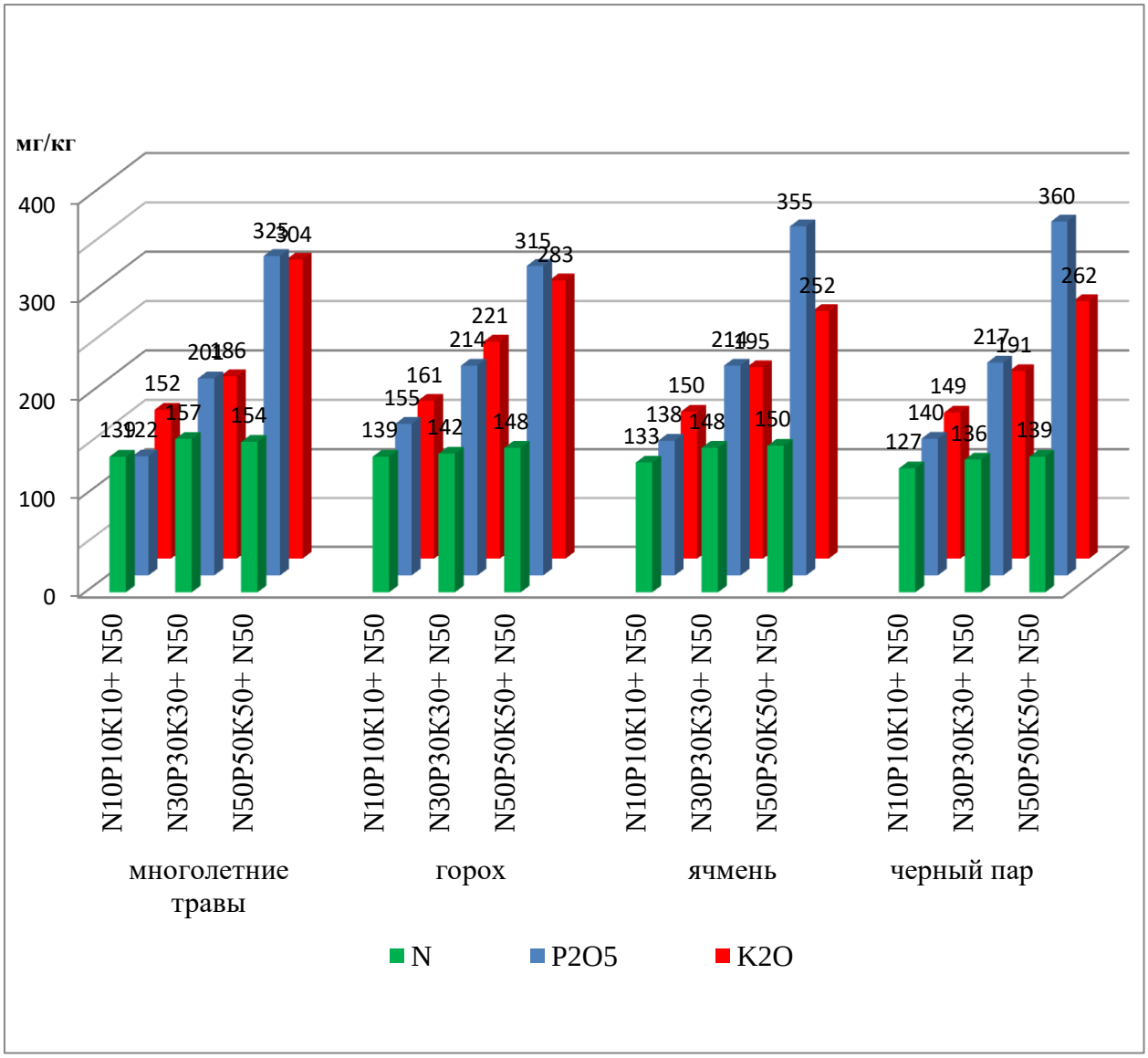


Рисунок 6 – Влияние предшественников и минеральных удобрений на содержание подвижных форм элементов питания в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей, мг/кг (2017-2019 гг.)

ГЛАВА 4
ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

4.1. Урожайность зерна озимой пшеницы

Урожайность возделываемых культур формируется за счет эффективного плодородия почвы, которое характеризуется наличием в почве усвояемых растениями форм питательных веществ и влаги (Сидоров М.И., 1981; Лазарев В.И., Котельникова М.Н., 2015).

Из агротехнических приемов, определяющих урожайность и качество продукции, оптимизация минерального питания с учётом предшественников является важнейшим фактором при возделывании сельскохозяйственных культур (Кидин В.В., Ионова О.Н., 1992; Долгополова Н.В., 2013;Ториков В.Е. и др., 2015; Навольнева Е.В., 2018; Ореховская А.А., 2019).

Изучение нами целесообразности использования различных предшественников и минеральных удобрений озимой пшеницы в течение 2017-2019 гг. показало, что наиболее эффективными среди предшественников при применении низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50} оказались многолетние травы, урожайность зерна, после возделывания которых, составила в среднем за три года 6,77 т/га (табл. 12, рис. 7 и 8). При размещении по гороху и чёрному пару урожайность была ниже соответственно на 0,51 и 0,57 т/га (- 7,5 и - 8,4 %). Наибольшая же разница проявилась в посевах по ячменю, равная 1,64 т/га (- 24,2 %).

В результате увеличения доз минеральных удобрений от низкого фона минерального питания до высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} наибольший прирост урожайности зерна озимой пшеницы был выявлен по чёрному пару – 1,23 т/га (+ 19,8 %) и по ячменю 1,13 т/га (+ 22,0%). По гороху он оказался заметно ниже – 0,52 т/га (+ 8,3 %). А ещё меньшим,

причём, при доведении фона минерального питания до среднего – $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{50}, по многолетним травам – 0,48 т/га (+ 7,1 %).

Таблица 12 − Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность зерна озимой пшеницей, т/га

Фоны* минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Многолетние травы			
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	7,97	6,15	6,20
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	8,63	6,84	6,29
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	8,49	6,61	6,26
Горох			
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	7,15	6,21	5,42
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	7,58	6,32	5,89
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	7,90	6,30	6,15
Ячмень			
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	6,12	4,46	4,80
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	7,56	5,43	5,21
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	7,54	5,79	5,46
Черный пар			
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	7,14	6,02	5,54
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	7,90	7,22	5,95
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	8,55	7,88	5,85
$НСР_{05}$	0,85	0,48	0,38

*Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}

Наибольшую урожайность зерна озимой пшеницы по высокому фону минерального питания – 7,43 т/га обеспечил чёрный пар в качестве предшественника.

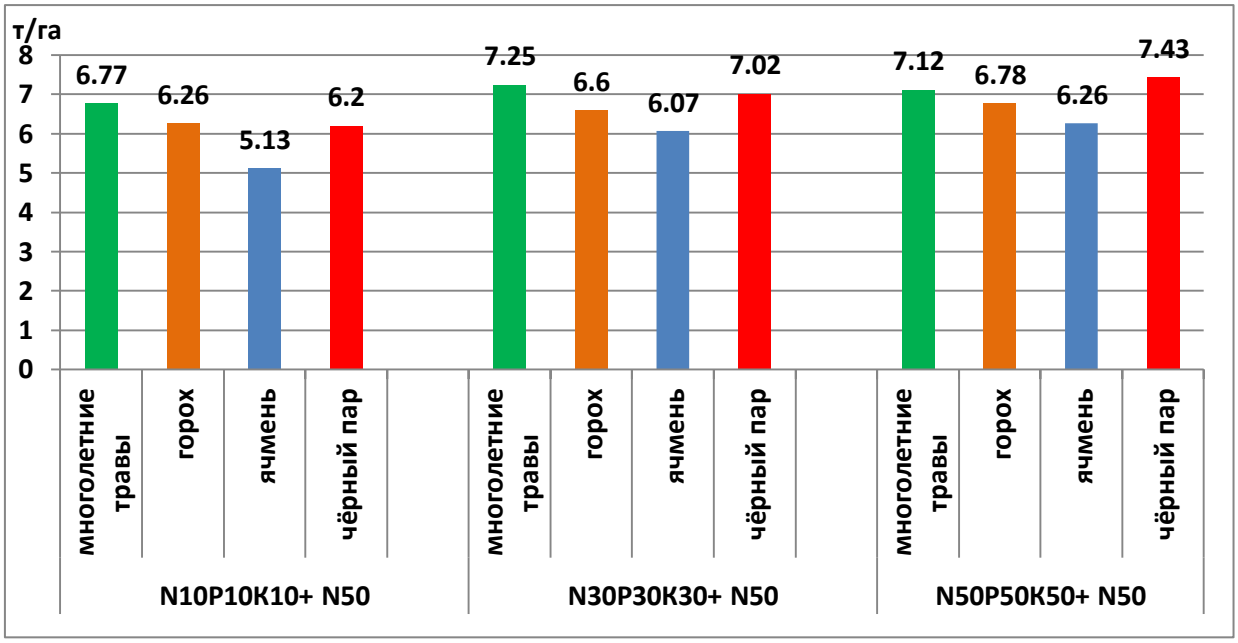


Рисунок 7 - Влияние предшественников на урожайность зерна озимой пшеницы на фоне доз минеральных удобрений, т/га (2017-2019 гг.)

Снижение её в посевах по многолетним травам и гороху составило соответственно 0,18 и 0,40 т/га (- 2,4 и - 5,4 %), а по ячменю 1,17 т/га (- 15,7 %). Иначе представляя, относительная величина урожайности по многолетним травам, гороху и ячменю от уровня урожайности по чёрному пару оказалась равной соответственно 97,6, 94,6 и 84,3 %.

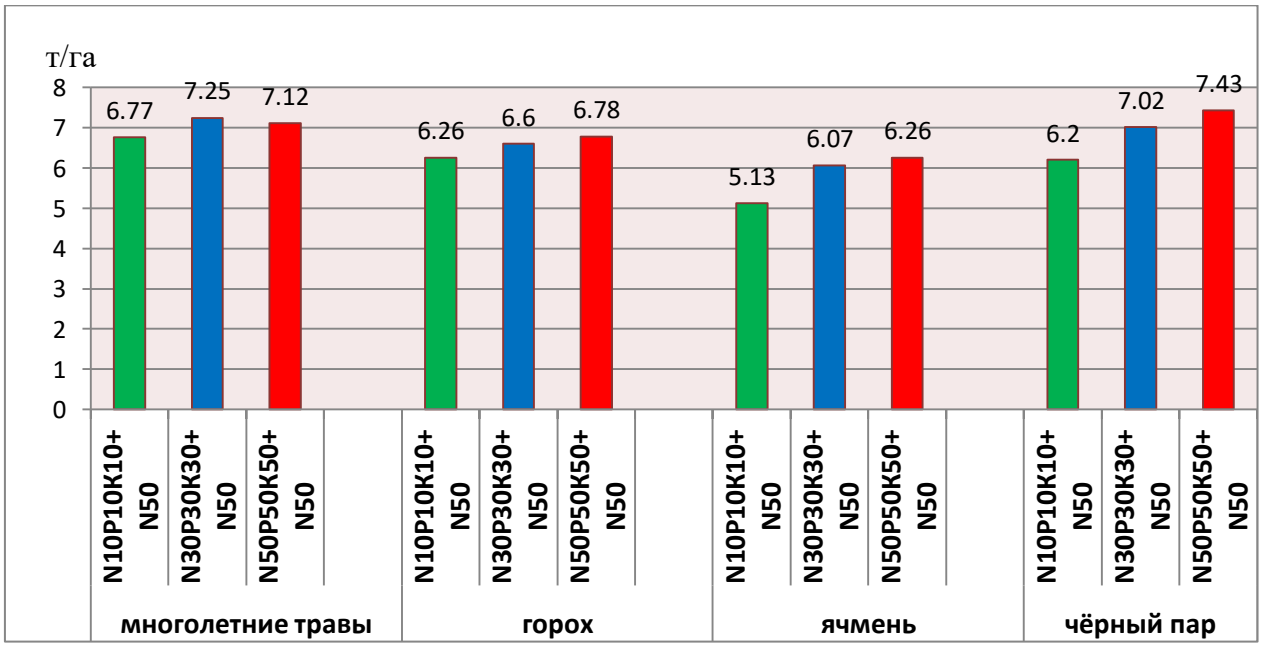


Рисунок 8 - Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна озимой пшеницы на фоне предшественников, т/га (2017-2019 гг.)

В 2017 году, характеризовавшимся незначительным недостатком осадков – 3,2 мм (0,6 %) и превышением температуры воздуха на 0,6 °С в период апрель-июль, урожайность зерна озимой пшеницы была выше, чем в 2018 и 2019 гг. соответственно на 1,82 и 1,77 т/га или на 22,8 и 22,2 %, в частности, при размещении посевов по многолетним травам и применении низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$. Снижение, вероятно, связано с тем, что в 2018 году наблюдалось превышение осадков на 105,4 мм (+ 19,1 %) от средних многолетних значений, а в 2019 году – их дефицит в 181,6 мм (- 33,0 %). Температура же периода активной вегетации превысила средние величины соответственно на 2,4 и 2,2 °С.

По гороху, также на низком фоне питания, превышение урожайности в 2017 году по сравнению с соответствующими годами составило 0,94 и 1,73 т/га или 13,1 и 24,2 %, по ячменю – 1,66 и 1,32 т/га или 27,1 и 21,6 %, по чёрному пару – 1,12 и 1,60 т/га или 15,7 и 22,4 %.

Следовательно, при внесении под озимую пшеницу $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$ (низкий фон минерального питания, насыщенность 1 га севооборотной площади $N_{20}P_{7,5}K_{7,5}$) в годы с увеличением осадков, равно как и при их недостатке от среднемноголетних значений, в посевах по многолетним травам относительные величины снижения урожайности зерна были практически равными – 22,8 и 22,2 %. При размещении же по гороху и чёрному пару снижение урожайности, по сравнению с относительно благоприятным годом (2017 г.), было более значимо в год с дефицитом осадков (2019 г.), соответственно 24,2 и 22,4 %, чем в год с превышением осадков (2018 г.) – 13,1 и 15,7 %. Большим снижением урожайности зерна в год с более высокой обеспеченностью влагой, чем с недостатком её отметился ячмень в качестве предшественника, что составило соответственно 27,1 и 21,6 %.

В 2017 году со средней влагообеспеченностью наибольшая урожайность зерна наблюдалась при применении среднего фона минерального питания – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$ (насыщенность 1 га севооборотной

площади $N_{50}P_{37,5}K_{37,5}$) по многолетним травам – 8,63 т/га. Прибавка относительно низкого фона минерального питания составила 0,66 т/га или 8,3%. Близкая урожайность отмечена по чёрному пару при использовании высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$ (насыщенность 1 га севооборотной площади $N_{80}P_{67,5}K_{67,5}$). Повышение урожайности оказалось равным 1,41 т/га или 19,7 %. Практически на такую же величину – 1,44 т/га или 23,5 % повысилась урожайность по ячменю, но при внесении среднего фона питания. По гороху наиболее эффективен высокий фон минерального питания, при котором урожайность возросла на 0,75 т/га или на 10,5 %. Следовательно, эффект от минеральных удобрений среднего и высокого фонов питания проявился при возделывании озимой пшеницы по ячменю и чёрному пару, а прибавки от них при размещении по многолетним травам и гороху ниже $НСР_{05}$, то есть не достоверны.

В 2018 году с повышенной влагообеспеченностью наиболее высокая урожайность зерна наблюдалась при внесении высокого фона минерального питания при возделывании озимой пшеницы по чёрному пару – 7,88 т/га. Прибавка урожайности зерна оказалась равной 1,86 т/га или 30,9 %. С использованием такого же фона минерального питания по предшественнику ячмень прибавка урожайности ниже – 1,33 т/га, но относительная её величина соизмерима с той, которая получена по чёрному пару – 29,8 %.

Применение среднего фона минерального питания по многолетним травам обусловило получение достоверной прибавки урожайности – 0,69 т/га или 11,2 %. Тогда как возрастание фонов минерального питания от низкого до среднего и высокого не обеспечило существенного увеличения урожайности зерна (соответственно + 0,11 и 0,09 т/га или 1,8 и 1,4 %). Следовательно, в условиях повышенной влагообеспеченности (по сравнению со средними многолетними данными) минеральные удобрения только при возделывании озимой пшеницы по ячменю и чёрному пару способствуют получению высоких прибавок урожайности зерна, притом, при использовании высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$.

Достоверная, но значительно ниже прибавка урожайности зерна по многолетним травам с внесением среднего фона минерального питания. По гороху реакция озимой пшеницы на минеральные удобрения прибавкой урожайности не появилась.

В 2019 году, в котором проявился резкий дефицит осадков от средних многолетних (- 30,0 % за сельскохозяйственный год и - 44,3 % в период апрель-июль), многолетние травы превосходили другие предшественники по урожайности зерна озимой пшеницы, в частности, при применении низкого фона минеральных удобрений. По гороху, ячменю и чёрному пару урожайность оказалась ниже соответственно на 0,78, 1,40 и 0,66 т/га или на 12,6, 22,6 и 10,6 %.

Повышение фонов минерального питания от низкого до среднего и высокого при размещении по многолетним травам практически не отразилось на варьировании урожайности зерна (соответственно + 0,09 и 0,06 т/га или 1,5 и 1,0 %). Использование же высокого фона питания по гороху и ячменю выразилось в получении существенной прибавки урожайности, равной соответственно 0,73 и 0,66 т/га или 13,5 и 13,8 %. По чёрному пару прибавка урожайности также достоверна – 0,41 т/га или 7,4 % при внесении среднего фона минерального питания. Следовательно, в условиях недостатка атмосферных осадков эффективен высокий фон минерального питания по гороху и ячменю, а по чёрному пару – средний фон. По многолетним травам повышение фона минерального питания выше низкого – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$ (насыщенность 1 га севооборотной площади $N_{20}P_{7,5}K_{7,5}$) не способствует повышению урожайности зерна озимой пшеницы.

Таким образом, наибольшую урожайность зерна озимой пшеницы в среднем за три года – 7,43 т/га обусловлена размещением посевов по чёрному пару в сочетании с высоким фоном минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$. Относительная величина урожайности по многолетним травам, гороху и ячменю от уровня урожайности по чёрному пару оказалась равной соответственно 97,6, 94,6 и 84,3 %.

Во всех условиях увлажнения минеральные удобрения обеспечивают достоверные прибавки урожайности зерна по ячменю и чёрному пару, по гороху – при дефиците атмосферных осадков, по многолетним травам – при повышенном их выпадении от средних многолетних их значениях на исследуемой территории.

4.2. Содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы

Самым высоким содержанием белка за 2017-2019 гг. в зерне озимой пшеницы (13,58 %) с использованием низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50} (насыщенность 1 га севооборотной площади минеральными удобрениями в дозе $N_{20}P_{7,5}K_{7,5}$) отметились в качестве предшественника многолетние травы (табл. 13, рис. 9). Такие предшественники, как горох и чёрный пар заметно уступили им, соответственно на - 2,03 и - 1,69 % или - 14,9 и - 12,4 %%. Самое низкое содержание его относительно уровня многолетних трав наблюдалось в посевах по ячменю, где снижение составило 3,62 % или 26,7 %%.

Наиболее интенсивное повышение содержания белка в зерне (+ 1,64 % или + 14,20 %%) произошло при размещении озимой пшеницы по гороху в результате применения высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} (насыщенность 1 га севооборотной площади $N_{80}P_{67,5}K_{67,5}$). Аналогичным по значению повышением содержания белка отметился посев по ячменю (+ 1,60 % или + 16,06 %%).

Меньшие величины повышения его содержания проявились по чёрному пару (+ 1,07 % или + 9,00 %%) и по многолетним травам (+ 0,58 % или + 4,27 %%) также при применении высокого фона минерального питания.

Следует отметить, что достичь величины содержания белка в зерне, отвечающего требованиям, предъявляемым к сильным пшеницам по этому показателю качества зерна – 14,16 %, удалось только за счёт размещения

озимой пшеницы по многолетним травам и внесения минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$ (высокий фон минерального питания).

Таблица 13 − Влияние предшественников и минеральных удобрений на содержание белка в зерне озимой пшеницы, %

Фоны* минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Многолетние травы			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	12,94	13,45	14,36
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	12,77	14,48	14,06
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	12,83	14,42	15,22
Горох			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	10,77	12,08	11,80
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	11,17	12,65	12,65
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	12,77	12,77	14,02
Ячмень			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	9,58	9,29	11,00
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	10,83	10,60	11,80
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	10,97	11,32	12,38
Черный пар			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	11,06	11,57	13,05
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	11,91	12,14	13,85
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	13,00	12,32	13,57
$НСР_{05}$	0,90	0,98	1,07

* Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$

В 2017 году, в котором наблюдались практически средние для данной территории метеорологические условия, содержание белка в зерне озимой пшеницы оказалось самым низким за три года наблюдений.

Так, в 2018 году (превышение осадков от средних многолетних) и в 2019 году (дефицит осадков) белка в зерне озимой пшеницы, возделываемой по многолетним травам с применением низкого фона минерального питания, содержалось больше соответственно на 0,51 и 1,42 % или на 3,9 и 11,0 %% (относительных %). Разница при использовании высокого фона минерального питания ещё более существенная: 1,59 и 2,39 % или 12,4 и 18,6 %%.

Следует также отметить, что содержание белка в зерне озимой пшеницы, выращенной по многолетним травам, превосходит содержание белка в зерне, полученное при возделывании её по гороху, чёрному пару и особенно по ячменю.

Увеличение фонов минерального питания от низкого до среднего и высокого в 2017 году по многолетним травам обозначило тенденцию к снижению содержания белка в зерне соответственно на 0,17 и 0,11 % (1,3 и 0,9 % относительных). По гороху наблюдалось повышение его содержания на 0,40 и 2,00 % (3,7 и 18,5 %%), по ячменю – на 1,25 и 1,39 % (13,0 и 14,5 %%), по чёрному пару – на 0,85 и 1,94 % (7,7 и 17,5 %%).

На вариантах с оптимальным минеральным питанием по многолетним травам, гороху и чёрному пару содержание белка выше, чем по ячменю на 1,80-2,03 % (16,4-18,5 %%).

В 2018 году (превышение осадков) содержание белка в зерне достоверно повысилось по многолетним травам на 1,03 % (7,7 %%) с применением среднего фона минерального питания, а по гороху, ячменю и чёрному пару – при использовании высокого фона питания соответственно на 0,69, 2,03 и 0,75 % (5,7, 21,9 и 6,5 %%).

Для 2019 года (недостаток осадков) по многолетним травам характерно аналогичное повышение содержания белка в зерне при внесении высокого

фона минерального питания, как и в 2018 году с большим количеством осадков, чем в среднем за многолетние наблюдения. По гороху превышение содержания белка белее значимо, чем во влажный год – 2,22 % (18,8 %%). Зато соизмеримо с годом, в котором метеоусловия сложились, как усреднённые за много лет данные. По ячменю повышение содержания белка менее значимо, чем во влажный год – 1,38 % (12,5 %%). По чёрному пару, но уже при среднем фоне минерального питания, интенсивность нарастания содержания его подобно как и в условиях с превышением осадков – 0,80 % (6,1 %%). Следовательно, повышение фона минерального питания при возделывании озимой пшеницы эффективно в увеличении содержания белка в зерне в связи с размещением её по многолетним травам в экстремальных условиях (превышение и дефицит осадков), по гороху и ячменю – в различных метеорологических условиях, но больше – по гороху при недостатке осадков, а по ячменю – при их превышении от нормы. По черному пару эффект больше проявлялся при средних значениях увлажнения.

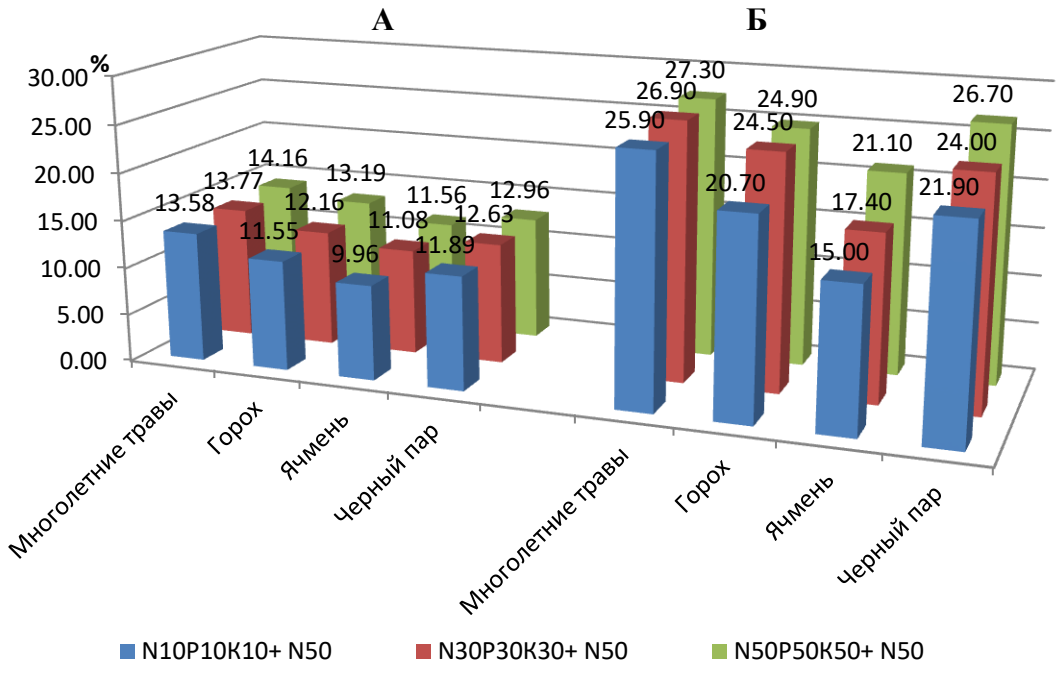


Рисунок 9 - Влияние предшественников и минеральных удобрений на содержание белка (А) и клейковины (Б), % (2017-2019 гг.)

Изменения содержание клейковины в зерне озимой пшеницы за 2017-2019 гг. в зависимости от агроприёмов в целом повторяют закономерности варьирования содержания белка, однако имеется ряд особенностей (табл. 14, рис. 9).

Таблица 14 − Влияние предшественников и минеральных удобрений на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы, %

Фоны * минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Многолетние травы			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	25,0	23,7	29,0
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	26,0	23,8	31,0
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	28,0	22,9	31,0
Горох			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	21,0	18,2	23,0
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	24,0	23,6	26,0
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	22,0	23,7	29,0
Ячмень			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	11,0	16,0	17,0
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	14,0	20.2	18,0
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	19,0	20,3	24,0
Черный пар			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	19,0	19,6	27,0
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	22,0	22,0	28,0
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	26,0	24,2	30,0
$НСР_{05}$	3,5	1,8	2,1

* Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$

Как наибольшее содержание белка в зерне озимой пшеницы, так и максимальное содержание клейковины в зерне с использованием низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50} было отмечено при посеве озими по многолетним травам, а минимальное – по ячменю, соответственно равное 25,9 и 15,0 %. По гороху и чёрному пару её значения составили 20,7 и 21,9 %. То есть, содержание клейковины по чёрному пару, гороху и ячменю было ниже её содержания по многолетним травам на 4,0, 5,2 и 10,9 % или 15,5, 20,1 и 42,1 %%.

Уровень содержания клейковины по чёрному пару, гороху и ячменю относительно содержания по многолетним травам составил соответственно 84,5, 79,9 и 57,9 %.

Возрастание доз минеральных удобрений от низкого фона минерального питания до высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} обусловило повышение содержания клейковины при возделывании озимой пшеницы по многолетним травам, гороху, чёрному пару и ячменю соответственно на 1,4, 4,2, 4,8 и 6,1 % или на 5,4, 20,3, 21,9 и 40,7 %%. Содержание её по чёрному пару, гороху и ячменю от уровня содержания клейковины по многолетним травам ниже соответственно на 0,6, 2,4 и 6,2 %.

Наибольшее содержания клейковины, вызванное применением высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50}, при посеве по многолетним травам, чёрному пару, гороху и ячменю оказалось равным 27,3, 26,7, 26,7 и 21,1 %. Относительная величина её по чёрному пару, гороху и ячменю от уровня содержания клейковины в зерне озимой пшеницы, выращенной по многолетним травам составила соответственно 97,8, 91,2 и 77,3 %.

При анализе содержания клейковины в зерне озимой пшеницы в зависимости от количества выпадающих осадков выявлено, что её больше накапливается в условиях их дефицита при возделывании по многолетним травам, гороху и чёрному пару. По ячменю большим содержанием клейковины отличается зерно, выращенное в экстремальны условиях.

В 2017 году со средними значениями количества осадков содержание клейковины возросло при применении высокого фона минерального питания по многолетним травам, ячменю и чёрному пару соответственно на 3,0, 8,0 и 7,0 %, а по гороху – при внесении среднего фона минерального питания – на 3,0 %.

В 2018 году повышение фона минерального питания не отразилось на варьировании содержания клейковины при возделывании озимой пшеницы по многолетним травам. По гороху и ячменю её содержание повысилось соответственно на 5,4 и 8,2 % при применении среднего фона минерального питания, а по чёрному пару с использованием высокого фона питания – на 4,6 %.

В 2019 году по многолетним травам наблюдалось повышение содержания клейковины на 2,0 % в связи с применением среднего фона питания. По гороху, ячменю и чёрному пару – при доведении фона минерального питания до уровня высокого – соответственно на 6,0, 7,0 и 3,0 %.

Следовательно, самые высокие значения повышения клейковины в зерне озимой пшеницы – на 7,0-8,2 % в зависимости от применения возрастающих фонов минерального питания наблюдались при возделывании её по ячменю независимо от метеоусловий. Более высокий эффект при размещении по гороху наблюдался в экстремальных условиях атмосферных осадков. Для чёрного пара и многолетних трав средние данные атмосферных осадков явились условием более эффективного применения возрастающих фонов минерального питания.

Анализ показателя ИДК в среднем за 2017-2019 гг., определяющего упругость мякиша хлеба и его пористость, выявил, что клейковина соответствуют II группы качества «удовлетворительная слабая», так как показатель находился в диапазоне 81-93 единиц (Машков Б.М., Хазина З.И., 1980) (табл. 15). Применение высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} обусловило тенденцию к возрастанию показателя ИДК на 7, 6

и 4 единиц соответственно в посевах по многолетним травам, чёрному пару и ячменю, которая свидетельствует о снижении упругости хлеба и повышении его пористости. По гороху направленность тенденции варьирования неустойчивая.

Таблица 15 − Влияние предшественников и минеральных удобрений на показатель ИДК в зерне озимой пшеницы, единиц

Фоны * минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	+/-	
					ИДК	%
Многолетние травы						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	94	70	95	86	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	99	80	95	91	5	5,8
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	104	80	96	93	7	8,1
Горох						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	95	75	100	90	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	96	80	96	91	1	1,1
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	85	80	103	89	-1	-1,1
Ячмень						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	83	75	86	81	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	75	90	81	82	1	1,2
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	81	85	88	85	4	4,9
Черный пар						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	66	95	98	86	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	85	75	100	87	1	1,2
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	92	90	95	92	6	7,0
$НСР_{05}$	11	10	6	-	-	-

*Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$

В 2017 году при средних значениях атмосферных осадков значения ИДК возрастали при возделывании озимой пшеницы по многолетним травам

в связи с увеличением фона минерального питания от низкого до среднего и высокого соответственно на 5 и 10 единиц, а также по чёрному пару на 19 и 26 единиц. По чёрному пару отмечен переход значений из группы качества «хорошая, I группа» в группу «удовлетворительная слабая, II группа». По гороху и ячменю варьирование значений не однозначно.

В 2018 году в условиях с превышением атмосферных осадков от средних многолетних величин наблюдался переход значений ИДК из группы качества «хорошая, I группа» в группу «удовлетворительная слабая, II группа» по многолетним травам, гороху и ячменю при возрастании фона минерального питания от низкого до среднего соответственно от 70 до 80, от 75 до 80 и от 75 до 90 единиц. По чёрному пару колебания значений не устойчивые.

Для условий с дефицитом атмосферных осадков в 2019 году установить закономерность изменения значений ИДК от возрастания фонов минерального питания не представилось возможным. Боле высокими они были по гороху, несколько ниже по чёрному пару, ещё ниже по многолетним травам и наименьшими – по ячменю.

Возрастание доз минеральных удобрений от низкого фона минерального питания до среднего – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$ и высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$ обусловило в среднем за 2017-2019 гг. увеличение сбора белка по многолетним травам соответственно на 76 и 82 кг/га (8,3 и 9,0 %), по чёрному пару на 144 и 191 кг/га (19,5 и 25,9 %), по гороху на 77 и 172 кг/га (10,7 и 23,9 %) и по ячменю на 161 и 210 кг/га (31,6 и 41,3 %).

Максимальный сбор белка в среднем за 2017-2019 гг. обеспечен применением высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$ в посевах озимой пшеницы по многолетним травам – 998 кг/га (табл. 16, рис. 9).

Сбора белка по чёрному пару, гороху и ячменю относительно сбора по многолетним травам на высоком фоне минерального питания составил соответственно 93,0, 89,4 и 72,0 %.

Таблица 16 − Влияние предшественников и минеральных удобрений на сбор белка озимой пшеницей, кг/га

Фоны* минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Многолетние травы			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	1031	827	890
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	1102	990	884
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	1089	953	953
Горох			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	770	750	640
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	847	799	745
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	1009	805	862
Ячмень			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	586	414	528
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	819	576	615
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	827	655	676
Черный пар			
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	790	697	723
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	941	877	824
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	1018	957	810
$НСР_{05}$	111	59	52

*Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$

Анализ данных по сбору белка в зависимости от метеоусловий проведения исследований показал, что в 2017 году, отличавшегося средними величинами атмосферных осадков и близкими к средним значениям температуры воздуха, его было больше чем 2018 году (превышение количества осадков от средних данных) и 2019 году (дефицит осадков). Так, на низком фоне минерального питания при возделывании озимой пшеницы по многолетним травам превышение составляло соответственно 204 и 141 кг/га или 19,8 и 13,7 %. При использовании высокого фона минерального

питания разница снизилась и составила по обоим годам одинаковую величину – 136 кг/га или 12,5 %.

Увеличение сбора в 2017 году по многолетним травам наблюдался только при возрастании фона минерального питания от низкого до среднего. Его прибавка оказалась равной 71 кг/га или 6,9 %. По другим предшественникам в связи с невысоким сбором белка с применением низкого фона минерального питания его повышение из-за увеличения фонов питания было более существенно. Причём, рост сбора белка нарастал с каждым новым фоном питания и оказался максимальным при доведении фона минерального питания до высокого. Прибавки от применения высокого фона минерального питания при этом составили по гороху 239 кг/га (31,0 %), по ячменю 241 кг/га (41,1 %) и по чёрному пару 228 кг/га (28,9 %). То есть, натуральные его прибавки были одного уровня, а относительные по гороху и чёрному пару тоже были близкими, тогда как по ячменю прибавка оказалась более высокой.

В 2018 году (увеличение количества осадков) направленность изменений сбора белка осталась такой же, как и в 2017 году при среднемноголетнем количестве осадков, но характер нарастания его претерпел изменения. Так, по многолетним травам сбор белка также возрос при доведении фона минерального питания до среднего, но его величина заметно выше в натуральном и относительном выражении – 163 кг/га (19,7%). Прирост сбора белка по гороху снизился и составил 55 кг/га (7,3 %). Величина повышения сбора белка по ячменю совпала с той, которая бала получена для средних метеоусловий – 241 кг/га, однако относительное её значение стало более высоким – 58,2 %. Для чёрного пара зависимость увеличения сбора белка сохранилась, но на более высоком уровне – 260 кг/га или 37,3 %.

В условиях недостатка атмосферных осадков – 2019 год – проявилось влияние высокого фона минерального питания в увеличении сбора белка по многолетним травам на 63 кг/га (7,1 %), но величина его ниже, чем в

условиях с повышенной увлажнённостью. Также высокий фон минерального питания оказался более эффективным по гороху, причём, с более высокими значениями, чем в предыдущем, влажном году. Меньшая значимость данного фона минерального питания наблюдалась в посевах по ячменю в повышении сбора белка – 148 кг/га (28,0 %). В условиях года снизилось значение минеральных удобрений по чёрному пару. В 2,6 раза сократился эффект от возрастающих их доз, притом, что максимальное повышение отмечено по среднему фону минерального питания и составило 101 кг/га или 14,0 %.

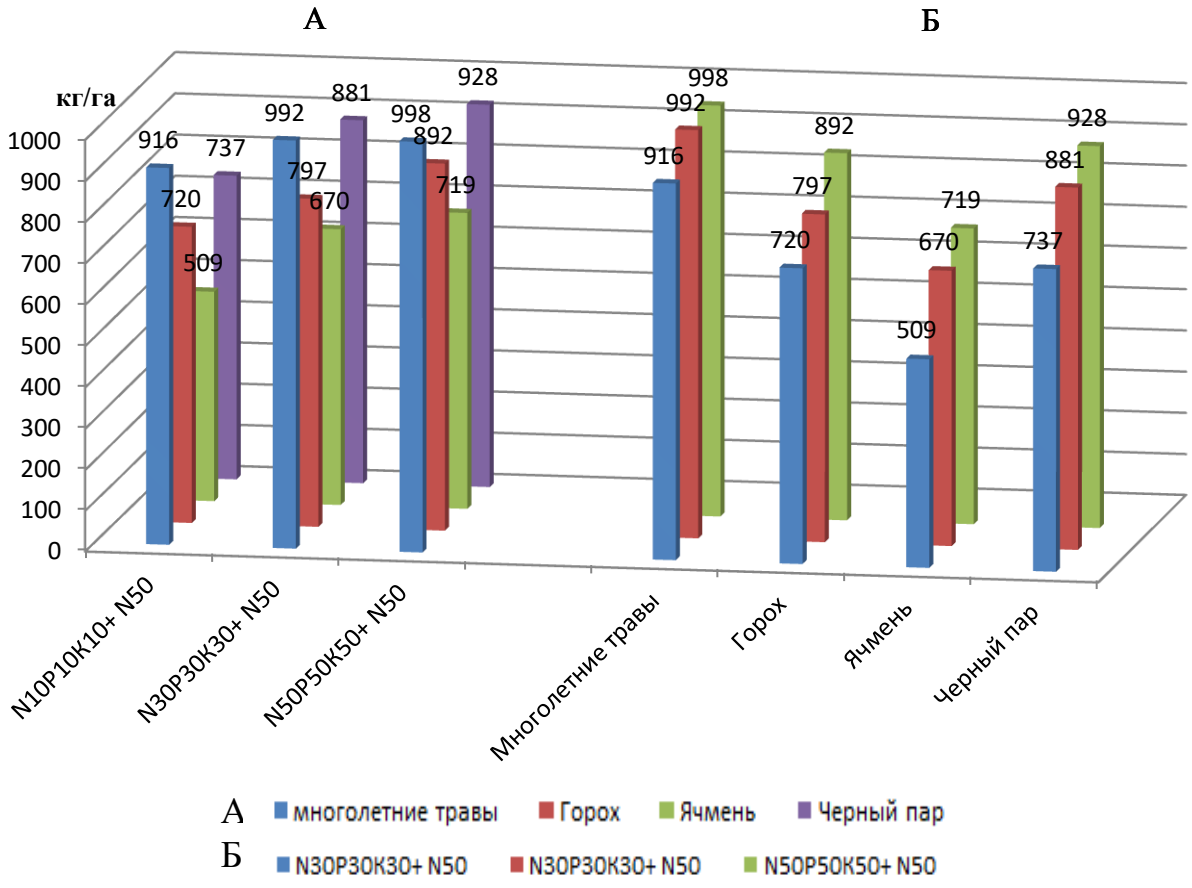


Рисунок 10 - Влияние предшественников на фоне минеральных удобрений (А) и минеральных удобрений на фоне предшественников (Б) на сбор белка, кг/га (2017-2019 гг.)

Следовательно, в повышении сбора белка эффект от возрастающих фонов минерального питания в большей мере по многолетним травам и

гороху проявился при дефиците атмосферных осадков, по чёрному пару – при повышенном их количестве, а по ячменю – практически при всех метеоусловиях, несколько выше при средних значениях и более высоком выпадении осадков.

Таким образом, самым высоким содержанием белка и клейковины в зерне озимой пшеницы с использованием как низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$ (соответственно 13,58 и 25,9 %), так и высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$ (14,16 и 27,3 %) отметились в качестве предшественника многолетние травы.

Уровень содержания белка по чёрному пару, гороху и ячменю относительно содержания его по многолетним травам на высоком фоне минерального питания составил соответственно 91,5, 93,1 и 81,6 % и клейковины 97,8, 91,2 и 77,3 %.

При соответствии качества клейковины II группе «удовлетворительная слабая» применение высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$ обусловило тенденцию к возрастанию показателя ИДК на 7, 6 и 4 единицы, достигая максимальных значений – 93, 92 и 85 соответственно в посевах по многолетним травам, чёрному пару и ячменю, которая свидетельствует о снижении упругости хлеба и повышении его пористости. По гороху при высоких значениях показателя – 89-91единиц направленность варьирования неустойчивая.

Максимальный сбор белка – 998 кг/га обеспечен применением высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$ в посевах озимой пшеницы по многолетним травам.

Сбора белка по чёрному пару, гороху и ячменю относительно сбора по многолетним травам на высоком фоне минерального питания составил соответственно 93,0, 89,4 и 72,0 %.

4.3. Содержание азота, фосфора и калия в зерне озимой пшеницы

Предшественники озимой пшеницы и минеральные удобрения по-разному влияли на содержание азота, фосфора и калия в зерне.

В среднем за 2017-2019 гг. содержание азота как на низком фоне минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50}, так и на высоком его фоне – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} более высоким было при размещении озимой пшеницы по многолетним травам в качестве предшественника, соответственно 2,38 и 2,48 % (табл. 17).

Таблица 17 − Влияние предшественников и минеральных удобрений на содержание азота в зерне озимой пшеницы, %

Фоны * минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	+/-	
					%	%%
Многолетние травы						
$N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50}	2,27	2,36	2,52	2,38	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{50}	2,24	2,54	2,46	2,41	0,03	1,26
$N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50}	2,25	2,53	2,67	2,48	0,10	4,20
Горох						
$N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50}	1,89	2,12	2,07	2,03	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{50}	1,96	2,22	2,22	2,13	0,10	4,93
$N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50}	2,24	2,24	2,46	2,31	0,28	13,79
Ячмень						
$N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50}	1,68	1,63	1,93	1,75	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{50}	1,90	1,86	2,07	1,94	0,19	10,86
$N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50}	1,92	1,99	2,17	2,03	0,28	16,00
Черный пар						
$N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50}	1,94	2,03	2,29	2,09	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{50}	2,09	2,13	2,43	2,22	0,13	6,22
$N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50}	2,28	2,16	2,38	2,27	0,18	8,61
$НСР_{05}$	0,13	0,12	0,15	-	-	-

*Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50}, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{50}, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50}

Повышению содержания азота на 0,28 % способствовало внесение высокого фона минерального питания по сравнению с его низким фоном в посевах озими по гороху и ячменю. Менее значимое повышение наблюдалось по чёрному пару (+ 0,18 %) и многолетним травам (+ 0,10 %).

Анализ показал высокую зависимость содержания азота в зерне озимой пшеницы, как от фонов минерального питания, так и от метеорологических условий проведения исследований, в частности, от атмосферных осадков.

В 2017 году (средние значения метеоусловий) повышение фонов минерального питания не проявилось в варьировании содержания азота в посевах по многолетним травам. По гороху увеличение фонов питания до высокого обусловило повышение его содержания на 0,35 % (18,5 %%), по ячменю – на 0,24 % (14,3 %%) и по чёрному пару – на 0,34 % (17,5 %%).

В 2018 году (повышенное количество атмосферных осадков от средних многолетних значений) увеличение фонов минерального питания способствовало тенденции к росту содержания азота по многолетним травам, гороху и чёрному пару соответственно 0,18, 0,12 и 0,13 % (7,6, 5,7 и 6,4 %%). Повышение его по ячменю более значимо – 0,36 % (22,1 %%).

В условиях недостатка осадков в 2019 году при более высоком содержании азота в зерне интенсивность его повышения по многолетним травам, в связи с увеличением фонов минерального питания, аналогична с условиями повышенного выпадения осадков – 0,15 % (6,0 %%). Такая же как и по чёрному пару – 0,14 % (6,1 %%). Тогда как по гороху она заметно возросла – 0,39 % (18,8 %%), а по ячменю снизилась – 0,24 % (12,4 %%). Следовательно, повышение содержания азота в зерне озимой пшеницы обусловлено увеличением фонов минерального питания по многолетним травам в экстремальных метеоусловиях, по гороху – в большей мере при средних их значениях и недостатке атмосферных осадков, по ячменю – во всех условиях, но предпочтительнее для средних условий и особенно при большем количестве осадков, а по чёрному пару – наибольшее повышение

содержания данного элемента питания наблюдается при средних значениях метеорологических условий.

В зерне озимой пшеницы фосфора содержалось заметно ниже, чем азота (табл. 18).

Таблица 18 − Влияние предшественников и минеральных удобрений на содержание фосфора в зерне озимой пшеницы, %

Фоны * минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	+/-	
					%	%%
Многолетние травы						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	0,30	0,28	0,32	0,30	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	0,35	0,34	0,31	0,33	0,03	10,00
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	0,38	0,33	0,31	0,34	0,04	13,33
Горох						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	0,37	0,29	0,32	0,33	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	0,36	0,32	0,35	0,34	0,01	3,03
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	0,38	0,30	0,39	0,36	0,03	9,09
Ячмень						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	0,38	0,30	0,31	0,33	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	0,39	0,34	0,33	0,35	0,02	6,06
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	0,38	0,32	0,35	0,35	0,02	6,06
Черный пар						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	0,27	0,24	0,34	0,28	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	0,31	0,29	0,33	0,31	0,03	10,71
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	0,30	0,29	0,36	0,32	0,04	14,29
$НСР_{05}$	0,06	0,05	0,07	-	-	-

*Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$

Явно выраженная тенденция к повышению содержания фосфора в среднем за 2017-2019 гг. при применении высокого фона минерального питания по сравнению с его низким фоном проявилась в посевах по многолетним травам и чёрному пару, равная 0,04 % или соответственно 13,33 и 14,29 %%. По гороху и ячменю повышение его менее значимо – 0,03 и 0,02 % или 9,09 и 6,06 %%.

Тенденция к росту его содержания отмечена после таких предшественников, как многолетние травы и горох в результате увеличения доз минеральных удобрений от низкого фона минерального питания до высокого, соответственно на 0,05 и 0,03 % или на 14,29 и 7,89 %%.

При средних значениях метеорологических условий (2017 г.) высок эффект влияния возрастающих фонов минерального питания в повышении содержания фосфора в зерне озимой пшеницы в посевах по многолетним травам (+ 0,08 % или 26,7 %%). По гороху и ячменю влияние увеличения фонов минерального питания не проявилось. По чёрному пару наметилась тенденция к повышению его содержания – 0,03 % (11,1 %%).

В условия повышенного количества осадков (2018 г.) закономерное повышение содержания фосфора в зерне отмечено по многолетним травам и чёрному пару на одинаковую величину – 0,05 % (17,9 и 20,8 %% соответственно). Тенденция к его увеличению наблюдалась по ячменю (+ 0,04 % или 13,3 %%). Изменений по гороху не отмечено.

В условиях дефицита осадков (2019 г.) обозначилась закономерность повышения содержания фосфора по гороху при внесении высокого фона минерального питания – 0,07 % (21,9 %%), а по ячменю – тенденция к его росту – 0,04 % (12,9 %%). При возделывании озимой пшеницы по многолетним травам и чёрному пару изменение содержания фосфора в зерне не наблюдалось. Следовательно, закономерное повышение содержания фосфора в зависимости от возрастающих фонов минерального питания проявилось по многолетним травам в средних метеоусловиях и повышенном

количестве осадков, по гороху – при дефиците осадков и по чёрному пару – при их повышенном количестве.

Калия в зерне озими содержалось также меньше чем азота, но несколько выше, чем фосфора (табл. 19).

Повышение его содержания в среднем за 2017-2019 гг. на 0,05 % наблюдалось по многолетним травам, ячменю и чёрному пару (соответственно на 14,3, 13,2 и 14,7 %%) при увеличении доз минеральных удобрений до среднего фона минерального питания.

Таблица 19 – Влияние минеральных удобрений и предшественников на содержание калия в зерне озимой пшеницы, %

Фоны * минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	+/-	
					%	%
Многолетние травы						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	0,40	0,25	0,41	0,35	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	0,44	0,26	0,40	0,37	0,02	5,71
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	0,47	0,29	0,43	0,40	0,05	14,29
Горох						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	0,47	0,28	0,39	0,38	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	0,45	0,29	0,44	0,39	0,01	2,63
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	0,50	0,30	0,42	0,41	0,03	7,89
Ячмень						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	0,47	0,27	0,39	0,38	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	0,47	0,36	0,45	0,43	0,05	13,16
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	0,47	0,33	0,41	0,40	0,02	5,26
Черный пар						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	0,36	0,27	0,39	0,34	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	0,40	0,39	0,38	0,39	0,05	14,71
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	0,36	0,30	0,44	0,37	0,03	8,82
$НСР_{05}$	0,05	0,04	0,05	-	-	-

*Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$

Закономерное повышение содержание калия в зерне в зависимости от повышения фонов минерального питания отмечено по многолетним травам при средних значениях метеоусловий и повышенном количестве осадков (соответственно + 0,07 и 0,04 %% или + 17,5 и 16,0 %%), по гороху при недостатке атмосферных осадков (+ 0,05 % или + 12,8 %%), при повышенных значениях осадков и их дефиците по ячменю (+ 0,06 % в обоих случаях или соответственно + 22,2 и 15,4 %%) и в засушливых условиях по чёрному пару (+ 0,05 % или 12,8 %%).

Исследованиями выявлено повышение содержания золы в зерне озимой пшеницы в среднем за 2017-2019 гг. при возрастании доз минеральных удобрений (табл. 20).

Её повышение наиболее отчётливо проявилось при возрастании фона минерального питания от низкого до высокого по многолетним травам, гороху и ячменю. Повышение составило соответственно 0,22, 0,16 и ,016 % или 14,97, 10,67 и 10,32 %%.

Наибольшим содержанием золы отмечено зерно, выращенное по ячменю – 1,71 % при использовании высокого фона минерального питания, что выше, чем по многолетним травам, гороху и чёрному пару на 0,02, 0,05 и 0,017 %.

Более значимое повышение содержания золы в зерне в зависимости от метеоусловий наблюдалось в посевах по многолетним травам в год с более высоким количеством осадков (2018 г.), когда увеличение фонов минерального питания способствовало её увеличению на 0,29 % (21,6 %%). При средних значениях и дефиците атмосферных осадков её рост менее выразителен – соответственно 0,16 и 0,21 % (10,7 и 13,5 %%).

По гороху и ячменю повышение содержания золы наблюдалось в условиях недостатка атмосферных осадков соответственно на 0,26 и 0,25 % (16,9 и 16,3 %%).

По чёрному пару повышение её отмечено в год с повышенным количеством осадков на 0,18 % (15,0 %%). А в засушливых условиях

наметилось её снижение под влияние возрастающих фонов минерального питания.

Таблица 20 − Влияние минеральных удобрений и предшественников на содержание золы в зерне озимой пшеницы, %

Фоны * минерального питания	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	+/-	
					%	%%
Многолетние травы						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	1,50	1,34	1,56	1,47	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	1,47	1,43	1,14	1,37	- 0,1	- 6,80
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	1,66	1,63	1,77	1,69	0,22	14,97
Горох						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	1,60	1,36	1,54	1,50	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	1,57	1,39	1,64	1,53	0,03	2,00
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	1,67	1,51	1,80	1,66	0,16	10,67
Ячмень						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	1,51	1,61	1,53	1,55	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	1,49	1,62	1,63	1,58	0,03	1,93
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	1,62	1,73	1,78	1,71	0,16	10,32
Черный пар						
$N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$	1,46	1,20	1,80	1,49	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$	1,40	1,38	1,63	1,47	- 0,02	- 1,34
$N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$	1,54	1,34	1,74	1,54	0,05	3,36

*Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$

Таким образом, в среднем за годы исследований (2017-2019 гг.) наиболее высокое содержание азота в зерне как на низком фоне минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10} + N_{50}$, так и на высоком его фоне – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$ обусловлено размещением озимой пшеницы по многолетним травам в качестве предшественника.

Максимальному повышению содержания азота – на 0,28 % способствовало внесение высокого фона минерального питания по сравнению с его низким фоном в посевах озими по гороху и ячменю, фосфора – на 0,04 % по многолетним травам и чёрному пару, калия – на 0,05% по многолетним травам, чёрному пару и ячменю.

Наибольшим содержанием золы отмечено зерно, выращенное по ячменю – 1,71 % при использовании высокого фона минерального питания.

ГЛАВА 5
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

5.1. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений

Анализ экономической эффективности применения минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы по разным предшественникам показал, что её показатели варьировали в широких пределах (табл. 21).

Таблица 21 − Экономическая эффективность применения минеральных удобрений в зависимости от предшественников озимой пшеницы (2017-2019)

Фоны* минерального питания	Прибавка урожай-ности, т/га	Прибыль от реали-зации, руб./га	Затраты на удоб-рения, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Уровень рентабель ности, %	Себесто-имость продукц.,р уб./т
Многолетние травы						
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	-	-	-	-	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	0,48	5280	3018	2262	75,0	6288
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	0,35	3850	5108	- 1258	- 24,6	14594
Горох						
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	-	-	-	-	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	0,34	3740	2805	935	33,3	9824
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	0,52	5720	5366	354	6,6	10319
Ячмень						
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	-	-	-	-	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	0,94	10340	3719	6621	178,0	3956
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	1,13	12430	6295	6135	97,5	5571
Черный пар						
$N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$	-	-	-	-	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$	0,82	9020	3536	5484	155,1	4312
$N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$	1,23	12430	6447	5983	92,8	5241

*Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}+ N_{50}$, средний – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}+ N_{50}$

В современном земледелии значительный научный и практический интерес представляют технологии, обеспечивающие наибольший экономический эффект, в которых основной составляющей является система удобрений.

Применение среднего фона питания – $N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50} – способствовало получению наибольшего условно чистого дохода – 6621 руб./га и уровня рентабельности 178,0 % при возделывании озимой пшеницы по ячменю. Использование высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} по предшественникам ячмень и чёрный пар обусловило получение несколько меньшего условно чистого дохода – 6135 и 5983 руб./га (- 486 и - 638 руб./га или - 7,3 и - 9,6 %) при уровне рентабельности 97,5 и 92,8 %. Высоким условно чистый дохода был и с применением среднего фона питания по чёрному пару – 5484 руб./га при уровне рентабельности 155,1 %, что ниже максимальных соответствующих показателей по ячменю на 1137 руб./га (- 17,2 %) и 22,9 % (- 12,9 %%).

Возделывание озимой пшеницы по гороху с внесением минеральных удобрений для формирования среднего и высокого фона минерального питания сопровождалось получением невысокого условно чистого дохода, соответственно равного 935 и 354 руб./га и уровня рентабельности 33,3 и 6,6 %.

По многолетним травам экономически оправдано было использование среднего фона минерального питания, способствовавшего получению условно чистого дохода 2262 руб./га при уровне рентабельности 75,0 %. Тогда как применение высокого фона питания привело к убытку в 1258 руб./га. В этом случае окупаемость затрат, связанных с использованием удобрений, составила 75,4 %, а себестоимость продукции была максимальной – 14594 руб./т зерна.

Минимальной себестоимость производства продукции оказалась с внесением минеральных удобрений при создании среднего фона питания по ячменю – 3956 руб./т зерна. На таком же фоне питания по чёрному пару она

была выше на 356 руб./т зерна или на 9,0 %. На высоком фоне минерального питания по ячменю и чёрному пару её величины мало разнятся – соответственно 5571 и 4312 руб./т зерна, что выше минимальных значений на 1615 и 1285 руб./т зерна или на 40,8 и 32,5 %.

Таким образом, наибольший условно чистый дохода 6621 руб./га и уровень рентабельности 178,0 % при минимальной себестоимости производства продукции 3956 руб./т зерна были обусловлены применением среднего фона минерального питания – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$ при размещении посевов озимой пшеницы по ячменю. Высокий фон питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$ по предшественникам ячмень и чёрный пар способствовал получению несколько меньшего условно чистого дохода – 6135 и 5983 руб./га (- 486 и - 638 руб./га или - 7,3 и - 9,6 %) при уровне рентабельности 97,5 и 92,8 %.

По многолетним травам экономически оправдано было использование среднего фона минерального питания, а применение высокого фона питания привело к убытку в 1258 руб./га и максимальной себестоимости продукции – 14594 руб./т зерна.

Внесение минеральных удобрений для формирования среднего и высокого фона минерального питания при возделывании озимой пшеницы по гороху сопровождалось получением невысокого условно чистого дохода, соответственно равного 935 и 354 руб./га.

5.2. Биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений

Выявлению биоэнергетической эффективности применения минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы по разным предшественникам посвящены данные таблицы 22.

Исследованиями установлено, что темпы прироста энергии, накопленной в зерне от применения возрастающих доз минеральных удобрений, не соответствовали темпам увеличения энергетических затрат,

связанных с применением удобрений. Так, в посевах озимой пшеницы по гороху они составили соответственно в 1,5 и 2,1 раза, по ячменю в 1,2 и 1,4 раза и по чёрному пару в 1,5 и 1,7 раза. По многолетним травам в тот момент когда затраты от применения удобрений возросли в 1,3 раза, энергия в прибавке даже снизилась в 1,4 раза. Это привело к тому, что применение высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} по многолетним травам энергетически неэффективно, на что и указывает коэффициент энергетической эффективности 0,93.

Таблица 22 − Биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений в зависимости от предшественников озимой пшеницы (2017-2019)

Фоны* минерального питания	Прибавка урожайности зерна, т/га	Энергия в прибавке от применения удобрений, МДж/га	Затраты энергии от применения удобрений, МДж/га	Энергетический коэффициент, ед.	Энергозатраты, МДж/т прибавки зерна
Многолетние травы					
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	-	-	-	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	0,48	7896	4708	1,68	9810
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	0,35	5758	6170	0,93	17630
Горох					
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	-	-	-	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	0,34	5593	3963	1,42	11660
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	0,52	8554	8404	1,02	16162
Ячмень					
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	-	-	-	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	0,94	15463	7155	2,16	7612
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	1,13	18589	10320	1,80	9133
Черный пар					
$N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50}	-	-	-	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}	0,82	13489	6516	2,07	7946
$N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}	1,23	20234	10852	1,86	8823

*Фоны минерального питания: низкий – $N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50},
средний – $N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50}, высокий – $N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50}

Наиболее энергетически эффективно весенние среднего фона минерального питания – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$ при возделывании озимой пшеницы по ячменю и чёрному пару, о чём свидетельствуют коэффициенты энергетической эффективности, соответственно 2,16 и 2,07. Несколько ниже – 1,80 и 1,86 они были с использованием высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$. На энергетическую целесообразность применения среднего фона питания по многолетним травам и гороху указывают соответствующие коэффициенты энергетической эффективности, равные 1,68 и 1,42.

Энергетические затраты на единицу прибавки основной продукции озимой пшеницы минимальными были в посевах по ячменю и чёрному пару с использованием среднего фона минерального питания, составившими 7612 и 7946 МДж/т прибавки зерна. Доведение дозы минеральных удобрений до высокого фона питания обусловило повышение их соответственно на 1521 и 877 МДж/т зерна или на 20,0 и 11,0 %. Более высокими энергозатраты оказались при внесении среднего фона питания по многолетним травам и гороху – 9810 и 11660 МДж/т зерна, а максимальными – при использовании высокого фона питания – 17630 и 16162 МДж/т зерна. Очевидно, в диапазоне энергозатрат 16162-17630 МДж/т зерна находится тот предел, выше которого нецелесообразно их повышение, с чем согласуются и коэффициенты энергетической эффективности – 0,93 и 1,02.

Таким образом, наиболее энергетически эффективно весенние среднего фона минерального питания – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$ при возделывании озимой пшеницы по ячменю и чёрному пару, о чём свидетельствуют коэффициенты энергетической эффективности, соответственно 2,16 и 2,07. Несколько ниже – 1,80 и 1,86 они были с использованием высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$. Очевидно, в диапазоне энергозатрат на единицу прибавки основной продукции озимой пшеницы 16162-17630 МДж/т зерна находится тот предел, выше которого нецелесообразно их повышение, с чем согласуются и коэффициенты энергетической эффективности – 0,93 и 1,02.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На момент посева озимой пшеницы наименьшие запасы влаги в слое почвы 0-100 см были сосредоточены по многолетним травам – 104 мм и наибольшие – по чёрному пару – 132 мм. Нарастание запасов влаги в период «посев – возобновления вегетации» составило по многолетним травам 94 мм (90,4 %), по гороху 77 мм (65,3 %), по ячменю 75 мм (64,7 %) и по чёрному пару 57 мм (43,2 %). При возобновлении вегетации влагообеспеченность почвы по многолетним травам превосходила таковую по гороху, ячменю и чёрному пару соответственно на 3, 7 и 9 мм (1,5, 3,5 и 4,5 %).

В межфазный период «возобновление вегетации – фаза молочной спелости» снижение запасов продуктивной влаги составило на 133-138 мм или на 69,7-71,7 %. На их затраты в слое 0-30 см приходилось в среднем по предшественникам 23,8 % от затрат в слое 0-100 см. То есть, удельные затраты в пахотном слое почвы составили 1,1 мм/см слоя почвы, а в слое 30-100 см 1,5 мм/см слоя почвы или на 36,4 % больше. Это свидетельствует о более значительном влиянии запасов доступной влаги подпахотных слоёв почвы, по сравнению с из запасами в пахотным горизонте, на ростовые процессы растений озимой пшеницы.

В фазу молочной спелости влагообеспеченность по многолетним травам была выше влагообеспеченности почвы по гороху, ячменю и чёрному пару соответственно на 3, 6 и 4 мм (5,0, 10,0 и 6,7 %).

К моменту уборки урожая по сравнению с фазой молочной спелости произошло повышение влагообеспеченности посевов озимой пшеницы: наименьшее по многолетним травам (+ 18 мм, 30,0 %) и ячменю (+ 22 мм, 38,6 %), наибольшее по гороху и чёрному пару (+ 26 мм по обоим предшественникам, соответственно 45,6 и 46,4 %). Запасы влаги по гороху и черному пару были выше, чем по многолетним травам на 5 и 4 мм.

2. При посеве озимой пшеницы по многолетним травам как по предшественнику, несмотря на то, что на низком фоне минерального питания отмечено наибольшее содержание гумуса, наблюдалось его самое высокое

повышение в слое почвы 0-30 см при использовании высокого фона питания (+ 0,54 % или + 11,3 %%). Несколько меньшее повышение содержания гумуса (+ 0,45 % или 9,7 %%) отмечено при возделывании по гороху на среднем фоне минерального питания. Также на среднем фоне минерального питания при размещении озимой пшеницы по ячменю и чёрному пару наблюдалось самое низкое повышение содержания гумуса, соответственно 0,26 % или 5,6%% и 0,18 % или 3,9%%.

3. Увеличение доз минеральных удобрений от низкого фона питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50} до высокого – $N_{50}P_{50}K_{50}$+ N_{50} обусловило повышение обменной кислотности почвы при возделывании озимой пшеницы по многолетним травам, гороху и ячменю соответственно на 0,17, 0,33 и 0,39 ед. pH, а по чёрному пару – при доведении фона питания до среднего – на 0,23 ед. pH. В почве после возделывания многолетних трав характерен переход кислотности из градации «близкая к нейтральной» в градацию «слабокислая»: от pH 5,62 до pH 5,48-5,45.

4. Увеличение доз минеральных удобрений от низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$+ N_{50} до среднего – $N_{30}P_{30}K_{30}$+ N_{50} – способствовало повышению содержания азота в почве при размещении посевов озимой пшеницы по многолетним травам на 18 мг/кг (+ 12,9 %). По гороху, ячменю и чёрному пару наибольшее его увеличение было отмечено при доведении доз минеральных удобрений до высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50}, которое оказалось равным соответственно 9, 17 и 12 мг/кг (+ 6,5, 12,8 и 9,4 %).

5. При более высоком содержании подвижных фосфатов в почве после гороха при применении низкого фона минерального питания (155 мг/кг) наблюдалось наименее интенсивное их повышение вследствие внесения высокого фона питания (+ 160 мг/кг или 103,2%).

6. Наибольшее повышение содержания обменного калия в почве проявилось с предшественником многолетние травы (+ 152 мг/кг или 100,0 %) при возрастании доз минеральных удобрений от низкого фона минерального

питания до высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50}, обеспечив максимальное его содержание.

7. Наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы – 7,43 т/га обусловлена размещением посевов по чёрному пару в сочетании с высоким фоном минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50}. Относительная её величина по многолетним травам, гороху и ячменю от уровня урожайности по чёрному пару оказалась равной соответственно 97,6, 94,6 и 84,3 %.

8. Самым высоким содержанием белка и клейковины в зерне озимой пшеницы с использованием как низкого фона минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50} (соответственно 13,58 и 25,9 %), так и высокого фона питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} (14,16 и 27,3 %) отметились в качестве предшественника многолетние травы. Уровень содержания белка по чёрному пару, гороху и ячменю относительно содержания его по многолетним травам на высоком фоне минерального питания составил соответственно 91,5, 93,1 и 81,6 % и клейковины 97,8, 91,2 и 77,3 %.

9. При соответствии качества клейковины II группе «удовлетворительная слабая» применение высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} вызвало тенденцию к возрастанию показателя ИДК на 7, 6 и 4 единицы, достигая максимальных значений – 93, 92 и 85 соответственно в посевах по многолетним травам, чёрному пару и ячменю, которая свидетельствует о снижении упругости хлеба и повышении его пористости. По гороху при высоких значениях показателя – 89-91единиц направленность варьирования неустойчивая. Максимальный сбор белка – 998 кг/га обеспечен применением высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} в посевах озимой пшеницы по многолетним травам. Сбора белка по чёрному пару, гороху и ячменю относительно сбора по многолетним травам на высоком фоне минерального питания составил соответственно 93,0, 89,4 и 72,0 %.

10. Наиболее высокое содержание азота в зерне как на низком фоне минерального питания – $N_{10}P_{10}K_{10}$ + N_{50}, так и на высоком его фоне – $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} обусловлено размещением озимой пшеницы по многолетним

травам в качестве предшественника. Максимальному повышению содержания азота – на 0,28 % способствовало внесение высокого фона минерального питания по сравнению с его низким фоном в посевах озими по гороху и ячменю, фосфора – на 0,04 % по многолетним травам и чёрному пару, калия – на 0,05% по многолетним травам, чёрному пару и ячменю.

Наибольшим содержанием золы отмечено зерно, выращенное по ячменю – 1,71 % при использовании высокого фона минерального питания.

11. Самые высокие условно чистый дохода 6621 руб./га и уровень рентабельности 178,0 % при минимальной себестоимости производства продукции 3956 руб./т зерна были обусловлены применением среднего фона минерального питания – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$ при размещении посевов озимой пшеницы по ячменю. Высокий фон питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$ по предшественникам ячмень и чёрный пар способствовал получению несколько меньшего условно чистого дохода – 6135 и 5983 руб./га при уровне рентабельности 97,5 и 92,8 %. По многолетним травам экономически оправдано использование среднего фона минерального питания, а применение высокого фона питания привело к убытку в 1258 руб./га и максимальной себестоимости продукции – 14594 руб./т зерна. При формировании среднего и высокого фона минерального питания возделывание озимой пшеницы по гороху сопровождалось получением невысокого условно чистого дохода, соответственно 935 и 354 руб./га.

12. Наиболее биоэнергетически эффективно весенние среднего фона минерального питания – $N_{30}P_{30}K_{30}+ N_{50}$ при возделывании озимой пшеницы по ячменю и чёрному пару, о чём свидетельствуют коэффициенты энергетической эффективности, соответственно 2,16 и 2,07. Несколько ниже – 1,80 и 1,86 они были с использованием высокого фона минерального питания – $N_{50}P_{50}K_{50} + N_{50}$. Очевидно, в диапазоне энергозатрат на единицу прибавки основной продукции озимой пшеницы 16162-17630 МДж/т зерна находится тот предел, выше которого нецелесообразно их повышение, с чем согласуются и коэффициенты энергетической эффективности – 0,93 и 1,02.

Рекомендации производству

1. В юго-западной части Белгородской области на чернозёме типичном для получения высоких и качественных урожаев озимой пшеницы при размещении по многолетним травам, гороху и ячменю рекомендуется применять минеральные удобрения из расчёта $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{50} (насыщенность 1 га севооборотной площади $N_{50}P_{37,5}K_{37,5}$), а по чёрному пару - $N_{50}P_{50}K_{50}$ + N_{50} (насыщенность $N_{80}P_{67,5}K_{67,5}$).

2. В условиях региона наиболее предпочтительным предшественником озимой пшеницы как с точки зрения урожайности и качества продукции, так и плодородия почвы, являются многолетние травы, обусловившие наибольшее повышение содержание гумуса и подвижных форм элементов питания, а также наименьшее увеличение обменной кислотности при увеличении доз минеральных удобрений, в отличие от предшественников ячменя и гороха, в севооборотах с которыми необходимо контролировать благоприятную реакцию среды методом химической мелиорации.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейших исследованиях планируется изучение доз минеральных удобрений по разным предшественникам с привлечением новых перспективных, адаптированных к условиям региона сортов озимой пшеницы, более совершенных видов удобрений, разработка математических моделей регулирования основных показателей плодородия почв, формирования урожайности и качества зерна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин, Н.С. Научные основы применения удобрений. – М.: Колос, 1972. – 320 с.

2. Авраменко, П.С. Накопление основных элементов питания растений в черноземе и потребление их культурами при систематическом применении удобрений в севооборотах / П.С. Авраменко, А.Я. Гетманец, В.В. Турчин // Агрохимия. − 1975.− № 5. − С. 39-49.

3. Агротехника озимой пшеницы [Текст] / Я. В. Губанов, Н. Г. Потеха, И. А. Кузнецов [и др.] – М.: Колос, 1967. – 400 с.

4. Лазарев В.И. Агротехническая характеристика предшественников озимой пшеницы в Курской области / В.И. Лазарев, Р.И. Лазарева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2018. − №5. − С. 5-9.

5. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство / Под ред. академика РАСХН В. И. Кирюшина, академика РАСХН А. Л. Иванова. − М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2005. − 784 с.

6. Адаптивные технологии возделывания озимой пшеницы / П.Н. Рыбалкин, В.И. Нечаев, П.П. Васюков, А.А. Гортлевский // Земледелие 2001. – №4. – С. 7-9.

7. Азизов, З.М. Ресурсосберегающие приемы возделывания озимой пшеница / З.М. Азизов, // Аграрная наука. – 2017. – №5. – С. 10-12.

8. Айдиев, А.Я. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в условиях Курской области / А.Я. Айдиев, В.И. Лазарев, М.Н. Котельникова // Земледелия. – 2017. – №1. – С. 37-39.

9. Анисимов А.И. Проблемы эффективного использования земли / А.И. Анисимов, В.И. Забара, В.Г. Ржевский [и др.]. − Белгород: Крестьянское дело. – 2000. – 80 с.

10. Асланов, Г.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы / Г.А. Асланов // Достижения науки и техники АПК. − 2006. − №10.− С. 30-31.

11. Бабицкий, А.Ф. Урожай и урожайные качества семян пшеницы / А.Ф. Бабицкий // Аграрная наука. – 2012. – №7. – С. 20-22.

12. Баршадская, С.И. Длительное удобрение чернозема и урожайность озимой пшеницы / С.И. Баршадская, К.Ф. Мигуля, Н.К. Чеботарева // Земледелие. – 2005. – №3. – С. 8-10.

13. Бесланеев, С.М. Влияние гумата ‹‹плодородие›› на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / С.М. Бесланеев, М.Б Багов, А.И. Сарбашева // Аграрная наука. – 2014. – №9. – С. 15-16.

14. Беспамятный, В.И. Срок посева, влага, урожай / В.И. Беспамятный, А.А. Каштанов, В.И. Столяров // Земледелие. – 2003. – №1. – С. 23.

15. Биотестирование длительно окультуренного чернозема выщелоченного разного уровня удобренности / И.Д. Свистова, Л.Д. Стахурлова, М.В. Еременко, А.Ю. Бендяк // Агрохимия. – 2011. – №5. – С. 54-59.

16. Боева, Н.Н. Параметры изменения показателей плодородия чернозема типичного при многолетнем использовании удобрений / Н.Н. Боева, Г.М. Дериглазова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2019. − №2. − С. 42-44.

17. Бородин, Н.Н. Пшеница на Дону / Н.Н. Бородин. – Ростов-на-Дону: кн. ид-во. – 1976. − 127 с.

18. Бородин, Н.Н. Пшеница на Дону [Текст] / Н.Н. Бородин. - 2-е изд., перераб. − Ростов н/Д : Кн. изд-во, 1976. − 128 с.

19. Брескина, Г.М. Оценка биологического состояния чернозема типичного на различных видах угодий / Г.М. Брескина, Н.Н. Трутаева, Н.А. Чуян // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2018. − №5.− С. 24-28.

20. Бровкин, В.И. Эффективность возделывания озимой пшеницы в различных звеньях севооборота / В.И. Бровкин, А.Н. Уланов // Земледелие. – 2008. – №8. – С . 34-35.

21. Бровкин, В.И. Как повысить урожайность озимой пшеницы / В.И. Бровкин, С.Ф. Соколенко // Защита и карантин растений. − 2010. − №11. − С. 20-22.

22. Букреева, Г.И. Оптимизация системы удобрений при возделывании сортов филлеров озимой мягкой пшеницы / Г.И. Букреева, Ю.Ф. Осипов // Земледелие. – 2010. – №1. – С. 46-48.

23. Васюков, П.П. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы / П.П. Васюков, Г.В. Чуварлеев, В.И. Цыганков // Земледелие. – 2006. – №1. – С. 26-27.

24. Вахмистров, Д.Б. Оптимизация суммарной дозы N+P+K и соотношения N:P:K в удобрении озимой пшеницы для лесостепи Украины / Д.Б. Вахмистров, В.В. Смирнова // Агрохимия. − 1991. − №4.− С. 25-34.

25. Влияние внесения удобрений на биологические свойства почвы / Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев, И.В. Кулишова, Н.В. Ширяева // Инновация в АПК: Проблемы и перспективы. – 2017. – №2. – С. 71-76.

26. Влияние длительного применения минеральных и органических удобрений на фосфатный фонд чернозема типичного легкосуглинистого / Б.С. Носко, А.И. Шевченко, В.И. Бабынин, Л.Н. Бурлакова // Агрохимия. – 2008. – №9. – С. 23-26.

27. Влияние длительного применения технологической нагрузки различной интенсивности на урожайность озимой пшеницы / С.И. Тютюнов, П.И. Солнцев, Н.К. Шаповалов // Сахарная свекла. – 2016. − №1. − С. 41-44.

28. Влияние длительного применения удобрений на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / С.Х. Дзанагов, Т.К. Лазаров, Б.С. Калоев, З.А. Кубатиева, Р.В. Калагова // Агрохимия. – 2019. – №4. – С. 31-38.

29. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на использование влаги посевами озимой пшеницы / В.И. Каргин, А.А. Ерофеев, И.А. Латышова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №11. – С. 14-16.

30. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в условиях Кабардино-Балкарии / Х.А. Малкандуев, А.М. Ашхотов, А.Х. Малкандуева, Р.И. Шамурзаев // Аграрная Россия. – 2014. − №6. − С. 15-17.

31. Влияние последействия основной обработки почвы на засоренность посевов и продуктивность озимой пшеницы / Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев, А.И. Титовская, С.И. Смуров // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. − 2016. − №3. − С. 72-77.

32. Влияние предшественников на повышение урожайности и качество зерна озимой пшеницы в условиях степной зоны Балкарии / Х.А. Малкандуев, А.М. Ашхотов, А.Х. Малкандуева, Р.И. Шамурзаев // Сахарная свекла. – 2014. − №7. − С. 42-44.

33. Влияние природных и антропогенных факторов на физико-химические свойства чернозема выщелоченного и его загрязнение тяжелыми металлами / А.Х. Шеуджен, Н.Н. Нещадим, Н.Г. Гайдукова, И.В. Шабанова // Агрохимия. – 2019. – №1. – С. 19-28.

34. Влияние система удобрений и способов обработки почвы на реакцию почвенного раствора чернозема урожайность озимой ячменя / Н.В. Гомова, А.Н. Есаулко, А.А. Беловолова, Ю.И. Гречишкина // Агрохимический вестник . – 2018. – №4. – С. 24-26.

35. Влияние систематического внесения удобрений и предшественников на урожай и качество зерна озимой пшеницы / А.В. Федюшкин, С.В. Пасько, А.В. Парамонов, В.И. Медведева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. − 2017. − №4. − С. 65-68.

36. Влияние удобрений и способов основной обработки почвы на питательный режим чернозема типичного / Л.Н. Кузнецова, А.В. Акинчин, С.А. Линков, А.Г. Ступаков // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2012. − №6. − С. 48-51.

37. Влияние фосфогипса и серосодержащих удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе / В.С. Цховребов, А.В. Умаров, А.М. Никифорова, Д.В. Калугии // Агрохимический вестник. – 2018. – №4. – С. 21-23.

38. Влияние хозяйственного баланса питательных веществ в севооборотах на плодородие черноземы типичного / А.В. Смык, П.Г. Акулов, Б.Ф. Азаров [и др.] / Матер. Всероссийской научно-практической конференции “Системы воспроизводства плодородия почвы в ландшафтном земледелии // Белгород: Крестьянское дело. – 2001. – С. 193-195.

39. Волынкин, В.И. Влияние длительного применения удобрений на урожайность культур и агрохимические свойства выщелоченного чернозема лесостепи Зауралья / В.И. Волынкин, О.В. Волынкина // Агрохимия. – 2011. – №4. – С. 30-37.

40. Воронцов, В.А. Влияние способов основной обработки почвы и средств химизации на урожайность озимой пшеницы / В.А. Воронцов, О.М. Иванова // Аграрная наука. – 2001. – №6. – С. 17-19.

41. Гайфуллин, Р.Р. Эффективные приемы возделывания озимой пшеницы / Р.Р. Гайфуллин, Р.Р. Исмагилов // Земледелие. – 2006. – №1. – С. 27-28.

42. Галиченко, И.И. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников / И.И. Галиченко // Земледелие. – 2012. – №1. – С. 34-36.

43. Ганжара, К.Ф. Баланс гумуса в почвах и пути его регулирования / К.Ф. Ганжара // Земледелие. − 1986. − №10. − С. 7-9.

44. ГОСТ 13586.1 – 68. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. М.: Издательство стандартов, 1969.− С. 3-5.

45. Грабовец, А.И. Роль некорневых подкормок при возделывании озимых пшеницы и тритикале в условиях засухи / А.И. Грабовец, К.Н. Бирюков // Земледелия. – 2018. – №7. – С. 36-38.

46. Губанов Я.В. Озимая пшеница / Я.В. Губанов, Н.Н. Иванов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 303 с.

47. Гулянов, Ю.А. Роль азотсодержащих минеральных удобрений в формировании полноценного зерна озимой пшеницы на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / Ю.А. Гулянов, А.С. Коренной, Е.Е. Дорошева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. − №2.− С. 24-26.

48. Гулянов, Ю.А. Влияние осенне-летнего режима азотного питания озимой пшеницы на урожайность зерно на чернозёмах Южного Урала / Ю.А. Гулянов, М.С. Карпов, А.С. Коренной // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. − №1. − С. 23-26.

49. Гулянов, Ю.А. Посевные свойства зерна озимой пшеницы при адаптации приёмов её возделывания к условиям степной зоны Оренбургского Предуралья / Ю.А. Гулянов, Д.Ж. Досов, И.М. Агеев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. − 2014. − №1. − С. 45-47.

50. Гулянов, Ю.А. Эффективность использования ресурсов влаги при различном сочетании приёмов удобрения озимой пшеницы на чернозёмах южном Оренбургского Предуралья / Ю.А. Гулянов, Д.Ж. Досов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. − 2014. − №2. − С. 36-39.

51. Гулянов, Ю.А. Урожай озимой пшеницы и его структура / Ю.А. Гулянов // Земледелия. − 2003. − №5. − С. 12.

52. Гулянов, Ю.А. Формирование плотности продуктивного стеблестоя озимой пшеницы при различных уровнях минерального питания в условиях Оренбургского Предуралья / Ю.А. Гулянов, Д.Ж. Досов // Известия

оренбургского государственного аграрного университета. − 2012. − №5. − С. 45-49.

53. Гуреев, И.И. Оптимизация питания сельскохозяйственных культур / И.И. Гуреев // Сахарная свекла. – 2017. − №5. − С. 10-13.

54. Дедов А.В. Бинарные посевы ЦЧР: монография / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, Т.Г. Кузнецова. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – 139 с.

55. Деревянко, А.Н**.** Методические указания по составлению прогноза показателей качества зерна озимой пшеницы в Черноземной зоне СССР / А.Н. Деревянко; Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, Гидрометеорологический научно-исследовательский центр СССР. - М.: Гидрометцентр СССР, 1989. − 10 с.

56. Динамика десорбции подвижного калия из черноземов / Т.А. Соколова, Д.Н. Осипова, С.Е. Иванова, А.В. Киршин // Почвоведение. – 2018. – №8. – С. 965-976.

57. Динамика фракционного состава минеральных фосфатов чернозема типичного при длительном применении удобрений / Б.С. Носко, В.И. Бабынин, Т.А. Юнакова, Л.Н. Бурлакова // Агрохимия. – 2003. – №3. – С. 27-34.

58. Долгополова, Н.В. Влияние минеральных удобрений на зимостойкость озимой пшеницы в зависимости от способов подкормки и сроков внесения / Н.В. Долгополова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 23-26.

59. Долгополова, Н.В. Влияние предшественников на урожайность и качество зерна посевов озимой пшеницы / Н.В. Долгополова // Вестник Курской ГСХА. – 2015. – №5. – С. 49-52.

60. Долгополова, Н.В. Почвенно-климатические условия и эффективность минеральных удобрений в Центрально-Черноземной зоне / Н.В. Долгополова, И.Я. Пигорев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – №8. – С. 55-57.

61. Доманов, Н.М. Совершенствование агротехники озимой пшеницы в Белгородской области / Н.М. Доманов, П.И. Солнцев, М.Н. Доманов // Земледелие. – 2009. – №4. – С. 9-10.

62. Доманов, Н.М. Эффективность агротехнологий возделывания озимой пшеницы при различных погодных условиях / Н.М. Доманов, П.И. Солнцев // Белгородский агромир. − 2011. − №1. − С. 17-19.

63. Досов, Д.Ж. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от условий минерального питания на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / Д.Ж. Досов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. − 2012. − №2. − С. 8-10.

64. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. − С.44 – 45.

65. Достижения и перспективы селекции озимой пшеницы Белгородской ГСХА / М.И. Павлов, В.Т. Городов, И.В. Оразаева, И.В. Кулишова // Достижения науки и техники АПК. − 2009. − №11. − С. 27-29.

66. Дубовик, Д.В. Влияние агротехнических приемов в различных погодных условиях на урожай зерна озимой пшеницы / Д.В. Дубовик, Д.Ю. Виноградов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. −2014. − №4. − С. 44-46.

67. Дубовик, Д.В. Погодные условия зимнего периода и урожайность озимой пшеницы / Д.В. Дубовик, Д.Ю. Виноградов // Достижения науки и техники АПК. − 2013. − №5. − С. 23-24.

68. Дубовик, Д.В. Влияние климатических условий года на урожайность озимой пшеницы / Д.В. Дубовик, Д.Ю. Виноградов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2012. − №7. − С. 46-47.

69. Елфимова, Л.А. Экологические аспекты применения удобрений на черноземе типичном юго-западной части Центрально-Черноземного региона

/ Л.А. Елфимова, Т.С. Морозова, С.Д. Лицуков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. − 2017. − №1. − С. 81-88.

70. Ермаков, В.В. Влияние минеральных удобрений и предшественников на качество зерна озимой пшеницы в зависимости от экспозиции склона / В.В. Ермаков, Д.В. Дубовик // Агрохимия. – 2005. – №4. – С. 16-21.

71. Есаулко, А.Н. Оптимизация питание сортов озимой пшеницы путем внесения расчетных доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности / А.Н. Есаулко, А.Ю. Ожередова, Н.В. Громова // Агрохимический вестник . – 2018. – №4. – С. 3-7.

72. Зерновые культуры (выращивание, уборка, доработка и использование): учебно-практическое рук-во / [Дитер Шпаар и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. - 3-е изд., дораб. и доп.– М.: «DLV Агродело», 2008. – 656 с.

73. Зюба, С.Н. Влияние фонов минерального питания и предшественников на продуктивность озимых культур / С.Н. Зюба, Л.Н. Дернова // Белгородский агромир. – 2013. – №2. – С. 23-27.

74. Изменение водопотребления озимой пшеницы и запасов продуктивной влаги под влиянием севооборотов, способов основной обработки почвы и удобрений / Н.А. Линков, С.А. Линков, А.В. Акинчин, Л.Н. Кузнецова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2012. − №6. − С. 42-45.

75. Изменение реакции среды почвенного раствора чернозема выщелоченного в связи с длительным применением систем удобрений / Ю.И. Гречишкина, А.Н. Есаулко, М.С. Сигида, Коростылев С.А. // Агрохимический вестник. – 2016. – №3. – С. 7-10.

76. Ильинская, И.Н. Экологическая устойчивость озимой пшеницы на чернозёмах южных Ростовской области / И.Н. Ильинская, М.А. Балахонский

// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. − №3. − С. 173-175.

77. Ильюшенко, И.В. Применение азотных удобрений под сахарную свеклу при различной обеспеченности черноземов минеральным азотом и подвижным фосфором / И.В. Ильюшенко // Агрохимический вестник. – 2018. – №1. – С. 31-33.

78. Использование азота горчицы белой озимой пшеницей в зависимости от способа внесения азотных удобрений / А.А. Завалин, Н.Я. Шмырева, О.А. Соколов, А.С. Авилов // Земледелия. – 2016. – №5. – С. 15-16.

79. Ишмухамедова, Р.Ч. Влияние подкормки озимой мягкой пшеницы через корни и листья на качество зерна / Р.Ч. Ишмухамедова, Р.З. Хасанова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – №5. – С. 36-37.

80. Калиненко, И.Г. Усовершенствованная технология возделывания озимой пшеницы / И.Г. Калиненко, В.И. Ковтун // Земледелия. − 2000. − №1. − С. 12.

81. Карабутов, А.П. Особенности агротехники озимой пшеницы в меняющихся погодных условиях / А.П. Карабутов, Г.И. Уваров, А.А. Найдёнов // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №9. – С. 43-45.

82. Карабутов, А.П. Калийный режим чернозема типичного под влиянием элементов агротехнологии / А.П. Карабутов, Г.И. Уваров // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. − 2015. − №3. − С. 58-66.

83. Карманенко, Н.М. Поглощение и использование растениями озимой пшеницы элементов минерального питания в условиях низких температур и адаптации к ним / Н.М. Карманенко, Н.В. Остапенко // Агрохимия. – 2002. – №4. – С. 31-36.

84. Карпинец, Т.В. Влияние поздних некорневых подкормок азотом, фосфором, калием на качество зерна озимой пшеницы / Т.В. Карпинец, Д.В. Дубовик // Агрохимия. – 2001. – №4. – С. 22-27.

85. Качество зерно сортов озимой пшеницы / А.Ф. Сухоруков, А.А. Сухоруков, Е.Н. Шаболкина, Л.В. Пронович // Аграрная наука. – 2017 − №4.− С. 6-10.

86. Котлярова, О.Г. Баланс питательных веществ при возделывании озимой пшеницы с использованием средств химизации на черноземе типичном / О.Г. Котлярова, М.Н. Доманов // Агрохимия. – 2002. – №5. – С. 12-16.

87. Кирпичников, Н.А. Оценка систематического применения средств химизации при возделывании озимой пшеницы / Н.А. Кирпичников, А.М. Алиев, Н.И. Цимбалист // Агрохимический вестник. − 2018. − №3. − С. 15-18.

88. Князев, Б.М. Урожайность и технологические свойства зерно озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания / Б.М. Князев, Д.А. Дзагова // Зерновой хозяйство. – 2004. – №4. – С. 8-9.

89. Ковтун, В.И. Урожайность высота растений и устойчивость к полеганию новых сортообразцов озимой мягкой пшеницы на юге росит / В.И. Ковтун, Л.Н. Ковтун // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – №4. – С. 45-47.

90. Константинов, А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1978. – 263 с.

91. Конончук, В.В. Предшественник и удобрение зерновых культур в севооборотах Центрального Нечерноземья / В.В. Конончук, М.С. Гончаренко, М.В. Бородуля // Агрохимический вестник. – 2013. – №6. – С. 8-3.

92. Косилова, А.Н. Статистический анализ зимостойкости и урожайности озимой пшеницы различных сортов в Центральном Черноземье / А.Н. Косилова, Ю.Л. Лукин, С.О. Стрыгина // Агрохимия. – 2000. – №6. – С. 52-57.

93. Котельникова, М.Н. Влияние системы удобрения и способа основной обработки почвы на урожайность зерна озимой пшеницы в условиях Курской области / М.Н. Котельникова, В.И. Лазарев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2015.− №8. − С. 110-114.

94. Кудашкин, М.И. Эффективность минеральных удобрений, хелатов микроэлементов и средств защиты растений при выращивании озимой пшеницы / М.И. Кудашкин // Агрохимия. – 2011. – №5. – С. 26-34.

95. Лисовой, Н.В. Эффективность минеральных удобрений под озимую пшеницу на почвах Украины / Н.В. Лисовой // Агрохимический вестник. −1998. − №14. − С. 10-13.

96. Логвинов, И.В. Оценка эффективности предшественников озимой пшеницы, возделываемой в агротехнологиях разного уровня интенсивности в условиях юго-запада ЦЧР / И.В. Логвинов // Земледелия. – 2017. – №6. – С. 12-15.

97. Лопачев, Н.А., Основа высоких урожаев озимой пшеницы / Н.А. Лопачев, А.Ф. Мельник // Земледелие. – 2003. – №5. – С. 32-33.

98. Лукин, Л.Ю. Влияние длительного применения удобрений на гумусное состояние чернозема типичного и урожай озимой пшеницы / Л.Ю. Лукин, Г.В. Дубанина, А.Н. Косилова // Агрохимия. −1999. − №12. − С. 36-40.

99. Лукин, С.В. Динамика кислотности и проведение химической мелиорации пахотных почв в Белгородской области / С.В. Лукин // Агрохимический вестник. – 2016. – №6. – С. 2-6.

100. Лукин, С.В. Опыт биологизации земледелия в Белгородской области / С.В. Лукин // Агрохимический вестник. – 2017. – №5. – С. 21-23.

101. Лукин, С.В. Влияние удобрений и погодных условий на урожайность озимой пшеницы / С.В. Лукин, В.П. Сушков // Зерновой хозяйство. – 2004. – №3. – С. 2-4.

102. Лукин, С.В. Динамика урожайности озимой пшеницы в Белгородской Области / С.В. Лукин // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №7. – С. 52-55.

103. Лухменёв, В.П. Оптимизация приёмов возделывания озимой пшеницы в Предуралье / В.П. Лухменёв // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. − 2012. − №5. − С. 42-45.

104. Магомедов, Н.Р. Совершенствование технологии возделывания новых высокоурожайных сортов озимой пшеницы / Н.Р. Магомедов, Д.С. Магомедова, С.О. Ахмедова // Аграрная наука. – 2016. – №10. – С. 19-21.

105. Макаров, Р.Ф. Влияние удобрений на продуктивность севооборота и изменение их эффективности во времени на черноземе типичном / Р.Ф. Макаров, В.В. Архипова // Агрохимия. – 2001. – №4. – С. 31-34.

106. Мельник, А.Ф. Формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы / А.Ф. Мельник // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №2. – С. 23-28.

107. Мельник, А.Ф. Повышение эффективности адаптивных технологий выращивания озимой пшеницы / А.Ф. Мельник // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №4. – С. 21-25.

108. Мельник, А.Ф. Приемы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы / А.Ф. Мельник, Л.А. Нечаев, В.А. Фомочкин // Земледелие. – 2011. – №3. – С. 36-37.

109. Мельников, В.И. Оптимизация питательного режима сахарной свеклы и озимой пшеница в условиях Белгородской Области / В.И. Мельников, В.В. Никитин, А.М. Вовк // Агрохимический вестник. – 2017. – №1. – С. 31-33.

110. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Г.Е. Мерзлая, Г.А. Зябкина, Т.П. Фомкина, А.В. Козлова // Агрохимия. – 2012. – №2. – С. 37-46.

111. Мерзлая, Г.Е. Эффективность навоза и минеральных удобрений при выращивании озимой пшеницы / Г.Е. Мерзлая, В.А. Гаврилова, Н.Л. Булыга // Агрохимия. −1991. − №4. − С. 35-39.

112. Минакова, О.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений и навоза на гумусовое и азотное состояние чернозема выщелоченного в зерносвекловичном севообороте лесостепи ЦЧЗ / О.А.

Минакова, Л.В. Тамбовцева, А.И. Громовик // Агрохимия. – 2011. – №5. – С. 18-25.

113. Минеев, В.Г. Состояние и перспективы применения минеральных удобрений в мировом и отечественном земледелии / В.Г. Минеев, Л.А. Бычкова // Агрохимия. −2003. − №8. − С. 5-12.

114. Минеев, В.Г. Агрохимия: Учебник. - 2-е изд., перераб. и доп. − М: МГУ, «КолосС», 2004. − 720 с.

115. Минеев, В.Г. Удобрение озимой пшеницы / В. Г. Минеев. – М.: Колос, 1973. − 208 с.

116. Мовсумов, З.Р. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от доз минерадьных удобрений / З.Р. Мовсумов, В.Ф. Кулиев // Агрохимия. − 2003. − №9. − С. 42-46.

117. Морозова, Т.С. Аккумуляция кадмия в почве и растениях озимой пшеницы под влиянием удобрений / Т.С. Морозова, С.Д. Лицуков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. − 2016. − №4. − С. 91-97.

118. Морозова, Т.С. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от видов и доз удобрений на черноземе типичном в условиях юго-западной части ЦЧР / Т.С. Морозова, С.Д. Лицуков // Инновации в АПК: Проблемы и перспективы. – 2018. – №4(20). – С. 119-128.

119. Муха, В.Д. Изменение физико-химических свойств чернозема типичного при его длительном сельскохозяйственном использовании / В.Д. Муха, В.И. Лазарев // Агрохимия. – 2003. – №1. – С. 5-7.

120. Назырова, Ф.И. Влияние удобрений на буферные свойства чернозема типичного карбонатного / Ф.И. Назырова // Агрохимия. − 2002. − №2. − С. 5-12.

121. Наконечная, З.И. Удобрения и урожай полевых культур. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1981. − 197 с.

122. Наумкина, Л.А. Предшественники и удобрение озимой пшеницы в условиях Белгородской области / Л.А. Наумкина, А.Н. Смелый // Земледелие. – 2007. – №1. – С. 28-29.

123. Наумченко, Е.Т. Урожайность пшеницы по фону разной обеспеченности почвы подвижным фосфором / Е.Т. Наумченко, Е.В. Банецкая // Вестник российской сельскохозяйственной науки. − 2018. − №2. − С. 20-24.

124. Несмеянова, М.А. Занятый пар как предшественник озимой пшеницы в условиях Юго-Востока ЦЧР / М.А. Несмеянова, А.В. Дедов, А.А. Дедов // Вестник НГАУ. – 2015. – №3. – С. 31-37.

125. Никитишен, В.И. Эффективность прямого действия и последействия длительного применения удобрений на серой лесной почве / В.И. Никитишен, В.И. Личко // Агрохимия. – 2011. – №1. – С. 11-19 .

126. Никитин, В.В. Влияние длительного применения удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы / В.В. Никитин, В.В. Навальнев // Агрохимический вестник. – 2016. – №5. – С. 33-36.

127. Никитишен, В.И. Питание и удобрение озимой пшеницы на черноземе / В.И. Никитишен. – М.: Наука, 1977. – 103 с.

128. Никульников, И.М. Повышение плодородия черноземов / И.М. Никульников, О.К. Боронтов // Земледелие. – 2003. – №5. – С. 30-31.

129. Носко, Б.С. Последействие удобрений на физико-химические и агрохимические свойства чернозема типичного / Б.С. Носко, В.И. Бабынин, Е.Ю. Гладких // Агрохимия. – 2012. – №4. – С. 3-13.

130. Овсянникова, Г.В. Влияние удобрение на развитие озимой пшеницы / Г.В. Овсянникова // Земледелие. – 2006. – №1. – С. 28.29.

29. Озимая пшеница / (сост. Л.В. Горынин) – М.: Россельхозиздат, 1979. – 160 с.

131. Оптимизация доз минеральных удобрений под озимую пшеницу по данным факториального опыта / В.И. Гамалей, Ю.Г. Фищенко, А.Л. Суконник [и др.]. − Агрохимия. − 1983. − №3. − С. 63-68.

132. Оптимизация севооборотов в условиях интенсификации биологических факторов в земледелии Центрально−Черноземного региона / В.Н. Наумкин, Л.А. Наумкина, Н.А. Лопачев, В.А. Стебаков // Вестник

Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №2. – С. 33-34.

133. Оценка эффективности применения минеральных удобрений и биопрепаратов под озимую пшеницу / В.И. Каргин, Р.А. Захаркина, И.А. Латышова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. − 2017. − №7. − С. 21-23.

134. Ореховская, А.А. Азотный режим чернозема типичного и продуктивность озимой пшеницы под влиянием севооборотов, способов основной обработки почвы и удобрений в условиях ЦЧР / А.А. Ореховская, А.Г. Ступаков // Белгородский агромир. – 2014. − №7. − С. 29-31.

135. Панкова, Т.И. Оценка связи физико-химических свойств чернозема типичного с показателями его плодородия на пашне / Т.И. Панкова, Н.П. Масютенко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2016. − №9. − С. 103-108.

136. Парамонов, А.В. Влияние систематического внесения удобрений и предшественников на урожайность озимой пшеницы / А.В. Парамонов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – №4. – С. 43-45.

137. Пасько, С.В. Эффективность сортов озимой пшеницы при внесении удобрений / С.В. Пасько // Земледелие. – 2009. – №7. – С. 41-43.

138. Петербургский, А.В. Корневое питание растений / А.В. Петербургский. - М.: Сельхозгиз, 1957. – 161 с.

139. Пешкова, А.А. Формирование зимостойкости озимой пшеницы в зависимости от условий вегетации и уровня минерального питания / А.А. Пешкова, Н.В. Дорофеев // Агрохимия. −1998. − №6. − С. 26-33.

140. Плешков, Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков. - Изд. 3-е, доп. и перераб. − М.: Колос. − 1975. − 496 с.

141. Покудин, Г.П. Влияние удобрений и мелиорантов на питательный режим почвы и урожайность озимой пшеницы / Г.П. Покудин, О.А. Богатых // Земледелие. – 2007. – №3. – С. 16-17.

142. Попов, П.Д. Применять минеральные удобрения – выгодно / П.Д. Попов // Земледелие. – 2003 − №1. – С. 16-18.

143. Приёмы повышения урожайности озимой пшеницы и сахарной свеклы в Белгородской области / А.П. Карабутов, Г.И. Уваров, В.Д. Соловиченко, А.А. Найдёнов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2012. − №7. − С. 49-51.

144. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы при возделывании по различным технологиям с включением элементов биологического земледелия в Белгородской области / С.И. Смуров, Г.С. Агафонов, О.В. Григоров [и др.] // Белгородский агромир. – 2012. – №2. – С. 16-19.

145. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от удобрений и предшественников / А.И. Титовская, Л.Н. Кузнецова, А.Г. Ступаков [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. − 2017. − №3. − С. 116-125.

146. Прокина, Л.Н. Влияние минеральных удобрений и микроэлементов на фоне известкования почвы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зернотравяном севообороте / Л.Н. Прокина // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – №3. – С. 13-15.

147. Прошкин, В.А. Моделирование эффективности минеральных удобрений по показателям агрохимических свойств почвы / В.А. Прошкин // Агрохимия. – 2012. – №7. – С. 16-27.

148. Пруцков, Ф.М. Озимая пшеница / Ф.М. Пруцков. – 2-е изд. перераб. и доп. − М.: Колос, 1976. – 351 с.

149. Пшеница / В.И. Бондаренко, Н.А. Федорова, Е.М. Лебедев [и др.]; Ред. коллегия: В.Н. Ремесло, акад. (отв. ред.) [и др.]. − Киев: Урожай, 1977. − 427с.

150. Пшеница / Л.А. Животков, С.В.Бирюков, А.Я. Степаненко [и др.] / под ред. Л.А. Животкова. – К.: Урожай, 1989. – 318 с.

151. Ряховский, А.В. Направление и степень воздействия минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях

центральной зоны Оренбургской области / А.В. Ряховский, Г.Ф. Ярцев, С.И. Лысенко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. − 2005. − №1. − С. 33-36.

152. Сабитов, М.М. Совершенствование технологии возделывания озимой пшеницы / М.М. Сабитов, А.И. Захаров // Земледелие. – 2002. – № 4. – С. 11.

153. Самофалов, А.П. Роль разных элементов структуры урожая увеличении урожайности озимой пшеницы / А.П. Самофалов // Зерновое хозяйство. − 2005. − №6. − С. 15-17.

154. Самофалов, А.П. Изменение показателей стабильности урожайности сортов озимой пшеницы в результате селекции / А.П. Самофалов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. − 2004. − №3.− С. 41-43.

155. Сапега, В.А. Продуктивность и адаптивный потенциал сортов озимой пшеницы в различных агроэкологических условиях / В.А. Сапега, Г.Ш. Турсумбекова // Аграрная Россия. − 2012. − №6. − С. 8-11.

156. Саранин, К.И. Озимая пшеница / К.И. Саранин. – М.: Московский рабочий, 1973. – 152 с.

157. Селекция озимой пшеницы в Центральном Черноземье РФ / Г.Г. Голева, Т.Г. Ващенко, Н.Т. Павлюк [и др.]. − Вестник Российской сельскохозяйственной науки. − 2019. − №1. − С. 45-49.

158. Сергеева, А.И. Смесительная ценность сортов озимой пшеницы / А.И. Сергеева, О.В. Крупнова, В.М. Бебякин // Зерновое хозяйство. − 2005. − №6. − С. 21-23.

159. Симакин, А.И. Основы системы удобрения озимой пшеницы возделываемой по интенсивной технологии на Кубани / А.И. Симакин, Н.Г. Малюга, М.Х. Ширинян // Агрохимия. − 1987. − №5. − С. 26-33.

160. Система удобрения как фактор сохранения гумуса в почве / Е.В. Навольнева, А.Г. Ступаков, М.А. Куликова, С.А. Дмитриенко // Вестник

Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №5. – С. 55-57.

161. Смирнова, В.В. Формирование технологических качеств зерна озимой пшеницы в Белгородской области / В.В. Смирнова, Н.А. Сидельникова, И.В. Кулишова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. − 2018. − №1. − С. 151-157.

162. Смирнова, Л.Г. Влияние удобрений на урожайность озимой пшеницы на выщелоченном эродированном черноземе / Л.Г. Смирнова // Зерновой хозяйство. – 2007. – № 3-4. – С. 13-14.

163. Смуров С.И., Зюба С.Н., Григоров О.В., Гапиенко О.В. Влияние различных видов удобрений на урожайность и качественные показатели полевых культур / С.И. Смуров, С.Н. Зюба, О.В. Григоров, О.В. Гапиенко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. −2016. − №4. − С. 113-118.

164. Смуров, С.И. Формирование урожая озимой пшеницы при различных приемах возделывания / С.И. Смуров, О.В. Гапиенко, Н.В. Шелухина // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2012. − №5. − С. 39-41.

165. Солдат, И.Е. Особенности возделывания озимой пшеницы в различных севооборотах при адаптивно-ландшафтной системе земледелия / И.Е. Солдат, Л.А. Кононенко, Н.В. Пилипчук // Зерновое хозяйство. − 2008. − №3. − С. 12-13.

166. Соловиченко В.Д., Никитин В.В., Карабутов А.П. Влияние агротехнических факторов на показатели нитрифицирующей способности чернозема типичного / В.Д. Соловиченко, В.В. Никитин, А.П. Карабутов // Агрохимический вестник. – 2018. – №3. – С. 32-34.

167. Солнцев, П.И. Влияние удобрений и способов обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы в условиях белгородской области / П.И. Солнцев, А.Г. Ступаков, М.А. Куликова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2015. − №6. − С. 41-44.

168. Состояние почв Центрального Черноземья и основные направления повышения их плодородия / А.И. Стифеев, Е.А. Иванова, Е.А. Бессонова [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2015. − №8. − С. 152-155.

169. Структурное состояние почвы при возделывании озимой пшеницы по разным предшественникам / Н.В. Ширяева, А.В. Ширяев, Л.Н. Кузнецова [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. − 2018. − №3(19). – С. 116-123.

170. Стулин, А.Ф. Влияние 20-летнего интенсивного применения удобрений на агрохимические свойства чернозема / А.Ф. Стулин, Б.И. Золотарева // Агрохимия. − 1988. − №7. − С. 31-37.

171. Ступаков А.Г. Продуктивность озимой пшеницы под влиянием минеральных удобрений и предшественников / А.Г. Ступаков, С.И. Смуров, Аль Дхухайбави Хаидер Халаф, С.Н. Зюба, М.А. Куликова, Н.В. Ширяева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – №1 (25). – С. 184-191.

172. Тагиров, М.Ш. Влияние удобрение на динамику элементов питания в почве и продуктивность озимой пшеницы / М.Ш. Тагиров, Р.С. Шакиров, Р.М. Сабирова // Достижения наук и техники АПК. – 2015. – №12. – С. 88-91.

173. Технологии возделывания озимой пшеницы: урожайность и качество зерна / В.М. Кильдюшкин, М.Х. Ширинян, А.Г. Солдатенко, О.В. Быков // Земледелие. – 2009. – №5. – С. 36-37.

174. Технология возделывания озимой пшеницы в Воронежской Области / В.И. Турусов, В.М. Гармашов, Ю.Д. Сыромятников, С.А. Гаврилова // Земледелие. – 2013. – №8. – С. 28-30.

175. Титова, В.И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях / В.И. Титов // Агрохимический вестник. – 2016. – №1. – С. 2-7.

176. Толстопятова, О.С. Зависимость урожайности основных сельскохозяйственных культур Белгородской области от климатических

показателей / О.С. Толстопятова, Е.В. Голованова, С.Н. Толстопятов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. − 2019. − №1(21). − С. 142-145.

177. Толстоусов, В.П. Удобрение и качество урожая / В.П. Толстоусов. – 2-е изд. доп. и перераб. − М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.

178. Исходный материал для селекции озимой пшеницы / И.В. Торбина, А.Г. Хакимова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. − №6. – 2018. − С. 34-37.

179. Тупицын, Н.В. Сроки сева озимой пшеницы / Н.В. Тупицын, С.В. Валяйкин // Земледелие.– 2004. − №4. − С. 20-21.

180. Тютюнов, С.И. Поведение гумуса в черноземе типичном в связи с различным уровнем интенсивности использования пашни / С.И. Тютюнов, А.П. Карабутов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. − 2017. − №4.− С. 74-83.

181. Тютюнов, С.И. Эффективность комплексного применения средств химизации под озимую пшеницу по чернозёму и сидеральному парам в Белгородской области / С.И. Тютюнов, П.И. Солнцев, Н.К. Шаповалов // Сахарная свекла. – 2015. − №8. − С. 30-34.

182. Уваров, Г.И. Изменения агрохимических свойств чернозема типичного при применении удобрений в длительном полевом опыте / Г.И. Уваров, А.П. Карабутов // Агрохимия. – 2012. – №4. – С. 14-20.

183. Уваров, Г.И. Роль сорта и предшественника в повышении урожая и качества зерно озимой пшеницы / Г.И. Уваров, В.В. Смирнов, С.И. Смуров // Зерновой хозяйство. – 2006. – №6. – С. 15-17.

184. Уваров, Г.И. Способы стабилизации коллоидного комплекса чернозема типичного / Г.И. Уваров, А.П. Карабутов, В.Д. Соловиченко // Земледелие. – 2012. – №7. – С. 14-15.

185. Ульрих Лерке, Сельскохозяйственная палата Нижней Саксонии, ФРГ / Ульрих Лерке // Новое сельское хозяйство. – 2018. – №5. – С. 54-56.

186. Урожай озимой пшеницы по чистому и занятым парам / Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская, Л.В. Безлюдский [и др.] // Земледелие. – 2002. – №4. – С. 29-30.

187. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы на выщелоченных черноземах в зависимости от метеорологических условий и внесения удобрений / В.И. Каргин, А.А. Зубарев, Р.А. Захаркина, Г.Г. Брагин // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – №3. – С. 63-67.

188. Учет погодных условий в технологии возделывания озимой пшеницы и сахарной свеклы / Г.И. Уваров, А.А. Найденов, А.П. Карабутов, В.Д. Соловиченко // Сахарная свекла. – 2012. − №10. − С. 24-27.

189. Федоров, А.А. Оценка содержания в почве элементов минерального питания, доступных растениям / А.А. Федоров // Агрохимия. – 2002. – №3. – С. 15-22.

190. Филин, В.И. Потребление и вынос элементов минерального питания с расчетными урожаями озимой пшеницы в степной зоне Южного Урала / В.И. Филин, Ю.А. Гулянов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. − 2004. − №5. − С. 14-17.

191. Филон, И.И. Исследование природы гумусовых веществ, подверженных непосредственному воздействию минеральных удобрений / И.И. Филон // Агрохимия. − 2004. − №8. − С. 61-65.

192. Филон И.И., Шеларь И.А. Содержание калия в черноземе типичном и темно-серой лесной почве при их сельскохозяйственном освоении и длительном применении удобрений / И.И. Филон, И.А. Шеларь // Агрохимия. − 1999. − №1. − С. 21-27.

193. Хамуков. В. Агрохимическое обеспечение посевов озимой пшеницы в условиях ограниченности минеральных удобрений / В. Хамуков // Аграрная Россия. – 2001. − №1. − С. 41-44.

194. Христенко, Д.А. Многолетние травы и плодородие почвы / Д.А. Христенко // Аграрная наука. −2007. − №4. − С. 8-9.

195. Цховребов, В.С. Изменение содержания карбонатов и pH почв Кисловодских парков при смене растительности / В.С. Цховребов, Л.Ю. Деркачева, А.М. Никифорова // Агрохимический вестник. – 2017. – №4. – С. 34-37.

196. Черенков А.В. Особенности формирования урожайности и качества зерна различными сортами пшеницы озимой в условиях северной степи Украины / А.В. Черенков, А.Н. Козельский // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. − №4. − С. 20-23.

197. Чуян, Н.А. Оптимизация содержания и состава органического вещество в черноземе типичном / Н.А. Чуян, Г.М. Брескина // Агрохимический Вестник. – 2018. – №3. – С. 35-39.

198. Шафран, С.А. Совершенствование нормативов для определения потребности озимой пшеницы в минеральных удобрениях / С.А. Шафран // Агрохимический вестник. – 2013. – №5. – С. 2-4.

199. Шафран, С.А. Совершенствование нормативно-справочной базы для определения потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях / С.А. Шафран // Агрохимия. −2019. − №7. − С. 27-34.

200. Шелганов, И.И. Технология возделывания озимой пшеницы в Белгородской области / И.И. Шелганов, Н.М. Доманов, П.И. Солнцев // Земледелие. – 2008. – №4. – С. 38-39.

201. Широких, Е.Г. Оценка гумусного состояния чернозема типичного в естественных и сельскохозяйственных антропогенных ландшафтах / Е.Г. Широких, А.И. Стифеев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. − 2015. − №1. − С. 38-40.

202. Шустикова, Е.П. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника, минеральных удобрений и условий увлажнения в длительном полевом опыте на черноземе обыкновенном / Е.П. Шустикова, Н.Н. Шаповалова // Агрохимия. – 2012. – №7. – С. 48-56.

203. Эффективность удобрений в производственных условиях Центрального Черноземья / В.В. Никитин, А.П. Карабутов, В.И. Мельников,

А.М. Вовк // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – №9. – С. 120-126.

204. Эффективность удобрений в производственных условиях Центрального Черноземья / В.В. Никитин, А.П. Карабутов, В.В. Мельников, А.М. Вовк // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. −2016. − №3. − С. 85-95.

205. Юркин, С.Н. Повышение эффективности удобрений в интенсивном земледелии / С.Н. Юркин. − М.: Россельхозиздат, 1979. − 198 с.

206. Agbani , M., Badrani M., Daoud Y. and Etourneand F. K Use and crop response in north Africa . Cited by K. Mengel and A. Kraus. K availability of soils in west Asia and North Africa Status and perspectives . Int. Potash . Inst. Basel, Switzerland. − 1993. − P. 57-81.

207. Alongi, D.M., Bota K.G. and Rebertson A.I. Nitrogen and phosphorus cycles, in.: Robertson, A.I. and Alongi, D.M. (Eds.) Coastal and Estuarine Studies, Tropical Mangrove Ecosystems, American Geophysical Union. Washington, D. C. − 1992. – №41. − P. 251-292.

208. Alston, A.M. Effects of soil Water content and foliar fertilization with nitrogen and phosphorus in late season on Yield of winter wheat. Aust. J. Agric. Res. − 1979. – №30. − P. 577-585.

209. Austin, R.B., Ford M.A., Edrich J.A. and R.D. Blaek-Well. The nitrogen economy of winter wheat. J. Agric. − 1977. – №88. − P. 159-167.

210. Bhaskar V., Weedon O. D., Finckh M. R. Exploring the differences between organic and conventional breeding in early vigour traits of winter wheat // European Journal of Agronomy. – April 2019. – №105.– P. 86-95.

211. Bilsborrow P., Cooper J., Tétard–Jones C., Średnicka–Tober D., Wilcockson S. The effect of organic and conventional management on the yield and quality of wheat grown in a long-term field trial // European Journal of Agronomy.– November 2013. – №51. – P. 71-80.

212. Borisov, C. and Stamboliev E. Application of fertilizers to sunflower grown on calcareus chernozem soil . Cited . Field Crop , Abst. − 1979 : 1977. − №29 (2). − 1288 p.

213. Brown, P.H. and Shelp B.J. Boron mobility in plants. Plant and soil. − 1997. – №193. − P. 85-101.

214. Chapman, F.M. and Mason J.L. Effect of phosphorus and potassium fertilizers on the Agronomic characteristics of spring Wheat and their interaction on grain Yield. Potash Review Sub q. 19th Suit. − 1970. – P. 1-6.

215. Chen H., Deng A., Zhang W., Li W., Chen F. Long-term inorganic plus organic fertilization increases yield and yield stability of winter wheat // The Crop Journal. – December 2018. – №6.– P. 589-599.

216. Danko, V.I. and Sardak N.A. The Utilization by winter wheat plants of fertilizer NPK in relation to methods of application and Soil tillage. Field Crop Abstract. − 1985. − № 11(38). − 724 p.

217. Das, S. and Sarker A. Effect of post-folwerig Foliar spray of potassium – nitrate solution on grain filling and Yield of rice and wheat. Indian Agric. − 1981. − №25. − P. 267- 273.

218. Fantin V., Righi S., Rondini I., Masoni P. Environmental assessment of wheat and maize production in an Italian farmers' cooperative / Journal of Cleaner Production. – January 2017. – №140, Part 21. – P. 631-643

219. Guguvcekia, M. and I. Angelove. The influence of NPK on wheat Yield on alluvial soil in the skopje region. Abstract No. 1349. In soils and fertilizers. − 1973. 1976. − № 39 (2). − 119 p.

220. Kanwar, J. and Grewell J.S. Direct and residual available of native applied potassium in Soils. J. Reser. − 1966. − №3. − P .1-6.

221. Koch, K. Influence of potassium on grain protein composition. Proc. 11th Colloquim of the int. potash. Inst on fertilizer use and protein production. Bornholm. − 1975. − PP. 243-275.

222. Koch, K. and K. Mengel. effect of K on Utilization by spring wheat during grain protein formation. Agr. J. − 1977.– №69. − P. 477-480.

223. Loyce C., Meynard J. M., Bouchard C., Rolland B., Doussinault G. Growing winter wheat cultivars under different management intensities in France: A multicriteria assessment based on economic, energetic and environmental indicators // Field Crops Research.– January 2012. – №12518. – P.167-178 .

224. Mengel, K. and Haeder H.E. Effect of potassium supply on the rate of phloem sap education and the composition of the phloem sap of ricin us commun is. Plant Physiology. −1977. − №59. − P. 282-284.

225. Mazzoncini M., Antichi D., Silvestri N., Ciantelli G., Sgherri C. Organically vs conventionally grown winter wheat: Effects on grain yield, technological quality, and on phenolic composition and antioxidant properties of bran and refined flour // Food Chemistry. – May 2015. – №17515.– P. 445-451.

226. Motson P.A., Naylor R., Optiz-Monasterio J. Integration of Environmental, agronomic end Economic Aspects of Fertilizer Management // Science. − 1998. − Vol. 280. − P. 112-115.

227. Pelonen , J. Grain yield and quality of wheat as affected by nitrogen fertilizer application timed according to apical development . Acta . Agric Scand. Sect.B, Soil and Plant Sci. − 1995. – №45. − P. 2-14 .

228. Schafer, P. and Siebold M. Refin “Influence of potassium on grain protein composition” edited by K. koch.. Inst. potash inst. Bern. Switzerland. − 1972. 1975. − P. 243-275.

229. Šíp V., Vavera R., Chrpová J., Kusá H., Růžek P. Winter wheat yield and quality related to tillage practice, input level and environmental conditions // Soil and Tillage Research.– August 2013. – №132. – P. 77-85.

230. Spiridonova, N.K. Effect of different rales and proportions of mineral fertilizers on grain yield and quality of spring wheat. Abs. In soil and fertilizers (2529). − 1978. − №42. − 256 p.

231. Verti, S.A. and Postvoi G.S. Response of new dwarf winter wheat cultivars to fertilizers under irrigated conditions. Abstr. In Soil and Fertilizers. − 1978. − №42 (10). − 632 p.

232. Wójcik-Gron E.Variables influencing yield-scaled Global Warming Potential and yield of winter wheat production Field Crops Research. – October 2018. – №2271. – P. 19-29.

233. Xu H., Dai X., Chu J., Wang Y., He M. Integrated management strategy for improving the grain yield and nitrogen–use efficiency of winter wheat / Journal of Integrative Agriculture. – February 2018. – №17, Issue 2. – P. 315-327.

234. Zubriski, J.C., Vasey E.H. and Norum E. B. Influence of nitrogen and potassium fertilizers and dates of seeding on yield and quality of malting Barely – Agron. J. − 1970. − №62. − P. 216-219.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 − Влияние минеральных удобрений и предшественников на содержание сухого вещества в зерне озимой пшеницы, %

Фоны минерального питания*	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	+/-	
					%	%%
Многолетние травы						
$N_{70}P_{10}K_{10}$	88,2	90,2	89,6	89,3	-	-
$N_{90}P_{30}K_{30}$	88,4	89,8	89,8	89,3	0,0	0,0
$N_{110}P_{50}K_{50}$	88,4	90,9	89,8	89,6	0,3	0,34
Горох						
$N_{70}P_{10}K_{10}$	88,6	90,2	89,9	89,6	-	-
$N_{90}P_{30}K_{30}$	89,0	89,8	90,0	90,6	1,0	1,12
$N_{110}P_{50}K_{50}$	88,7	90,6	89,8	89,7	0,1	0,11
Ячмень						
$N_{70}P_{10}K_{10}$	88,4	90,2	89,7	89,4	-	-
$N_{90}P_{30}K_{30}$	88,6	89,5	89,8	89,3	- 0,1	-0,11
$N_{110}P_{50}K_{50}$	88,8	90,7	89,6	89,7	0,3	0,34
Черный пар						
$N_{70}P_{10}K_{10}$	88,2	89,8	89,0	89,0	-	-
$N_{90}P_{30}K_{30}$	88,4	89,5	89,0	89,0	0,0	0,0
$N_{110}P_{50}K_{50}$	87,8	90,5	89,1	89,1	0,1	0,11

*Фоны: низкий – $N_{70}P_{10}K_{10}$, средний – $N_{90}P_{30}K_{30}$, высокий – $N_{110}P_{50}K_{50}$.

Приложение 2 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка[1]

Фоны минерального питания	Предшественник озимой пшеницы			
	Многолетние травы	Горох	Ячмень	Черный пар
N, мг/кг				
$N_{70}P_{10}K_{10}$	154,0	151,0	151,0	147,0
$N_{90}P_{30}K_{30}$	161,0	158,0	151,0	150,5
$N_{110}P_{50}K_{50}$	165,0	157,0	161,0	154,0
P_2O_5, мг/кг				
$N_{70}P_{10}K_{10}$	170,0	181,5	159,0	160,5
$N_{90}P_{30}K_{30}$	154,5	203,0	185,0	188,5
$N_{110}P_{50}K_{50}$	202,0	276,5	184,0	295,5
K_2O, мг/кг				
$N_{70}P_{10}K_{10}$	194,5	162,5	135,0	148,0
$N_{90}P_{30}K_{30}$	133,0	188,5	165,5	164,0
$N_{110}P_{50}K_{50}$	293,0	214,0	205,5	203,5
pH_{KCl}				
$N_{70}P_{10}K_{10}$	6,0	5,7	5,5	5,5
$N_{90}P_{30}K_{30}$	5,5	5,1	5,4	5,2
$N_{110}P_{50}K_{50}$	5,9	5,3	5,3	5,3
Гумус, %				
$N_{70}P_{10}K_{10}$	4,55	4,80	4,35	4,50
$N_{90}P_{30}K_{30}$	4,95	4,80	4,70	4,50
$N_{110}P_{50}K_{50}$	5,10	4,55	5,10	4,70

*Фоны: низкий – $N_{70}P_{10}K_{10}$, средний – $N_{90}P_{30}K_{30}$, высокий – $N_{110}P_{50}K_{50}$.

Приложение 3 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка[2]

Фоны минерального питания	Предшественник озимой пшеницы			
	Многолетние травы	Горох	Ячмень	Черный пар
Гидролитическая кислотность				
$N_{70}P_{10}K_{10}$	2,63	2,99	3,40	3,55
$N_{90}P_{30}K_{30}$	4,16	5,40	4,10	5,07
$N_{110}P_{50}K_{50}$	3,49	4,33	4,24	4,76
S				
$N_{70}P_{10}K_{10}$	5,10	3,00	3,25	3,55
$N_{90}P_{30}K_{30}$	3,60	3,30	3,00	3,90
$N_{110}P_{50}K_{50}$	2,80	2,05	4,05	1,30
Mn				
$N_{70}P_{10}K_{10}$	11,60	14,00	13,15	13,15
$N_{90}P_{30}K_{30}$	12,90	13,60	13,80	13,50
$N_{110}P_{50}K_{50}$	12,95	13,90	14,30	13,10
Zn				
$N_{70}P_{10}K_{10}$	0,73	0,77	0,60	0,40
$N_{90}P_{30}K_{30}$	0,72	0,86	0,59	0,50
$N_{110}P_{50}K_{50}$	0,57	0,80	0,71	0,50
Сумма поглощенных оснований				
$N_{70}P_{10}K_{10}$	33,2	38,6	37,2	35,8
$N_{90}P_{30}K_{30}$	37,0	35,8	36,0	35,8
$N_{110}P_{50}K_{50}$	31,6	36,6	35,8	35,0

*Фоны: низкий – $N_{70}P_{10}K_{10}$, средний – $N_{90}P_{30}K_{30}$, высокий – $N_{110}P_{50}K_{50}$.