

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СОИ
(ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои)

На правах рукописи

117 ✓

КУБАСОВ
ИЛЬЯ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АМУРСКОЙ
ОБЛАСТИ**

Специальность: 4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Асеева Татьяна Александровна

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ЗНАЧЕНИЕ, ВОЗМОЖНОСТЬ И НЕОБХОДИМОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА (обзор литературы).....	9
1.1 Значение и необходимость возделывания яровой пшеницы на Дальнем Востоке.....	9
1.2 Возможность возделывания яровой пшеницы в абиотических и почвенных условиях Амурской области	14
1.3 Особенности минерального питания яровой пшеницы	18
1.4 Состояние изученности влияния удобрений на рост, развитие, урожайность и качество продукции пшеницы.....	29
ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	36
2.1 Агрометеорологические и почвенные условия в годы проведения исследований.....	36
2.2 Объекты и методика проведения исследований.....	44
2.3 Агротехника и сопутствующие исследования в опыте.....	45
ГЛАВА 3 ЗАВИСИМОСТЬ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ.....	48
3.1 Влияние гидротермических условий на рост и развитие яровой пшеницы.....	48
3.2 Особенности пищевого режима яровой пшеницы, размещенной по действию и последствию удобрений в полевом севообороте на луговой черноземовидной почве.....	56
ГЛАВА 4 ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ УДОБРЕНИЙ...	70
4.1 Формирование структуры урожая яровой пшеницы в зависимости от действия и последствия удобрений.....	70

4.2 Качественные показатели зерна яровой пшеницы в зависимости от действия и последствий удобрений.....	85
ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ДЕЙСТВИЮ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЮ УДОБРЕНИЙ.....	99
5.1 Экономическая эффективность применяемых удобрений при возделывании яровой пшеницы.....	99
5.2. Результаты внедрения наиболее эффективных доз удобрений в производство.....	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	103
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	106
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	133

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года «Об утверждении доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» наша страна должна полностью обеспечить себя основными видами сельскохозяйственной продукции, сырья и продуктов питания [195]. В настоящее время яровая пшеница, остается лидирующей культурой в агропромышленном комплексе Российской Федерации по обеспечению населения продуктами питания. Поэтому приемы возделывания, направленные на увеличение валового сбора зерна и улучшение качества получаемой продукции, являются стратегически важным направлением аграрного производства любого региона Российской Федерации. В Дальневосточном федеральном округе Амурская область является одним из основных регионов возделывания зерновых культур. Почвенно-климатические условия Дальнего Востока значительно отличаются от оптимальных условий традиционных зон возделывания яровой пшеницы и, тем не менее, позволяют получать достаточно высокий урожай продовольственного зерна с высокими технологическими показателями качества [129]. Уровень урожайности и качество получаемого зерна здесь часто не достигают средних показателей по России и резко варьируют по годам. Средняя урожайность яровой пшеницы в агроэкологических условиях Амурской области составляет 1,50–1,90 т/га, что далеко от потенциальной возможности районированных сортов. Недобор урожая культурой связан со многими факторами, одним из которых является недостаточная обеспеченность почвы в период роста и развития яровой пшеницы доступными для растений элементами минерального питания, особенно азота и фосфора в критические периоды развития. Поэтому применение минеральных и органических удобрений остается актуальнейшим вопросом в повышении урожайности и технологических качеств зерна. С 2000 по 2024 годы внесение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры увеличилось в 2,6 раза. Тем не менее этот показатель недостаточен для

получения максимальной урожайности зерна [101, 157]. Однако высокие производственные затраты, связанные с приобретением и внесением удобрений, вынуждают сельхозтоваропроизводителей либо снижать рекомендуемые нормы внесения, либо сеять яровую пшеницу в удобренную почву. В связи с этим возникла необходимость изучить формирование структурных элементов урожая яровой пшеницы, его величины и качества при внесении удобрений и по их последствию в гидротермических и почвенных условиях Амурской области. Чередование действия и последствия удобрений при возделывании в севообороте яровой пшеницы позволит снизить затраты на производство зерна за счет снижения количества вносимых удобрений.

Цель исследований – установить особенности формирования урожая зерна яровой пшеницы и его качественных показателей в зависимости от действия и последствия удобрений в зерно-соевом севообороте в условиях Амурской области.

Объект исследований: отзывчивость яровой пшеницы сорта Арюна на действие и последствие различных удобрений в меняющихся гидротермических условиях на лугово-черноземовидных почвах.

Предмет исследований: закономерности роста, развития и формирования урожая яровой пшеницы в зерно-соевом севообороте в зависимости от действия и последствия применяемых удобрений.

Задачи исследований:

1. Установить зависимость роста, развития и формирования урожая яровой пшеницы в севообороте от действия и последствия различных удобрений;
2. Дать оценку влияния гидротермических условий периода вегетации на рост и развитие яровой пшеницы;
3. Выявить зависимость формирования структурных элементов урожая и качества зерна яровой пшеницы в различные периоды роста и развития от действия и последствия различных удобрений;
4. Определить экономическую эффективность возделывания яровой пшеницы при действии и последствии применяемых удобрений в севообороте;

5. Дать научно-обоснованные рекомендации по применению удобрений при возделывании яровой пшеницы сельхозтоваропроизводителям Амурской области.

Научная новизна. Впервые в гидротермических условиях Зейско-Буреинской равнины Приамурья, определено влияние удобрений и погодных условий на рост, развитие и урожайность яровой пшеницы. Установлены закономерности поступления основных элементов питания (азота, фосфора и калия) в период роста и развития растений в зависимости от действия и последействия применяемых удобрений.

Впервые выявлено, что качество зерна мягкой яровой пшеницы в Приамурье зависит от гидротермических условий периода вегетации, высокие показатели качества зерна формируются при недостатке влаги в межфазный период колошение–полная спелость. Применение минеральных удобрений как в действии, так и в последействии увеличивает содержание в зерне яровой пшеницы сырой клейковины и протеина, максимальные их показатели формируются при внесении $N_{60}P_{30}$ и N_{30} по последействию органоминеральной системы удобрения.

Применение азотного удобрения в дозе N_{30} по последействию органоминерального удобрения на луговой черноземовидной почве обеспечивает рентабельность производства на уровне 24,55 %.

Теоретическая и практическая значимость. Выявлены особенности роста, развития растений и формирования урожая яровой мягкой пшеницы в зависимости от действия и последействия удобрений в почвенно-климатических условиях Зейско-Буреинской равнины Приамурья, что существенно расширяет теоретическую и практическую основу регулирования урожайности в условиях, отклоняющихся от оптимальных. Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{30}$ и N_{30} по последействию органоминеральной системы удобрения позволяет получить урожайность зерна яровой пшеницы не менее 3,00 т/га.

Методология и методы исследований. Методология исследований включает в себя анализ литературных источников прошлых лет и оценку

метеорологических условий. Для достижения поставленной цели и задач применялись дедуктивные и индуктивные методы сбора, обработки и анализа научной информации, а также химический, физико-химический и количественный методы определения критериев, изучаемого субъекта и объекта исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Зависимости роста, развития и формирования урожая яровой пшеницы от гидротермических условий, действия и последствий минеральных удобрений;
2. Закономерности накопления в почве и выноса основных элементов питания (NPK) по фазам роста и развития растений яровой пшеницы;
3. Эффективность действия и последствий различных схем внесения удобрений на всхожесть, сохранность, и структуру урожая яровой пшеницы, и его качественные показатели;
4. Результаты экономической эффективности от внедрения схем внесения минеральных и органических удобрений при выращивании яровой пшеницы.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается использованием общепринятых методов отбора, анализа проб и проведением статистической обработки данных (дисперсионный, корреляционный и множественный регрессионный анализы).

Основные научные результаты докладывались на региональных научно-практических конференциях «Молодежь XXI века: шаг в будущее» в г. Благовещенске в 2020 и 2025 годы; на научной конференции «Молодые ученые – науке» в г. Благовещенске в 2023 и 2024 годах. В 2025 году в Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию академика Дмитрия Николаевича Прянишникова «Агрохимическая наука – основа эффективного управления природно-ресурсным потенциалом агроэкосистем» в г. Москве.

Производственная проверка и внедрение лучших результатов опыта произведена в 2022 и 2024 годы на площади 200 га в ООО «Союз» Ивановского района и ЗАО «Агрофирма АНК» Благовещенского района.

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 10 научных статей, в том числе 7 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 164 страницах машинописного текста. Состоит из введения, 5 глав, заключения и рекомендаций производству. Работа имеет 18 таблиц и 15 рисунков. Список использованной литературы включает 221 наименований, в том числе 5 на иностранных языках.

Личный вклад автора. Личный вклад автора заключается в сборе и анализе исходных данных, постановке целей и задач исследований. Планировании и непосредственном проведении полевых и лабораторных опытов, наблюдении, анализе и обобщении результатов исследований. Обосновании полученных результатов и выводов, подготовке рукописи диссертации.

Благодарности. Автор выражает признательность научному руководителю доктору с.-х. наук, профессору, члену-корреспонденту РАН Асеевой Т. А. за помощь в написании диссертационной работы. Автор выражает благодарность ведущему научному сотруднику лаборатории семеноведения и агротехнологий, канд. с.-х. наук Иванову Н. Ю. за методологическую помощь, а также директору ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, д-ра эконом. наук Волкову Е. А. и канд. эконом. наук Чурилову К. С. за помощь при расчете экономических показателей.

ГЛАВА 1 ЗНАЧЕНИЕ, ВОЗМОЖНОСТЬ И НЕОБХОДИМОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА (обзор литературы)

1.1 Значение и необходимость возделывания яровой пшеницы на Дальнем Востоке

Пшеница яровая – это одна из основных сельскохозяйственных культур, которая используется в пищу. Зерно этой пшеницы содержит большое количество белка и клейковины, а также обладает отличными хлебопекарными качествами. По площади посевов и общему объёму собранного урожая, она занимает первое место среди других зерновых культур. При возделывании яровой пшеницы важная роль отводится получению высококачественного зерна. Совершенствование технологии возделывания должно быть направлено не только на увеличение объемов валового сбора зерна, но и на улучшение его качества [147, 185].

Яровая пшеница занимает важное место в структуре посевных площадей России. Продукты ее переработки широко используются в различных отраслях производства, особенно в пищевой промышленности. Зерно пшеницы обладает ценным химическим составом: 12–16 % белка, 63–74 % углеводов, 2,0–2,5 % жира, 2–3 % клетчатки, 10–14 % воды и 1,5–2,0 % золы, а также ферменты и витамины [111].

В настоящее время сельхозтоваропроизводители уделяют большое внимание увеличению валовых сборов зерна, однако качество зерна неуклонно снижается в связи с меньшим использованием минеральных удобрений и средств защиты растений. Так, за последние 30 лет в России отмечается негативная тенденция снижения количества белка в зерновой продукции. Ежегодная потребность в России зерна сильной пшеницы составляет до 12 млн. тонн, фактически его производится менее 1 % [169].

Для повышения качества зерна необходимо принимать во внимание не только характеристики сорта, но и условия, в которых произрастает яровая пшеница [123, 191, 14].

Показатели качества зерна можно разделить на физические и химические. К физическим показателям относятся форма, линейные размеры, крупность, масса 1000 зерен и стекловидность. К химическим показателям относится содержание зольных элементов и азота в зерне, количество белка [165].

В погодно-климатических условиях Приамурья сложно получить зерно яровой пшеницы с хорошими технологическими свойствами пригодными для производства хлебобулочных изделий и макарон. Ввиду того, что в фазу налива зерна выпадает большое количество осадков, способствующих развитию грибных заболеваний, в результате чего зерно на выходе невыполненное с малым содержанием протеина [70]. Поэтому его основное использование – это производство кормов для питания сельскохозяйственных животных.

Яровая пшеница – однолетнее растение длинного дня, вегетационный период составляет от 70–80 до 120–130 дней. В течение вегетации яровая пшеница проходит следующие фенологические фазы: прорастание семян, всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, созревание зерна.

Продолжительность от всходов до кущения длится 15–22 дня, к этому времени первичные (зародышевые) корни углубляются на 50–55 мм. Вторичные (узловые) корни появляются в фазе 3–4 листьев только при наличии влаги в почве в зоне узла кущения (3–4 этапы органогенеза). В зависимости от условий, продолжительность периода от кущения до выхода в трубку составляет – 11–25 дней, от выхода в трубку до колошения – 15–20 дней [148].

Наступление фенологических фаз вегетации является индикатором климатических изменений [220], оказывающим прямое и косвенное влияние на урожайность культур. При сокращении сроков прохождения фенологических фаз пшеницы уменьшается накопление ассимилянтов и их отток в наливающиеся зерно [20]. Так, Бесалиевым И. Н. (2023) было установлено, что в годы с неблагоприятными погодными условиями период вегетации яровой пшеницы

сокращался до 74 дней, что отражалось на получении более низкой урожайности по сравнению с оптимальным ходом прохождения фенологических фаз развития (90 дней) [20]. Аналогичные исследования проведены Курковой И. В. (2018) в ходе которых было установлено, что при выращивании различных эколого-географических групп яровой пшеницы в условиях Амурской области удлинение периода вегетации от всходов до колошения под воздействием климатических условий приводило к увеличению зерновой продуктивности культуры [116].

В период от колошения до налива зерна главными лимитирующими факторами являются температурный режим и влагообеспеченность посевов. Теплая и сухая погода ускоряет фазу колошения, что приводит к ограничению поступления пластических веществ в зерно и снижению урожайности [124].

Отношение к теплу. Яровая пшеница в период своего роста и развития не предъявляет высоких требований к среднесуточным температурам воздуха. Зерно при прорастании поглощает 50–80 % воды от своего сухого веса. Прорастание начинается при температуре 1–2 °С и влажности почвы, едва превышающей ВЗ (влажность завядания). Но оптимальные условия для прорастания и дружного появления всходов складываются при температуре воздуха 15–20 °С и почвы 12–15 °С, при влажности почвы 60–90 % НВ (наименьшая влагоемкость). При оптимальном сочетании влажности и температуры, всходы появляются на 5–7 день после посева. Яровая пшеница переносит непродолжительные заморозки (в период прорастания зерна до -13 °С, а в фазу кущения до -8...-9 °С). Однако, во время цветения и налива зерна растения яровой пшеницы могут повредить заморозки -1...-2 °С. Оптимальные условия для кущения складываются при температуре воздуха 10–12 °С, а колошения и молочно-восковой спелости при – 16–23 °С.

По убеждениям ряда авторов [50, 99], наиболее ответственным периодом развития зерновых культур является фаза кущения, так как на этой стадии развития в точке роста у злаковых происходит закладка зачаточного колоса и дифференциация колосков на цветки. Продолжительность межфазного периода всходы–кущение зависит от среднесуточной температуры воздуха и почвы. Так,

по данным Кофан А. И. (1975), с увеличением продолжительности воздействия пониженных температур воздуха, растения яровой пшеницы дольше кустятся и имеют большее количество вегетативных и продуктивных стеблей [99].

К высоким температурам яровая пшеница довольно устойчива, особенно при наличии влаги в почве. Высокие температуры приземного слоя воздуха, достигающие 35–40 °С, и сухие ветры, неблагоприятно сказываются на растениях яровой пшеницы и ведут к снижению урожайности и качества зерна. Сумма активных температур за межфазный период всходы–созревание составляет 1500–1750 °С. Однако высокие температуры на фоне засухи в период кущение–выход в трубку растягивают межфазный период, что ведет к неравномерности созревания зерна.

Высокие температуры (выше 30 °С) в период цветения приводят к нарушению отделения пыльцы от пыльников [14].

В период формирования зерновки оптимальная температура воздуха должна находиться в интервале 20–22 °С при влажности воздуха 70–80 % и влажности почвы 60–70 % от ППВ [94]. Низкие положительные температуры воздуха в этот период снижают поступление ассимилянтов в репродуктивные органы, что является причиной стерильности пыльцы и вследствие этого ведет к ухудшению качества зерновки [17].

Отношение к влаге. Для прорастания семян яровой мягкой пшеницы требуется 60–70 % воды от массы сухого зерна. Семена яровой твердой пшеницы требуют воды на 5–7 % больше, т. к. они содержат больше белка. Транспирационный коэффициент яровой мягкой пшеницы составляет 415 ед., яровой твердой пшеницы – 406 ед. Наиболее благоприятная влажность почвы для яровой пшеницы находится в пределах 70–75 % НВ.

Поглощение влаги яровой пшеницей от общего потребления за вегетационный период неравномерно и распределяется следующим образом: в период всходов – 5–7 %, в фазу кущения – 15–20 %, в фазы выхода в трубку и колошения – 50–60 %, молочного состояния зерна – 20–30 % и восковой спелости – 3–5 %.

Периоды кущения, начало выхода в трубку и начало молочной спелости – критические в развитии яровой пшеницы. Недостаток влаги, как и питательных веществ, в это время существенно снижают урожайность. За 8–12 дней до колошения и во время колошения и цветения яровая пшеница наименее устойчива к засухе. Из-за недостатка влаги и питательных элементов в начальном периоде роста и развития нарушается механизм закладки колосковых бугорков и зачаточных соцветий, что на поздних этапах органогенеза приводит к снижению зерновой продуктивности [102, 103, 133, 134]. При формировании и наливе зерна снижается выполненность и крупность зерна, что приводит к значительному снижению урожайности. При весенних запасах влаги в метровом слое почвы менее 100 мм, создаются неблагоприятные условия для роста и развития яровой пшеницы, а при наличии влаги менее 60 мм невозможно получить даже удовлетворительный урожай зерна. Последующие обильные осадки не могут исправить положение. В таких условиях растения ускоренно переходят от одной фазы развития к другой и урожай резко снижается.

При наличии достаточного количества влаги на глубине узла кущения хорошо развиваются зародышевые и узловые корни. В основных районах возделывания яровой пшеницы ранневесенние засухи иссушают верхний слой почвы, в результате чего слабо развиваются узловые и зародышевые корни, что ведет к резкому снижению урожайности [109].

Отношение к свету. Яровая пшеница – растение длинного дня. Вегетационный период в Приамурье изменяется в пределах 90–110 дней, причем с продвижением на север Амурской области ее вегетационный период сокращается. В районах Крайнего Севера из-за недостатка тепла он увеличивается. Продолжительность яровизации районированных сортов составляет 5–8 дней [28].

Общая продолжительность вегетационного периода у зерновых культур зависит от длины межфазных периодов: всходы–колошение и колошение–созревание. Контроль продолжительности межфазного периода всходы–колошение в основном осуществляется при помощи генов [100].

1.2 Возможность возделывания яровой пшеницы в абиотических и почвенных условиях Амурской области

Погодные условия являются основным фактором, влияющим на продуктивность сельскохозяйственных культур. Величина урожайности зерновых культур, в особенности яровой пшеницы, определяется в основном числом продуктивных стеблей на единицу площади, количеством зёрен в колосе и массой 1000 зёрен. При этом элементы структуры урожая формируются в разные межфазные периоды развития, для которых характерны свои погодные условия среды [116]. Так, недостаток влаги в критические периоды ее развития – кущение–выход в трубку приводит к снижению урожайности, даже при благоприятных погодных условиях в последующие периоды роста и развития [112].

Оценка параметров погоды в целом за вегетацию пшеницы является недостаточно объективным способом определения влияния гидротермических условий на формирование урожайности. Детальное изучение климатических и погодных особенностей региона, воздействующих в отдельные межфазные периоды роста и развития культуры, дает точную оценку влияния температурного режима и влажности почвы на выход зерновой продукции [35].

Общеизвестно, что климат Амурской области континентальный с чертами муссонности в летний период. За вегетационный период пшеницы выпадает большое количество осадков в июле–августе, что негативно отражается на уровне урожая яровой пшеницы. Сухая и жаркая погода в течение мая–июня приводит к нарушению закладки элементов урожайности культуры. Так, исследованиями Рафальского С. В. и Шелевого Г. К. (1990), в условиях северного Приамурья было установлено, что снижение урожайности зерна было обусловлено влиянием почвенной и воздушной засухи в межфазный период кущение–цветение, а также выпадением обильных осадков в цветение–созревание [167].

Засуха в период формирования и налива зерна снижает показатели продуктивной кустистости растения, количество и массу зерен с растения, а также массу 1000 семян [36].

В условиях континентального климата Кировской области на дерново-подзолистых почвах длительного стационарного опыта Лысоковой И. В. (2021), было исследовано влияние погодных условий на продуктивность яровой пшеницы за период с 1971 по 2020 годы. В результате, проведенных исследований были отмечены сильные корреляционные связи между урожайностью яровой пшеницы и погодными условиями в июне: обратная с температурой воздуха ($r = -0,74$) и прямая с количеством осадков ($r = 0,69$) [119].

В условиях умеренно-континентального засушливого климата Саратовской области в длительном стационарном опыте на черноземе южном проводили исследования по изучению гидротермических условий вегетации яровой пшеницы на ее продуктивность. Исследованиями Журавлева Д. Ю. (2023), было установлено, что гидротермические условия, складывающиеся в период с мая по июль, имеют среднюю корреляционную связь с продуктивностью пшеницы [34].

По данным Мадякина Е. В. (2023), за годы трехлетних исследований адаптивности новых сортов к условиям Среднего Поволжья, урожайность зерна яровой пшеницы ограничивалась температурой воздуха в критический межфазный период кущение–колошение [120]. Аналогичные исследования по изучению погодных факторов на продуктивность яровой пшеницы были проведены Кинчаровым А. И. (2020). Им было установлено, что сильное достоверное влияние в период активного прироста вегетативной массы в фазы выход в трубку–цветение оказывали: среднесуточная температура воздуха ($r = -0,85$), сумма осадков ($r = 0,88$) и гидротермический коэффициент ($r = 0,89$) [85].

В условиях Среднего Урала исследовали изменение погодных условий на урожайность яровой пшеницы в длительном стационарном опыте. Было установлено, что с увеличением количества осадков в последние десятилетия прослеживается тенденция увеличения валового сбора зерна. Отрицательно

воздействуют на продуктивность пшеницы высокие температуры воздуха в период с мая по июль [77].

Исследованиями Амелина А. В. (2022), установлено, что интенсивность транспирации яровой пшеницы снижается при создании засушливых условий в почве (30 % от полной влагоемкости) [79]. Это обусловлено физиологической необходимостью сохранения тургора клеток. В дополнение автором был сделан вывод о том, что сорта пшеницы с низкой урожайностью имеют более сильные адаптивные способности к засухе по сравнению с современными высокоурожайными сортами.

Минимизировать влияние неблагоприятных погодных факторов можно при помощи антропогенного воздействия, посредством регулирования почвенного плодородия и агротехнических мероприятий. Так, по данным Конищева А. А. (2022), применение экспериментального способа обработки почвы (полосное глубокое рыхление на 25 см + мелкая обработка почвы на 5–6 см одновременно с посевом пшеницы), совместно с применением минеральных удобрений обеспечивало повышение структурных элементов продуктивности растений по сравнению со вспашкой в относительно неблагоприятные по увлажнению годы [95].

Имеются сведения о компенсации одних элементов структуры урожая другими, в погодных условиях, отклоняющихся от оптимальных. Так, опытами Земцовой Е. С. (2021), при изучении 22 сортов пшеницы в условиях таежной агроклиматической зоны Тюменской области, было установлено, что недостаточное число стеблей компенсировалось увеличением доли продуктивного стеблестоя, низкая озерненность колоса – увеличением массы 1000 зерен [71].

Гидротермические условия периода вегетации яровой пшеницы оказывают влияние на поступление элементов питания в растения. Так, в засушливых условиях лесостепи Приобья на черноземе выщелоченном изучалось воздействие погодного фактора в межфазный период выход в трубку–колошение и различных доз удобрений на зерновую продуктивность яровой пшеницы. В

результате исследований было установлено, что с возрастанием уровня ГТК эффективность азотных удобрений возрастает. Также исследователями выявлена тесная корреляционная связь между урожайностью зерна и погодными факторами в июне–июле. Причем с количеством осадков она была положительной, с температурой – отрицательная [208].

При ухудшении метеорологических условий в фазу выхода в трубку происходило снижение доли массы листьев в пользу увеличения массы стебля в общей массе побега [7].

Установлено, что лимитирующим фактором реализации продуктивного потенциала сорта в полевых условиях является ускоренное прохождение отдельных межфазных этапов и вегетационного периода в целом, по сравнению со светокультурой. Более растянутый период вегетации в светокультуре связан, в первую очередь, с длительным прохождением фазы кущения, во время которого дифференцируются первичные бугорки и закладывается колос [201].

Земледельческие районы Амурской области располагаются в основном на Амуру-Зейской и Зейско-Буреинской равнинах. Почвенный покров их разнообразен и его формирование зависит от условий залегания, почвообразующих пород, растительности, режима влажности. Почвы равнин относятся к буроземному и луговому типам почвообразования, в зависимости от условий почвообразования на них могут накладываться подзолистые и глеевые процессы.

Изучением почвенного покрова в условиях Амурской области занимался Чернаков Ю. С. (1984) [204]. В зависимости от гидротермического режима, рельефа местности и почвообразующих пород автор произвел группировку по преобладающим сочетанием почв области в районы. Северо-западный район, площадью 815 тыс. га представлен сочетаниями бурых лесных (63 %) и подзолисто-бурых лесных (29 %). Центральный район, площадью 1310 тыс. га, представлен сочетанием луговых черноземовидных почв (69 %). Северо-восточный район, площадь которого составляет 798 тыс. га, представлен

сочетанием подзолисто-бурых лесных глеевых почв (80 %). Призейско-Амурский район, площадью 320 тыс. га, представлен сочетанием луговых почвах (65 %).

Основной особенностью почв Приамурья является глубокое промерзание и позднее оттаивание. Профиль их переувлажняется даже при небольших суммах годовых осадков. Летом в почвенной толще проявляется верховодка. В течение вегетационного периода в активном слое почвы протекают восстановительные процессы, нарушается аэрация, в корнеобитаемом слое наступает кислородное голодание, мобильность питательных веществ резко уменьшается, что отражается на урожайности сельскохозяйственных культур. Между тем потенциальное плодородие и валовые запасы минеральных элементов в этих почвах достаточно высокие, хотя значительная часть почв нуждается в мелиорации, внесении удобрений и дренаже [162].

1.3 Особенности минерального питания яровой пшеницы

Для повышения урожайности яровой пшеницы необходимо обеспечить ее достаточным количеством минеральных веществ. Это связано с биологическими особенностями: медленным ростом после появления всходов, коротким периодом вегетации и слаборазвитой корневой системой. [6, 28, 98]. Однако стоит учитывать, что уровень минерального питания под посевами культуры в процессе вегетации должен быть различным по причине неодинаковой потребности в элементах питания в процессе индивидуального роста и развития.

Работами Петербургского А. В. (1981) и Авдониной Н. С. (1982), установлены два периода питания – критический и максимальный [5, 151]. Критический этап развития приурочен к началу вегетации культуры, когда недостаток одного из основных элементов питания лимитирует урожайность, при этом последующее внесение недостающего элемента не устраняет данного негативного эффекта. Период максимального потребления приходится на вторую половину вегетации, когда происходит интенсивное накопление сухого

вещества в растении, для синтеза которого требуется поступление в растения большого количества азота, фосфора и калия.

В настоящее время принята новая международная фенологическая шкала, которая представляет собой десятичный код развития злаков. В жизненном цикле растений выделены 10 основных фаз (пронумерованы от 0 до 9), каждая из которых разделена на 10 подфаз [217]. В России самой распространенной оценкой фаз и этапов развития в онтогенезе пшеницы является классификация, предложенная Куперман Ф. М. (1977) [113]

Набухание и прорастание семян предшествует фазе всходов. Для того, чтобы семена проросли, они должны набухнуть, т. е. поглотить определенное количество воды. Всходы – первая фаза роста и развития. По мере набухания семена начинают прорастать. Вначале трогаются в рост зародышевые корешки, а затем стеблевой побег. Кущение – образование побегов из подземных стеблевых узлов. Сначала из них развиваются узловые корни, затем боковые побеги, которые выходят на поверхность почвы и растут так же, как и главный стебель. Выход в трубку характеризуется началом роста стебля и формированием генеративных органов растения. Началом выхода в трубку считают такое состояние растений, когда над поверхностью почвы на высоте 3–5 см внутри листового влагалища главного стебля легко прощупываются стеблевые узлы – бугорки. Колошение характеризуется появлением соцветия из влагалища верхнего листа. Спелость наступает вслед за цветением, а созревание начинается с прекращения поступления пластических веществ, влажность зерна снижается до 18–12 %.

По отношению к минеральному питанию, с учетом особенностей этапов органогенеза, у зерновых культур выделяется несколько периодов. Первый из них соответствует стадии яровизации и продолжается от посева до начала кущения. О роли азота на данной стадии развития растений существует противоречивое мнение. По мнению Подвалковой И. А. (1959), растения зерновых культур в этот период невосприимчивы к азоту, так как их питание осуществляется за счет запасов семени [153]. По мнению же большинства

авторов [16, 57, 140], азот для злаковых культур необходим с раннего периода роста. Эта потребность обусловлена необходимостью формирования хорошо развитого ассимилирующего аппарата, большой поглощающей поверхностью корневой системы. Если в это время растениям не хватает азота, то образуется недостаточная листовая поверхность, отмечаются резкое уменьшение колосков в колосе, нарушение обмена веществ и, как результат, – снижение урожайности.

Многие исследователи подчеркивают важность обеспеченности фосфором в период кущения растений [132]. Потребность в калии на стадии яровизации, по их мнению, выражена слабо. Критической фазой по отношению ко всем элементам питания у зерновых культур является световая стадия, которая соответствует фазе кущения. В этот период отмечается максимальное потребление на единицу массы растений азота, фосфора и калия. Недостаток элементов питания в этот период не компенсируется их достаточным количеством в более поздние периоды развития.

Зерновые культуры, несмотря на незначительное потребление питательных веществ в критический период их роста (всходы–кущение), весьма чувствительно реагируют как на недостаток их в почве, так и на избыток, что, в конечном счете, сказывается на урожае. При исключении азота из питания не образуется зерно. Фосфорное голодание отрицательно сказывается на всех элементах урожая. Калий необходим более всего в последующие периоды для формирования соломины и транспорта углеводов в растение [153].

Яровая пшеница отличается интенсивным темпом поступления элементов минерального питания в период от фазы кущения до колошения. В это время формируется более 60 % сухого вещества и потребляется до 70 % азота, фосфора и более 80 % калия. Поступление элементов питания заканчивается после развития зерновки [16].

Критический этап в отношении азотного питания у яровой пшеницы наступает в периоды интенсивного роста вегетативных органов, то есть в фазы кущения и выход в трубку на которые приходится IV–V этапы органогенеза [164]. При недостатке азота у растений наблюдается замедленный рост, листья мелкие и узкие, кущение слабое, окраска листьев светло-зеленая. Признаки

азотного голодания сильно проявляются в нижнем ярусе листьев, которые преждевременно желтеют и отмирают [115].

Периодом наибольшего потребления азота из почвы приходится на фазы, начиная с выхода в трубку (V этап) до молочной спелости зерна (XI этап). За это время поглощается 60–70 % азота за весь вегетационный период [140].

Многими исследованиями установлено, что все зерновые культуры, в том числе и пшеница, отзывчивы на азотное питание [75, 148, 163].

Исследованиями Асеевой Т. А. (2009), в результате длительного изучения роли отдельных видов минеральных удобрений в формировании урожайности яровой пшеницы, установлено, что в условиях Среднего Приамурья она на 66,4 % зависит от обеспеченности минеральным азотом [12].

В условиях Приамурья яровая пшеница также требовательна к азотному питанию, что объясняется замедленными темпами процессов аммонификации и нитрификации в начале вегетационного периода [161, 186]. Азотное питание имеет тесную связь с фосфорным. Недостаток или избыток фосфора по отношению к азоту, приводит к серьезному нарушению белкового обмена. Благодаря улучшению фосфорного питания усиливается поступление азота в растение [16].

Наилучшие условия питания и максимальный урожай зерновых культур создаются при сочетании допосевного и припосевного азотно-фосфорного удобрения (30–40 кг/га азота и 10–20 кг/га фосфора). По результатам растительной диагностики рекомендуется проводить листовые подкормки азотным удобрением в форме мочевины в дозе 20–30 кг/га в фазу кущения–начала выхода в трубку [179].

Пшеница лучше отзывается на нитратные удобрения, в особенности это касается аммиачной селитры, которая широко распространена в условиях нашей страны. В этом удобрении содержатся оба иона, содержащих азот. По данным Николаева В. Н. (2022), установлено, что в начальные фазы роста и развития пшеница усваивает аммонийный азот лучше, начиная с фазы кущения – нитратный [137]. По мнению Кумакова В. А. (1980), это связано с

развертыванием листовой поверхности и усилением фотосинтетической активности, которая является источником энергетических ресурсов, необходимых для восстановления нитратов [112]. По данным Винокурова И. Ю. (2022), в нечерноземной зоне Верхневолжья на серой лесной почве в зоне дерново-подзолистых почв преимущественное поглощение азота растениями приходится до 70 % на нитратную форму, до 36 % на аммонийную форму [32]. Однако по данным Верниченко И. В. (2002), при проведении опыта со скоростью поглощения меченого азота нитратной и аммонийной формы в условиях песчаных культур было установлено, что зерновые культуры в первые сутки поглощают меченый азот в составе аммонийной формы. Также автор отмечает, что восстановленная форма азота (NH_4^+) окисляется в растениях до нитрата иона [30]. В условиях Верхневолжья на серой лесной почве пшеница потребляет преимущественно нитратную форму азота. Ион аммония может поступать в растения в поздние периоды развития, вследствие образования в растениях углеводов в процессе фотосинтеза [32].

Фосфор является важным элементом, входящим в состав нуклеиновых кислот и выполняющим функцию энергоносителя в клетках. Он входит в состав аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), которая служит переносчиком и поставщиком энергии во многих процессах жизнедеятельности растений. Обеспечение растений фосфором в достаточном количестве является ключевым фактором для получения высоких урожаев и обеспечения качества продукции.

I этапу органогенеза соответствует фаза прорастания семян. Зерно яровой пшеницы, которое содержит больше всего азотистых соединений и относительно малое содержание углеводов, в начальные периоды развития нуждается в основном в фосфорном питании. Под влиянием фосфора быстрее развивается корневая система и усиливается рост растений. По убеждению Носатовского А. И. (1965), при наличии в достаточном количестве фосфат-иона в почве растения сокращают период всходы–колошение на 2–3 дня, избыточное количество азотных удобрений удлиняют его на 2–5 дней [140].

В отношении фосфорного питания первый месяц после всходов – критический. На ранних стадиях пшеница испытывает повышенную потребность в фосфоре. По некоторым данным до фазы развития колошение пшеница накапливает до 75 % фосфора из почвы и удобрений. Негативный эффект, вызванный недостатком фосфора период IV–V этапа органогенеза (кущение и выход в трубку), не устраняется обильным снабжением растений в более поздние этапы развития. На озерненность колоса сильно влияет условия минерального питания, при недостатке фосфора от фазы кущения до колошения приводит к уменьшению количества цветков в колосе, а это снижает количество зерен в колосе [192].

Дефицит фосфора в системе минерального питания пшеницы на начальном этапе роста и развития влияет на снижение количества побегов и, как следствие, приводит к недобору урожая. Поглощение фосфора в период прорастания семян незначительно, но хорошая обеспеченность оказывает значительное влияние на урожайность зерна. Исключение фосфора из питания растений яровой пшеницы в течение первых двух недель вегетационного периода уменьшило урожайность на максимально возможные 42 %, что связано с уменьшением количества побегов и плохим развитием вторичной корневой системы [219].

Фосфор положительно влияет на усвоение растениями азота, окисленная нитратная форма, которого, прежде чем войти в состав белка должна быть восстановлена, что требует значительных затрат энергии. Поэтому при недостатке фосфора нитратные соединения накапливаются в растении и, следовательно, синтез белка задерживается. Так, при исследовании отзывчивости яровой пшеницы на минеральные удобрения в Казахстане было установлено, что внесение одного азотного удобрения приводит к уменьшению полновесности зерна, при совместном внесении азотного и фосфорного удобрений зерно было крупным и выполненным [194].

На поступление фосфатов в растения и увеличение продуктивности зерна большое влияние оказывает влагообеспеченность почвы. Так, исследованиями Кулеш О. Г. (2022), установлена сильная криволинейная корреляционная

зависимость между содержанием валового фосфора в растениях яровой пшеницы и запасами продуктивной влаги в слое 0–50 см ($r^2 = 0,72$) [105].

Увеличение содержания подвижного фосфора в почве приводит к возрастанию окислительно-восстановительного статуса растений яровой пшеницы и повышению содержания каротиноидов, которые отвечают за усиление фотосинтетических процессов, что, в свою очередь, приводит к увеличению зерновой продуктивности [37].

Калий занимает важное место в балансе питания яровой пшеницы. Он ускоряет передвижение углеводов из стеблей и листьев в зерно, вследствие чего оно становится крупнее и более выполненное. К концу вегетации до 60 % калия выводится из растений с корневыми выделениями, поэтому судить о потребности растений в калии по его выносу с урожаем трудно [154].

Калий в растения поступает более равномерно по сравнению с азотом и фосфором. Однако активное его потребление отмечается в межфазный период кущение–колошение [131]. Калийные удобрения способны уменьшить полегание пшеницы на фоне высоких доз азота [164]. При недостатке калия у пшеницы проявляется пожелтение и отмирание краев нижних листьев [115].

Интенсивное поглощение элементов питания с начала вегетации и до выхода в трубку является важным процессом для хорошего прохождения последующих фенологических фаз развития и формирования повышенной зерновой продуктивности. По данным Иванова П. К. (1971), ход накопления азота и фосфора опережает прирост сухой массы к фазе выхода в трубку в 3,5 раза [75]. К фазе колошения фосфор и калий накапливаются в растении полностью, азот полностью, органическая масса растений составляет лишь 62 % конечного урожая. Исследованиями Поповой А. В. (2022), установлено, что максимум накопления основных элементов в листьях и стеблях яровой мягкой пшеницы приходится на кущение, затем снижается с наступлением следующих фенологических фаз развития. К фазе полной спелости их количество уменьшается в несколько раз относительно начального периода развития. Это происходит благодаря интенсивному оттоку в репродуктивные органы, что

очень важно при формировании полноценного высокобелкового зерна яровой пшеницы [154].

На III–IV этапах органогенеза, которые у пшеницы проходят в фазе кущения и начала выхода в трубку, начинается закладка колосков в колосе и предопределяется возможная продуктивность колоса. Именно на этих этапах развития необходимо создавать наилучшие условия для формирования высокой продуктивности колоса путем внесения основных удобрений. Уровень обеспеченности яровой пшеницы элементами минерального питания в период прохождения кущения–начала выхода в трубку и способ их внесения влияет на число колосков в колосе [136].

По данным Деминой О. Н. (2021), в условиях Западной Сибири на выживаемость растений оказывает влияние внесение минерального азотно-фосфорного удобрения [60]. Так, на варианте без внесения удобрений выживаемость растений пшеницы составила 80 %. Объясняется это тем, что на естественном агрофоне растения яровой пшеницы формируют незначительную высоту и чаще всего с одним продуктивным стеблем. Поэтому происходит слабая конкуренция с сорными растениями за площадь питания и освещение. При внесении азотного и фосфорного удобрений на планируемый урожай зерна 4,00 т/га, выживаемость растений увеличивалась до 89 %, а внесение удобрений на получение зерна 5,00 т/га – сохранность растений снижалась до 82 %, что связано с усилением конкуренции между растениями.

Оптимальное соотношение элементов питания под посевами яровой пшеницы оказывает влияние на качественные изменения и ростовые процессы культуры. Так, среди основных элементов питания, выносимых с хозяйственной частью урожая (зерно + солома), преобладает азот, на втором месте калий, затем фосфор. Поэтому сбалансированность питания пшеницы по всем элементам питания имеет важное значение в повышение эффективности вносимых удобрений. Относительная недостаточность того или иного элемента приводит к сильным негативным последствиям, чем недостаточность абсолютная. Общеизвестно, что на почвах богатых азотом эффективно внесение только

фосфорного удобрения. В то же время на слабоокультуренных почвах с низким содержанием азота одностороннее внесение фосфорного удобрения не даст эффекта или приведет к снижению урожая [112].

Лист является одним из основных органов, участвующих в фотосинтетических процессах с образованием пластических веществ, передвижение которых в формирующиеся зерно определяет количество получаемого урожая [110].

В своей работе Осипова Л. В. (2023), предложила оценивать развитие растений яровой пшеницы по удельной поверхности плотности листьев (УППЛ). УППЛ рассчитывается как отношение массы листовой поверхности к ее площади и характеризуют затраты органического вещества на построение единицы листовой поверхности. Высокие значения УППЛ способствуют формированию большой массы зерна из-за активизации донорно-акцепторных отношений между листом и репродуктивными органами. Вариабельность данного показателя зависит от условий среды: света, температуры и минерального питания. Автором было установлено, что на высоком уровне минерального питания удельная поверхностная плотность листьев в 3–6 ярусе возрастала незначительно, в 7 ярусе – более чем в 2 раза относительно слабоудобренной почвы [144].

По данным ряда авторов [110, 193] активный прирост воздушно-сухой массы пшеницы приходится на начальные фазы развития, затем постепенно ослабевает, достигая минимума после колошения, что связано с замедлением работы фотосинтетического аппарата. Из всех структурных органов растений лист является основным производителем органических соединений, которые включаются в ростовые процессы. При неблагоприятных погодных условиях и дефиците элементов питания, снижающих прирост сухого вещества после колошения, дополнительно мобилизуются запасы ассимилянтов, созданные в первой половине вегетации, а также реутилизируется часть структурных соединений листьев и стебля, за счет которых может создаваться до 50 % массы зерна [67, 93].

Зная потребности растений яровой пшеницы в элементах питания в различные периоды роста и развития и о повторном использовании (реутилизации) ею основных элементов питания, начиная с фазы колошения, представляется возможным регулирование продукционного процесса возделывания культуры посредством внесения удобрений, что приведет к оптимизации использования минеральных туков и снизит затраты на производство высокоурожайного зерна с высокими качественными характеристиками.

Таким образом, на IV и V этапах органогенеза, которые у большинства зерновых культур проходят в межфазный период кущение–выход в трубку, уже предопределяется возможная продуктивность колоса. Поэтому на этих этапах необходимо создать наилучшие условия для развития колоса путем оптимизации минерального питания под посевами яровой пшеницы [127].

Потребность в элементах питания в течение вегетации яровой пшеницы может прекращаться не из-за уменьшения потребности в нем, а в связи с истощением доступных запасов в почве. К примеру, в опытах Холопова В. Д. и Тянутовой Г. В., максимум поглощения фосфора яровой пшеницей на неудобренном фоне наблюдался в фазе колошения, при внесении фосфорных удобрений – в фазе молочной спелости зерна [108, 112].

На поступление элементов питания в растения яровой пшеницы в большой степени влияют гидротермические условия в период вегетации растений. Так, при засухе посевы пшеницы в фазу кущения приостанавливают прирост сухого вещества, что приводит к нарушению минерального питания. В опытах с яровой пшеницей Хади Мавлюд (1992) установил, что при действии продолжительной засухи происходит торможение ростовых процессов в растении и замедление поглощения элементов питания [202].

Аналогичные данные получены Колбиным С. А. (2019) в центральной части лесостепи Приобья [91]. Автор изучал влияние нескольких гидротермических режимов (засуха в начале и во второй половине вегетации) в различные фазы развития яровой пшеницы на эффективность потребления

растениями минерального азота из почвы и удобрений. При засухе в начальные периоды развития культуры отмечалась гибель побегов в фазу полной спелости, и закладка низкого количества зерен в колосе. Прибавка от азотного удобрения отсутствовала либо была несущественной. Однако при засухе в период генеративного развития растений формирование биомассы пшеницы в полную спелость и урожайность зерна были выше в 1,5 раза относительно начального периода развития посевов.

При совместном применении органических и минеральных удобрений в засушливых условиях вегетационного периода происходит увеличение мощности корневой системы, что положительно влияет на поглощение влаги из подпахотных горизонтов [40].

Ряд авторов отмечают [142, 152], что в процессе вегетации культуры одновременно с процессами поглощения растениями элементов питания происходят их потери, обусловленные воздействием погодных условий и физиологическими процессами, происходящими в растениях (отмирание и опад листьев). Так, по данным Олифер В. А. (1972), установлено, что вымывание из яровой пшеницы азота, фосфора и калия сильнее происходило в более влажные годы по сравнению с нормальным увлажнением [142].

Исследованиями Уфимцева А. Е. (2022), установлено, что применение жидких минеральных удобрений в засушливых условиях ($\text{ГТК} = 0,47$) Тюменской области приводило к увеличению урожайности яровой пшеницы до 1,45 т/га в связи с хорошим развитием корневой системы из-за повышенного содержания фосфора в этом удобрении [197].

Помимо погодных условий на процесс поглощение элементов питания оказывают свойства почвы. В большей степени это относится к кислотности почвы. В классических трудах по минеральному питанию растений отмечено, что подкисление корневой среды приводит к увеличению поглощения анионов, а подщелачивание стимулирует поглощение катионов [173].

Исследованиями Еремченко О. З. (2021), установлено существенное снижение ионов K^+ в листьях яровой пшеницы на кислой почве. Усиленное

накопление ионов Ca^{2+} на кислой и щелочной дерново-подзолистой почве, по мнению автора, связано с адаптивным приспособлением растений к неблагоприятным условиям среды [78].

В последнее время вопросами о влиянии хелатных удобрений на рост и развитие растения яровой пшеницы отводится особое внимание [81, 155]. Так, некоторыми исследователями установлено, что использование макро- и микроудобрений в хелатной форме способствует повышению стрессоустойчивости сельскохозяйственных растений в периоды недостаточной влагообеспеченности в начальные фазы развития [81, 117].

Имеются данные [46], что применение микроудобрений помогают оптимизировать потребление основных элементов питания (NPK) яровой пшеницей, вследствие этого повышается зерновая продуктивность культуры. По данным Гомана Н. В. (2021), применение хелатных удобрений, содержащих в виде действующего вещества цинк и медь, позволило получить достоверные прибавки зерна пшеницы в Омской области. Отмечена тенденция к уменьшению использования азота из почвы относительно варианта без внесения хелатных удобрений в начальные фазы развития, при повышенной урожайности [49].

Таким образом, формирование генеративных органов у яровой пшеницы и уровень урожайности зерна определяется рядом факторов, как условиями окружающей среды, так и обеспеченностью минеральным питанием в основные фазы развития. Для условий Приамурья остается актуальной проблемой изучение влияния основных элементов минерального питания на формирование структурных элементов и уровня урожайности яровой пшеницы.

1.4 Состояние изученности влияния удобрений на рост, развитие, урожайность и качество продукции пшеницы

Для повышения качества зерна необходимо принимать во внимание не только характеристики сорта, но и условия, в которых произрастает яровая пшеница [14, 121, 123, 191].

Показатели качества зерна можно разделить на физические и химические. К физическим показателям относятся форма, линейные размеры и крупность, масса 1000 зерен и стекловидность, а к химическим – содержание зольных элементов и азота в зерне, количество белка [165].

Общеизвестно, что содержание питательных веществ в семенах зерновых культур сильно зависит от климатических, почвенных и погодных условий. Белковость зерна связана с континентальностью климата, выраженной средними годовыми амплитудами температуры воздуха и количеством осадков за вегетацию. Количество протеина в зерне возрастает с повышением температуры и понижением суммы осадков в период от колошения до восковой спелости зерна [16, 145]. Под влиянием неблагоприятных погодных условий (повышенной температуры воздуха на фоне избыточного увлажнения) пшеница формирует низкокачественный эндосперм семени. При оптимальных условиях максимальное количество питательных веществ преобразуется в крахмал эндосперма, что приводит к снижению содержания белка в зерне пшеницы.

По данным Богдан П. М. (2021), дефицит влаги в период формирования и налива зерна снижает накопление белка. Высокое накопление белка в зерне пшеницы (16 %) отмечается в годы с ГТК в период колошение–созревание – 0,5 (средняя засуха) и недостаточное влагообеспечение – 1,0–2,0 [25].

Исследованиями Деминой Н. Ф. (2022), была установлена тесная отрицательная связь между содержанием белка и урожайностью яровой пшеницы ($r = -0,758 \pm 0,098$). Связано это с тем, что в фазу формирования зерна высокий температурный режим и недостаток влаги негативно влияют на нормальную работу ассимиляционного аппарата растения, усиливая при этом процесс дыхания и расход углеводов. В результате этого происходит накопление белка в зерне [59].

Аналогичные данные получены Беляевым В. И. (2023), в условиях засушливого климата Алтайского края, когда при изучении сортов разной групп спелости было выявлено, что в годы с большим количеством осадков в августе содержание протеина и клейковины было низким и, напротив, засушливые

условия в период развития генеративных органов пшеницы обуславливает повышение данных показателей [18].

Оценка роли температурного фактора и условий влагообеспечения в течение вегетационного периода в формировании количества клейковины яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Красноярского края показала, что содержание клейковины увеличивается под воздействием повышенных температур и осадков июля месяца [84].

Между тем имеются противоречивые убеждения по вопросу качества зерна в зависимости от гидротермических условий. Суховеева О. Э., Лыскова И. В. и Лыскова Т. В. (2022), утверждают, что накопление азота и белка в зерне пшеницы не происходит под действием засушливых условий в период формирования зерновки [187].

Стекловидность зерна – это важнейший показатель его качества. Он характеризует консистенцию эндосперма. Стекловидное зерно отличается повышенным содержанием белка, клейковины и высоким выходом муки. По данным Иванова П. К. (1971), между содержанием белка и стекловидностью зерна не всегда существует связь. В большей мере этот показатель зависит от наследственных свойств сорта и климатических условий [75].

К основным сельскохозяйственным регионам возделывания яровой пшеницы с высоким содержанием белковых веществ относятся: Волгоградская, Саратовская, Омская, Оренбургская области и Алтайский край [139, 170, 174, 215]. Зерно пшеницы, выращенное в этих условиях пригодно для изготовления макаронных и хлебобулочных изделий, а также детского питания.

В Амурской области ограничивающим фактором в повышении качества зерна являются погодные условия второй половины вегетации. Выпадение большого количества атмосферных осадков на фоне повышенных температур приземного слоя воздуха в период налива зерна приводит к уменьшению синтеза белка и увеличению доли крахмальных веществ. В период уборки избыточное увлажнение приводит к развитию грибных заболеваний – «пыльная головня» и фузариоз, что снижает качественные показатели зерна пшеницы [130]. Однако

увеличение количества белка в условиях влажного вегетационного периода возможно при правильной агротехнике: хорошие предшественники, обработка почвы, внесение органических и минеральных удобрений позволяет улучшить азотное питание и повысить качественные показатели зерна [183].

Почвенно-климатический потенциал Дальневосточного региона позволяет выращивать сильные и ценные группы пшеницы, предназначенные для пищевых целей. Так, в условиях Амурской области в среднем за 2019–2021 гг. в контрольном варианте при урожайности 2,21 т/га содержание белка составляло 12,7 %, жира – 1,7 %, масса 1000 семян – 29,2 г, натурная масса – 628 г/л, стекловидность – 44,7 % [200]. По данным Асеевой Т. А. (2020), в Хабаровском крае были изучены три перспективных сорта яровой пшеницы и дана оценка их качественных характеристик зерна: сила и выход муки, и объем выпеченного хлеба. Авторами было установлено, что зерно испытываемых сортов пригодно для изготовления хлеба и хлебобулочных изделий [13]. Мищенко Л. Н. и Терехин М. В. (2022) провели сравнительную характеристику нового сорта яровой пшеницы ДальГАУ 4 с другими районированными сортами на качественные показатели зерна и устойчивость к грибным заболеваниям. В ходе исследований было установлено, что новый сорт в среднем характеризовался содержанием сырой клейковины 30 %, что выше относительно других сортов на 3–15 % [130]. По данным Абросимовой Т. Е. (2006), в условиях Амурской области на луговой черноземовидной почве содержание белка и клейковины в контрольном варианте составляло 17,5 % и 37,1 % соответственно [3].

Таким образом, в условиях Дальневосточного региона зерно яровой пшеницы может иметь следующие характеристики: 30–38 % клейковины, качество клейковины – 77–85 % ед. ИДК, стекловидность – 44–80 %, натура – 628–755 г/л. В соответствии с ГОСТ 9353–2016 по содержанию клейковины зерно пшеницы относится к 1–2 классу, по качеству клейковины к 1 классу, по стекловидности к 1–2 классу, по натурной массе к 1–3 классу.

Возрастание сбора белка в зерне пшеницы с единицы площади при применении удобрений установлено многими исследователями во всех почвенно-климатических зонах страны [42, 196, 215].

По данным Ворончихиной И. Н. (2023), под действием возрастающих доз азотных удобрений натура зерна яровой пшеницы снижается, а при увеличении их приводит к увеличению стекловидности зерна, содержанию в нём белка и клейковины, повышению объёмного выхода хлеба [36].

Интенсификация сельскохозяйственного производства предъявляет высокие требования к новым интенсивным сортам яровой пшеницы. В условиях Рязанской области изучались сорта по элементам структуры колоса и качественным показателям зерна. Так, преувеличение над стандартом в зерне новых сортах по содержанию белка составило 0,42–2,01 %, по количеству клейковины и массе 1000 зерен – 2,5–3,2 % [90].

В условиях Оренбургского Предуралья эффективным удобрением оказалась нитрофоска. Внесение возрастающих доз удобрения от 100 до 200 кг/га приводило к увеличению сбора белка до 16,4–16,5 %, клейковины – до 45,9–46,2 %, стекловидности – до 56–62 % соответственно [215].

Стекловидность сильной пшеницы должна быть не менее 60 %. Натурная масса высококачественной пшеницы не должна быть менее 750 г/л [107].

В условиях Ульяновской области применение удобрений и известкования на черноземе выщелоченном увеличивало количество доступных для растений форм азота, фосфора и калия, что обусловило увеличение белка в зерне яровой пшеницы на 3,9 %, урожайности на 1,78 т/га [106].

Питание азотом в достаточном количестве для растений яровой пшеницы является одним из ключевых факторов повышения урожайности зерна и его качественных характеристик. Так, в условиях Воронежской области изучалось влияние различных норм посева и некорневых подкормок азотом на содержание белка и клейковины в зерне. Авторами было установлено, что на фоне N_{30} была отмечена закономерность в увеличении содержания клейковины при снижении

нормы высева. На фоне азотных подкормок (N_{45}) наблюдался обратный эффект – при увеличении нормы высева количество клейковины в зерне пшеницы повышалось. Улучшение качества клейковины в большей степени зависело от увеличения фона азотного питания на посевах с нормами высева 2 и 4 млн шт./га, а в варианте с нормой высева 6 млн шт./га – на фоне N_{30} . Натура зерна не зависела от нормы высева и нормы азотного питания [38].

В последнее время технология точного земледелия приобретает все большее значение по причине экономного расходования минеральных удобрений и уменьшения себестоимости получаемой продукции [1, 206, 207].

В условиях северной лесостепи Тюменской области изучали дифференцированное внесение аммиачной селитры на качественные показатели зерна. Было установлено, что применение удобрений в системе точного земледелия способствует существенному увеличению содержания белка, по сравнению с традиционным способом внесения на 0,47 %, сырой клейковины – на 5,7 %, стекловидности зерна – на 3 %, массы тысячи зёрен – на 1 г [1].

Вариация показателя клейковины под действием удобрений в сложных погодных условиях изменяется в значительных пределах и составляет от 67 до 93 %.

Наиболее эффективной дозой минеральных удобрений на серых лесных почвах Владимирской области, которая значительно повлияла на качество зерна пшеницы, была доза $N_{80}P_{80}K_{80}$ на фоне последействия извести. Преувеличение содержания клейковины и ее качества составило на 14 % и 14 ед. ИДК выше относительно неудобренного варианта [40].

Для получения урожайности на уровне 4,00–4,50 т/га и соответствующего качества зерна необходимо под основную обработку почвы вносить минеральные удобрения в дозе $N_{90}P_{30}$, при посеве – P_{15} и проводить подкормку в период колошения–начала формирования зерна азотными удобрениями в количестве 10–30 кг д. в./га для увеличения количества белка в зерне.

Применение регуляторов роста в посевах яровой пшеницы имеет важное значение в обеспечении устойчивости растений к стрессам, болезням и вредителям, регулировании густоты стояния посевов. Сочетание их с азотными

удобрениями позволяет улучшить использование растениями яровой пшеницы почвенного азота, что обеспечивает увеличение урожайности зерна и его качества [10, 150]. Так, внесение биопрепарата «Биодукс» на фоне N_{90} в период кущения–выход в трубку увеличивало содержание клейковины на 4 %, массу 1000 зерен на 13 г выше контроля [178].

Опыты, проведенные Сайдяшевой Г. В. (2022), показали, что предпосевная обработка семян и внесение по вегетации пшеницы биопрепарата «Биотран» обеспечивали наибольшую, в среднем за 3 года, урожайность – 1,94 т/га и формирование зерна с натурной массой 735 г/л, содержанием белка 11,4 % и клейковины – 22,9 % [175].

Уровень содержания фосфатов в почве влияет на качественные характеристики зерна посредством более эффективного использования азота из почвы и удобрений. По данным Лапушкина В. М. (2022), на повышенном фосфорном фоне при внесении азота в дозе 150 и 250 мг/кг приводило к повышению урожая яровой пшеницы на 34–95 % [39]. Обеспеченность почвы подвижными фосфатами не оказало существенного влияния на накопление протеина в зерне, но обеспечивало лучшее использование азота удобрений, увеличивая коэффициент использования этого элемента до 59 %. Исследования, проводимые в длительном опыте по совместному внесению фосфорных и медных удобрений на слабокультуренной дерново-подзолистой почве, показало, что их применение увеличивает вынос элементов питания пшеницей. За счет медных удобрений повышался коэффициент использования фосфора от 5,2 до 8,1 % и содержание белка и клейковины в зерне [24].

Таким образом, качественные характеристики зерна в большей степени зависят от гидротермических условий в период формирования и налива зерна. С помощью агротехнических мероприятий, в том числе внесения азотных и фосфорных удобрений, можно регулировать ход накопления белка, что в конечном итоге повысит хлебопекарные качества муки. В условиях Амурской области возможно получение ценной пшеницы для производства продуктов питания.

ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Агрометеорологические и почвенные условия в годы проведения исследований

Климат Амурской области носит муссонный характер, отличительной особенностью которого является сезонная смена направлений ветра. Причиной является территориальное положение области: с одной стороны, воздушные массы Восточной Сибири, приносящие холодные континентальные ветра, с другой теплые муссонные ветра Тихого океана [180].

Весна в Амурской области характеризуется как переходный сезон, в который происходит смена зимнего муссона летним, чаще всего она поздняя и засушливая. Безморозный период наступает в южных районах области в конце первой середины и второй декад мая, а в северных и западных – в первой и второй декадах июня. В отдельные годы бывают значительные отклонения от средне многолетних дат [8].

Первая половина лета теплая и солнечная, иногда излишне сухая, а вторая – дождливая. Осадки приносятся теплыми ветрами муссонного типа.

Влияние Тихого океана проявляется в основном летом, когда на территорию области проникают с моря воздушные потоки южных и юго-восточных направлений (летний муссон), обуславливая дождливое и теплое лето. Этот перенос морского воздуха на материк связан в летнее время с циклонами, развивающимися на западном направлении тихоокеанского фронта умеренных широт. Количество выпавших осадков неравномерное в пределах области, больше всего их выпадает в восточных районах, меньше – в западных частях. В среднем по области за год выпадает от 400 до 600 мм осадков. Причем летний период выпадает более 90 % от годовой нормы [97]. Распределение осадков по месяцам тоже неравномерное, больше всего их приходится на июль и август, когда выпадает около 2/3 от годовой нормы, что приводит к сильному переувлажнению почвы и

негативно сказывается на росте и развитии растений в этот период [180]. В отдельные годы выдаются дни, когда в виде сильного ливня в течение суток выпадает больше половины месячной нормы осадков.

Осенью устанавливается ясная и теплая погода с относительно небольшим количеством осадков, за период сентябрь–ноябрь выпадает 90–98 мм осадков с наибольшим их количеством в сентябре.

В южной зоне Амурской области температурный режим вегетационного периода выше, чем в других районах. Сумма активных температур воздуха изменяется в пределах 2200–2250 °С. Заморозки прекращаются в среднем 10–15 апреля. Средняя длительность безморозного периода 130–140 дней. Средние даты начала заморозков приходятся на 25–30 сентября. Количество осадков составляет 400–430 мм. Средние даты установления устойчивого снежного покрова 6–8 ноября, а схода 25–31 марта. Средняя продолжительность залегания устойчивого снежного покрова 140–145 дней.

По данным Зенкиной К. В. и Асеевой Т. А. (2024), повышение температуры приземного слоя воздуха и количество осадков в Хабаровском крае в долговременном периоде времени оказывает положительное влияние на урожайность яровых зерновых культур, в том числе пшеницы [72].

В условиях Амурской области повышение температуры воздуха чаще всего отмечается в весенний период и начало лета. По данным Рачук В. В. (2010), за столетний период наблюдений в Благовещенске температура воздуха повышалась наиболее заметно в апреле, мае и июне – в год на 0,028–0,22 °С. При мало изменчивом количестве поступающих осадков, произошло изменение показателя влагообеспеченности территории. Среднее многолетнее значение ГТК Селянинова по Благовещенску составляло 1,8, по Садовому – 1,7. За последние 25 этот показатель снизился на 0,1 ед. и составляет по Благовещенску 1,7, по Садовому – 1,6. Незначительная аридизация (иссушение) почвы за вегетационный период происходит за счёт повышения температуры воздуха почти при неизменном количестве осадков [168]. Аналогичные данные

о слабой засушливости вегетационного периода и увеличении безморозного периода получены Ковшиком И. Г. (2015) [89].

По данным Смирновой Н. Н. (1971), дата наступления последнего заморозка в южных районах области приходится на 8–18 мая, а дата первого заморозка приходится на 23–30 сентября, продолжительность безморозного периода в этом случае составляет 127–144 дня [180]. Однако, по данным Рачук В. В. (2010), за более чем тридцатилетний период наблюдений в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области отмечается тенденция смещения наступления первого заморозка на начало октября, последнего – на первые числа мая [168].

Таким образом, давая оценку климатическим особенностям Амурской области, следует отметить их положительные и отрицательные стороны при возделывании зерновых культур, включая пшеницу. Положительным в климате является достаточно высокое напряжение в течение вегетационного периода яровых зерновых культур тепла, света и влаги [168, 209]. К негативным факторам относится недостаток осадков весной, в начале вегетации растений зерновых культур, когда у них отмечается максимальная потребность во влаге, низкие температуры почвы из-за сильного промерзания зимой, избыток осадков во второй половине лета, что отрицательно сказывается на росте и развитии растений и затрудняет уборку урожая [92].

Гидротермические условия вегетационного периода яровой пшеницы 2019 года были близки к среднегодовым значениям по температурному режиму и сумме выпавших осадков (рисунки 1 и 2).

Однако выпадение обильного количества осадков в июле месяце (в 2,3 раза выше нормы) привело сильному переувлажнению почвы в результате чего отмечалось гибель части посевов и заражение колоса фузариозом

Погодные условия 2020 года характеризовались повышенным температурным режимом в апреле и мае (на 1,9 и 1,1 °С выше нормы) на фоне достаточного количества осадков позволило провести посев яровой пшеницы в оптимальные сроки и получить дружные всходы.

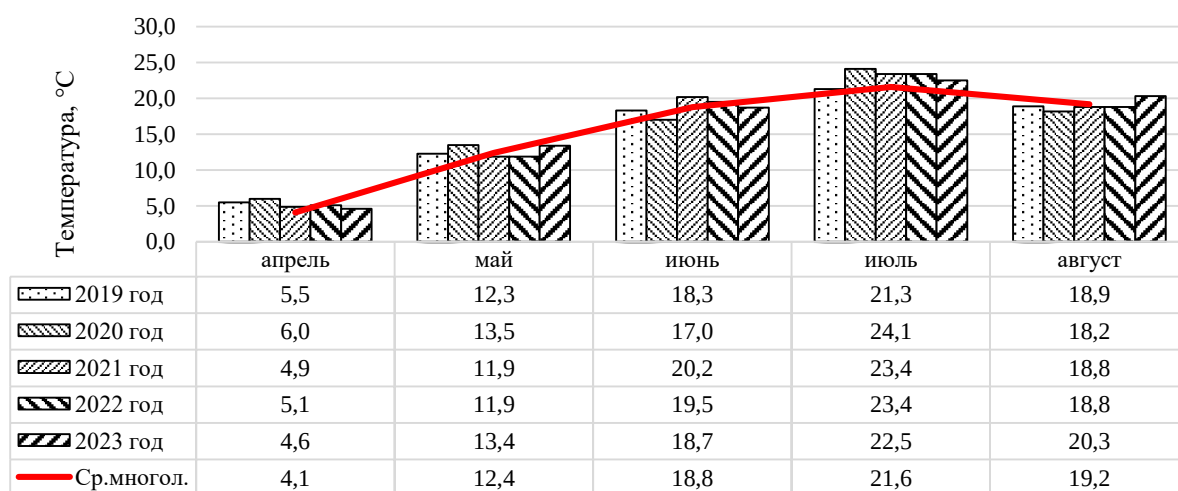


Рисунок 1 – Среднемесячные температуры воздуха, °С
(МП г. Благовещенск)

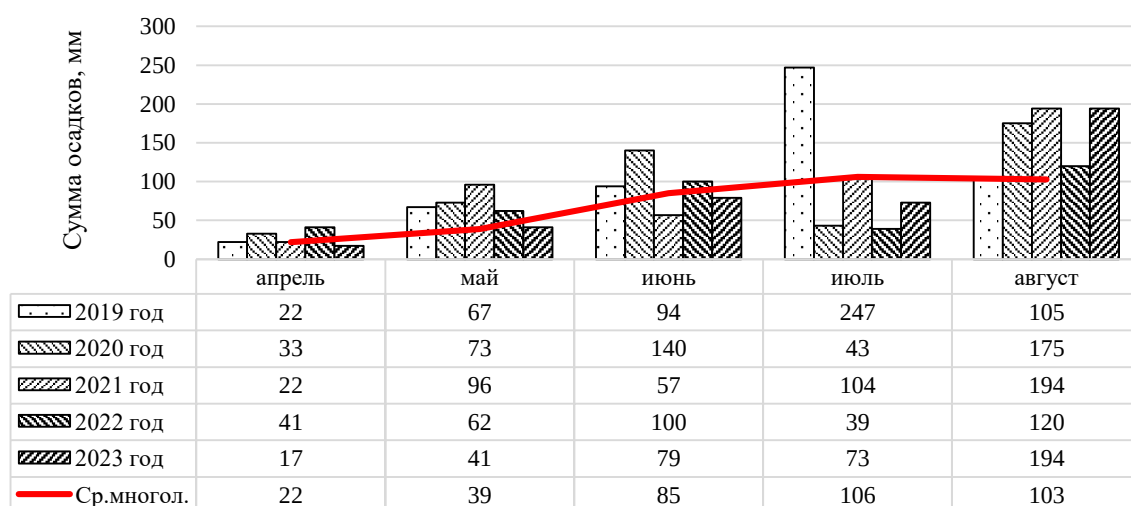


Рисунок 2 – Сумма осадков за месяц, мм (МП с. Садовое)

Напротив, июнь месяц был самым холодным из всех исследуемых лет, среднемесячная температура которого составляла 17 °С, что, вместе с обильным поступлением атмосферных осадков (на 64 % больше нормы), создало условия для удлинения продолжительности межфазного периода выход в трубку–колошение до 19 дней. Месяц июль характеризовался как теплый с дефицитом осадков (более чем в 2 раза ниже многолетнего значения), август как прохладный и дождливый.

Рост и развитие растений в гидротермических условиях 2021 года протекало при близких значениях к среднемноголетним показателям по количеству осадков и температуре. Однако повышенная среднемесячная

температура воздуха в июне месяце, которая превышала среднемноголетнюю норму на 1,4 °С, и низкая влагообеспеченность почвы обусловили снижение зерновой продуктивности в контрольном варианте до 1,74–2,02 т/га (приложение А, таблицы А.1 и А.2).

Гидротермические условия 2022 года характеризовались благоприятными показателями тепло- и влагообеспеченности яровой пшеницы. Исключением является вторая половина вегетации культуры, которая совпала с июлем месяцем, характеризующемся повышением среднемесячной температуры воздуха до 23,4 °С и количеством осадков ниже нормы в 3 раза, что привело к пересыханию верхнего слоя почвы в 1 декаде июля до 65 % от предельно-полевой влагоемкости ППВ и угнетению растений.

Благоприятные погодные условия 2023 года для роста и развития растений яровой пшеницы обеспечивались теплой и умеренно влажной погодой в апреле, мае, июне и июле. Напротив, август месяц характеризовался избыточным поступлением осадков (в 2 раза выше нормы), что затрудняло механизированный учет урожая.

Луговые черноземовидные почвы являются самыми плодородными почвами в Амурской области. По основным химическим и физико-химическим свойствам они сходны черноземам, отличаясь от них отсутствием карбонатного горизонта [186]. Эти почвы широко распространены на равнинах юга Дальнего Востока, особенно на Зейско-Буреинской равнине. Формируются под лугово-степной растительностью с куртинами кустарников. Почвообразующие породы – древние озерно-аллювиальные глины, реже – тяжелые суглинки.

Высокое содержание органического вещества и валовых запасов основных минеральных элементов, необходимых для питания растений обуславливают повышенное потенциальное плодородие этих почв [189]. Луговые черноземовидные почвы хорошо оструктурены. В профиле наблюдается комковато-ореховатая и призматическая структуры. В нижней части профиля прослеживаются признаки оглеения в виде охристых пятен, сизых и ржавых пятен [47, 48]. Илистая фракция по профилю распределяется равномерно [64].

Преобладание восстановительных процессов из-за нарушения водно-воздушного режима почвы в летний период приводит к усилению денитрификации, уменьшению почвенного азота и замедлению минерализации органических веществ. В почвенном профиле усиливается нисходящая миграция питательных элементов с гравитационным током воды [48]

Для луговых черноземовидных почв характерно среднее или высокое содержание гумуса в пахотном горизонте – от 4 до 8 % с преобладанием гуминовых кислот, связанных с кальцием. Реакция почвенного раствора изменяется от слабокислой до кислой ($pH_{\text{сол}} = 5-6$ ед.), высокая емкость катионного обмена (от 20 до 46 мг-экв./100 г почвы) и высокая степень насыщенности основаниями – 85–95 %. В зависимости от мощности и содержания гумуса почвы подразделяются на виды: маломощные (A1 + AB менее 20 см), среднемощные (A1 + AB – 20–30 см) и мощные – A1 + AB более 30 см [179].

Наибольшее распространение имеют среднемощные почвы. Они занимают равнинные участки и среднюю часть пологих склонов. Гумусовый слой достигает 25 см, окраска его темно-серая или серая. Содержание гумуса в естественном состоянии составляет 4,6–7,2 % [88]. Сумма поглощенных оснований в пахотном горизонте достигает 25–38 мг-экв./100 г почвы и несколько снижается вниз по профилю. Представлена в основном ионами Ca и Mg. Содержание ионов натрия – около 2 % от суммы катионов, что характерно для всех тяжелых по гранулометрическому составу почв Зейско-Буреинской равнины и является следствием минералогического состава почвообразующих пород [162].

Актуальная кислотность благоприятная для роста и развития растений и составляет 5,9–6,6 ед. pH [186]. Обменная кислотность изменяется от кислой до слабокислой – 5,0–5,8 ед. pH. Гидролитическая кислотность достаточно высокая – 2,8–7,9 мг-экв./100 г. По гранулометрическому составу эти почвы относятся к легким и средним глинам, подвержены переувлажнению во время муссонных

дождей, в засушливый период на поверхности образуется корка и глубокие трещины [210].

Водно-физические свойства пахотного слоя луговых черноземовидных почв: объемная масса – 0,94–1,04 г/см³, порозность различных агрегатов – 49 %, общая – 64 %. Эти свойства благоприятны для роста и развития растений. Несмотря на высокую влажность завядания растений, диапазон активной влаги, повышенный – 26 %. В средней части профиля происходит ухудшение водно-воздушного режима [162].

Профиль почв характеризуется стабильностью распределения полуторных окислов, в верхнем слое содержится: оксида железа (II) – 5,4–6,2 %, оксида железа (III) – 15–16,7 % [210].

Луговые черноземовидные почвы содержат значительные валовые запасы азота, фосфора и калия. Однако доступного для растений форм азота и фосфора в них недостаточно.

Содержание валового азота в пахотном слое изменяется от 0,3 до 0,5 %. По данным Шконде Э. И. (1959), из валового азота на долю легкорастворимых минеральных соединений приходится 1,5 %, легкогидролизуемого – 5 %, трудногидролизуемого – 21 %, остальная часть (73 %) составляет негидролизуемый азот (практически инертные запасы). Легкогидролизуемый азот служит ближайшим резервом питания растений при минерализации которого образуются непосредственно доступные для растений азотистые соединения [211]. По количеству легкогидролизуемого азота можно судить о потенциальном плодородии почвы [29]. Ввиду климатических особенностей Приамурья острый недостаток азота наблюдается в начальный период вегетации растений – в мае и июне. Это объясняется низкими температурами и высокой влажностью почвы в этот период, негативно влияющую на микробиологические процессы в почве.

Определение группового состава минеральных фосфатов в луговой черноземовидной почве по методу Чанга-Джексона занимались Прокопчук В. Ф. и Абросимова Т. Е. (1999) [160]. Они установили, что большая часть

минерального фосфора – от 76 до 88 % приходилась на фосфаты железа и трехзамещенные фосфаты кальция, на долю рыхлосвязанных фосфатов приходилась малая часть – от 0,52 до 1,16 %. Незначительное количество доступных для растений фосфатов в почве связано в первую очередь с гидротермическим режимом и низкой водопроницаемостью. Сезонное промерзание этих почв обуславливает высокую активность новообразования полуторных оксидов железа и алюминия. По этой причине происходит связывание подвижных соединений фосфора в недоступную форму, что является основной проблемой недостатка фосфора в длительно сезонно-мерзлотных почвах Амурской области [186]. По данным Наумченко Е. Т. (2022), изучение фракционного состава фосфатов луговой черноземовидной почвы в длительном опыте ФГБНУ ФНЦ «Всероссийском научно-исследовательском институте сои» показало, что за 10-летний период в варианте без внесения удобрений доступность фосфат-иона повысилась в 3 раза, а доля труднодоступных фосфорных соединений железа и кальция снижалась [135]. При обеднении почвенных запасов подвижным фосфором в результате сельскохозяйственного использования пашни, запускаются процессы, ведущие к мобилизации труднорастворимых соединений фосфатов [198].

Тяжелые по гранулометрическому составу почвы Зейско-Буреинской равнины содержат высокое валовое количество калия, что связано с наличием в минералогическом составе почв и почвообразующих пород минералов биотита, мусковита и монтмориллонита. В луговых черноземовидных почвах содержание валового калия составляет от 2 до 2,5 % [48]. Фракционный состав соединений калия в пахотном слое характеризуется следующим образом: водорастворимый калий – до 26 мг/кг почвы, обменный калий – 1100–2800 мг/кг почвы. Значительная часть обменного калия входит в кристаллические решетки минералов вторичной группы, их высвобождение сопровождается в основном под действием гидротермических условий, складывающихся в теплые месяцы вегетационного периода года. Содержание доступного для растений калия

составляет 100–300 мг/кг почвы. Поэтому внесение калия на этих почвах необязательно [186].

2.2 Объекты и методика проведения исследований

Объектом исследования является мягкая яровая пшеница сорта Арюна. Характеристика сорта. Среднеспелый сорт. Включен в Госреестр по Дальневосточному и Восточно-Сибирскому региону. Колос цилиндрический, средней плотности. Вегетационный период 76–87 дней. Среднеустойчив к полеганию. Засухоустойчивый. Масса 1000 зерен – 30–31 г [203].

Полевые исследования проводили в пятипольном полевом севообороте длительного стационарного опыта с удобрениями Географической сети РФ Всероссийского научно-исследовательского института сои на луговой черноземовидной среднетяжелой почве в 2019–2023 гг., расположенном в с. Садовое Тамбовского района Амурской области. Длительные стационарные опыты с удобрениями заложены последовательно на трех полях севооборота в 1962–1964 гг.

Чередование культур по полям севооборота во всех ротациях было идентичным: однолетние травы; соя; яровая пшеница; соя; яровая пшеница. В качестве однолетних трав в первой (1962–1966 гг.) и второй (1967–1971 гг.) ротациях севооборота высевали кукурузно-соевую смесь, в последующих 3–8 ротациях севооборота (1972–2011 гг.) – овсяно-соевую смесь, в одиннадцатой ((2012–2016 гг.) и двенадцатой (2017–2021 гг.) ротациях севооборота – овес и в тринадцатой ротации (2022–2026 гг.) – овсяно-соевую смесь.

Закладка полевого опыта проводилась по методике Доспехова Б. А. (1985) [65]. Общая площадь делянки составляла 180 м², площадь учетной – 72 м². Повторность закладки опыта трехкратная во времени и пространстве, расположение вариантов систематическое. Минеральные удобрения вносили вручную под предпосевную обработку почвы согласно схеме опыта (таблица 1).

Таблица 1 – Схема длительного стационарного опыта

Внесено удобрений с 1962- 2023 гг., д. в. по вариантам:	Соя + овёс 1-я культура	Соя 2-я культура	Пшеница 3-я культура	Соя 4-я культура	Пшеница 5-я культура
1. Контроль (б/у)	Контроль (б/у)	Контроль (б/у)	Контроль (б/у)	Контроль (б/у)	Контроль (б/у)
2. P ₁₈₀₀	P ₃₀	P ₆₀	P ₆₀	0	0
3. N ₁₄₄₀	N ₆₀	N ₃₀	N ₃₀	0	0
4. N ₁₄₄₀ P ₁₈₀₀ K ₁₄₄₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀	N ₃₀ K ₃₀	P ₆₀	0
5. N ₂₅₂₀ P ₂₈₈₀	N ₉₀ P ₉₀	P ₆₀	N ₆₀ P ₃₀	P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀
6. N ₁₄₄₀ P ₁₈₀₀ + навоз N ₁₄₄₀ P ₇₂₀ K ₁₄₄₀	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т/га	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀	P ₆₀ + навоз 12 т/га	0
Примечание: б/у – без внесения удобрений, д. в. – действующее вещество удобрения.					

Исследования по влиянию удобрений на формирование урожая яровой мягкой пшеницы и его качество проводили в полевом севообороте в 2019–2021 гг. (третья культура в 12 ротации севооборота), а влияние последствий удобрений в конце 12 ротации севооборота в пятой культуре в 2021–2023 гг. (приложение Б, таблица 2)

Таблица 2 – Схема опытов с действием и последствием удобрений

Действие удобрений (2019–2021 гг.)	Последствие удобрений (2021–2023 гг.)
1.Контроль (без внесения удобрений)	1.Контроль (без внесения удобрений)
2.Р ₆₀	2.П/д Р
3.Ν ₃₀	3.П/д Ν
4.Ν ₃₀ Κ ₃₀	4.П/д ΝΡΚ
5.Ν ₆₀ Р ₃₀	5.П/д ОМС
6.Ν ₃₀ + П/д ОМС	
Примечание: П/д Р – последствие фосфорного удобрения; П/д Ν – последствие азотного удобрения; П/д ΝΡΚ – последствие полного минерального удобрения; П/д ОМС – последствие органоминеральной системы удобрения.	

2.3 Агротехника и сопутствующие исследования в опыте

Предшественником для яровой пшеницы, размещенной как в действии (3-я культура севооборота), так и в последствии (5-я культура севооборота) удобрений являлась соя. Агротехника возделывания общепринятая для Амурской области и включала: отвальную вспашку (МТЗ 1221 + ПЛН 5-35, даты: 15.08–02.09), ранневесеннее боронование (МТЗ 1221 + БЗСС-1, даты: 10.04–17.04), внесение удобрений (Вручную, даты: 14.04–19.04), культивацию (МТЗ-1221 +

КПС-4, даты: 14.04–20.04), посев яровой пшеницы (МТЗ 1221 + СЗ-3,6, даты: 16.04–27.04). Учет урожайности проводили поделочно методом прямого комбайнирования (JohnDeer 3070) с перерасчетом зерна на стандартную влажность – 14 % и 100 % чистоту.

В фазу кущения посевы яровой пшеницы обрабатывались гербицидами (Балерина – 0,5 л/га, Аксил – 1,0 л/га, Магнум – 10 г/га) для борьбы с сорной растительностью.

Азотные – в форме аммиачной селитры (N – 34,6 %), фосфорные – двойного суперфосфата (P_2O_5 – 46 %) включительно по 11-ю ротацию севооборота, с 12-й ротации – суперфосфат гранулированный (P_2O_5 – 29 %), калийные – калия хлористого (K_2O – 63 %). В 6 варианте опыта под первую и четвертую культуры севооборота постоянно вносили полуперепревший навоз КРС (N – 0,2 %, P_2O_5 – 0,5 %, K_2O – 0,6 %).

Посев проводили рядовым способом с шириной междурядий 15 см: в 2019 году – 23 апреля, в 2020 году – 16 апреля, в 2021 году – 26 апреля, в 2022 году – 21 апреля, в 2023 году – 27 апреля. Посев яровой пшеницы осуществляли сеялкой СЗ-3,6 с нормой высева 5 млн. всхожих семян на 1 гектар.

В фазу полных всходов и созревания проводили учет густоты стояния растений на 1 м² в 4-х точках на делянке квадратной рамкой площадью 0,25 м² по методике ГСИ. Перед уборкой культуры проводили отбор снопа, состоящего из 50 растений яровой пшеницы для определения структуры урожая, в среднем на 1 растение: высоты, зерна, массу зерен и соломы. С этого снопа отбирали навески зерна и соломы для определения содержания валовых количеств азота, фосфора и калия на приборе ИК-анализаторе «FOSS NIRSystems 5000».

В период проведения исследований проводили фенологические наблюдения и проводили отбор проб растений в фазы: всходы, кущение, выход в трубку, колошение, полное созревание. В этих же образцах исследовали содержание валовых количеств азота, фосфора и калия. В зерне пшеницы определяли количество сырого белка на ИК-анализаторе «FOSS NIRSystems 5000». Калибровку

прибора проводили по содержанию определяемых элементов, которое устанавливается методом после мокрого озоления [128].

Определение массовой доли и качества сырой клейковины (Индекса деформации клейковины) в зерне яровой пшеницы проводили по ГОСТ Р 54478–2011.

Отбор почвенных образцов проводили в 17–20 точках с деланки пахотного слоя почвы (0–20 см) тростевым буром (по ГОСТ Р 58595–2019) в основные фазы роста развития культуры: кущение, выход в трубку, колошение, полная спелость. В почвенных образцах определяли: обменный аммоний – методом ЦИНАО по ГОСТ 26489–85; нитратный азот – методом ЦИНАО ГОСТ 26951–86; подвижный фосфор и калий – методом А.Т. Кирсанова ГОСТ Р 54650-2011.

ГЛАВА 3 ЗАВИСИМОСТЬ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ

3.1 Влияние гидротермических условий на рост и развитие яровой пшеницы

Реализация продуктивных качеств сортов сельскохозяйственных культур и их вариабельность на 60–80 % зависит от нерегулируемых факторов внешней среды. В зависимости от погодных флуктуаций различные культуры и сорта имеют различную амплитуду отклонений урожайности от среднепогодных величин. Исследования ряда ученых показали, что на урожайность зерновых культур, и яровой пшеницы в частности, в первую очередь оказывают воздействие погодные условия [80, 218], а затем такие агротехнические приемы, как внесение удобрений и состав севооборота [146, 199].

Неблагоприятные погодные факторы приводят к снижению урожайности яровой пшеницы. Повышение температуры воздуха ведет к нарушению ростовых процессов, в особенности к сокращению продолжительности отдельных фенологических фаз и в целом всего периода вегетации. Основная доля изменчивости продолжительности периода вегетации яровой пшеницы определяется рядом причин, в том числе географией произрастания (28 %), сортовыми особенностями (22 %), факторов года с географией возделывания – 23 % [21]. В последнее десятилетие в условиях Амурской области наблюдается повышение температуры приземного слоя воздуха при неизменной суммы осадков в течение вегетационного периода [89]. При этом следует отметить неравномерное выпадение осадков в течение лета: наибольшее их количество выпадает в июне и июле, что чаще всего приводит к переувлажнению посевов яровой пшеницы и, следовательно, недобору урожая.

Продолжительность вегетационного периода яровой пшеницы тесно связана с гидротермическими условиями года. В основных регионах возделывания яровой пшеницы, таких как Поволжье, Западная и Восточная Сибирь, негативным

фактором, сдерживающим формирование высокой урожайности, являются засушливые условия года [43, 21]. В условиях Приамурья засушливые условия приводят к задержке появления всходов яровой пшеницы. С приходом муссонных дождей в июне, июле и августе наблюдается сильное переувлажнение почвы, которое отрицательно влияет на налив и созревание зерна [184, 76].

Отдельные годы различались между собой по накоплению тепла, так и по количеству выпавших осадков. По сумме активных температур наиболее контрастными были 2020 и 2023 годы, когда за период посев–полная спелость накопилось 1890 и 1750 °С (приложение В). В остальные годы этот показатель изменялся в интервале 1772–1869 °С. Распределение осадков по годам было тоже неравномерным. Наибольшее их количество было в 2019 году, что составило 487 мм, а наименьшее в 2023 году – 216 мм.

Вариация погодных условий обусловила различия в росте и развитии яровой пшеницы. При посеве яровой пшеницы во второй декаде апреля в 2020 году продолжительность вегетационного периода (посев–полная спелость) была максимальной и составила 119 дней, при наивысшей урожайности зерна в контроле – 3,25 т/га (рисунок 3, приложения Г и А).

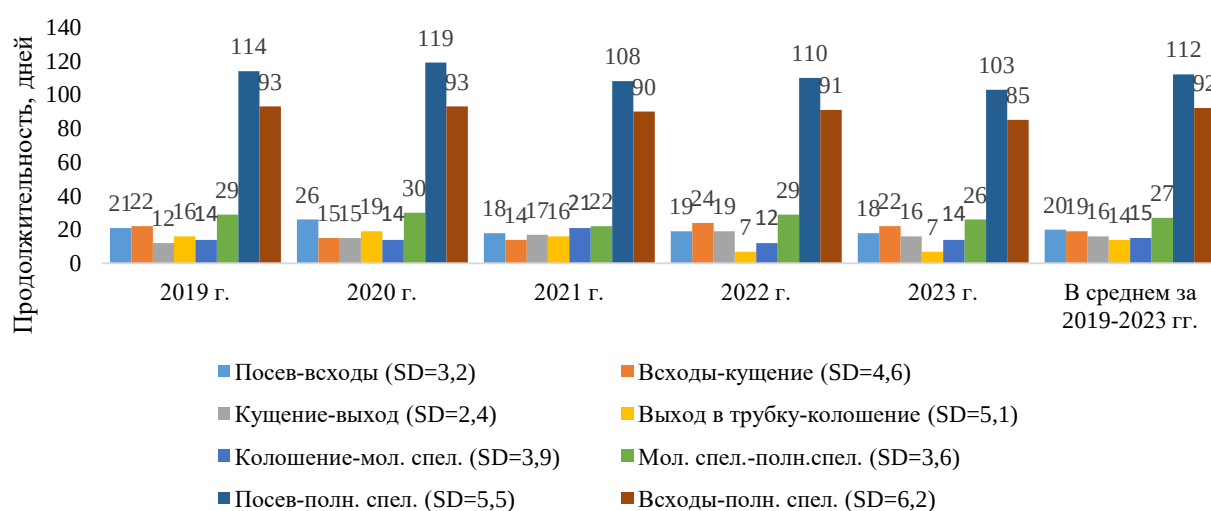


Рисунок 3 – Продолжительность межфазных периодов роста и развития яровой пшеницы

При посеве в третьей декаде апреля период вегетации яровой пшеницы сокращается до 103–114 дней. При этом самое минимальное значение продолжительности вегетационного периода было отмечено в засушливых условиях 2023 года – 103 дня.

На урожайность яровой пшеницы сильное влияние оказывает продолжительность вегетационного периода, которая зависит от гидротермических условий года. По данным ряда авторов, засушливые условия ведут к его сокращению по сравнению с оптимальными по увлажнению годами. Причем более изменчивым периодом является вторая часть вегетации, а именно межфазный период колошение–созревание, он же и определяет уровень сформированного урожая [20, 116, 216].

Методом парной нелинейной корреляции установлено, что на формирование урожайности зерна яровой пшеницы длительность вегетационного периода оказывало сильное прямое влияние, коэффициент корреляции составил – $r = 0,98$ (рисунок 4).

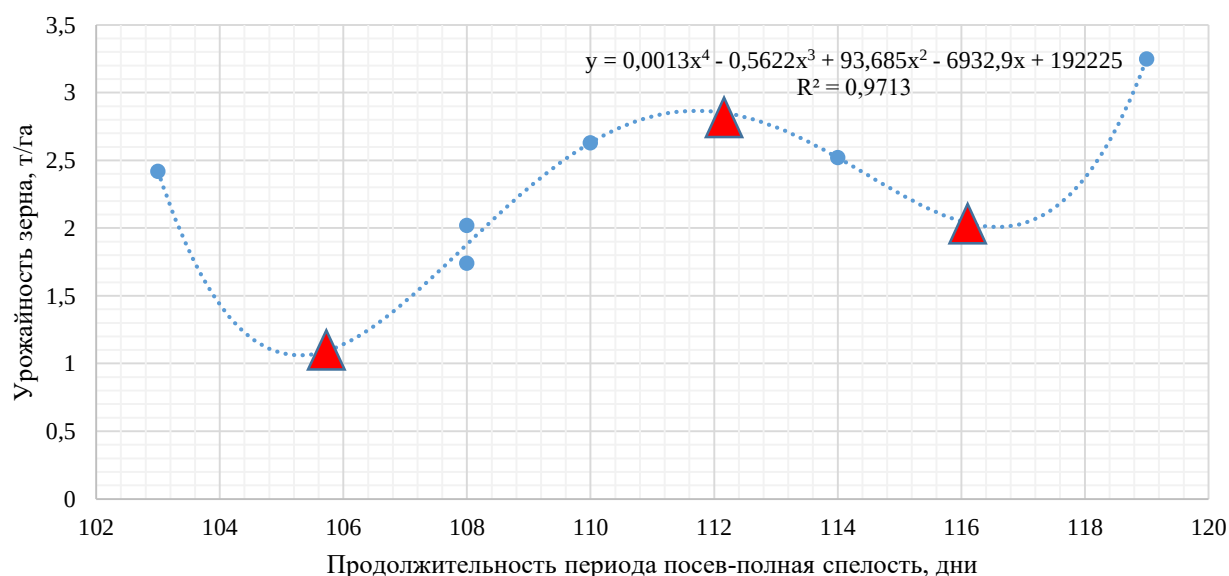


Рисунок 4 – Зависимость урожайности яровой пшеницы от продолжительности периода посев–полная спелость

С помощью нахождения экстремумов нелинейной функции 4-й степени:

$$y = 0,0013x^4 - 0,5622x^3 + 93,685x^2 - 6932,9x + 192225 \quad (1)$$

где: x – продолжительность периода посев–полная спелость

По этой формуле мы выявили, что при продолжительности периода посев–полная спелость 105,0 дней урожайность зерна яровой пшеницы будет составлять 1,10 т/га, при 112,0 днях – 2,90 т/га, при 116,2 днях – 2,00 т/га.

Методом парного корреляционного анализа было установлено, что наибольшее влияние на величину урожая зерна оказывала продолжительность межфазных периодов: колошение–молочная спелость ($r = -0,79$) и молочная спелость–полная спелость ($r = 0,91$). По результатам проведенного анализа можно утверждать, что сокращение первого периода в пользу увеличения последнего межфазного периода приведет к росту урожайности зерна.

Судя по показателю стандартное отклонение (SD), внутри вегетационного периода наиболее сильное влияние погодных условий отмечается в межфазный период выход в трубку–колошение – 5,1 (рисунок 3). Наиболее стабильным периодом роста и развития по отношению к неустойчивым гидротермическим условиям был межфазный период кущение–выход в трубку (SD = 2,4). В остальные периоды роста и развития данный показатель изменялся от 3,2 до 4,6. Наиболее продолжительным межфазным периодом, который продолжался в течение 22–30 дней, был период молочная спелость–созревание зерна.

Задержка появления всходов отмечалась в 2020 году, период посев–всходы составил 26 дней, что связано с острым недостатком влаги в почве из-за теплой погоды во второй декаде апреля (на 3,2 °C выше нормы) и сильных ветров, приведших к иссушению верхнего слоя почвы (приложение В). По данным Перунова Р. В. (2025), засушливые условия в период посев–всходы приводят к удлинению этапа появления всходов. И наоборот, во влажных условиях весеннего периода всходы появляются сильными и дружными [149]. В остальные годы наших исследований (2019, 2021, 2022 и 2023 годы) при наличии достаточного количества тепла и влаги всходы появились через 18–21 день.

При проведении множественного корреляционного анализа между урожайностью зерна яровой пшеницы и погодными условиями в межфазный

период посев–всходы выявлена сильная регрессионная зависимость, коэффициент корреляции составил $R = 0,71$ (приложение Е).

β -коэффициент – это стандартизированный коэффициент регрессии, который показывает сравнительную силу влияния каждой переменной на результирующий признак [182].

Нашими исследованиями выявлено, что в первую очередь на урожайность зерна оказывали среднесуточные температуры воздуха ($\beta = -0,86 \pm 0,22$), затем сумма осадков ($\beta = -0,66 \pm 0,22$) в межфазный период посев–всходы. При этом уравнение соответствовало критерию Фишера ($F_{\phi} \geq F_T$) и все переменные, включенные в модель, были статистически значимы на 5 %-м уровне значимости ($p\text{-уровень} \leq 0,05$). Негативное влияние погоды в этот период обусловлено превышением среднесуточных температур и осадков в годы проведения исследований. Поэтому избыток тепла и влаги отрицательно повлиял на полевую всхожесть растений, она затягивалась.

По данным Бесалиева И. Н. (2024), условия периода всходы–кущения обуславливают развитие первичной и вторичной корневой системы, величина которой влияет на формирование вегетативной массы растения. Автором установлено, что оптимальная продолжительность этого периода составляет 16–19 дней и в благоприятных погодных условиях урожайность может составить 2,00 т/га. Сокращение данного периода до 10 дней и неблагоприятные погодные условия приводит к получению урожайности на уровне 0,50 т/га [22]. В наших исследованиях самым продолжительным оказался межфазный период всходы–кущение в гидротермических условиях 2022 года, когда сумма активных температур в этот период была близка к среднегодовому значению и составляла 24 дня. Сокращение этого периода до минимального значения в 14–15 дней было в условиях 2020 и 2021 годы, когда в межфазный период всходы–кущение наблюдалось сильное переувлажнение почвы ($ГТК = 2,80\text{--}2,13$) на фоне низкого накопления активных температур (192–211 °С против нормы 290 °С). В остальные годы период всходы–кущение изменялся в пределах 15–22 дней.

Методом множественного корреляционно-регрессионного анализа выявлено, что гидротермические условия в межфазный период всходы–кущение слабо влияли на урожайность зерна яровой пшеницы ($R = 0,25$). Влияние среднесуточной температуры приземного слоя воздуха и суммы осадков было слабым ($\beta = 0,16 \pm 0,27$ и $-0,15 \pm 0,27$ соответственно).

Фазы кущения и выхода в трубку являются наиболее ответственными в получении высокого урожая и недостаток влаги в этот период приводит к снижению урожайности зерна. В наших исследованиях прохладные и влажные погодные условия в межфазный период кущение–выход в трубку 2019 года сократили его до 12 дней. Напротив, благоприятный по тепло- и влагообеспеченности 2022 год способствовал увеличению межфазного периода до 19 дней. Аналогичные данные по влиянию погодных условий на продолжительность межфазного периода получены Романовой Т. А. (1995) в условиях Хабаровского края [172]. В остальные годы продолжительность периода варьировала в пределах 15–17 дней.

При проведении множественного регрессионного анализа между урожайностью зерна и погодными условиями установлена слабая прямая связь ($R = 0,38$). Влияние температуры и осадков в этот межфазный период было слабым и составило $\beta = -0,19 \pm 0,27$ и $0,43 \pm 0,27$ соответственно.

Межфазный период выход в трубку–колошение – наиболее ответственный для формирования урожайности яровой пшеницы. В этот период интенсивно протекают ростовые процессы, определяются размеры колоса и его озерненность. Снижение суммы активных температур на 13–19 % относительно нормы в межфазный период выход в трубку–колошение приводит к его сокращению до 7 дней в 2022 и 2023 годах, а увеличение суммы температур на 120–173 °С в 2019, 2020 и 2021 годах увеличивает его до 16–19 дней. Самый продолжительный межфазный период выход в трубку–колошение был в условиях 2020 года, когда гидротермический коэффициент (ГТК) превышал норму в 2,5 раза на фоне пониженных среднесуточных температур (на 1,8 °С ниже нормы). По данным Романовой Т. А. (1995), при избытке влаги и

прохладной погоде в межфазный период кущение–колошение продолжительность его сильно увеличивается [172]. Оптимальная температура для прохождения этого периода должна быть не ниже 20,3 °С, максимальная не должна превышать 25 °С [19, 156].

Проведенный нами множественный корреляционный анализ показал, что урожайность зерна яровой пшеницы на 85 % ($R^2 = 0,85$) зависела от гидротермических условий в межфазный период выход в трубку–колошение. Влияние среднесуточных температур было сильным негативным ($\beta = -0,72 \pm 0,12$), а суммы осадков слабым положительным ($\beta = 0,28 \pm 0,12$). При этом все переменные в модели были статистически значимы (p -уровень $\leq 0,05$).

Недостаток влаги в период налива зерна приводит к сокращению его продолжительности [172]. В четырех из пяти лет проведения наших исследований в июле месяце наблюдалась жаркая погода с дефицитом осадков, что способствовало ускоренному прохождению межфазного периода колошение–молочная спелость в условиях 2019, 2020, 2022 и 2023 годов за 12–14 дней. Удлинение же этого периода происходило при увлажнении, близком к оптимальному (ГТК выше нормы на 0,09) в условиях первых двух декад июля в 2021 году, когда сумма осадков за месяц была близка к норме (74 мм). Однако, экстремально высокие среднесуточные температуры в отдельные дни, достигающие 26,9–28,1 °С, негативно отразились на растениях из-за чего отмечалось потеря тургора и скручивание листьев нижних ярусов (приложение В, таблицы В.2 и В.4).

Несмотря на низкую урожайность яровой пшеницы (1,74–2,76 т/га), высеянной в 2021 году по действию и последствию удобрений, было отмечено повышение массовой доли сырой клейковины в зерне, особенно при действии удобрений. По данным Носатовского А. И. (1965), в период налива зерна влажные условия среды способствуют разбавлению легкоподвижных соединений азота, в результате чего происходит снижение белка в зерне [140].

При проведении множественного корреляционного анализа установлено, что гидротермические условия в межфазный период колошение–молочная

спелость негативно влияли на налив зерна яровой пшеницы ($R = 0,80$). Влияние среднесуточных температур воздуха и суммы осадков было сильным отрицательным ($\beta = -0,88 \pm 0,24$ и $-0,91 \pm 0,24$). Все переменные входящие в модель были статистически значимы. Негативное влияние погоды на урожай в этот период обусловлено сильным переувлажнением почвы и высокими температурами, что является предпосылкой для заражения колоса болезнями, которые уменьшают количественные и качественные свойства зерна [129].

В межфазный период молочная спелость–созревание происходит накопление и запас питательных веществ в эндосперме зерновки, уменьшение влаги в созревающем зерне. На продолжительность данного периода большое влияние оказывает температурный режим. По данным Бесалиева И. Н. (2021), высокие среднесуточные температуры воздуха сокращают период налива зерна, что ведет к снижению урожайности, оптимальный температурный режим в диапазоне 25–26 °C приводит к нормальному прохождению этого межфазного периода [21].

В неблагоприятный межфазный период молочная-полная спелость 2021 года сокращение периода до 22 дней было связано с ливневым выпадением осадков 1 августа, когда выпало 2/3 от месячной нормы, что привело к сильному заражению колоса фузариозом. В условиях 2023 года сокращение этого межфазного периода было обусловлено острым дефицитом влаги (ГТК составил в 2 раза ниже нормы). Продолжительный период от молочной до полной спелости зерна составил 30 и 29 дней в 2020 и 2022 годах при дефиците осадков и высоких температурах воздуха во второй и третьей декадах июля и выпадении обильных осадков при умеренных температурах воздуха в первой декаде августа. В эти годы отмечается повышенная урожайность яровой пшеницы в опытах, в 2020 году она варьировала в пределах 3,25–4,16 т/га, в 2022 году – 2,57–3,52 т/га.

В результате проведенного множественного корреляционного анализа было установлено, что связь урожайности зерна яровой пшеницы с гидротермическими условиями в межфазный период молочная спелость–полная спелость была умеренной ($R = 0,60$). Повышение среднесуточных температур

приземного слоя воздуха в этот период оказывало положительное влияние на величину урожая ($\beta = 0,97 \pm 0,34$). С суммой осадков связь была несколько слабее β -коэффициент составил ($\beta = 0,60 \pm 0,34$).

В благоприятные по тепло- и влагообеспеченности годы удлинение активного прироста вегетативной массы приводит к повышению доли соломистой части урожая. Нашими исследованиями установлено, что увеличение продолжительности межфазного периода выход в трубку–колошение и колошение–молочная спелость оказало заметное влияние на массу соломы, коэффициент корреляции составил соответственно 0,65 и 0,89.

Таким образом, прохладная и влажная погода повышает период вегетации яровой пшеницы, а жаркая сокращает его. Методом парного нелинейного корреляционно-регрессионного анализа установлено, что урожайность зерна находилась в прямой тесной зависимости от длительности вегетационного периода ($r = 0,97$). Избыточное выпадение осадков и высокие температуры в период формирования и налива зерна (выход в трубку–молочная спелость) ограничивали повышение урожайности зерна. Повышение среднесуточной температуры в межфазный период молочная–полная спелость зерна оказывало на посевы положительное влияние ($\beta = 0,97 \pm 0,34$). Лимитирующим фактором урожайности зерна в Приамурье являются обильные осадки и высокие среднесуточные температуры в межфазный период выход в трубку–молочная спелость, понижение этих показателей погоды в этот период окажет положительное влияние на зерновую продуктивность яровой пшеницы.

3.2 Особенности пищевого режима яровой пшеницы, размещенной по действию и последствию удобрений в полевом севообороте на луговой черноземовидной почве

Потребность растений в азоте велика и обуславливается тем, что он необходим для построения белковых соединений. Большая часть синтезированной биомассы растений образуется благодаря азоту, поэтому

использование азотных удобрений в технологии возделывания яровой пшеницы является одним из важнейших факторов увеличения продуктивности культуры. В условиях Амурской области с 1 т зерна яровой пшеницы с учетом побочной продукции отчуждается 33,5 кг азота [4].

Запасы общего азота в почве отражают лишь уровень ее потенциального плодородия. По данным Голова Г.В. (1987), содержание валового азота в луговой черноземовидной почве варьирует от 0,2 до 0,4 %, на долю доступных для растений соединений приходится лишь незначительная часть [47].

В условиях Приамурья все зерновые культуры испытывают недостаток в азотном питании, особенно остро – в весенний и раннелетний периоды. Это происходит из-за воздействия медленно оттаивающей сезонной мерзлоты, а также возможной засухи или переувлажнения в начале вегетации ранних яровых зерновых культур, в том числе яровой пшеницы. По этой же причине, и микробиологическая активность почвы в этот период времени слабая и процессы аммонификации и нитрификации замедлены. Поэтому применение азотных удобрений в условиях Амурской области высокоэффективно под все зерновые культуры и на всех типах почв [48].

Величина минерализации и накопления доступного растениям азота, помимо почвенно-климатических факторов, зависит от предшественника, его урожайности и агротехники возделывания. По данным Бугаевой А. В. (2020), выращивание яровой пшеницы при традиционной обработке почвы, предусматривающей глубокую вспашку, позволяет накопить больше нитратного азота, чем по ресурсосберегающей технологии. Выращивание пшеницы по чистому пару способствует увеличению морфобиометрических показателей и реализации продуктивного потенциала культуры [27].

Для яровой пшеницы важна обеспеченность доступными формами азота в фазу кущения. В этот период начинает увеличиваться прирост сухого вещества, так как в узле кущения находятся почки будущих стеблей. По мнению ряда исследователей, некорневые подкормки азотом в эту фазу способствуют

хорошему прохождению этапа дифференциации колосков и зачаточного колоса, что увеличивает зерновую продуктивность до 50 % [31, 33].

Наибольшее прямое воздействие на рост и развитие растений яровой пшеницы оказывает пищевой режим почвы и, в первую очередь – содержание минеральных форм азота, подвижных форм фосфора и калия.

В наших исследованиях обеспеченность посевов яровой пшеницы минеральным азотом в фазу кущения зависела от применяемых удобрений и гидротермических условий периода вегетации. Так, максимальное количество минерального азота в почве во все годы содержалось в фазу кущения.

Во влажном межфазном периоде всходы–кущение 2019, 2020, 2021 и 2022 годах его содержание по вариантам варьировало – 11,6–30,9 мг/кг, 9,7–17,8 мг/кг, 14,7–23,8 мг/кг (действие удобрений), 10,6–23,3 мг/кг (последствие удобрений) 18,1–29,1 мг/кг почвы соответственно (приложение Е, таблицы Е.1 и Е.2).

По данным Прокопчук В. Ф. (1989), теплая и сухая погода весной повышает активность нитрифицирующих бактерий, что способствует накоплению минерального азота почвы [158].

В годы наших исследований выявлены аналогичные закономерности. Самое высокое количество минерального азота в почве было в оптимальных условиях межфазного периода всходы–кущение 2023 года (13,8–47,5 мг/кг почвы), когда сумма активных температур в этот период превышала норму на 47 °С при достаточном увлажнении.

В последующие фазы развития вследствие выноса этого элемента питания и почвенных процессов его содержание постепенно снижается и достигает к фазе полной спелости: в 2019 году на – 15–27 %, в 2020 году на – 12–33 %, в 2021 году на – 22–50 %, в 2022 году на – 30–51 %, в 2023 году на – 32–73 % ниже относительно начального периода вегетации растений.

Статистически значимое увеличение минерального азота в фазу кущения яровой пшеницы, расположенной по действию удобрений, выявлено при внесении азотного удобрения в дозе N_{30} , азотно-фосфорного удобрения ($N_{60}P_{30}$) и азотного в дозе N_{30} при последствии органоминеральной системы удобрения

(П/д ОМС) на 7,9 мг/кг, 12,2 мг/кг и 8,0 мг/кг почвы выше относительно контрольного варианта (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика минерального азота ($N_{\text{мин}}$) по действию удобрений, мг/кг почвы, в среднем за 2019–2021 гг.

Вариант	Фаза роста и развития:			
	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
1.Контроль (б/у)	12,0	10,7	10,9	10,8
2. P_{60}	14,6	12,2	11,3	11,5
3. N_{30}	19,9	13,1	11,5	11,6
4. $N_{30}K_{30}$	16,0	12,6	11,2	15,1
5. $N_{60}P_{30}$	24,2	13,9	12,4	15,5
6. N_{30} + П/д ОМС	20,0	12,5	12,7	15,2
НСП ₀₅	4,5	2,1	0,9	5,9
F_{ϕ} ($F_T=3,33$)	9,35	2,44	7,21	1,36

Начиная с фазы выхода в трубку содержание минерального азота в почве резко снижается, что связано как с его поглощением растениями яровой пшеницы, так и гидротермическими условиями в период вегетации. Тенденция превышения содержания минерального азота над контролем сохраняется на всем протяжении роста и развития растений в вариантах с внесением минерального азотно-фосфорного удобрения ($N_{60}P_{30}$) и азотного удобрения в дозе N_{30} по последствию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС).

В среднем за 2021–2023 гг. существенное увеличение содержания минерального азота в почве в фазу колошения и полной спелости было в варианте с последствием органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) на 3,2–1,6 мг/кг выше контрольного варианта (таблица 4).

Последствие одностороннего применения азотного (П/д N), фосфорного (П/д P), полного минерального (NPK) и органоминеральной системы удобрений (П/д ОМС) привело к снижению содержания $N_{\text{мин}}$ по сравнению с контрольным вариантом. С наступлением последующих фаз содержание минерального азота в почве снижается во всех вариантах опыта. К фазе полной спелости яровой пшеницы его количество во всех вариантах опыта уменьшается на 32–66 % относительно фазы кущения.

Таблица 4 – Динамика минерального азота ($N_{\text{мин}}$) в почве по последствию удобрений, мг/кг почвы, в среднем за 2021–2023 гг.

Вариант	Фаза роста и развития:			
	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
1.Контроль (б/у)	18,3	17,1	12,6	8,9
2.П/д Р	16,1	16,9	12,6	9,5
3.П/д N	17,3	17,2	13,9	9,7
4.П/д NPK	16,9	16,5	12,3	11,3
5.П/д ОМС	15,4	15,8	15,8	10,5
НСР ₀₅	3,8	3,5	2,1	1,5
F_{ϕ} ($F_{\tau}=3,84$)	0,92	0,27	5,05	4,28

Одной из важнейших задач современного земледелия является создание в почвах оптимального фосфатного уровня, обеспечивающего формирование высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Фосфору, как биогенному элементу, принадлежит исключительное значение в метаболизме веществ в растениях: он имеет прямое отношение к интенсивности продуцируемой биомассы. В периодически переувлажняемых сезонно-мерзлотных почвах Приамурья доступность фосфора для растений осложняется рядом особенностей его режима: вхождение фосфора в химические соединения с различной растворимостью, трансформацией при смене окислительно-восстановительных условий и переход из одной формы в другую [48].

За последние 11 лет в Амурской области почвы с низким уровнем подвижного фосфора перешли в категорию среднеобеспеченных, что связано с применением минеральных удобрений и освоением залежных земель. Однако, использование интенсивных сортов сельскохозяйственных культур приводит к преобладанию выноса фосфора над его поступлением в почву [66]. Поэтому пополнение запасов доступного для растений фосфора в почве возможно только путем применения минеральных и органических удобрений.

Динамика подвижного фосфора в почве во многом зависит от гидротермических условий периода вегетации и в первую очередь – от количества выпавших осадков. По данным ряда авторов, содержание подвижного фосфора в годы проведения исследований сильно зависело от уровня увлажнения почвы и микробиологических процессах, протекающих в

почве [11, 69]. При недостатке влаги он переходил в недоступное для растений состояние, а с увеличением количества выпадающих осадков его количество увеличивалось [61, 69]. В наших исследованиях содержание подвижного фосфора в начальный период развития зависело от количества осадков в межфазный период всходы–кущение. Во все годы исследований этот показатель был более стабильным, по сравнению с количеством минерального азота в почве (приложение Е, таблицы Е.3 и Е.4). Наибольшее количество подвижного фосфора в вариантах опыта отмечено при увлажнении сопоставимым со среднегодовым значением (ГТК = 1,0) в условиях 2023 года, когда его содержание в почве составило от 30 до 113 мг/кг почвы. Наименьшее содержание подвижного фосфора почвы выявлено во влажном 2022 году – 31–96 мг/кг почвы.

В условиях избытка осадков в межфазный период всходы–кущение содержание подвижного фосфора варьировало по годам: в 2019 году – 26–99 мг/кг, в 2020 – 24–102 мг/кг, в 2021 году – 32–99 мг/кг (действие удобрений) и 29–104 мг/кг (последствие удобрений), 2022 году – 31–96 мг/кг почвы.

С фазы кушения до конца вегетационного периода яровой пшеницы содержание подвижного фосфора снижается во все годы проведения исследований: в 2019 году на 0–11 %, в 2020 году – 25–44 %, в 2021 году (действие удобрений) – 21–47 %, в 2021 году (последствие удобрений) – 17–28 %, в 2022 году – 9–19 %, в 2023 году – 0–6 %. Под посевом яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений (2019, 2020 и 2021 годы), выявлено большее снижение этого элемента питания, по сравнению с яровой пшеницей, размещенной по последствию удобрений (2021, 2022 и 2023 годы). Данная закономерность может быть связана с большим выносом фосфора почвы на формирование единицы урожая зерна при непосредственном внесении удобрений, чем по их последствию, где величина урожая зерна была меньше (приложение В, таблицы В.3 и В.4).

На образование и накопление в почве подвижных фосфатов наибольшее влияние оказали фосфорные удобрения, которые стабилизировали фосфорное питание растений яровой пшеницы на протяжении всего периода вегетации.

У яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, содержание подвижного фосфора в почве, в среднем за 2019–2021 гг. в фазу кущения в контрольном варианте составляло 36 мг/кг (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика подвижного фосфора (P_2O_5) в почве по действию удобрений, мг/кг почвы, в среднем за 2019–2021 гг.

Вариант	Фаза роста и развития:			
	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
1.Контроль (б/у)	36	33	46	29
2. P_{60}	59	51	52	52
3. N_{30}	27	26	29	20
4. $N_{30}K_{30}$	71	55	54	50
5. $N_{60}P_{30}$	91	78	72	83
6. N_{30} + П/д ОМС	99	79	74	71
НСР ₀₅	10	10	11	10
F_{ϕ} ($F_{\tau}=3,33$)	84,94	48,17	22,46	60,33

При внесении фосфорного удобрения в дозе P_{60} его содержание увеличивалось по сравнению с контрольным вариантом на 23 мг/кг почвы. Обеспеченность почвы подвижным фосфором в варианте с внесением азотно-калийного удобрения ($N_{30}K_{30}$) возрастала фактически в 2 раза по сравнению с контролем.

Самая высокая статистически значимая величина подвижного P_2O_5 была выявлена с внесением в опыте минерального азотно-фосфорного удобрения ($N_{60}P_{30}$) и N_{30} по последствию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) – на 55 мг/кг и 63 мг/кг почвы выше контроля.

В течение вегетации яровой пшеницы содержание подвижного фосфора снижалось и к фазе полной спелости содержание подвижного фосфора под посевами яровой пшеницы снизилось на 26–29 % относительно фазы кущения.

В среднем за 2021–2023 гг. под посевами яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, величина подвижного фосфора в контрольном варианте в фазу кущения составила 37 мг/кг почвы (таблица 6).

Таблица 6 – Динамика подвижного фосфора (P_2O_5) в почве по последствию удобрений, мг/кг почвы, в среднем за 2021–2023 гг.

Вариант	Фаза роста и развития:			
	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
1.Контроль (б/у)	37	38	38	44
2.П/д Р	51	45	44	44
3. П/д N	30	29	33	28
4.П/д NPK	68	70	66	66
5.П/д ОМС	104	99	95	100
НСР ₀₅	14	11	8,4	18
F _ф (F _т =3,84)	47,22	70,66	98,34	24,68

В вариантах опыта по последствию фосфорного удобрения (П/д Р) и последствию полного минерального удобрения (П/д NPK) его количество увеличивалось на 14 и 31 мг/кг почвы. Максимальная обеспеченность подвижным фосфором растений яровой пшеницы в опыте получена при внесении $N_{60}P_{30}$ и последствия органоминеральной системы удобрений (П/д NPK), превышение над контролем составило 63 и 67 мг/кг почвы соответственно.

При посеве яровой пшеницы, как в действии, так и в последствии удобрений выявлено, что при одностороннем внесении только азотного удобрения N_{30} и по его последствию содержание подвижного фосфора было ниже на протяжении всего периода вегетации на 9 мг/кг и 7–16 мг/кг почвы по сравнению с контрольным вариантом, что связано как с выносом культурами севооборота, так и дисбалансом азота и фосфора по отношению к потреблению его культурными растениями.

Калий является важным элементом питания для растений, он оказывает влияние на формирование репродуктивных органов. Зерновые культуры выносят 29,5 кг калия на 1 т с хозяйственным урожаем [4].

Агрохимия калия слабо изучена в условиях Амурской области. Этого мнения придерживаются такие известные ученые, как Иванов Г. И. (1976) и Гришин И. А. (1967). Авторы отмечают, что сведения о формах калийных соединений почв юга Дальнего Востока малочисленны и включают в себя только данные о содержании валового и подвижного калия [58, 73].

Луговые черноземовидные почвы, как правило, имеют высокое содержание обменного калия – от 150 до 300 мг/кг почвы, поэтому при возделывании полевых культур калийные удобрения вносить не рекомендуется [48, 159]. Однако по данным Жариковой Е. А. (2010), в засушливых условиях содержание подвижного калия может быть недостаточным для формирования высокого урожая сельскохозяйственных культур [68].

На величину обменного калия в период вегетации культуры большое влияние оказывают гидротермические условия года, и прежде всего – количество выпавших атмосферных осадков. В наших опытах максимальное количество подвижного калия в почве в фазу кущения было в избыточно увлажненных и прохладных гидротермических условиях 2021 года в межфазный период всходы–кущение при посеве яровой пшеницы по последствию удобрений. По вариантам опыта оно колебалось от 170 до 205 мг/кг, а самое низкое содержание отмечено во влажных и прохладных условиях межфазного периода всходы–кущение 2020 года – 125–155 мг/кг почвы из всех исследуемых лет (приложение Е, таблицы Е.5 и Е.6). У яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, к фазе полной спелости выявлено снижения этого элемента питания в погодных условиях межфазного периода молочная–полная спелость: в избыточно увлажненных и прохладных условиях 2021 и в сухих условиях 2022 годов на 2–5 % и 1–13 %, а в острозасушливых условиях 2023 года (ГТК был в 2 раза ниже нормы) отмечено повышение на 11–12 % относительно первоначального периода роста и развития растений. В гидротермических условиях межфазного периода молочная–полная спелость выявлена аналогичная ситуация в повышении содержания подвижного калия в посевах яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, когда в условиях: при сильном увлажнении 2019 и 2021 годов, в засушливом 2020 году увеличение составило на 10–16 % и 9–19 %, 1–17 % соответственно.

В годы исследований калийный режим луговой черноземовидной почвы под посевами яровой пшеницы зависел в значительной мере от водного режима и применения калийных удобрений. Так, под посевами яровой пшеницы,

размещенной, по действию удобрений (в среднем за 2019–2021 гг.), содержание обменного калия по вариантам в пахотном слое почвы в фазу кущения изменялось в пределах 145–176 мг/кг почвы. Достоверное повышение содержания подвижного калия обеспечило внесение азотных удобрений в дозе N_{30} по последствию органоминеральной системы удобрений (П/д ОМС), превышение над контролем было статистически значимым на 5 %-ом уровне (таблица 7).

Таблица 7 – Динамика подвижного калия (K_2O) в почве по действию удобрений, мг/кг почвы, в среднем за 2019–2021 гг.

Вариант	Фаза роста и развития:			
	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
1.Контроль (б/у)	153	156	159	181
2. P_{60}	149	152	151	173
3. N_{30}	155	150	150	178
4. $N_{30}K_{30}$	161	173	164	201
5. $N_{60}P_{30}$	145	144	145	167
6. N_{30} + П/д ОМС	176	169	162	188
HCP_{05}	10	11	11	19
F_{ϕ} ($F_T=3,33$)	12,65	10,15	5,15	3,94

Содержание обменного калия в почве под посевами яровой пшеницы в вариантах опыта в последующие фазы возрастало, достигая максимального значения к завершению вегетации. По данным Сычева В. Г. (2017), это связано с переменным промачиванием и высушиванием почвы, когда заземленный калий в необменной форме высвобождается из решеток глинистых минералов [188]. В условиях Амурской области перед созревaniem яровых зерновых культур создаются такие же условия за счет выпадения чередующихся осадков.

В фазу кущения уровень подвижного калия под посевом яровой пшеницы, размещенной в севообороте по последствию удобрений в среднем за 2021–2023 гг. был высокий и изменялся в пределах 173–198 мг/кг почвы. Его содержание зависело от применяемой системы удобрений. Достоверное повышение K_2O в пахотном слое почвы по сравнению с контрольным вариантом

обеспечивала только органоминеральная система удобрений в последствии, что сохранялось до конца вегетации культуры (таблица 8).

Таблица 8 – Динамика подвижного калия (K_2O) в почве по последствию удобрений, мг/кг почвы, в среднем за 2021–2023 гг.

Вариант	Фаза роста и развития:			
	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
1.Контроль (б/у)	173	169	162	169
2.П/д Р	179	163	163	168
3.П/д N	176	165	164	172
4.П/д NPK	181	178	183	184
5.П/д ОМС	198	197	200	204
НСР ₀₅	16	9	13	17
F _ф (F _т =3,84)	4,13	24,99	16,57	8,57

Недостатка в калийном питании растения яровой пшеницы не испытывали и в последующие периоды роста и развития. Содержание подвижного калия не опускалось ниже 152 мг/кг почвы в течение всей вегетации культуры.

Если в опыте с яровой пшеницей, размещенной в севообороте по действию удобрений, в варианте с N₃₀ по последствию органоминеральной системы удобрения величина подвижного калия была максимальной (в сравнении с другими вариантами) в опыте в фазу кущения, то в опыте с яровой пшеницей, размещенной по последствию удобрений, высокий уровень обеспеченности калийным питанием сохранялся от фазы кущения до созревания зерна.

Такое высокое содержание подвижного калия под посевами яровой пшеницы – как по действию, так и по последствию удобрений, связано с внесением полуперепревшего навоза под предшествующую культуру севооборота. По данным Кузьменко Н. Н. (2021), длительное совместное применение навоза и полного минерального удобрения обеспечивает наиболее высокое содержание в пахотном слое почвы подвижного калия [104].

Максимальный вынос основных элементов питания урожаем яровой пшеницы был отмечен в жарких и влажных условиях вегетационного периода 2020 года (приложение Ж, таблица Ж.1 и Ж.2). Азота, фосфора и калия по вариантам опыта было вынесено соответственно 79–105 кг/га, 28–39 кг/га и 43–59 кг/га. Баланс азота был наиболее отрицательным по сравнению с другими

годами исследований и составлял от -48 до -69 кг/га. Сильно отрицательный баланс азота, сформированный в условиях этого года, обусловлен низкими запасами его в начальном периоде развития (фаза кущения) и повышенной урожайностью яровой пшеницы. Во все годы исследований отмечается положительный баланс фосфора и калия.

Вынос азота яровой пшеницей был во влажных и жарких условиях вегетационного периода 2021 года от размещения яровой пшеницы в севообороте: по действию удобрений этот показатель составил 38–67 кг/га, по последдействию – 42–60 кг/га. При этом значение баланса азота по действию удобрений был выше по сравнению с последствием удобрений, за счет непосредственного внесения минеральных удобрений и более высокого запаса этого элемента питания в почве. Наименьший вынос фосфора и калия яровой пшеницы из всех исследуемых лет был в оптимальном по температурному режиму и засушливом вегетационном периоде 2023 года (13–19 и 22–28 кг/га).

В среднем за 2019–2021 и 2021–2023 гг. исследования при относительно небольших запасах азота в почве под посевами в фазу кущения яровой пшеницы, размещенной в севообороте как по действию, так и по последствию удобрений, вынос этого элемента растениями различался и составлял по вариантам опыта соответственно 56–76 и 50–59 кг/га (таблица 9 и 10).

Таблица 9 – Запас, вынос и баланс элементов питания яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, в среднем за 2019–2021 гг.

Вариант	Запас в почве питательных веществ (кущение), кг/га			Вынос питательных веществ, зерно + солома (полная спелость), кг/га			Баланс элементов питания, кг/га		
	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.Контроль (б/у)	28	84	352	56	20	32	-28	64	320
2.P ₆₀	34	136	343	58	20	33	-24	116	310
3.N ₃₀	46	63	356	63	22	36	-17	41	320
4.N ₃₀ K ₃₀	37	163	370	69	25	39	-32	138	331
5.N ₆₀ P ₃₀	56	209	334	76	23	42	-20	186	292
6.N ₃₀ + П/д ОМС	46	227	405	74	25	42	-28	202	363
НСР ₀₅	10	23	22	9	6	7	-	-	-
F _φ (F _т =3,33)	9,54	84,46	12,70	8,93	1,06	3,87	-	-	-

Данная закономерность связана с ростом урожайности при непосредственном внесении удобрений, в отличие от их последствий, где величина сформированного урожая зерна была ниже.

Фосфор, при внесении фосфорсодержащих удобрений, имеет свойство закрепляться в почве в отличие от азота, который подвержен большей подвижности в почвенном растворе. В наших исследованиях запасы подвижного фосфора в почве определялись длительным внесением удобрений в опыте.

Таблица 10 – Запас, вынос и баланс элементов питания яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, в среднем за 2021–2023 гг.

Вариант	Запас в почве питательных веществ (кущение), кг/га			Вынос питательных веществ, зерно + солома (полная спелость), кг/га			Баланс элементов питания, кг/га		
	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.Контроль (б/у)	38	85	397	50	18	23	-12	67	374
2.П/д Р	37	117	412	52	20	27	-15	97	385
3.П/д N	40	69	406	53	20	27	-13	49	379
4.П/д NPK	34	156	416	53	19	25	-19	137	391
5.П/д ОМС	35	240	456	59	20	27	-24	220	429
НСР ₀₅	9	32	37	6	4	5	-	-	-
F _ф (F _т =3,84)	1,05	47,33	4,09	2,71	0,61	1,28	-	-	-

Так, в зависимости от размещения яровой пшеницы в севообороте (по действию или последствию удобрений), его содержание изменялось в пределах 63–227 кг/га и 69–240 кг/га соответственно.

Фосфор, при внесении фосфорсодержащих удобрений, имеет свойство закрепляться в почве в отличие от азота, который подвержен большей подвижности в почвенном растворе. При этом наибольшее его содержание, независимо от места в севообороте, отмечалось при последствии органоминеральной системы удобрения как совместно с внесением азотного удобрения в дозе N₃₀ (N₃₀ + П/д ОМС), так и без него (П/д ОМС) – 227 и 240 кг/га соответственно. С ростом зерновой продуктивности в этих вариантах установлен и его больший вынос по сравнению с контрольным вариантом, на 2–5 кг/га в зависимости от места в севообороте. При этом следует отметить, что при

одностороннем внесении азотного удобрения в дозе N_{30} и по его последствию (П/д N) отмечается истощение запасов подвижного фосфора, вызванного его потреблением растениями на формирование единицы урожая, при отсутствии поступления в почву фосфора.

Луговые черноземовидные почвы отличаются высоким содержанием подвижного калия, что связано с наличием в минералогическом составе минералов биотита, мусковита и монтмориллонита [48]. В наших исследованиях баланс подвижного калия почвы был положительным при размещении яровой пшеницы как по действию (310–363 кг/га), так и по его последствию (374–429 кг/га) за счет большого естественного запаса этого элемента питания.

Таким образом, существенное увеличение элементов питания в фазу кущения от применения удобрений: минерального азота – при внесении азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{60}P_{30}$ и последствии органоминеральной системы удобрения; подвижного фосфора – при внесении азотного удобрения в дозе N_{30} по последствию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС). В последующие фазы роста и развития яровой пшеницы количество элементов питания под посевами уменьшается, что связано как с их выносом урожаем и почвенными процессами.

С возрастанiem уровня урожайности происходит пропорциональный вынос азота, фосфора и калия. Так, у яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, с применением удобрений в среднем за 2019–2021 гг. зерновая продуктивность по вариантам опыта варьировала от 2,50 до 3,10 т/га, при выносе: азота – 56–76 кг/га, фосфора – 20–25 кг/га, калия – 32–42 кг/га, что выше по сравнению с яровой пшеницей, размещением по последствию удобрений, по урожайности на 0,14–0,44 т/га, по хозяйственному выносу: азота на 6–17 кг/га, фосфора на 2–5 кг/га, калия на 9–27 кг/га. Наибольший вынос элементов питания был отмечен при последствии органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) как с внесением азотного удобрения в дозе N_{30} , так и без него, и при действии минерального азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{60}P_{30}$.

ГЛАВА 4 ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ УДОБРЕНИЙ

4.1 Формирование структуры урожая яровой пшеницы в зависимости от действия и последствий удобрений

В годы исследований густота стояния растений яровой пшеницы определялась количеством взошедших растений (приложение 3, таблицы 3.1 и 3.2). Из всех исследуемых лет в 2020 году отмечена самая высокая густота стояния в фазу всходов (4,21–4,75 млн. зерен на га или 84,2–95,0 % от нормы высева). Однако массовое появление всходов растений обнаружилось на 26 день с момента посева, что связано с сильными апрельскими ветрами, которые высушивали верхний слой почвы, в результате чего зернам не хватало влаги для прорастания. Начиная с первой декады мая среднесуточные температуры воздуха заметно повысились на фоне выпадения обильного количества осадков, что привело к появлению сильных и дружных всходов пшеницы (приложение В, таблицы В.3 и В.4).

Самый низкий показатель количества растений в период всходов отмечен в 2023 году. При норме высева в 5,00 млн. шт. всхожих зерен на га густота стояния пшеницы составляла 55,2–59,8 % от нормы высева, что объясняется засушливыми условиями в 3 декаде апреля и 1 декаде мая, на которую приходится период посев–всходы.

Самое быстрое появление всходов с момента посева было в условиях 2021 и 2023 годов, период посев–кущения составил 18 дней. Ускоренное появление всходов, по данным Бесалиева И. Н. (2018), связано с более поздним сроком сева яровой пшеницы. При более раннем посеве наблюдается обратная ситуация [19].

Лучшая сохранность растений из всех исследуемых лет была в гидротермических условиях 2020 года и варьировала по вариантам опыта от 99 до 100 %. Худшие условия для роста и развития растений яровой пшеницы

создались при недостаточном увлажнении 2023 года, сохранность растений колебалась от 92 до 100 %.

Нашими исследованиями установлено, что взаимосвязь гидротермическими условиями в период посев–всходы и густотой стояния в фазу полных всходов характеризуется средней положительной связью с суммой осадков ($r = 0,63$) и умеренную положительную связь с температурой воздуха ($r = 0,66$) (приложение И). По данным Бакаевой Н. П. (2019), при достаточном увлажнении в начале вегетационного периода формируется густота стеблестоя выше, в засушливые годы – более низкая [15].

Таким образом, густота стеблестоя в большей степени зависит от погодных условий вегетационного периода. Наличие запаса влаги в весенне-летний период 2020 года способствовали максимальной всхожести семян и их лучшей сохранности из всех исследуемых лет. Засушливые гидротермические условия в период посев–всходы 2023 года понижали всхожесть до 2,76–3,99 млн. семян на гектар или 55,2–59,8 % от нормы высева.

Яровая пшеница, размещенная по действию (в среднем за 2019–2021 гг.) и по последствию (в среднем за 2021–2023 гг.) удобрений, при норме высева 5,00 млн. всхожих зерен на 1 гектар имела количество взошедших растений по опыту – 4,17–4,42 и 3,44–3,56 млн. шт./га, или 83,4–88,4 % и 68,8–71,2 % от нормы высева соответственно (таблицы 11 и 12).

Таблица 11 – Сохранность растений яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, в среднем за 2019–2021 гг.

Вариант	Полные всходы, млн. шт./га	Полное созревание, млн. шт./га	Сохранность растений к уборке, %
1.Контроль (б/у)	4,37	4,27	98
2.Р ₆₀	4,17	4,12	99
3.Н ₃₀	4,39	4,28	97
4.Н ₃₀ К ₃₀	4,27	4,17	98
5.Н ₆₀ Р ₃₀	4,42	4,29	97
6.Н ₃₀ + П/д ОМС	4,40	4,35	99
НСР ₀₅	0,09	0,08	-
F _ф (F _т =3,33)	1,25	3,78	-

Самая высокая густота всходов отмечена в пшенице, размещенной по действию удобрений, при внесении минерального азотно-фосфорного удобрения $N_{60}P_{30}$ – 4,42 млн. шт./га. В последствии удобрений этот показатель был наивысшим в варианте с последствием органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) – 3,56 млн. шт./га. Удобрения позволяют повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды в течении всего периода вегетации [138].

Таблица 12 – Сохранность растений яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, в среднем за 2021–2023 гг.

Вариант	Полные всходы, млн. шт./га	Полное созревание, млн. шт./га	Сохранность растений к уборке, %
1.Контроль (б/у)	3,44	3,42	99
2.П/д Р	3,49	3,35	96
3.П/д N	3,54	3,49	99
4.П/д NPK	3,54	3,42	97
5.П/д ОМС	3,56	3,47	97
НСР ₀₅	0,11	0,15	-
$F_{\phi} (F_{\tau}=3,84)$	3,92	0,84	-

Так, в посевах яровой пшеницы, размещенной в севообороте по действию удобрений, наибольшая сохранность растений была в вариантах с внесением фосфорного в дозе P_{60} и азотного в дозе N_{30} на фоне последствия органоминеральной системы удобрения – 99 %, а наименьшая в варианте с длительным внесением только минерального азотного (N_{30}) и азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{60}P_{30}$ – 97 %.

По последствию удобрений у растений яровой пшеницы самый высокий показатель выживаемости растений был отмечен в вариантах: контроля, последствия азотного удобрения (П/д N) – 99 %, наименьшая доля выживших растений была в варианте с последствием фосфорного удобрения (П/д Р) – 96 %.

Таким образом, полевая всхожесть растений яровой пшеницы была выше при размещении ее по действию удобрений (83–88 %), чем по последствию удобрений (69–71 %). В среднем по вариантам опыта как по

действию, так и по последствию удобрений выживаемость растений находилась на одном уровне и составляла 98 %. По действию удобрений максимальный показатель сохранности растений был в варианте с внесением только фосфорного удобрения в дозе P_{60} , азотного в дозе N_{30} при последствии органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) и минерального азотно-фосфорного удобрения ($N_{60}P_{30}$) – 99 %. Лучшая сохранность растений яровой пшеницы, расположенной по последствию удобрений была в вариантах: контроля, последствия только азотного удобрения (П/д N) – 99 %.

В избыточно-увлажненном вегетационном периоде 2019 года урожайность зерна яровой пшеницы по вариантам опыта изменялась в пределах 2,52–2,88 т/га, во влажные годы: 2020, 2021 и 2022 – 3,25–4,16 т/га, 1,74–2,57 т/га (яровая пшеница, размещенная по действию удобрений), 2,02–2,52 т/га (яровая пшеница, размещенная по последствию удобрений) и 2,57–3,05 т/га (приложение А). В засушливые условия 2023 года урожайность зерна яровой пшеницы составила 2,28–2,41 т/га. При этом максимальная урожайность за годы проведения исследований была в условиях 2020 года (3,25–4,16 т/га), а самая минимальная в 2021 году – 1,74–2,57 т/га, что связано с поражением колоса яровой пшеницы грибными заболеваниями, из-за чего зерно было щуплым и неполновесным.

Внесение удобрений при возделывании яровой пшеницы в севообороте остается одним из главных условий для достижения повышенной урожайности зерна [213]. В среднем за 2019–2021 гг. урожайность зерна яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, в контрольном варианте, составила 2,50 т/га (таблица 13). Статистически значимое увеличение урожая зерна относительно контроля было получено во всех вариантах опыта (на 0,33–0,60 т/га), за исключением варианта с внесением фосфорного удобрения в дозе P_{60} , где прибавка была в пределах ошибки опыта и составила 0,12 т/га или 5 %. Самая высокая урожайность зерна была сформирована в варианте с внесением минерального азотно-фосфорного удобрения ($N_{60}P_{30}$) – на 0,60 т/га выше неудобренного варианта.

Таблица 13 – Урожайность яровой пшеницы, размещенной по действию и последствию удобрений, в среднем за 2019–2021 и 2021–2023 гг., т/га

Вариант	Средняя	Отношение к контролю		Вариант	Средняя	Отношение к контролю	
		+/-	%			+/-	%
1.Контроль	2,50	-	-	1.Контроль	2,36	-	-
2.P ₆₀	2,62	0,12	5	2.П/д Р	2,35	-0,01	0
3.N ₃₀	2,83	0,33	13	3.П/д N	2,37	0,01	0
4.N ₃₀ K ₃₀	3,02	0,52	21	4.П/д NPK	2.46	0,10	4
5.N ₆₀ P ₃₀	3,10	0,60	24	5.П/д ОМС	2,66	0,30	13
6.N ₃₀ + П/д ОМС	3,08	0,58	23				
НСП ₀₅	0,32			НСП ₀₅	0,22		
F _ф (F _т =3,33)	6,29			F _ф (F _т =3,84)	3,89		

В среднем за 2021–2023 гг. урожайность зерна яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, в контроле составила 2,36 т/га (таблица 13). Последствие только фосфорного в дозе P₆₀ и азотного (N₃₀) удобрений не оказывало влияния на величину продуктивности, ее показатель был на уровне неудобренного варианта и составил 2,35 и 2,37 т/га. Существенная прибавка урожайности зерна была получена при последствии органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) – на 13 % выше контроля. Последствие полного минерального удобрения (П/д NPK) не оказывало существенного влияния на величину урожая, прибавка была в пределах ошибки опыта и составила 4 %.

Таким образом, максимальная и статистически значимая прибавка урожайности зерна яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений обеспечивалась внесением минерального азотно-фосфорного удобрения (N₆₀P₃₀) и азотного удобрения в дозе 30 кг/га д. в. по последствию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) – на 0,60 и 0,58 т/га соответственно выше неудобренного варианта. Последствие органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) обеспечивало прибавку к контролю на уровне 0,30 т/га при HCP₀₅ = 0,22 т/га.

Высота растения зависит прежде всего от генотипа сорта и погодных условий. Исследователи отмечают, что с ее увеличением происходит

накопление биомассы надземной части. Хорошо развитая вегетативная масса продуцирует большое количество ассимилянтов, которые определяют потенциальную продуктивность растения [44, 45].

По данным Бесалиева И. Н. (2021) и Волковой Л. В. (2023), погодные условия – один из главных признаков, которые через показатель высоты растений влияют на количество получаемого урожая. Засушливые условия первой половины вегетации растений снижали высоту растений, а умеренно увлажненные годы способствовали ее повышению [43, 45]. В наших исследованиях высота растений яровой пшеницы изменялась по вариантам опыта: в 2019 году – 85–95 см, в 2020 году – 100–112 см, в 2021 году – 92–100 см (действие удобрений) и 88–102 см (последствие удобрений), в 2022 году – 86–92 см, в 2023 году – 72–78 см (приложение К, таблицы К.1 и К.2). При этом самые высокорослые растения в условиях 2020 года сформировались во влажном и жарком вегетационном периоде, когда сумма активных температур и гидротермический коэффициент превышал норму на 158 °С и 0,16 ед. соответственно. Самые низкорослые растения были сформированы с недостаточным увлажнением вегетационного периода 2023 года, когда ГТК были ниже устоявшейся нормы на 0,10 ед. (приложение В, таблица В.2).

Установлено, что показатель высоты имеет тесную обратную связь с температурным режимом периода вегетации [43]. Проведенные нами исследования показали, что повышенная температура относительно среднемноголетних значений в мае, июне и августе месяце отрицательно воздействовала на показатель высоты растений ($r = -0,05 \dots -0,96$), однако в июле месяце при увеличении температурного режима связь меняет направление на среднюю положительную ($r = 0,45$).

Повышенное увлажнение первой половины вегетации яровой пшеницы было слабо связано с высотой растений в мае месяце ($r = 0,34$), в июне взаимосвязь усиливалась до средней ($r = 0,60$).

Таким образом, высокие значения среднесуточной температуры воздуха мая и июня месяца лимитируют, а повышенное выпадение осадков в этот период положительно влияет на формирование высоты растений.

Регулируемым фактором повышения слагающих структуры урожая является применение удобрений [33, 49, 214]. Так, варьирование по вариантам опыта высоты растений яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений (в среднем за 2019–2021 годы), было на уровне 94–97 см, по тому же предшественнику с последствием удобрений (в среднем за 2021–2023 годы) этот показатель был ниже и составил 86–91 см (рисунок 5).

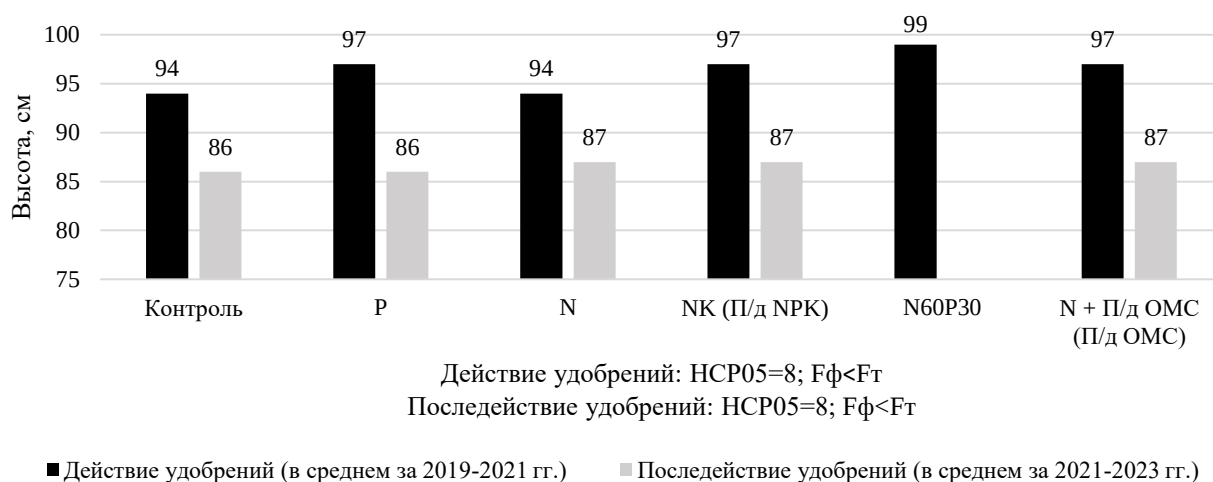


Рисунок 5 – Высота растений яровой пшеницы в зависимости от действия и последствия удобрений

В среднем за 2019–2021 гг. высота растений яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, в контрольном варианте составила 94 см.

Минимальное значение данного показателя для яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, было в контроле и варианте с внесением только азотного удобрения в дозе N_{30} – 94 см. Аналогичную высоту растения имела яровая пшеница в варианте с внесением только азотного удобрения в дозе N_{30} .

Остальные варианты: с внесением только фосфорного удобрения в дозе P_{60} , минерального азотно-калийного удобрения ($N_{30}K_{30}$) и одностороннее применение азотного удобрения в дозе N_{30} по последствию

органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) имели одинаковую высоту – 97 см, что выше неудобренного варианта на 3 см.

При размещении яровой пшеницы по последствию удобрений высота растений в контроле и при последствии фосфорного удобрения (П/д Р) составила 86 см. В оставшихся вариантах с последствием: только азотного (П/д N), полного минерального (П/д NPK) и органоминеральной системы удобрений (П/д ОМС) незначительно повышали высоту растений на 1 см выше по сравнению с контролем.

Таким образом, непосредственное внесение удобрений под яровую пшеницу обеспечивает увеличение высоты растений по сравнению с их последствием.

Количество зерен в колосе относятся к основным признакам, влияющим на величину урожая. Сильная изменчивость этого показателя обусловлена чувствительностью к условиям внешней среды в периоды формирования в IV этапе органогенеза, на который приходится межфазный период кущение–выход в трубку. Недостаток или избыток влаги при низких положительных значениях среднесуточной температуры воздуха в период закладки колоса ограничивает количество колосков и цветков в колосе, что приводит к снижению продуктивности колоса [35, 181]. В наших исследованиях максимальное количество зерен с главного колоса было заложено в избыточно увлажненном межфазном периоде кущение–выход в трубку 2019 года, когда ГТК превышал норму в 2 раза при сумме активных температур ниже нормы на 127 °С, данный показатель варьировал по вариантам опыта от 39 до 50 шт. Минимальное значение показателя количества зерен с 1 колоса было сформировано в сухом и прохладном межфазном периоде кущения–выход в трубку 2020 года, когда ГТК был ниже нормы на 0,15 ед., данный показатель составил 27 до 34 шт.

В остальные годы величина этого показателя варьировала: в 2021 году – 33–37 шт. (действие удобрений) и 29–35 шт. (последствие удобрений), в 2022 году – 26–30 шт., в 2023 году – 36–42 шт.

Если количество зерен с колоса определяется начальным периодом развития яровой пшеницы, то масса зерна формируется в генеративный период развития, на который приходится налив и созревание зерновки [26, 221].

Самое высокое варьирование массы зерна с главного колоса по вариантам опыта было во избыточно влажном 2019 году, во влажном 2021 году (последствие удобрений) и в сухом 2023 году – 1,4–1,8 г, 1,1–1,7 г и 1,3–1,7 г соответственно. Худшие условия создались в условиях 2020 года, когда сумма активных температур превышала норму на 158 °С, при этом повышенная урожайность зерна в этом году на уровне 3,25–4,16 т/га была обусловлена высокой полевой всхожестью растений. По данным Пряхиной С. И. (2014), повышенные температуры воздуха в фазу кущения приводят к снижению продуктивности колоса яровой пшеницы [14].

Высокие среднесуточные температуры воздуха в период налива зерна яровой пшеницы негативно влияют на формирование зерновки в колосе. Так, методом парной корреляции установлено, что между массой зерна с главного колоса и гидротермическими условиями в июле существует средняя прямая связь с осадками ($r = 0,58$) и умеренная обратная связь со среднесуточной температурой воздуха ($r = -0,69$).

Таким образом, негативные погодные условия в период формирования в онтогенезе пшеницы числа зерен в колосе лимитируют будущую урожайность пшеницы. Высокие среднесуточные температуры воздуха в период формирования зерновки в колосе отрицательно влияют на формирования количества и массы зерна. Напротив, умеренные температуры воздуха при хорошем увлажнении приводят к увеличению структурных элементов колоса.

У растений яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений (в среднем за 2019–2021 гг.), варьирование количества зерен с главного колоса (35–39 шт.) по вариантам опыта было выше, чем у яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений (в среднем за 2021–2023 гг.), – на 4–5 шт. (рисунок 6).

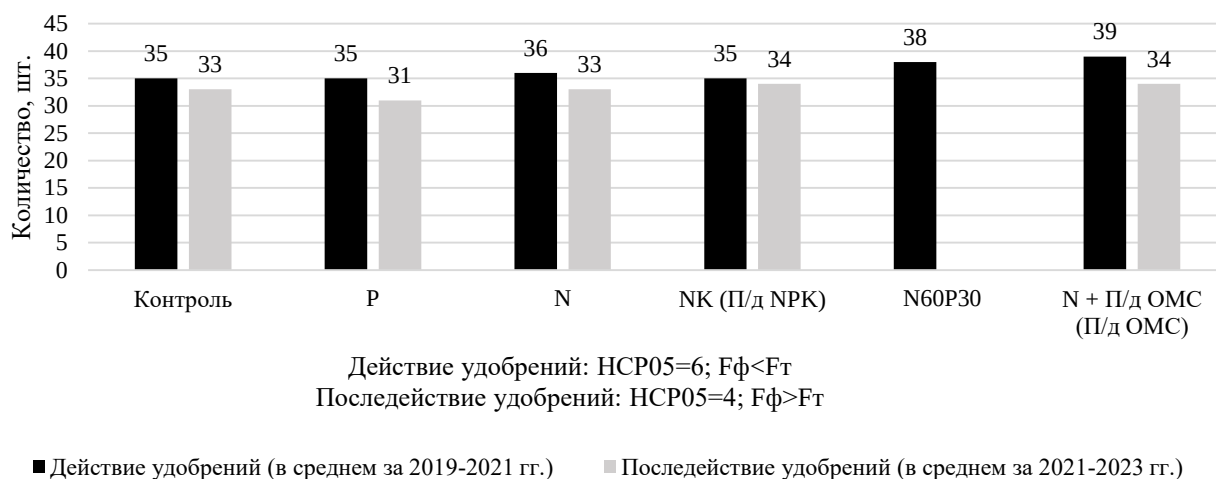


Рисунок 6 – Количество зерен с главного колоса яровой пшеницы в зависимости от действия и последействия удобрений

При действии удобрений: одностороннее внесение фосфорного удобрения в дозе P₆₀ и минерального азотно-калийного удобрения (N₃₀K₃₀) было на уровне контрольного варианта и составляло 35 шт. Внесение только азотного удобрения в дозе N₃₀ повышало этот показатель на 1 шт. Применение в опыте минерального азотно-фосфорного (N₆₀P₃₀) и одного азотного удобрений в дозе 30 кг/га д. в. по последействию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) увеличивало относительно контрольного варианта число зерен с главного колоса на 3 и 4 шт. соответственно внесенным удобрениям.

У растений яровой пшеницы, размещенной по последействию удобрений, количество зерен с главного колоса в контрольном варианте составило 33 шт. Аналогичная величина была при последействии азотного удобрения (П/д N), а при последействии фосфорного удобрения (П/д P) отмечено снижение на 1 шт. относительно контрольного варианта. По последействию полного минерального удобрения (П/д NPK) и органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) озерненность колоса составила 34 шт.

Варьирование по вариантам опыта массы зерен с главного колоса по действию удобрений (1,2–1,4 г) было ниже по сравнению с последействием удобрений (1,1–1,5 г). Это связано как с местом яровой пшеницы в чередовании культур и применяемыми удобрениями (рисунок 7).

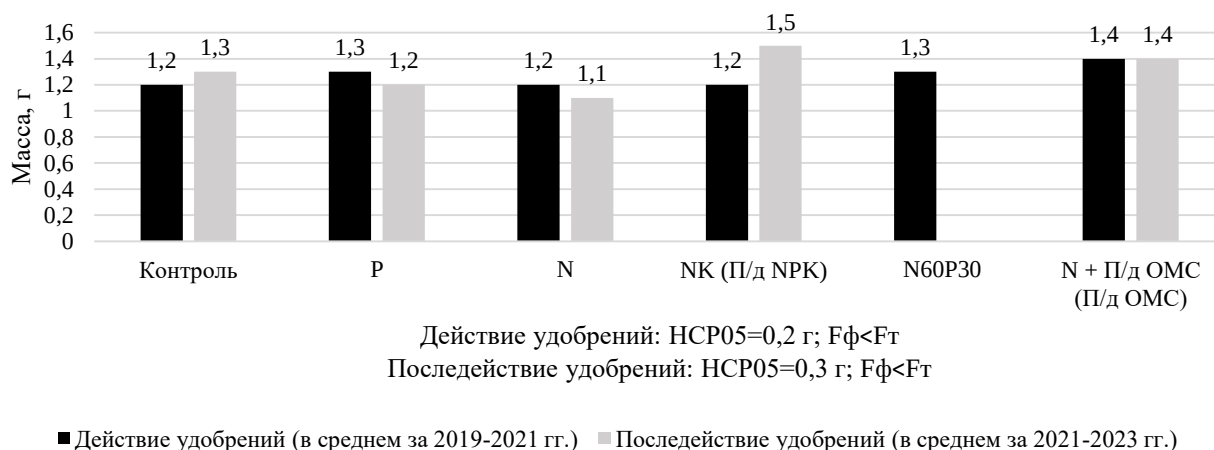


Рисунок 7 – Масса зерна с главного колоса яровой пшеницы в зависимости от действия и последствия удобрений

Масса зерна с колоса в контроле, варианте с внесением азотного удобрения в дозе N_{30} , минерального азотно-калийного удобрения ($N_{30}K_{30}$) по действию удобрений была на уровне 1,2 г. При внесении только фосфорного (P_{60}) и минерального азотно-фосфорного удобрения ($N_{60}P_{30}$) масса зерна незначительно повышалась на 0,1 г, самое высокое увеличение этого показателя было достигнуто в варианте с внесением азотного удобрения в дозе N_{30} при последствии органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) на 0,4 г выше контроля.

У растений яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, отмечается снижение показателя массы зерна с колоса в вариантах с последствием только фосфорного (П/д P) и азотного (П/д N) удобрений на 0,1 и 0,2 г соответственно ниже неудобренного варианта. Самая высокая масса зерен была получена в варианте с последствием: полного минерального (П/д NPK) и органоминеральной системы удобрений (П/д ОМС) на 0,2 и 0,1 г соответственно выше контрольного варианта.

Таким образом, у растений яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, максимальное увеличение количества и массы зерен с главного колоса, достигалось за счет применения азотного удобрения в дозе 30 кг/га д. в. по последствию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС). У растений яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, повышение данных

показателей, достигалось последствием полного минерального удобрения (П/д NPK) и органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС).

Масса 1000 семян – это критерий, который характеризует крупность и выполненность зерна. На этот показатель в большей степени оказывают влияние гидротермические условия периода вегетации яровой пшеницы. По данным Сашниной Н. В. (2015), в нестабильных гидротермических условиях Амурской области крупность зерна тесно коррелировала со среднесуточной температурой воздуха и количеством выпавших осадков в период налива зерна [177].

В увлажненные периоды вегетации яровой пшеницы 2019, 2020 и 2021 годы масса 1000 зерен по вариантам варьировала: 33,8–37,0 г, 35,3–39,0 г и 31,2–34,4 г (действие удобрений) и 31,6–33,8 г (последствие удобрений) соответственно годам исследований. Наименьшее значение этого показателя выявлено в неблагоприятных условиях 2021 года, когда зерна яровой пшеницы отличались невыполненным эндоспермом и были поражены грибными заболеваниями. В оптимальных условиях по влаго- и теплообеспеченности 2022 и 2023 годы величина крупности зерна была на уровне 35,4–37,6 г и 37,1–39,2 г соответственно. Максимальное значение этого показателя выявлено в благоприятный период вегетации 2023 года.

Показатель массы 1000 зерен формируется в период от цветения до восковой спелости зерна [62]. Недостаток или избыток влаги в этот период приводит к нарушению налива зерновки, что в конечном итоге снижает урожайность зерна.

Нашими исследованиями установлено, что на массу 1000 зерна в большей степени влияло количество осадков ($r = -0,49$) и незначительно среднесуточная температура воздуха ($r = 0,10$).

В среднем за 2019–2021 гг. яровая пшеница, размещенная по действию удобрений, имела массу 1000 зерен в контроле на уровне 34,1 г (рисунок 8).

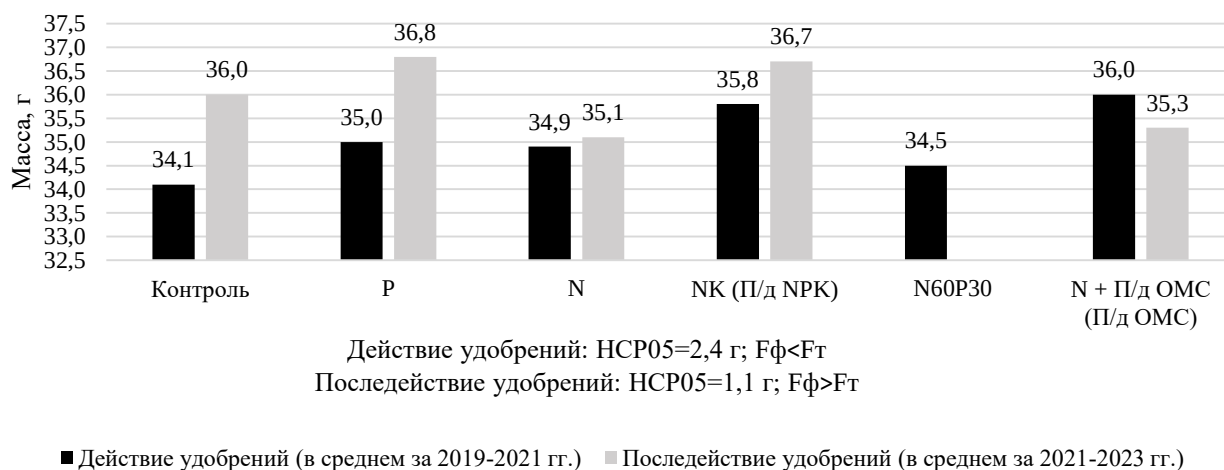


Рисунок 8 – Масса 1000 зерен яровой пшеницы в зависимости от действия и последействия удобрений

При одностороннем внесении: фосфорного (P_{60}) и азотного (N_{30}), азотно-калийного ($N_{30}K_{30}$) и азотно-фосфорного ($N_{60}P_{30}$) удобрений величина этого показателя незначительно увеличивалась на 0,4–1,7 г выше контроля. Максимальное увеличение крупности зерен было выявлено в варианте с внесением азотного удобрения в дозе N_{30} по последействию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) – на 1,9 г выше относительно неудобренного варианта.

Яровая пшеница, размещенная по последействию удобрений (в среднем за 2021–2023 гг.), в контрольном варианте показатель массы 1000 зерен составил 36,0 г. По последействию одностороннего применения азотного (П/д N) и органоминеральной системы удобрений (П/д ОМС) показатель крупности снижался на 0,9 и 0,7 г относительно контроля соответственно. Последействие одностороннего внесения фосфорного удобрения (П/д P) и полного минерального удобрения (П/д NPK) незначительно повышало этот показатель на – 0,8 и 0,7 г выше неудобренного варианта соответственно.

Таким образом, максимальный показатель массы 1000 зерен был сформирован при действии минерального азотного удобрения в дозе N_{30} по последействию органического удобрения – на 1,9 г выше относительно контроля. Последействие одностороннего применения в опыте фосфорного удобрения (П/д

Р) и последствие полного минерального удобрения (П/д NPK) незначительно повышало данный показатель на 0,8 и 0,7 г выше контроля соответственно.

В увлажненных годах: 2019, 2020, 2021 (яровая пшеница, размещенная по действию и последствию удобрений) и 2022 годы соотношение зерна к соломе составило 1,5–1,9, 1,3–1,6, 1,4–1,6 и 1,0–1,5, 1,1–1,6 ед. соответственно.

В условиях засушливого вегетационного периода 2023 года данный показатель характеризовался меньшим выходом побочной продукции в пользу увеличения зерна в хозяйственной части урожая, который составил по вариантам опыта 0,8–1,1 ед.

Однако у растений яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, в 2019, 2020 и 2021 годах отмечен больший выход соломы к зерну, по сравнению с яровой пшеницей, размещенной по последствию удобрений.

По данным Чернова О. С. (2022), применение азотно-фосфорных удобрений приводит к сужению соотношения соломы к зерну [205]. В нашем случае при внесении азотно-фосфорного удобрения ($N_{60}P_{30}$) – это происходило лишь в 2020 году – на 0,3 ед., 2021 году – на 0,4 ед. и 2022 году – на 0,1 ед. ниже контрольного варианта (рисунок 9).

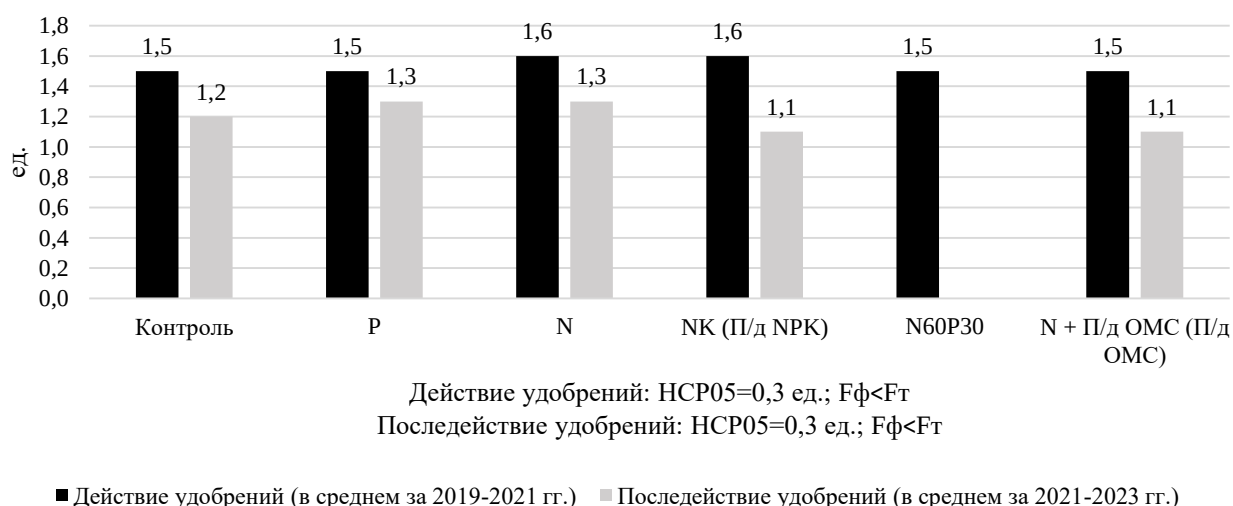


Рисунок 9 – Соотношение зерна к соломе яровой пшеницы в зависимости от действия и последствия удобрений

Таким образом, в избыточно влажные годы соотношение основной и побочной продукции урожая становится шире, по сравнению с засушливым периодом вегетационного периода.

В среднем за 2019–2021 гг. у растений яровой пшеницы размещённой по действию удобрений, в вариантах с внесением: азотного в дозе N_{30} при последствии органоминерального удобрения (П/д ОМС), фосфорного удобрения в дозе P_{60} и его сочетания с азотным ($N_{60}P_{30}$), соотношение соломы к зерну было на одном уровне с контролем и составляло 1,5 ед. При внесении азотного удобрения в дозе N_{30} и минерального азотно-калийного удобрения ($N_{30}K_{30}$) величина этого показателя увеличивалась на 0,1 ед. выше контроля.

В среднем за 2021–2023 гг. у растений яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, показатель соотношения соломы к зерну в контрольном варианте, составил 1,2 ед. При последствии: фосфорного (П/д Р) и азотного (П/д N) удобрений этот показатель повышался на 0,1 ед. относительно контроля. При последствии полного минерального удобрения (П/д NPK) и последствия органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) выявлено снижение отношения соломы к зерну на 0,1 ед. в сравнении с контролем.

Таким образом, в посевах яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, в середине ротации севооборота одностороннее внесение азотного удобрения в дозе 30 кг/га и азотно-калийного удобрения ($N_{30}K_{30}$) способствовали повышению доли побочной продукции в основной массе урожая. В посевах яровой пшеницы, размещённой в конце ротации севооборота последствие одностороннего применения азотного (П/д N) и фосфорного (П/д Р) удобрений приводили к повышению соломы в общей массе урожая.

Таким образом, на элементы, слагающие урожай яровой пшеницы, сильно влияли гидротермические условия исследуемых лет. Формирование урожайности зерна происходило за счет высокой полевой всхожести растений и продуктивности колоса во влажные 2019, 2020 и 2021 годах. В засушливый по уровню влагообеспеченности 2023 год только за счет продуктивности колоса.

В посевах яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, внесение азотного удобрения в дозе N_{30} по последствию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) способствовало увеличению основных параметров структуры урожая (высоту растения, количество и массу зерна с колоса, массу 1000 зерен). Максимальное продуктивности колоса у яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, происходило при последствии полного минерального удобрения (NPK).

4.2 Качественные показатели зерна яровой пшеницы в зависимости от действия и последствия удобрений

Почвенно-климатические условия зоны возделывания оказывают решающее влияние не только на реализацию потенциальной продуктивности возделываемых сортов яровых зерновых культур, но и качество полученного урожая. При этом качество зерна является важнейшей составляющей его потребительской стоимости, конкурентоспособности и агроэкологической производительности территории. Качественные показатели зерен обусловлены достаточно большим количеством признаков, которые определяют его пригодность для использования на продовольственные цели. Эти признаки определяются как сортовыми особенностями, так и комплексом почвенно-климатических и агротехнических условий.

Содержание белка в зерне яровой пшеницы определяет питательную ценность и его технологические свойства и является важнейшим признаком при анализе качества зерна. Критерием технологических и хлебопекарных показателей качества зерна и муки является количество и качество клейковины.

На показатели качества зерна яровой пшеницы, по мнению ряда авторов, наибольшее влияние оказывает: генотип сорта, затем метеорологические условия, предшествующая культура и в последнюю очередь удобрения [51, 74, 83]. Противоречивое мнение по этому вопросу придерживается Юшкевич Л. В. (2022). Автор считает, что на количество и качество урожая, в первую очередь,

оказывают средства химизации (31 %), предшественник – 22 %, гидротермические условия вегетации – 19 % [169].

Общеизвестно, что лучшее накопление белковых веществ в зерне оказывает влияние повышенная температура воздуха в период колошения–восковая спелость. По данным Деминой Н. Ф. (2022), в основные периоды роста и развития яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья температура воздуха и количество осадков влияли на накопление клейковины в зерне [59].

Погодные условия в период формирования и налива зерновки оказывают наибольшее прямое воздействие на накопление запасных веществ и на работу ферментов, связанных с этим процессом. Выпадение обильного количество осадков в межфазный период колошение-полная спелость отражается на удлинении продолжительности процесса созревания, что приводит к поступлению в зерновки большего количества углеводистых веществ, в результате чего повышается содержание крахмала с одновременным снижением накоплением белковых веществ [25, 140, 212].

Напротив, теплая и сухая погода в период налива зерна позволяет получить зерно с повышенным содержанием протеина [212]. Нашими исследованиями установлено, что увеличение продолжительности межфазного периода колошение–полная спелость негативно влияет на количество сырой клейковины и содержание белка коэффициент корреляции (r) составил -0,35 и -0,61 соответственно, а с индексом деформации клейковины взаимосвязь была умеренная прямая, коэффициент корреляции (r) составил 0,51 (таблица 15).

Таблица 15 – Парная корреляционная зависимость между продолжительностью генеративным периодом пшеницы и качественными показателями зерна яровой пшеницы (6 пар наблюдений)

-	Показатели качества зерна:		
	Массовая доля сырой клейковины, %	Индекс деформации (ИДК), ед.	Содержание белка, %
Продолжительность межфазного периода колошение-полная спелость, дни	-0,35	0,51	-0,61

Максимальная продолжительность межфазного периода колошение–полная спелость (44 дня) была выявлена в жаркий и влажный 2020 год, когда количество осадков было ниже нормы на 43 % (рисунок 10, приложение В, таблица В.4).

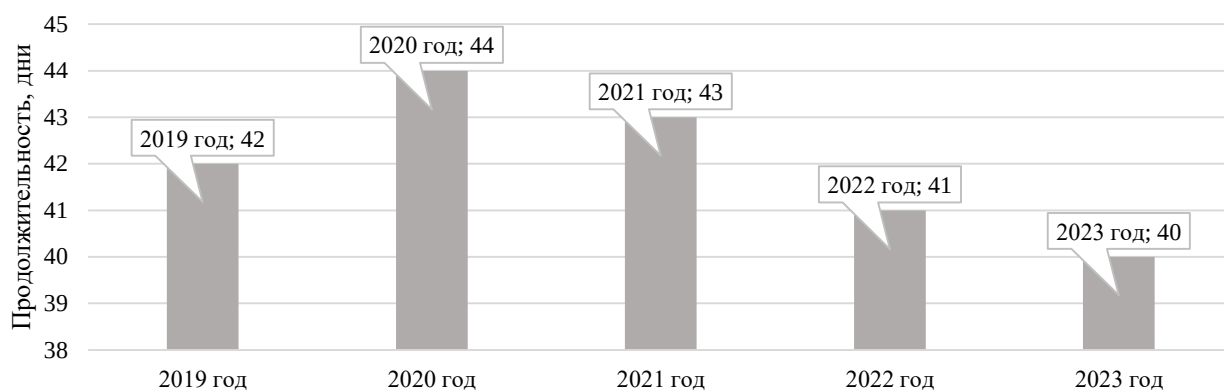


Рисунок 10 – Продолжительность межфазного периода колошение–полная спелость яровой пшеницы

Содержание сырой клейковины и белка в контрольном варианте этого года составило 20,7 %. Минимальное значение сырой клейковины (19,3 %) было в избыточно увлажненном межфазном периоде колошение–молочная спелость 2019 года, когда количество осадков превышало норму более чем в 2 раза на фоне среднесуточных температур ниже нормы на 3,8 °С.

Максимальное значение сырой клейковины в зерне (31,2 %) было при укороченном периоде налива зерна (40 дней) из всех исследуемых лет в сухом и теплом межфазном периоде колошение–полная спелость 2023 года, когда количество осадков июля составило 55 % от нормы или 79 мм. В остальные годы, при варьировании в диапазоне 41–43 дней количество сырой клейковины в зерне контрольного варианта составила от 23,5 до 30,6 % (приложение Л, таблицы Л.1 и Л.2). Общеизвестно, что содержание сырой клейковины тесно коррелирует с содержанием белка в зерне яровой пшеницы. Поэтому аналогичные результаты были выявлены по количеству протеина в зерне в годы проведения исследований.

Напротив, удлинение межфазного периода колошение–полная спелость приводило к повышению упруго-эластичных свойств клейковины в зерне яровой пшеницы. Так, во влажные и теплые гидротермические условия 2021 года получен максимальный показатель индекса деформации клейковины в контрольном варианте, который составил 66,3 ед. (действие удобрений) и 68,4 ед. (последствие удобрений) при длительности этого периода 43 дня. Минимальное значение этого показателя было выявлено в жарких и умеренно сухих условиях 2023 года – 37,1 ед., с продолжительностью периода 40 дней. В остальные годы значение ИДК было на уровне 42,2–45,5 ед. с варьированием периода налива зерна от 41 до 43 дней.

По данным ряда исследователей, с увеличением урожайности зерна яровой пшеницы происходит пропорциональное снижение белковых веществ в зерновке – за счет преимущественного накопления углеводистых веществ в эндосперме и снижения доли глиадина и глютеина [38, 59].

Нашими исследованиями установлено, что урожайность зерна яровой пшеницы имела отрицательную сильную связь с содержанием сырой клейковины в зерне ($r = -0,68$). Данная зависимость указывает на то, что с повышением зерновой продуктивности культуры величина клейковины будет снижаться. Аналогичные данные получены Горяниным О. И. (2023) в условиях Среднего Заволжья на черноземе обыкновенном [52].

Для определения влияния гидротермических условий на формирование качественных характеристик зерна был проведен парный корреляционный анализ (таблица 16).

В результате этого анализа установили, что в большей степени на формирование массы сырой клейковины, ее деформации (ИДК) и количества белка оказывали влияние погодные условия. Взаимосвязь между среднесуточными температурами составила $r = 0,16 \dots 0,47$, с суммой осадков ($r = -0,76 \dots 0,33$), с суммой активных температур ($r = -0,35 \dots 0,24$), с ГТК ($r = -0,72 \dots -0,33$).

Таблица 16 – Парная корреляционная зависимость между качеством зерна яровой пшеницы и погодными условиями за межфазный период колошение–полная спелость

Показатели погоды	Масса сырой клейковины, %	Индекс деформации клейковины (ИДК), ед.	Содержание белка, %
Среднесуточная температура воздуха, °С	0,46	0,16	0,47
Сумма осадков, мм	-0,35	0,33	-0,76
Сумма активных температур, °С	-0,35	0,24	-0,30
ГТК, ед.	-0,33	0,29	-0,72

При этом наибольшее влияние гидротермических условий в межфазный период колошение–полная спелость оказывали: на массу сырой клейковины – среднесуточные температуры приземного воздуха ($r = 0,46$), на индекс деформации клейковины и содержание белка в зерне – сумма осадков ($r = 0,33$ и $r = -0,72$ соответственно).

По этой зависимости можно судить о том, что с увеличением количества атмосферных осадков относительное содержание сырого белка в зерне будет снижаться. Аналогичная обратная зависимость между содержанием белка в зерне яровой пшеницы и количества осадков получена Беляевым В. И. (2023) в почвенно-климатических условиях Алтайского края [18].

По данным ряда исследователей [42, 52, 215], удобрения, средства защиты растений вместе с погодными условиями оказывают важнейшую роль в повышении качественных характеристик зерна. Особое место отводится применению минеральных азотных удобрений на почвах с хорошей обеспеченностью доступными для растений фосфорными соединениями [86].

В среднем за 2019–2021 гг. в зерне яровой пшеницы, расположенной по действию удобрений, масса сырой клейковины в контрольном варианте составила 23,5 % (рисунок 11).

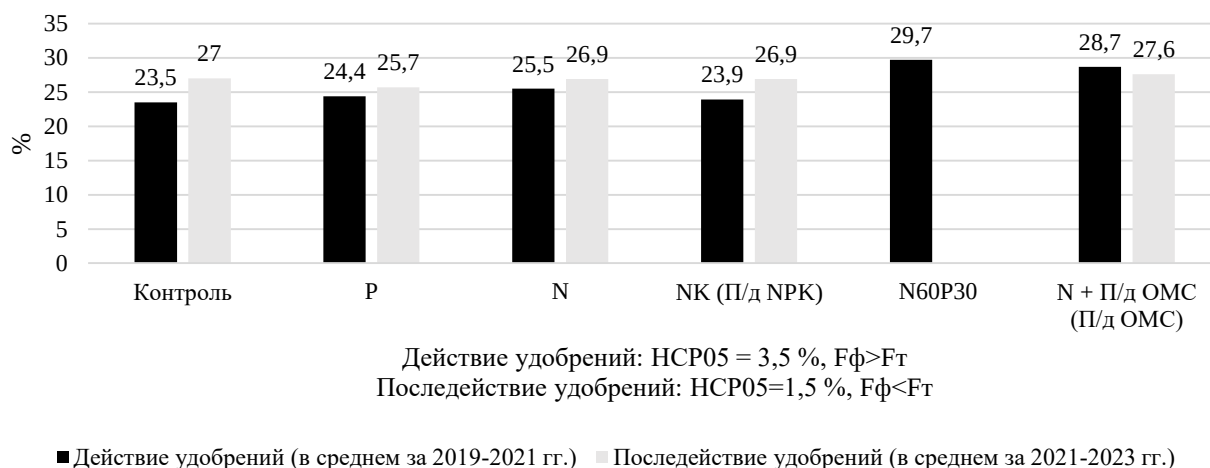


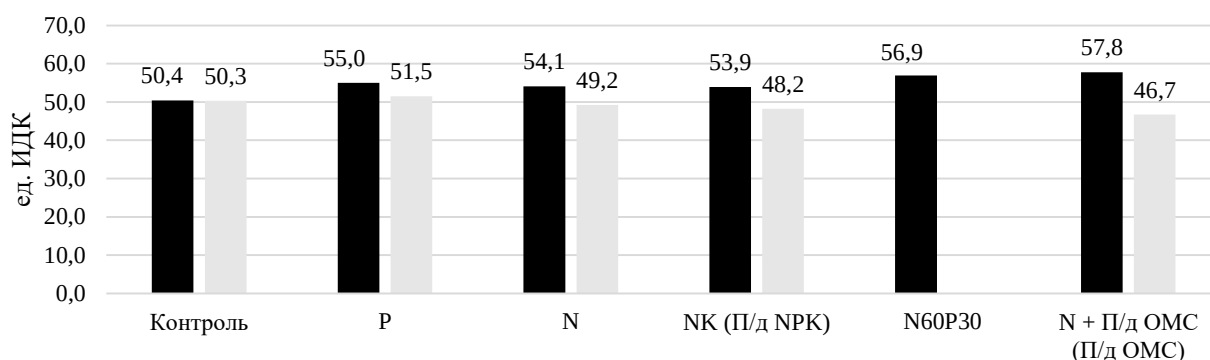
Рисунок 11 – Содержание сырой клейковины в зерне в зависимости от действия и последствия удобрений

Систематическое внесение только минерального азотного удобрения в дозе N_{30} незначительно повышало этот показатель на 2 процентных пункта (п. п.) относительно неудобренного варианта (контроль), а применение этой же дозы по последствию органоминеральной системы удобрения привело к существенному увеличению по сравнению с контролем на 5,2 п. п. Внесение азотно-калийного удобрения ($N_{30}K_{30}$) и фосфорного удобрения в дозе P_{60} величина массы сырой клейковины была на уровне контроля и составила 23,9 и 24,4 %. Самое высокое статистически значимое увеличение массы сырой клейковины по сравнению с контрольным вариантом было в варианте с внесением минерального азотно-фосфорного удобрения ($N_{60}P_{30}$) на 6,2 п. п.

В среднем за 2021–2023 гг. зерно яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, имело величину массовой доли клейковины 27,0 %. Последствие только фосфорного (П/д P), азотного (П/д N) и полного минерального удобрения (NPK) снижало этот показатель на 0,1–1,3 п. п. Максимальное увеличение показателя массы сырой клейковины было в варианте с последствием органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС), величина которой равнялась 27,6 %, что выше контроля на 0,6 п. п.

В среднем по вариантам опыта показатель индекса деформации клейковины (ИДК) в зерне яровой пшеницы, размещенной по действию

удобрений, составил 54,7 ед., что выше по сравнению с яровой пшеницей, размещенной по последствию удобрений на 5,5 ед. (рисунок 12).



Действие удобрений: НСР05 = 8 ед., $F\phi < F_t$
 Последствие удобрений: НСР05 = 5,9 ед., $F\phi < F_t$

■ Действие удобрений (в среднем за 2019-2021 гг.) ■ Последствие удобрений (в среднем за 2021-2023 гг.)

Рисунок 12 – Индекс деформации клейковины (ИДК) в зерне яровой пшеницы в зависимости от действия и последствия удобрений

В среднем за 2019–2021 гг. индекс деформации клейковины в зерне яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, в контрольном варианте, составил 50,4 ед. Внесение азотного удобрения в дозе N_{30} и его сочетание в варианте с внесением калийного удобрения в дозе K_{30} ($N_{30}K_{30}$) повышало этот показатель на 3,7 и 3,5 ед. соответственно по сравнению с контролем. Самое высокое значение деформационных свойств клейковины было в вариантах с внесением минерального азотно-фосфорного удобрения ($N_{60}P_{30}$) и азотного удобрения (N_{30}) по последствию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС), что обеспечило прибавку к контролю на уровне 6,5 и 7,4 ед.

В среднем за 2021–2023 гг. индекс деформации клейковины в зерне яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, в контрольном варианте, составил 50,3 ед. Последствие удобрений снижало данный показатель на 1,1–3,6 ед., за исключением последствия фосфорного удобрения, где отмечалось незначительное увеличение ИДК на 1,2 ед. по сравнению с контрольным вариантом.

В среднем по вариантам опыта содержание белка в зерне яровой пшеницы, размещенной по последдействию удобрений (в среднем за 2021–2023 гг.), составило 11,96 %, что выше по сравнению с содержанием белка в зерне яровой пшеницы, высеянной по действию удобрений (в среднем за 2019–2021 гг.) – на 0,30 п. п. (рисунок 13).

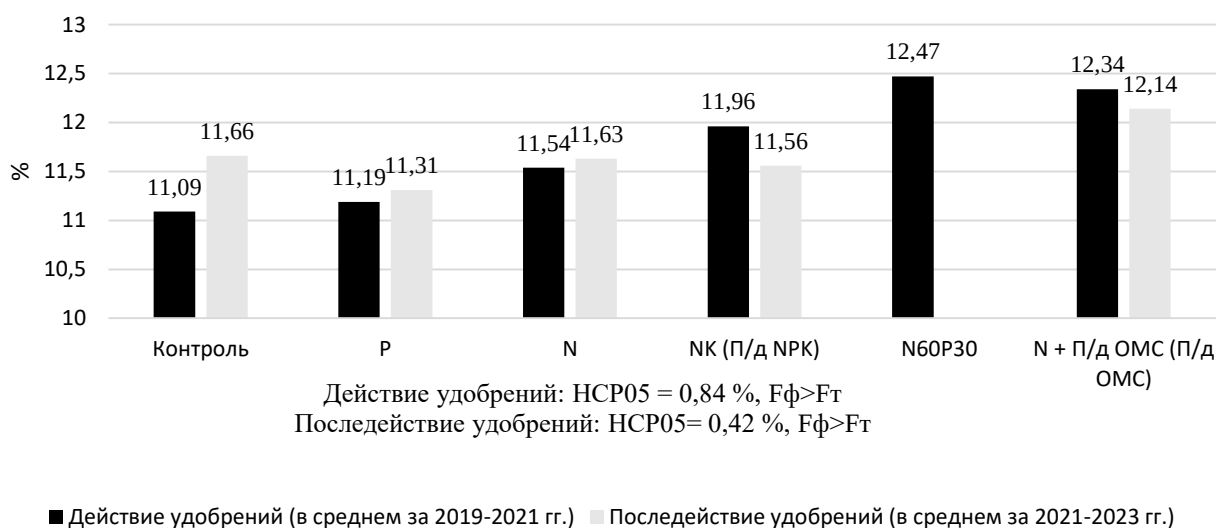


Рисунок 13 – Содержание протеина в зерне яровой пшеницы в зависимости от действия и последствия удобрений

В среднем за 2019–2021 гг. содержание белка в зерне яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, в контрольном варианте составило 11,09 %. Минеральные удобрения повышали содержание этого показателя в зерне, особенно при внесении азотного удобрения. Так, одностороннее внесение азотного удобрения (N₃₀) сопровождалось повышением содержанием белка, прибавка к контролю составила 0,45 п. п. При использовании этой дозы азотного удобрения по последствию органоминеральной системы выявлено еще большее увеличение данного показателя на 1,25 п. п. При увеличении дозы вносимого азота в 2 раза в сочетании с фосфорным удобрением в дозе 30 кг/га д. в. (N₆₀P₃₀) преувеличение над контролем было максимальным и составило 1,38 п. п.

В среднем за 2021–2023 гг. содержание протеина в зерне яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, составило 11,66 %. В вариантах с последствием минеральных удобрений количество данного показателя было

ниже контроля на 0,03–0,35 п. п. Максимальное и статистически достоверное увеличение содержания протеина в зерне относительно контроля было в варианте с последствием органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС), что приводило к повышению белка в зерне до 12,14 %, прибавка составила 0,48 п. п.

Таким образом, непосредственное внесение минеральных удобрений под посевы яровой пшеницы приводит к повышению качественных характеристик зерна. Внесение минерального азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{60}P_{30}$ существенно увеличивает содержание всех показателей качества зерна яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений. По последствию минеральных удобрений выявлено снижение этих показателей в сравнении с неудобренным вариантом. Однако последствие органоминеральной системы удобрения в сравнении с контролем несущественно увеличивает массовую долю сырой клейковины (на 0,6 п. п.), в этом же варианте прибавка белка была статистически достоверной на 5 %-ом уровне значимости и составила 0,48 п. п. По данным Дмитриева Н. Н. (2024), последствие минеральных удобрений не оказывало достоверного повышения содержания в зерне сырой клейковины и белка в зерне яровой пшеницы [62].

По исследованиям ряда ученых, сопряженность показателей структуры урожая с качественными показателями зерна яровой пшеницы носят неоднозначный характер. По мнению Кадырова С. В. (2023), увеличение нормы высева зерен количество клейковины в зерне пшеницы повышалось, и наоборот, с ее уменьшением происходило снижение этого показателя [38].

При анализе данных (в среднем за 2019–2021 гг.) густоты стеблестоя и количества клейковины в зерне яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, было выявлено, что при количестве растений в фазу полных всходов на уровне 4,17–4,40 млн. шт./га массы сырой клейковины составила 23,5–28,7 % (таблица 11). В среднем за 2021–2023 гг., зерно яровой пшеницы, по последствию удобрений имело меньшее содержание клейковины и густоты стеблестоя, которая составила 25,7–27,6 % и 3,44–3,56 млн. шт./га соответственно (таблица 12).

Методом парного корреляционного анализа установили, что между массой сырой клейковины в зерне и количеством растений в фазу всходов была средняя прямая связь ($r = 0,61$). Однако связь между вышеуказанными показателями у яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений была ниже и составила (r) – 0,40 (приложение М). Данные зависимости свидетельствует о том, что повышение густоты посева растений яровой пшеницы приводит к возрастанию массы сырой клейковины в зерне.

По убеждению Коробейникова Н. И. (2020), высота соломины имеет важное значение как в получении высокой урожайности зерна, так и в повышении белковости зерна. Короткостебельные сорта пшеницы отличались лучшим перераспределением продуктов биосинтеза в пользу генеративных органов растения по сравнению с высокостебельными сортами [96]. Нашими исследованиями это положение не подтвердилось. В результате анализа структуры урожая растений было выявлено, что более высокорослые растения имели повышенное содержание сырой клейковины и белка в зерне яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений по сравнению с последствием удобрений. Так, при высоте растений яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, на уровне 94–97 см величина массы клейковины и содержание белка в зерне составила 23,5–28,7 % и 11,09–12,34 % соответственно, а по последствию удобрений данные показатели были ниже и составили 25,7–27,6 % и 11,31–12,14 % соответственно при высоте растений – 86–87 см.

Взаимосвязь между высотой растения и качественными характеристиками зерна была средней прямой, как по действию удобрений, так по их последствию, коэффициент корреляции высоты растений с массой сырой клейковины составил $r = 0,62–0,63$, с количеством белка – $r = 0,53–0,74$.

По данным Леваковой О. В. (2022), масса 1000 зерен положительно коррелирует с белком в зерне у раннеспелых сортов яровой пшеницы. По мнению автора, зерно характеризующиеся большим выходом клейковины должно быть достаточно крупным [118]. В нашем случае в среднем за 2019–2021 гг. масса 1000 зерен у растений яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений,

составила по вариантам опыта 34,1–36,0 г, что ниже по сравнению с яровой пшеницей, размещенной по последствию удобрений на 0,8–1,9 г. Однако в среднем по вариантам опыта показатель массы сырой клейковины (25,9 %) и ее качества (54,7 ед. ИДК) в зерне был выше по действию, чем по последствию удобрений.

При помощи корреляционного анализа было установлено, что на индекс деформации клейковины и содержание белка в зерне оказывает влияние параметр крупность зерна (массы 1000 зерен) яровой пшеницы, которая расположена по действию удобрений, коэффициент корреляции (r) составил 0,55 и 0,47 соответственно. Яровая пшеница, расположенная по последствию удобрений, имела тесную взаимосвязь между массовой долей клейковины в зерне и массой 1000 зерен, коэффициент парной корреляции составил – 0,68.

Таким образом, с увеличением крупности зерна (массы 1000 зерен) яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, содержание белка в зерне будет уменьшаться. Повышение крупности зерна яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, приводит к увеличению показателей качества зерна.

В повышении качества зерна яровой пшеницы решающее значение имеет внесение минеральных и органических удобрений. Установлено, что на почвах с плохой обеспеченностью азотом и фосфором в период налива зерна количество клейковины в зерне снижается [143, 1712, 122].

В наших исследованиях содержание минерального азота, подвижного фосфора и калия в фазу колошения яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений (в среднем за 2019–2021 гг.), было ниже по сравнению яровой пшеницей, расположенной по последствию удобрений (в среднем за 2021–2023 гг.).

Как видно из рисунка, хорошая обеспеченность минеральным азотом и подвижным фосфором в фазу колошения яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, по сравнению с яровой пшеницей, размещенной по действию удобрений, обеспечивало увеличение в зерне белка и клейковины (рисунок 14 и 15).

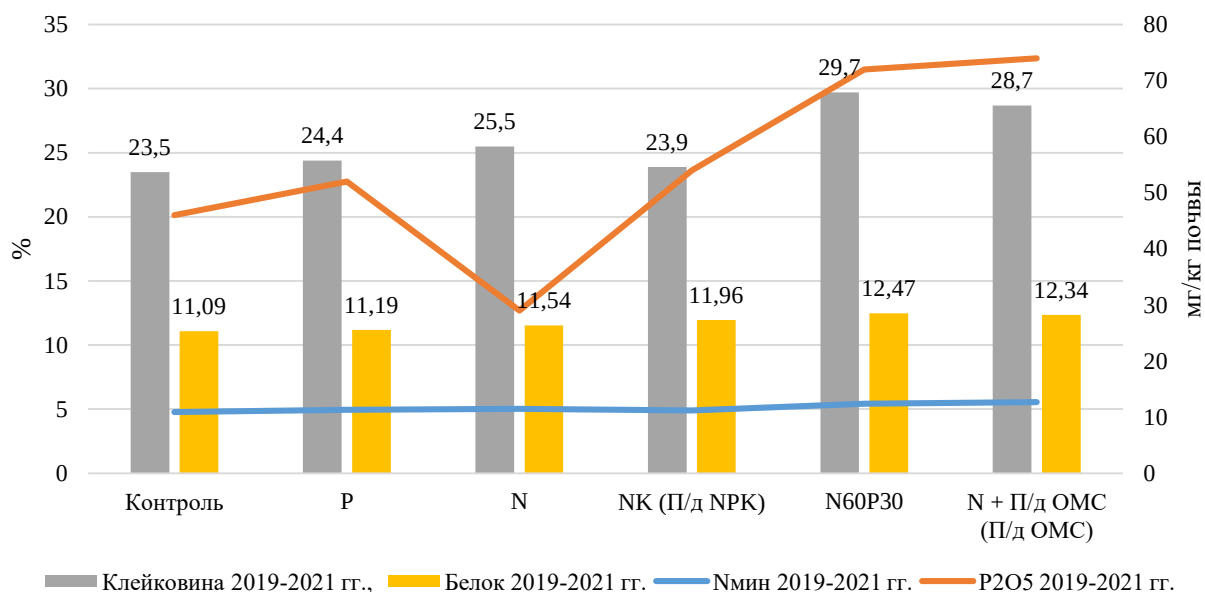


Рисунок 14 – Содержание сырой клейковины и белка в зерне яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений в зависимости от уровня минерального азота ($N_{\text{мин}}$) и подвижного фосфора (P_2O_5) в почве

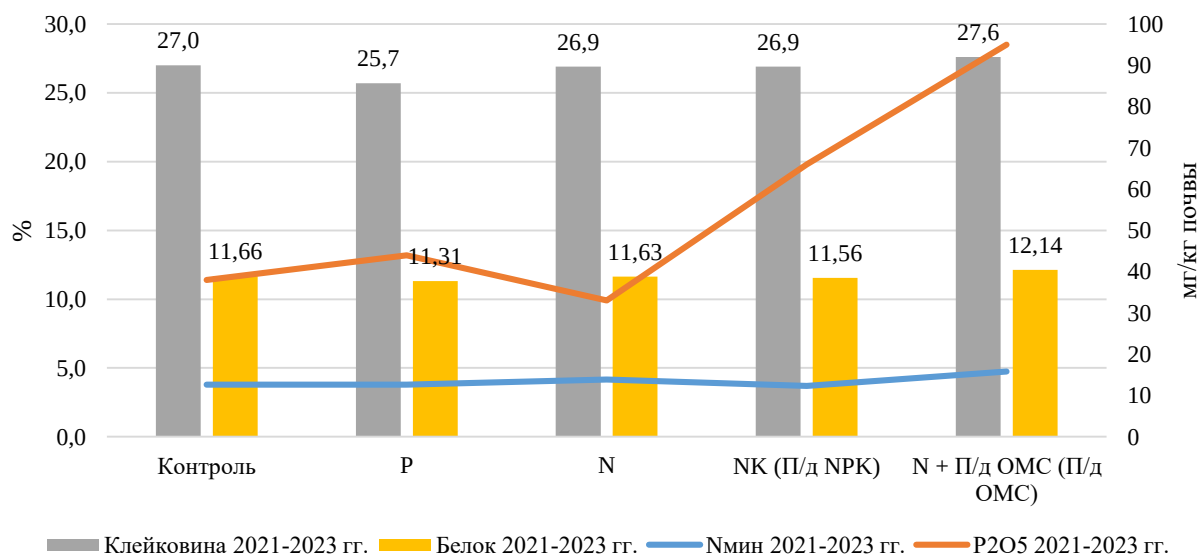


Рисунок 15 – Содержание сырой клейковины и белка в зерне яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений в зависимости от уровня минерального азота ($N_{\text{мин}}$) и подвижного фосфора (P_2O_5) в почве

Уменьшение элементов питания в почве к фазе колошения при непосредственном внесении минеральных удобрений связано с более высоким выносом по сравнению с яровой пшеницей, размещенной по последствию удобрений. При этом параметры массы сырой клейковины и ее качества были

выше у яровой пшеницы, размещенной по действию минеральных удобрений, что связано с активным накоплением азота, фосфора в вегетативный период развития, а также их лучшей реутилизацией в наливающийся колос.

Методом множественного корреляционного анализа установлено, что наибольшее влияние на качественные показатели зерна оказывают, прежде всего, погодные условия, затем кислотность почвы и уровень обеспеченности элементами минерального питания в межфазный период колошение–полная спелость (Приложение М). Так, на формирование массы сырой клейковины в большей степени влияла обменная кислотность почвы ($\beta = -0,54 \pm 0,11$), а на ее деформационные свойства (ИДК) положительно влияла сумма активных температур ($\beta = 0,63 \pm 0,12$). На содержание белка в зерне негативное влияние оказывало избыточное увлажнение в этот межфазный период ($\beta = -0,57 \pm 0,13$). Уровень элементов питания в почве оказывал среднее и слабое влияние на качественные показатели зерна в межфазный период колошение–полная спелость, а именно: содержание минерального азота ($\beta = -0,42 \pm 0,11 \dots 0,49 \pm 0,10$), содержание подвижного фосфора ($\beta = 0,21 \pm 0,11 \dots 0,40 \pm 0,11$), содержание подвижного калия ($\beta = 0,17 \pm 0,09 \dots 0,32 \pm 0,10$)

Таким образом, установлено, что увеличение количества осадков в межфазный период колошение–полная спелость приводит к увеличению его продолжительности и, следовательно, к снижению поступления азотистых веществ в зерно. При умеренно сухой и теплой погоде продолжительность налива зерна сокращается, что усиливает поступление азота в наливающийся колос. На качественные показатели зерна в большей степени оказывали влияние гидротермические условия и реакция среды почвенного раствора ($pH_{\text{сол}}$). Влияние элементов питания на накопление белка и клейковины по силе связи было средним и слабым.

По сравнению с контрольным вариантом качественные характеристики зерна яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений повышались, а у яровой пшеницы, расположенной по последствию удобрений, снижались, за

исключением последствия органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС).

Установлено, что с увеличением густоты продуктивного стеблестоя, высоты растений содержание качественные параметры зерна яровой пшеницы, размещенной как по действию, так и по последствию удобрений положительно влияет на повышение количества клейковины в зерне. Увеличение крупности зерна (1000 зерен) негативно влияет на содержание белка в зерне яровой пшеницы, расположенной по последствию удобрений ($r = -0,70$), а отклик на повышение массы 1000 зерен яровой пшеницы, расположенной по действию удобрений, положительный ($r = 0,47$).

ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ДЕЙСТВИЮ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЮ УДОБРЕНИЙ

5.1 Экономическая эффективность применяемых удобрений при возделывании яровой пшеницы

Экономическая эффективность применяемых удобрений при возделывании яровой пшеницы в производстве относится к важной количественной оценке учета соотношения производственных затрат на единицу получаемого урожая. Получение высокой рентабельности зерновой продукции достигается путем применения научно-обоснованных агротехнологических операций в севообороте, обеспечивающих максимальное увеличение урожайности зерна с одновременным снижением производственных затрат.

В наших исследованиях стоимость валового сбора зерна по вариантам опыта была выше у яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений (в среднем за 2019–2021 гг.), и составила 27,25–33,79 тыс. руб., что выше по сравнению с яровой пшеницей, размещенной по последствию удобрений (в среднем за 2021–2023 гг.), на 1,53–4,80 тыс. руб. с 1 гектара, что связано более высокой урожайностью зерна яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений (приложение Н, таблицы Н.1, Н.2 и Н.3).

Себестоимость – это затраты на производство и реализации единицы товара. В наших исследованиях себестоимость производства зерна яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, по вариантам опыта обходилась в 8,83–11,83 тыс. руб./т (таблица 17).

Самая высокая себестоимость продукции зерна происходило за счет высокой стоимости затрат на фосфорное удобрение (8,48 тыс. руб./т) в варианте с внесением фосфорного удобрения в дозе 60 кг/га – 11,83 тыс. руб., при этом рентабельность была отрицательной и составила – минус 7,83 %. А самая наименьшая себестоимость зерна была выявлена в варианте с односторонним внесением азотного удобрения в дозе N₃₀ по последствию органоминеральной системы

удобрения (8,75 тыс. руб.), при максимальной рентабельности из всех изучаемых вариантов, которая составила 24,55 % и урожайности 3,08 т/га.

Таблица 17 – Результаты экономической оценки возделывания яровой пшеницы

Вариант	Себестоимость, тыс. руб./т	Условная прибыль, тыс. руб./т	Рентабельность, %
Яровая пшеница, размещенная по действию удобрений, в среднем за 2019–2021 гг.			
1.Контроль (б/у)	9,00	1,90	21,09
2.Р ₆₀	11,83	-0,93	-7,83
3.Н ₃₀	8,83	2,07	23,45
4.Н ₃₀ К ₃₀	9,14	1,76	19,26
5.Н ₆₀ Р ₃₀	9,67	1,23	12,74
6.Н ₃₀ + П/д ОМС	8,75	2,15	24,55
Яровая пшеница, размещенная по последствию удобрений, в среднем за 2021–2023 гг.			
1.Контроль (б/у)	9,54	1,36	14,31
2.П/д Р	9,62	1,28	13,34
3.П/д N	9,50	1,40	14,80
4.П/д NPK	9,15	1,75	19,16
5.П/д ОМС	10,68	0,22	2,07

Себестоимость зерна яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, варьировала по вариантам опыта от 9,50 до 10,68 тыс. руб. Самое низкое значение этого показателя было в варианте с последствием азотного удобрения (П/д N), что составило 9,50 тыс. руб., а самое высокое в варианте с последствием органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) – 10,68 тыс. руб. Удорожание возделывания зерна в последнем случае было связано с внесением в севообороте под предшествующую культуры сою навоза в течении трех лет в 2020, 2021 и 2022 годы, что перенеслось на цену себестоимости, в отличие от вносимого навоза по действию удобрений, где его внесли один раз под предшествующую культуру (соево-овсянную) смесь в 2019 году и последствие наступило только на третий год.

Условная прибыль на каждую тонну зерна яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, была выше в варианте с последствием полного минерального удобрения (П/д NPK) – 1,75 тыс. руб., что выше контроля на 0,39 тыс. руб. Уровень рентабельности в этом варианте был самым высоким среди вариантов и составил 19,16 %.

Таким образом, внесение азотного удобрения в дозе 30 кг/га по последствию органоминеральной системы удобрения и последствия полного минерального удобрения (NPK) является наиболее экономически эффективным при возделывания яровой пшеницы на зерно, уровень рентабельности составил 24,55 и 19,16 % соответственно.

Специфика исполнения длительных опытов не позволяет определить долю прибавки урожая от вносимых под культуру удобрений или их последствия. Поэтому в работе рассматриваемые прибавки урожаев являются комплексным показателем эффективности минеральных удобрений, их видов, различных сочетаний и доз на различных фонах.

Расчет окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая проводили по «Методике разработки нормативов окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственными культурами» (2009) [126].

С возрастанием доз минеральных удобрений происходит снижение показателя окупаемости удобрений прибавкой зерна (таблица 18).

Таблица 18 – Окупаемость минеральных удобрений прибавкой зерна яровой пшеницы, размещенной после сои по действию удобрений, в среднем за 2019–2021 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Окупаемость удобрений прибавкой зерна, кг д. в./кг
1.Контроль (б/у)	2,50	-	-
2.P ₆₀	2,62	0,12	2,0
3.N ₃₀	2,83	0,33	11,0
4.N ₃₀ K ₃₀	3,02	0,52	8,7
5.N ₆₀ P ₃₀	3,10	0,60	6,7
6.N ₃₀ + П/д ОМС	3,08	0,58	19,0

Так, внесение в опыте минеральных удобрений: азотно-калийного N₃₀K₃₀ и азотно-фосфорного N₆₀P₃₀ обеспечило окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений 8,7 и 6,7 кг зерна, а одностороннее внесение азотного удобрения в дозе N₃₀ как отдельно, так и совместно с последствием органического удобрения позволило получить 11,0–19,0 кг зерна соответственно.

Таким образом, внесение в опыте азотного удобрения в дозе N_{30} по последствию органоминеральной системы удобрения значительно повышает прибавку зерна от 1 кг д. в. удобрений.

5.2. Результаты внедрения наиболее эффективных доз удобрений в производство

Результаты научно-исследовательской работы и рекомендации были внедрены в производство при посеве яровой пшеницы в ООО «Союз» Амурской области (приложение П).

Посев яровой пшеницы сорта Арюна провели в соответствии с рекомендациями. Внесение аммиачной селитры в дозе N_{30} кг/га действующего вещества по последствию навоза на площади 100 га позволило получить урожайность зерна на уровне 2,87 т/га, что на 0,70 т/га выше по сравнению с неудобренным участком. Выручка от реализации дополнительной продукции составила 770,0 тыс. рублей.

Результаты научно-исследовательской работы и рекомендации производству внедрены и технологию возделывания яровой пшеницы на полях ЗАО «Агрофирма АНК» на площади посева – 100 га (приложение Р).

Внесение аммиачной селитры в дозе 30 кг/га действующего вещества по последствию навоза КРС позволило увеличить урожайность и содержание белка в зерне на 0,63 т/га и 1,15 процентных пункта соответственно по сравнению с неудобренным участком. Рентабельность производства яровой пшеницы по этой технологии составила не менее 23 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отмечено существенное увеличение элементов питания в фазу кущения было от применения следующих удобрений: минерального азота – при внесении азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{60}P_{30}$ и последствии органоминеральной системы удобрения; подвижного фосфора – при внесении азотного удобрения в дозе N_{30} + П/д ОМС. В последующие фазы роста и развития яровой пшеницы количество элементов питания под посевами уменьшается, что связано как с их выносом урожаем и почвенными процессами.

Максимальная урожайность зерна (3,25–4,16 т/га) и вынос азота, фосфора и калия из почвы из всех исследуемых лет был во влажных и жарких гидротермических условиях 2020 года. При самой низкой урожайности зерна (1,74–2,57 т/га и 2,02–2,76 т/га) в избыточно увлажненных условиях 2021 года вынос основных элементов питания был самым низким из всех исследуемых лет. Засушливый вегетационный период 2023 года характеризовался наименьшим выносом фосфора и калия из почвы, при урожайности 2,28–2,63 т/га.

Установлено, что влажные гидротермические условия в 2019, 2020, 2021 и 2022 годов увеличивали продолжительность вегетационного периода яровой пшеницы до 90–93 дней, а засушливые условия 2023 года сокращали его до 85 дней. Избыточное выпадение осадков в период формирования и налива зерна (выход в трубку–молочная спелость) ограничивали величину урожайности. Повышение среднесуточной температуры в межфазный период молочная–полная спелость зерна оказывало на посеvy положительное влияние ($\beta = 0,97 \pm 0,34$, $R^2 = 0,34$).

На структуру урожая сильно влияли гидротермические условия исследуемых лет. Формирование урожайности происходило за счет высокой полевой всхожести растений и продуктивности колоса (количество и масса зерна с главного колоса) во влажные годы 2019, 2020 и 2021 годы, а в засушливый по уровню влагообеспеченности 2023 год только за счет количества и массы зерен с колоса.

Минимальное содержание протеина (10,23–11,90 %) в зерне яровой пшеницы из всех исследуемых лет наблюдалось в избыточно-увлажненном межфазном

периоде колошение–полная спелость в 2019 году (ГТК выше нормы в 2 раза). Максимальный показатель содержания сырой клейковины (29,5–37,3 %) и белка (12,53–14,77 %) в зерне яровой пшеницы сформировался в засушливые условия межфазного периода колошение–полная спелость 2023 года (ГТК в 2 раза ниже нормы). На содержание белка в зерне негативное влияние оказывало избыточное увлажнение в межфазный период колошение–полная спелость ($\beta = -0,57 \pm 0,10$, $R^2 = 0,67$).

Наибольший вынос элементов питания был отмечен у яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений (в среднем за 2019–2021 гг.), в варианте с внесением $N_{60}P_{30}$ и N_{30} по последствию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС), а у яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений (в среднем за 2021–2023 гг.), – при последствии органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС).

В посевах яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, внесение азотного удобрения в дозе N_{30} по последствию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) увеличивало основные параметры структуры урожая (высоту растения, количество и массу зерна с колоса, массу 1000 зерен). Максимальное увеличение линейных размеров и продуктивности колоса яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений происходило при последствии полного минерального удобрения (П/д NPK) и органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС).

Наибольшее накопление белка и клейковины в зерне яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений (в среднем за 2019–2021 гг.), достигалось за счет внесения минерального азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{60}P_{30}$, а по последствию удобрений (в среднем за 2021–2023 гг.) – за счет последствия органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС).

При внесении азотного удобрения в дозе N_{30} по последствию органоминеральной системы удобрения (П/д ОМС) уровень рентабельности производства составил 24,55 %. Последствие полного минерального удобрения (П/д NPK) способствовало уровню рентабельности 19,16 %.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью повышения и сохранения плодородия почвы необходимо предпосевное внесение минерального азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{60}P_{30}$ и азотного в дозе N_{30} по последствию органического удобрения, что обеспечит повышение содержания подвижных соединений азота и фосфора в почве для питания растений.

Для получения урожайности яровой пшеницы на уровне 2,50–3,00 т/га с содержанием в зерне клейковины не менее 28 % достаточно внесения азотного удобрения в дозе N_{30} по последствию органического удобрения. При этом рентабельность производства будет составлять не менее 24,5 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов, Н. В. Основная обработка почвы и формирование азотного режима в системе точного земледелия / Н. В. Абрамов, С. А. Семизоров, А. М. Оксукбаева // Земледелие. – 2022. – № 3. – С. 32-35. – DOI: 10.24412/0044-3913-2022-3-32-36. – EDN NXCMDM.
2. Абрамов, Н. В. Формирование зерна яровой пшеницы высокого качества при дифференцированном внесении азотных удобрений / Н. В. Абрамов, С. В. Шерстобитов // Земледелие. – 2024. – № 3. – С. 33-39. – DOI: 10.24412/0044-3913-2024-3-33-39. – EDN MJWVTE.
3. Абросимова, Т. Е. Влияние условий выращивания на урожай пшеницы и его качество / Т. Е. Абросимова, Е. Т. Наумченко // Адаптивные технологии в растениеводстве. – Изд-во ДальГАУ. – 2006. – С. 41-46.
4. Абросимова, Т. Е. Фотосинтетическая деятельность и формирование урожая пшеницы при длительном применении различных систем удобрений в севообороте: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Абросимова Татьяна Евгеньевна. – Тимирязевский, 2003. – 22 с. – EDN QGJWCJ.
5. Авдонин, Н. С. Агрохимия: учеб. пособие. – М., 1982. – 344 с.
6. Авдонин, Н. С. Свойства почвы и урожай: (влияние свойств почвы и удобрений на стойкость и урожайность растений) / Н. С. Авдонин. – Москва: Колос, 1965. – 270 с.
7. Агеева, Е. В. Биомасса растений раннеспелых сортов и линий яровой мягкой пшеницы / Е. В. Агеева, И. Е. Лихенко // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 7. – С. 59-63. – EDN WJXNWF.
8. Агроклиматический справочник по Амурской области. Гидрометеорологическое издательство // Ленинград. – 1960. – 136 с.
9. Агрохимические нормативные показатели минерального питания яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / Н. В. Гоман, И. А. Бобренко, В. В. Попова, А. А. Гайдар // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной

академии. – 2021. – № 1. – С. 5-17. – DOI: 10.26897/0021-342X-2021-1-5-17. – EDN ESYOZJ.

10. Азотные подкормки растений озимой пшеницы в условиях Ставропольского края / Ф. В. Ерошенко, А. А. Ерошенко, Т. В. Симатин [и др.] // Земледелие. – 2017. – № 8. – С. 18-20.

11. Аристовская, Т. В. Микробиология подзолистых почв. М. – Л., «Наука», 1965. – 188 с.

12. Асеева, Т. А. Агроэкологические основы формирования урожайности зерновых культур и сои в адаптивно-ландшафтном земледелии Среднего Приамурья: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / Асеева Татьяна Александровна – Хабаровск, 2009. – 322 с.

13. Асеева, Т. А. Хозяйственная и биологическая характеристика перспективного универсального сорта яровой пшеницы Далира / Т. А. Асеева, К. В. Зенкина, И. В. Ломакина // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 6. – С. 59-64. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10611. – EDN IUDVJS.

14. Асинхронность наступления фаз развития зерновых культур по станции Саратов Юго-Восток / С. И. Пряхина, Е. И. Гужова, М. М. Смирнова, А. А. Миронов // Изв. Саратов. ун-та. – 2014. – №1. – С. 27-30.

15. Бакаева, Н. П. Влияние погодных условий, систем обработки почвы и удобрений на структуру урожая и качество зерна яровой пшеницы / Н. П. Бакаева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4. – С. 12-19. – DOI: 10.12737/33173.

16. Бараев, А. И. Яровая пшеница / А. И. Бараев. – М.: Колос, 1978. – 420 с.

17. Баранникова, З. Д. Влияние температурных условий на скорость развития и продуктивность ячменя / З. Д. Баранникова, Т. И. Гудкова // Труды Зап.-Ленинг. СХИ. – 1972 – Т.194. – С. 3-19.

18. Беляев, В. И. Структура урожая и качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости (Тюменцевский район, Алтайский край) / В. И. Беляев, Л. В. Соколова, Н. В. Рудев // Вестник Алтайского государственного

аграрного университета. – 2023. – № 4(222). – С. 5-11. – DOI: 10.53083/1996-4277-2023-222-4-5-11. – EDN SJZWFH.

19. Бесалиев, И. Н. Зависимость агробиологических показателей посевов яровой твёрдой пшеницы от метеофакторов межфазных периодов её вегетации в условиях Оренбургского Предуралья / И. Н. Бесалиев, Я. А. Каравайцев // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101, № 2. – С. 201-208. – EDN XZCKTJ.

20. Бесалиев, И. Н. Продолжительность и условия межфазных периодов вегетации как факторы продуктивности сортов яровой пшеницы в Оренбургском Предуралье / И. Н. Бесалиев, А. Л. Панфилов // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106, № 3. – С. 202-212. – DOI: 10.33284/2658-3135-106-3-202. – EDN QQWJUM.

21. Бесалиев, И. Н. Условия вегетации и продолжительность межфазных периодов вегетации яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях / И. Н. Бесалиев, А. Л. Панфилов, Н. С. Регер // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4(56). – С. 19-24. – DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-19-24. – EDN NWPTRM.

22. Бесалиев, И. Н. Формирование продуктивности колоса яровой пшеницы в условиях засушливого климата Оренбургского Приуралья / И. Н. Бесалиев, Е. А. Иванова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2024. – Т. 19, № 4. – С. 547-565. – DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-4-547-565. – EDN AFTSOD.

23. Бесалиев, И. Н. Характеристика продолжительности межфазных периодов вегетации яровой твёрдой пшеницы в связи с погодными факторами и приёмами агротехники в Оренбургском Предуралье / И. Н. Бесалиев, Г. Н. Сандакова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3(71). – С. 51-55.

24. Бижан, С. П. Влияние совместного применения фосфорных и медных удобрений на урожайность озимой пшеницы и качество зерна / С. П. Бижан //

Плодородие. – 2023. – № 4(133). – С. 36-40. – DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.09. – EDN AKCJTR.

25. Богдан, П. М. Влияние абиотических факторов на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях Приморского края / П.М. Богдан, И. В. Коновалов, А. Г. Клыков // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 1. – С. 16-20. – DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10103

26. Бойко, Н. И. Формирование массы зерна с колоса у сортообразцов пшеницы мягкой яровой (*Triticum aestivum* L.) в контрастных метеоусловиях лесостепи Приобья / Н. И. Бойко, О. В. Паркина, В. В. Пискарев // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – № 12. – С. 43-47. – DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11208.

27. Бугаева, А. В. Влияние основной обработки Парового предшественника на обеспеченность почвы азотом и урожайность пшеницы в красноярской лесостепи / А. В. Бугаева // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1(37). – С. 21-28. – EDN EAPELJ.

28. Бурлака, В. В. Растениеводство Дальнего Востока / Под ред. Героя Соц. Труда А. Г. Воложенина. – Хабаровск: Кн. изд-во, 1970. – 396 с.

29. Бухман, В. А. Влияние температуры и влажности почвы на динамику форм азота / В. А. Бухман, Т. Н. Погодина // Вопросы физиологии и экологии растений в условиях Севера. Труды Карельского филиала АН СССР. – 1960. – Вып. 28. – С. 95-107.

30. Верниченко, И. В. Ассимиляция различных форм азота растениями и роль микроэлементов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.04 / Верниченко Игорь Васильевич. – Москва, 2002. – 60 с. – EDN QGQBXH.

31. Визирская, М. М. Влияние листовых подкормок на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях северного зауралья / М. М. Визирская, С. В. Шерстобитов // Плодородие. – 2021. – №6 (123). – С. 46-50.

32. Винокуров, И. Ю. Динамика элементов питания под яровыми и озимыми культурами в конце четвертой ротации шестипольных севооборотов в адаптивно – ландшафтных системах земледелия / И. Ю. Винокуров, О. С. Чернов,

В. В. Окорков // Владимирский земледелец. – 2022. – № 3(101). – С. 4-10. – DOI: 10.24412/2225-2584-2022-3-4-10. – EDN DGWBHH.

33. Влияние азотных минеральных удобрений на продукционный процесс яровой пшеницы в лесостепи восточной сибери / А. В. Бобровский, Н. С. Козулина, А. В. Василенко [и др.] // Земледелие. – 2021. – №8. – С. 13-17.

34. Влияние гидротермических условий на урожайность яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при применении минеральных удобрений в засушливом Поволжье / Д. Ю. Журавлев, Т. М. Ярошенко, Н. Ф. Климова, В. А. Куликова // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 6. – С. 26-33. – DOI: 10.28983/asj.y2023i6pp26-33. – EDN EAMMLU.

35. Влияние метеорологических условий на качество зерна яровой пшеницы (*Triticum* L.) / В. С. Рубец, И. Н. Ворончихина, В.В. Пыльнев [и др.] // Известия ТСХА. – 2021. – №5. – С. 89-108.

36. Влияние метеорологических условий на формирование хозяйственно-полезных признаков яровой пшеницы в условиях ЦРНЗ / Б. Б. Наджодов, В. С. Рубец, В. В. Пыльнев, И. Н. Ворончихина // Известия ТСХА. – 2023. – №1(6). – С. – 47-64.

37. Влияние минерального питания на интенсивность продукционного процесса у яровой пшеницы / Л. В. Осипова, И. В. Верниченко, Н. В. Пухальская [и др.] // Плодородие. – 2021. – № 6(123). – С. 50-52. – DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.13. – EDN NNESDL.

38. Влияние норм высева и азотных подкормок на качество зерна яровой мягкой пшеницы / С. В. Кадыров, В. А. Задорожная, Н. В. Подлесных, В. Н. Образцов // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 11. – С. 83-87. – DOI: 10.28983/asj.y2023i11pp83-87. – EDN HJFMXU.

39. Влияние обеспеченности почвы подвижным фосфором на эффективность азотных удобрений и формирование элементов структуры урожая яровой пшеницы / В. М. Лапушкин, О. А. Муравьева, А. А. Лапушкина, М. А. Волкова // Плодородие. – 2022. – № 3(126). – С. 6-12. – DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.02. – EDN HSBTCM.

40. Влияние погодных условий на трансформацию азота почвы и удобрений, урожай и качество зерна яровой пшеницы, идущей после занятого пара / В. В. Окорков, Л. А. Окоркова, А. Е. Лебедева, С. А. Булатова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2024. – № 1. – С. 10-20. – DOI: 10.26178/4093.2024.63.24.004. – EDN HAXNMX.

41. Влияние предпосевной обработки семян и агрохимикатов на урожайность озимой пшеницы / Д. Е. Михальков, Ю. Н. Плескачев, С. В. Раззаренов, Р. Ю. Борышов // Проблемы развития АПК региона. – 2024. – № 3(59). – С. 69-75. – DOI: 10.52671/20790996_2024_3_69. – EDN WESVJA.

42. Влияние элементов технологии на урожайность и качество зерна яровой пшеницы на черноземных почвах Предволжья Республики Татарстан / И. М. Сержанов, Ф. Ш. Шайхутдинов, А. Р. Сержанова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 3(67). – С. 36-44. – DOI: 10.12737/2073-0462-2022-38-46. – EDN DOSDMW.

43. Волкова, Л. В. Влияние гидротермических условий Кировской области на продуктивность и качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости / Л. В. Волкова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – Т. 24, № 3. – С. 377-388. – DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.377-388. – EDN JANZAU.

44. Волкова, Л. В. Урожайность яровой мягкой пшеницы и ее связь с элементами продуктивности в разные по метеорологическим условиям годы / Л. В. Волкова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – №6 (55). – С. 9-15.

45. Высота растений и продуктивность колоса сортов яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях оренбургского приуралья / И. Н. Бесалиев, А. Л. Панфилов, Я. А. Каравайцев, Р. Р. Абдрашитов // Известия ОГАУ. – 2021. – №4 (90). – С. 23-27.

46. Гайсин, И. А. Хелатные микроудобрения: практика применения и механизм действия: монография / И. А. Гайсин, В. М. Пахомова, Казанский ГАУ – Йошкар-Ола, 2014. – 344 с.

47. Голов, Г. В. Потенциальное плодородие и окультуривание минеральных почв Приамурья // Мелиорация и водное хозяйство. М.: ЦБНТИ, 1987. – С. 5-10.
48. Голов, Г. В. Почвы и экология агрофитоценозов Зейско-Буреинской равнины. Владивосток: Дальнаука, 2001. – 162 с.
49. Гоман, Н. В. Влияние микроудобрений на выживаемость растений и структуру урожая яровой пшеницы / Н. В. Гоман, И. А. Бобренко, В. В. Попова // Агрохимический вестник. – 2021. – № 5. – С. 60-65. – DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-011. – EDN EECYOM.
50. Горбунов, В. А. Влияние гидротермических условий на урожай и посевные качества семян яровой пшеницы в Восточной Сибири / В. А. Горбунов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Иркутск, 1975. – 126 с.
51. Горянин, О. И. Влияние предшественников и элементов технологий на эффективность возделывания озимой пшеницы в засушливых условиях Поволжья / О. И. Горянин, Б. Ж. Джангабаев, Е. В. Щербинина // Российская сельскохозяйственная наука. – 2024. – № 3. – С. 15-19. – DOI 10.31857/S2500262724030037. – EDN FVUWCC.
52. Горянин, О. И. Урожайность и качество зерна новых сортов яровой пшеницы в Поволжье / О. И. Горянин, Е. В. Мадякин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3(63). – С. 26-32. – DOI 10.18286/1816-4501-2023-3-26-32. – EDN RCMDAY.
53. ГОСТ 26489–85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – Введен 01.07.1985 № 820. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.
54. ГОСТ 26951–86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введен 30.06.1986 № 1950. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
55. ГОСТ Р 54650–2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – Введен 13.12.2011 № 799–ст. – 8 с.

56. ГОСТ Р 58595–2019 Почвы. Отбор проб. – Введен 10.10.2019 № 954–ст. – 5 с.
57. Гребенников, С. Д. Яровая пшеница в Сибири / С. Д. Гребенников. – Новосибирск, 1999. – 370 с.
58. Гришин, И. А. Сравнительная характеристика бурых лесных почв под дубняками Приамурья // Проблемы Агрохимии и почвоведения на Дальнем Востоке. – Хабаровск, 1967. – С. 34-37.
59. Демина, Н. Ф. Влияние погодных условий на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья / Н. Ф. Демина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – Т. 23, № 4. – С. 433-440. – DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.4.433-440. – EDN DGUMPH.
60. Демина, О. Н. Влияние уровня минерального питания на элементы структуры урожая яровой пшеницы в лесостепной зоне Зауралья / О. Н. Демина, Д. В. Еремина // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 3(168). – С. 34-40. – DOI: 10.36718/1819-4036-2021-3-34-40. – EDN DMRAOX.
61. Дзюин, А. Г. Фосфатный режим дерново-подзолистых почв Северо-Восточной зоны Нечерноземья: монография / А. Г. Дзюин. – Ижевск: Алкид, 2020. – 208 с.
62. Дмитриев, В. Е. Динамика формирования густоты продуктивного стеблестоя и массы 1000 зерен яровой пшеницы / В. Е. Дмитриев, А. Н. Халипский, Т. Н. Рябцева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2006. – № 11. – С. 93-95.
63. Дмитриев, Н. Н. Влияние последствий минеральных удобрений на фоне извести на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в длительном стационарном опыте в условиях Прибайкалья / Н. Н. Дмитриев, Е. Н. Дьяченко // Вестник ИрГСХА. – 2024. – № 125. – С. 16-24. – DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-16-24. – EDN JCOGAZ.
64. Добровольский, Г. В. Почвы СССР. Отв. ред. Г. В. Добровольский. – М., "Мысль". – 1979 – 380 с.

65. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (5-е издание). – Москва: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
66. Дудукалов, К. А. Состояние плодородия пахотных почв южной зоны Амурской области / К. А. Дудукалов // Земледелие. – 2017. – №1. – С. 30-32.
67. Ерошенко, Ф. В. Использование азота растениями озимой пшеницы / Ф. В. Ерошенко, А. А. Ерошенко, Т. В. Симатин // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – №11. – С. 58-61.
68. Жарикова, Е. А. Калий в пойменных почвах Приамурья / Е. А. Жарикова // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2010. – № 2(19). – С. 46-51. – EDN MTEJKZ.
69. Зайцева, Г. А. Содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном в зависимости от влажности и его влияние на урожайность сельскохозяйственных культур / Г. А. Зайцева, О. М. Ряскова // Наука и образование. – 2022. – № 2. – С. 74-79.
70. Зверева, Н. А. Влияние погодных условий и природной зоны возделывания на качество зерна яровой пшеницы в Амурской области / Н. А. Зверева, М. В. Терехин, Л. Н. Мищенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 4(102). – С. 10-13. – EDN PYAIBV.
71. Земцова, Е. С. Анализ структуры урожая яровой пшеницы в различных погодных условиях Тюменской области / Е. С. Земцова, Н. А. Боме // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 2(62). – С. 23-28. – DOI: 10.12737/2073-0462-2021-23-28. – EDN CENKUG.
72. Зенкина, К. В. Селекции пшеницы и тритикале в Среднем Приамурье: к 90-летию Дальневосточного НИИСХ / К. В. Зенкина, Т. А. Асеева // Челябинск: Изд-во Че-ляб. гос. ун-та. – 2024. – 119 с.
73. Иванов, Г. И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. – М.: «Наука, 1976. – 200 с.
74. Иванов, П. К. Биологические особенности и урожай / П. К. Иванов // Высокие урожаи яровой пшеницы // Сборник статей. – М.: «Колос», 1975. – С. 8-12.

75. Иванов, П. К. Яровая пшеница. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Колос. – 1971. – 28 с.
76. Иванова, А. Ю. Влияние погодных условий на рост и развитие видов и сортов *pennisetuml*. В условиях юга Амурской области / А. Ю. Иванова // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2023. – № 4 (169). – С. 75-88. DOI: 10.25684/2712-7788-2023-4-169-75-88.
77. Изменение погодных условий на Среднем Урале и их воздействие на урожайность яровой пшеницы / П. А. Постников, В. В. Попова, П. Ю. Овчинников, Е. Л. Тиханская // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 3. – С. 4-9. – DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_4. – EDN HGTDPW.
78. Изменение содержания ионов K^+ , Ca^{2+} , Na^+ в листьях и корнях растений при смене реакции почвенной среды / О. З. Еремченко, О. А. Четина, А. К. Арисова, Н. Д. Ванышева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2021. – № 1(33). – С. 3-15. – DOI: 10.21685/2307-9150-2021-1-1. – EDN OVTССК.
79. Интенсивность транспирации листьев растений у современных сортов яровой пшеницы / А. В. Амелин, Е. И. Чекалин, В. В. Заикин [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 6. – С. 6-12. – EDN ВТОРРТ.
80. Кадушкина, В. П. Взаимосвязи между урожайностью яровой твердой пшеницы и агрометеорологическими факторами в степной зоне Ростовской области / В. П. Кадушкина, А. И. Грабовец, Р. И. Бондарь // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 6. – С. 1-9.
81. Карпова, Л. В. Формирование урожая, посевных качеств и урожайных свойств семян яровой мягкой пшеницы под влиянием удобрений минеральных в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Л. В. Карпова, А. В. Строгонова, Ф. П. Четвериков // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 4. – С. 23-27.
82. Карпова, Л. В. Эффективность применения комплексных жидких удобрений в хелатной форме на фоне естественного и минерального питания растений яровой пшеницы / Л. В. Карпова, Г. А. Карпова, А. В. Строгонова // Нива

Поволжья. – 2020. – № 4(57). – С. 51-57. – DOI: 10.36461/NP.2020.57.4.015. – EDN ZPQBWJ.

83. Качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях подтаежной зоны Тюменской области / Р. И. Белкина, Ю. А. Летяго, В. В. Выдрин, Т. К. Федорук // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 3(168). – С. 15-21. – DOI: 10.36718/1819-4036-2021-3-15-21. – EDN QGFCLP

84. Келер, В. В. Варьирование содержания количества клейковины в зерне мягкой яровой пшеницы под влиянием метеорологических условий Красноярского края // Вестник КрасГАУ. – 2020. – Вып. 2, № 155. – С. 58-62.

85. Кинчаров, А. И. Специфическая реакция сортов яровой мягкой пшеницы на погодные условия / А. И. Кинчаров, Т. Ю. Таранова, Е. А. Демина // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 9(162). – С. 61-68. – DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-61-68. – EDN RTIOLI.

86. Кирпичников, Н. А. Влияние фосфорных удобрений при известковании дерново-подзолистой почвы на качество зерна озимой пшеницы и ярового ячменя / Н. А. Кирпичников, С. П. Бижан, Е. Н. Старостин // Агрохимический вестник. – 2022. – № 2. – С. 22-27. – DOI: 10.24412/1029-2551-2022-2-004

87. Кишев, А. Ю. Некоторые аспекты действия минеральных удобрений на урожай и качество зерна яровой пшеницы / А. Ю. Кишев, Н. И. Мамсиров // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. – 2024. – № 3(45). – С. 7-15. – DOI: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-7-15. – EDN JOFVXO.

88. Ключева, В. Ф. К вопросу качественного состава гумуса лугово-черноземовидных и бурых лесных почв Зейско-Буреинской равнины / В. Ф. Ключева, С. Ф. Ланьшина // Сб. научн. Тр. БСХИ. – 1977. – Вып. 2. – С. 32-39.

89. Ковшик, И. Г. Климатические и погодные условия юга Амурской области и их влияние на урожайность сои / И. Г. Ковшик, А. В. Наumenко // Дальневосточный аграрный вестник. – 2015. – №4 (36). – С. 8-13.

90. Кокорева, В. Г. Изучение коллекционного материала яровой мягкой пшеницы по элементам структуры колоса и качества зерна / В. Г. Кокорева, О. В.

Гладышева, Т. А. Барковская // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2024. – № 4. – С. 4-8. – DOI: 10.31857/S2500208224040014. – EDN XLYRPB.

91. Колбин, С. А. Оптимизация азотного питания яровой пшеницы на черноземе выщелоченном в связи с изменчивостью гидротермических условий в лесостепи Приобья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Колбин Сергей Александрович. – Новосибирск, 2019. – 19 с.

92. Колосков, П. И. Климатические основы сельского хозяйства Амурской губернии / П. И. Колосков // Благовещенск. – 1925. – 152 с.

93. Кондратьев, М. Н. Реутилизация азота у растений пшеницы в зависимости от уровня минерального питания и продолжительности фотопериода / М. Н. Кондратьев, С. А. Варфоломеев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии: Научно-теоретический журнал Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева. – 1987. – Вып. 1. – С. 106-114.

94. Кондратьев, Р. Б. Научные основы зонального семеноводства зерновых культур в Сибири / Р. Б. Кондратьев // Методические рекомендации. – Новосибирск, ВАСХНИЛ, 1988. – 51 с.

95. Конищев, А. А. Влияние взаимодействия сорта яровой пшеницы с технологиями обработки почвы и дозами азотных удобрений на стабильность межгодовой урожайности / А. А. Конищев, И. И. Гарифуллин // Зерновое хозяйство России. – 2022. – Т. 14, № 6. – С. 70-76. – DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-70-76. – EDN GSGTKV.

96. Коробейников, Н. И. Результаты селекции короткостебельных сортов мягкой яровой пшеницы интенсивного типа в Алтайском крае / Н. И. Коробейников, В. С. Валежанин, И. Н. Пеннер // Достижения науки и техники АПК. – 2020 – Вып. 34, № 7. – С. 62-67. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10710.

97. Коротаев, Г. В. Климат. Хабаровское кн. Изд-во. – 1967. – 16 с.

98. Косолапова, А. И. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от применения минеральных удобрений / А. И. Косолапов, В. И.

Возжаев, П. А. Лейних // Пермский аграрный вестник. – 2017. – №3(19). – С. 76-80

99. Кофан, А. И. Влияние условий минерального питания на формирование урожая яровой пшеницы и его качество в условиях Приамурья / А. И. Кофан // Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Хабаровск, 1975. – 134 с.

100. Кошкин, В. А. Морфофизиологические закономерности развития и продуктивность пшеницы в связи с эволюцией и селекцией на скороспелость: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.12 / Кошкин Владимир Александрович. – СПб., 1998. – 49 с.

101. Кручинина, В. М. Рынок удобрений в России: состояние и направления развития / В. М. Кручинина, С. М. Рынок // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – №1 (87). – С. 375-384.

102. Кубасов, И. А. Интенсивность накопления элементов питания пшеницей яровой в зависимости от степени обеспеченности почвы подвижным фосфором / И. А. Кубасов, Т. А. Асеева // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2023. – № 3(229). – С. 119-130.

103. Кубасов, И. А. Формирование урожая и качества зерна яровой пшеницы в зависимости от длительного применения удобрений в условиях Приамурья / И. А. Кубасов, Т. А. Асеева // Дальневосточный аграрный вестник. – 2026. – Т. 20, № 1. – С. 27-43. – DOI: 10.22450/1999-6837-2026-20-1-27-43. – EDN OJXKAI.

104. Кузьменко, Н. Н. Влияние систем удобрения на показатели плодородия дерново-подзолистой почвы / Н. Н. Кузьменко // Владимирский земледелец. – 2021. – № 4(98). – С. 10-14. – DOI: 10.24412/2225-2584-2021-4-10-14. – EDN BWDGJZ.

105. Кулеш, О. Г. Фосфорное питание яровой пшеницы на высокообеспеченной фосфатами дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / О. Г. Кулеш, Е. Г. Мезенцева, О. В. Симанков // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – №1(68). – С. 73-85.

106. Куликова, А. Х. Влияние известкования на агрохимические свойства чернозема выщелоченного, урожайность и качество зерна яровой пшеницы / А. Х. Куликова, Н. Г. Захаров, И. Р. Касимов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3(63). – С. 77-83. – DOI: 10.18286/1816-4501-2023-3-77-83. – EDN ANHDSO.
107. Кульнева, Н. Г. Общие принципы обработки пищевого сырья: учеб. пособ. Воронеж: ВГУИТ, 2018. – 99 с.
108. Кумаков, В. А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии / В. А. Кумаков // М.: Росагропромиздат, 1988. – 104 с.
109. Кумаков, В. А. Биологические особенности короткостебельных сортов пшеницы / В. А. Кумаков, О. В. Березина, А. П. Игошин // Изв. АН СССР. Сер. Биол. – 1990. – № 2. – С. 288-292.
110. Кумаков, В. А. Трофическое обеспечение наливающегося зерна яровой пшеницы / В. А. Кумаков // Сельскохозяйственная биология. – 1991. – №5. – С. 3-15.
111. Кумаков, В. А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы / В. А. Кумаков. – М.: Агропромиздат, 1985. – 268 с.
112. Кумаков, В. А. Физиология яровой пшеницы. М.: Колос, 1980. – 205 с.
113. Куперман, Ф. М. Морфофизиология растений: Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений / Ф. М. Куперман // Москва: Высшая Школа, 1977. – 288 с.
114. Куперман, Ф. М. Физиология развития, роста и органогенеза пшеницы // Физиология сельскохозяйственных растений / Ф. М. Куперман // М.: Изд. МГУ, 1969. – С. 7-203.
115. Куркаев, В. Т. Применение удобрений в Приамурье. Хабаровское книжное издательство, 1965. – 72 с.
116. Куркова, И. В. Продолжительность вегетационного периода яровой пшеницы в зависимости от погодных условий в южной зоне Амурской области /

И. В. Куркова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – № 2(46). – С. 19-25. – EDN YBLTLV.

117. Кшникаткина, А. Н. Эффективность некорневой подкормки микроэлементными удобрениями на урожайность и качество зерна яровой тритикале / А. Н. Кшникаткина, А. Н. Долженко // Нива Поволжья. – 2020. – №1(54). – С. 29-34.

118. Левакова, О. В. Влияние массы 1000 зерен на урожайность и качество зерна озимой пшеницы разных групп спелости в Рязанской области / О. В. Левакова, Е. Д. Жаркова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2022. – № 3. – С. 22-25. – DOI: 10.30850/vrtn/2022/3/22-25. – EDN BDYQTP.

119. Лыскова, И. В. Влияние локального изменения климата на продуктивность яровых зерновых культур в условиях Кировской области / И. В. Лыскова, О. Э. Суховеева, Т. В. Лыскова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22, № 2. – С. 244-253. – DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253. – EDN UZZUSA.

120. Мадякин, Е. В. Исследования по адаптивности сортов яровой пшеницы в Поволжье / Е. В. Мадякин, О. И. Горянин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1(61). – С. 40-45. – DOI: 10.18286/1816-4501-2023-1-40-45. – EDN ILGZZD.

121. Макаров, И. А. Глобальное изменение климата как вызов мировой экономике и экономической науке // Экономический журнал ВШЭ. – 2013. – № 3. – С. 479-494.

122. Малкандуев, Х. А. Влияние минеральных удобрений и условий зон возделывания на зерновую продуктивность и качество зерна сортов озимой пшеницы / Х. А. Малкандуев, Р. И. Шамурзаев, А. Х. Малкандуева // Пермский аграрный вестник. – 2023. – № 4(44). – С. 59-68. – DOI: 10.47737/2307-2873_2023_44_59. – EDN DDUZZB.

123. Масловский, В. В. Агробиологические основы повышения качества зерна яровой пшеницы при формировании урожайности на серых лесных почвах

Волго-Вятского региона Нечерноземной зоны РСФСР: автореф. дис ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / Масловский Валентин Викторович. – С-Пб, 1992. – 48 с.

124. Мельников, В. И. Фотопериодическая реакция яровых сортов ячменя и использование ее в селекции: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Мельников Василий Иванович. – Одесса, 1991. – 20 с.

125. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при М-ве сел. хоз-ва СССР / Под общ. ред. М.А. Федина. – М.: – 1987 – 267 с.

126. Методика разработки нормативов окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственных культур. – М.: ВНИИА, 2009. – 48 с.

127. Методические рекомендации по определению потенциальной и реальной продуктивности пшеницы / Ф. М. Куперман, В. В. Мурашев, И. П. Щербинина [и др.] // Москва. – 1980. – 40 с.

128. Методы исследований в полевых опытах с соей / В. Т. Синеговская, Е. Т. Наумченко, Т. П. Кобозева – Благовещенск: ООО «ИПК ОДЕОН», 2016. – 115 с.

129. Мищенко, Л. Н. Влияние продолжительности вегетационного периода на урожайность и крупность зерна яровой пшеницы в условиях Амурской области / Л. Н. Мищенко, М. В. Терехин, Н. М. Терехин // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – № 4(52). – С. 31-37. – DOI: 10.22450/1999-6837-2019-4-31-37. – EDN PDKTEL.

130. Мищенко, Л. Н. Сравнительная оценка нового сорта яровой пшеницы ДальГАУ 4 с другими районированными сортами амурской селекции / Л. Н. Мищенко, М. В. Терехин, Н. М. Терехин // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Материалы всероссийской научно-практической конференции. В 4 т., Благовещенск, 20–21 апреля 2022 года. Том 1. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. – С. 129-136. – DOI: 10.22450/9785964205456_1_17. – EDN SPWENI

131. Морозов, Н. А. Районированные и перспективные сорта полевых культур Амурской области и технология их возделывания. – Благовещенск, БСХИ, 1989. – 156 с.
132. Мосолов, И. В. Влияние минеральных удобрений на качество зерна пшеницы / И. В. Мосолов, Л. В. Мосолова // Приемы и методы повышения качества зерна колосовых культур. – М.: Колос, 1967. – С. 316-321.
133. Наумченко, Е. Т. Влияние эколого-агрохимических условий на урожайность зерновых культур в севообороте / Е. Т. Наумченко, И. А. Кубасов // Плодородие. – 2021. – № 4(121). – С. 69-72. – DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.21. – EDN OLCDO.
134. Наумченко, Е. Т. Потребление азота яровой пшеницей на разных уровнях обеспеченности почвы подвижным фосфором / Е. Т. Наумченко, Е. В. Банецкая // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 6. – С. 23–27. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10604.
135. Наумченко, Е. Т. Степень агрогенного воздействия на фосфатный режим луговой черноземовидной почвы / Е. Т. Наумченко, К. Ю. Разумова // Плодородие. – 2022. – № 2(125). – С. 40-43. – DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.10. – EDN SXIIO.
136. Нестеренко, В. А. Формирование урожая и качества яровой пшеницы в зависимости от доз азотных удобрений и содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Нестеренко Виталий Александрович. – Москва, 2021. – 131 с.
137. Николаев, В. Н. Содержание элементов питания в почве и урожайность озимой пшеницы при разных системах обработки / В. Н. Николаев, Л. И. Щигрова // Воспроизводство плодородия почв и создание устойчивых агробиоценозов: Материалы Международной научно-практической конференции "110 лет Длительному полевому стационарному опыту РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева", Москва, 30 июня – 01 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. – С. 153-157. – EDN JYHPXX.

138. Николаев, С. С. Влияние сорта, типа почвы и уровня питания на структуру урожая яровой твердой пшеницы // С. С. Николаев, Л. Г. Шашкаров / Вестник Чувашского ГАУ. – 2020. – №3. – С. 36-41.
139. Новые сорта мягкой яровой пшеницы с высоким потенциалом урожайности и качества зерна для использования в лесостепи Омской области: рекомендации / подгот.: П. В. Поползухин, В. Д. Василевский, Ю. Ю. Паршуткин [и др.]. – Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», 2023. – 24 с.
140. Носатовский, А. И. Пшеница, биология / А. И. Носатовский. – М., 1965. – 568 с.
141. Окорков, В. В. Агрохимические аспекты обоснования агротехнологий возделывания полевых культур на серой лесной почве владимирского ополья / В. В. Окорков, И. М. Щукин // Владимирский земледелец. – 2025. – № 4(114). – С. – 21-30. – DOI: 10.24412/2225-2584-2025-4114-21-30.
142. Олифер, В. А. Вымывание элементов питания дождями из полевых культур / В. А. Олифер // Агрохимия. – 1972. – № 8. – С. 43-52.
143. Оптимизация минерального питания новых сортов яровой твердой пшеницы в условиях Омского Прииртышья / Н. А. Воронкова, Н. Ф. Балабанова, В. А. Волкова, В. С. Юсов // Зерновое хозяйство России. – 2025. – Т. 17, № 2. – С. 66-72. – DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-66-72. – EDN WXWKGW.
144. Осипова, Л. В. Влияние минерального питания на физиолого-биохимические параметры яровой пшеницы в критический период развития / Л. В. Осипова, Т. Л. Курносова, И. А. Быковская // Плодородие. – 2023. – № 6(135). – С. 42-46. – DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.11. – EDN KEWUQC.
145. Особенности формирования содержания белка в зерне пшеницы мягкой яровой в условиях Западной Сибири / И. В. Пахотина, Е. Ю. Игнатьева, Л. П. Россеева [и др.] // Вестник КрасГАУ. – № 170. – 2021. – С. 37-45. – DOI: 10.36718/1819-4036-2021-5-37-45.
146. Пасько, С. В. Оптимизация минерального питания яровой пшеницы на черноземе обыкновенном / С. В. Пасько, А. В. Федюшкин // Достижения науки и

техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 10. – С. 33-36. – DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11007.

147. Пашкова, Г. И. Качество зерна яровой пшеницы при применении органоминерального удобрения / Г. И. Пашкова, А. С. Смирнова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2020. – № 22. – С. 66-68. – EDN APMZRH.

148. Перекальский, Ф. М. Яровая пшеница / Ф. М. Перекальский. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 280 с.

149. Перунов, Р. В. Влияние на появление всходов сортов озимой пшеницы погодных условий и сроков посева / Р. В. Перунов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 1. – С. 30-34.

150. Перцева, Е. В. Влияние предпосевной обработки семян на продуктивность яровой пшеницы / Е. В. Перцева, В. Г. Васин, Г. А. Бурлака // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2019. – № 3(47). – С. 78-86.

151. Петербургский, А. В. Агрохимия и физиология питания растений. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 184 с.

152. Петербургский, А. В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. – Москва: Наука, 1979. – 168 с.

153. Подвалкова, И. А. Потребность яровой пшеницы в азоте, фосфоре и калии на разных стадиях развития: автореф. ... дис. канд. биол. наук: / Подвалкова Ирина Алексеевна. – Ленинград, 1959. – 15 с.

154. Попова, А. В. Динамика накопления сухого вещества яровой пшеницы в фазы кущение–полная спелость / А. В. Попова, Н. И. Юрьева, Е. И. Малокустова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 4(44). – С. 131-136. – DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-131-136. – EDN OTEYOZ.

155. Попова, В. В. Оптимизация применения хелатных цинковых и медных удобрений при возделывании пшеницы яровой в условиях южной лесостепи Западной Сибири: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Попова Валентина Владимировна. – Омск, 2021. – 25 с. – EDN RLKEZC.

156. Поскребышева, М. М. Темпы роста и развития яровой пшеницы в зависимости от гидротермических условий / М. М. Поскребышева, Р. Р. Исмагилов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 1. – С. 38-42. – DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-1-38-42>
157. Почва для инноваций: как новые удобрения снижают риски агробизнеса [Электронный ресурс]. – Информационное агентство «РБК». – URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/691745009a7947057af18828> (Дата обращения: 17.11.2025).
158. Прокопчук, В. Ф. Азотный режим почв и эффективность азотных удобрений / В. Ф. Прокопчук, Г. К. Ковшик // Пути повышения устойчивости производства сои на Дальнем Востоке. – Новосибирск. – 1989. – С. 24-38.
159. Прокопчук, В. Ф. Почвы Зейско-Буреинской равнины и их трансформация в процессе сельскохозяйственного использования // Зейско-Буреинская равнина: проблемы устойчивого развития: Материалы Амурской научно-практической конференции / Под общ. Ред. проф. Л.Г. Колесникова. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2001. – С. 64-71.
160. Прокопчук, В. Ф. Состав фосфатного фонда луговой черноземовидной почвы и Влияние на него типа фитоценоза / В. Ф. Прокопчук, Т. Е. Абросимова // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье: Сборник научных трудов, Благовещенск, 31 марта 1999 года. Выпуск 5. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 1999. – С. 70-76. – EDN XVUKDB.
161. Прокопчук, В. Ф. Формирование урожая сои и пшеницы в звене севооборота в зависимости от азотного режима длительно сезонно-мерзлотных почв: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Прокопчук Валентина Федоровна – Москва, 1993 – 25 с.
162. Пустовойтов, Н. Д. Сезонно-мерзлотные почвы и их мелиорация. М.: Наука, 1971. – 220 с.
163. Пшеница / Р. М. Бляхерова, К. С. Назаренко и др.; под ред. К. С. Назаренко. – М.: Колос, 1966. – 221 с.

164. Пшеница и ее улучшение / Пер. с англ. Н. А. Емельяновой и Н. М. Резниченко; Под ред. д-ра с.-х. наук М. М. Якубцинера [и др.] – Москва: Колос, 1970. – 519 с.
165. Пшеница и оценка ее качества / Пер. с англ. Селиванова К. М. и Серебрянного И.Н. – М.: Колос, 1968. – 496 с.
166. Растениеводство Центрально-Черноземного региона / В. А. Федотов, В. В. Коломейченко, Г. В. Коренев [и др.]; под. ред. В. А. Федотова и В. В. Коломейченко. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 1998. – 464 с.
167. Рафальский, С. В. Зависимость урожаев яровой пшеницы от действия гидротермических факторов северной зоны Приамурья / С. В. Рафальский, Г. К. Шелевой // Интенсификация производства зерна в Амурской области: науч.-техн. бюл. ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние ВНИИ сои. – 1990. – вып 1. – С. 3-8.
168. Рачук, В. В. Современное состояние и прогноз изменения агроклиматических ресурсов в южной зоне Приамурья // Дальневосточный аграрный вестник. – 2010. – №2 (14). – С. 37-44.
169. Резервы повышения продуктивности и качества зерна яровой пшеницы в Омской области / Л. В. Юшкевич, А. Г. Щитов, Д. Н. Юценко, С. П. Кашинская // Пермский аграрный вестник. – 2022. – № 4(40). – С. 53-60. – DOI 10.47737/2307-2873_2022_40_53. – EDN WBXKWQ.
170. Розова, М. А. Характеристика сортов яровой твердой пшеницы, возделываемых в Алтайском крае / М. А. Розова, Е. Е. Егiazарян // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (220). – С. 5-14.
171. Романов, В. Н. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы при использовании азотных удобрений в агроценозах Красноярской лесостепи / В. Н. Романов, Г. А. Демиденко // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 4(157). – С. 31-36. – DOI: 10.36718/1819-4036-2020-4-31-36. – EDN VCGAFM.
172. Романова, Т. А. Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от погодных условий и изменения плодородия тяжелосуглинистых почв Среднего

Приамурья: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Романова Татьяна Александровна. – Хабаровск, 1995. – 26 с. – EDN ZJQWMP.

173. Сабинин, Д. А. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 512 с.

174. Садыгова, М. К. Технологический потенциал зерна яровой твердой пшеницы Саратовской селекции / М. К. Садыгова, С. Н. Гапонов, Г. И. Шутарева // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – №4. – С. 759-767.

175. Сайдяшева, Г. В. Влияние препарата Биотран на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья / Г. В. Сайдяшева, К. Г. Зайцева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 42-46. – DOI: 10.12737/2073-0462-2022-40-44.

176. Сафиуллина, Д. Р. Показатели качества зерна яровой пшеницы сорта Каменка при длительном применении различных доз и соотношений минеральных удобрений / Д. Р. Сафиуллина, Д. Г. Шишков, В. Р. Олехов // Развитие современных систем земледелия и животноводства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды : Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 110-летию Пермского НИИСХ, Пермь, 05–07 июля 2023 года / Науч. редколлегия: К.Н. Корляков [и др.]. – Пермь: Издательство "От и До", 2023. – С. 351-357.

177. Сашнина, Н. В. Зависимость массы 1000 семян яровой пшеницы амурской селекции от совместного действия осадков, влажности воздуха и температуры в условиях Приамурья / Н. В. Сашнина // Дальневосточный аграрный вестник. – 2015. – № 2(34). – С. 31-34. – DOI: 10.24411/1999-6837-2015-00019.

178. Серегина, И. И. Влияние биопрепаратов на элементы продуктивности, урожайность и качество зерна яровой пшеницы на разных уровнях азотного питания / И. И. Серегина, М. Анка, Е. А. Мещерякова // Journal of Agriculture and Environment. – 2024. – № 10(50). – DOI: 10.60797/JAE.2024.50.4. – EDN JPKACF.

179. Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник / под общ. Ред. д-ра с.-х. наук, проф. П. В. Тихончука. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2016. – 570 с.

180. Смирнова, Н. Н. Использование агрометеорологических данных в сельскохозяйственном производстве Амурской области. Научно-техническое общество сельского хозяйства Амурской области Благовещенская гидрометеорологическая обсерватория. Благовещенск. – 1971. – 32 с.
181. Смирнова, Ю. Д. Влияние погодных условий и жидких препаратов на продуктивность яровой пшеницы / Ю. Д. Смирнова, Н. В. Фомичева, Г. Ю. Рябинович // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 6. – С. 673-676.
182. Снедекор, Д. У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 503 с.
183. Старостин, Е. А. Яровая пшеница на Дальнем Востоке / Е. А. Старостин. – Хабаровск, 1974. – 223 с.
184. Старостин, Е. А. Яровая пшеница на Дальнем Востоке // Хабаровск. – 1965. – 224 с.
185. Стекловидность зерна твердой яровой пшеницы в условиях Западной Сибири / М. Г. Евдокимов, В. С. Юсов, И. В. Пахотина, М. Н. Кирьякова // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 5(65). – С. 24-28.
186. Степкина, Р. Н. Эффективность систематического применения удобрений в севообороте на лугово-черноземовидных почвах Приамурья. – Благовещенск: ДальГАУ, 2001. – 146 с.
187. Суховеева, О. Э. Влияние изменений климата и внесения удобрений на урожайность и качество зерна (по многолетним данным Фаленской селекционной станции, Кировская область) / О. Э. Суховеева, И. В. Лыскова, Т. В. Лыскова // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Т. 86, № 2. – С. 220-231. – DOI: 10.31857/S2587556622020108. – EDN OQEKQM.
188. Сычев, В. Г. Трансформация калия в почвах агроценозов без применения удобрений / В. Г. Сычев, Л. В. Никитин // Плодородие. – 2017. – № 6(99). – С. 5-7.
189. Терентьев, А. Т. Почвы Амурской области и их сельскохозяйственное использование. – Владивосток: Дальневост. Кн. Изд-во, 1969. – 275 с.

190. Терехин, М. В. Итоги и перспективы селекции яровой пшеницы в Амурской области / М. В. Терехин // Дальневосточный аграрный вестник. – 2010. – №1 (13). – С. 6-9. – DOI: 10.24411/1999-6837-2010-00002.
191. Терехов, М. Б. Агротехнические основы формирования высокопродуктивных агроценозов яровой пшеницы в Волго-Вятском регионе нечерноземья: автореф. ... дисс. д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / – Брянск, 2000. – 46 с.
192. Удобрения в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / А. М. Артюшин, И. П. Дерюгин, А. Н. Кулюкин, Б. А. Ягодин; под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1991. – 223 с.
193. Удовенко, Г. В. Определение аттрагирующей способности зерна и ее компонентов у колосовых злаков. Санкт-Петербург: ВИР. – 1992. – 9 с.
194. Удольская, Н. Л. Селекция яровой пшеницы. – Алма-Ата: Казгосиздат. – 1961. – 196 с.
195. Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Информационно-правовой портал Гарант. ру. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (Дата обращения: 02.03.26).
196. Урожайность и качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы при применении некорневых подкормок по различным предшественникам / И. А. Бобренко, В. М. Красницкий, В. П. Кормин, А. Д. Мартемьянов // Плодородие. – 2024. – № 2(137). – С. 27-30. – DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.07. – EDN LNLUQG.
197. Уфимцев, А. Е. Особенности минерального питания яровой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения / А. Е. Уфимцев, М. Г. Уфимцева, Н. В. Абрамов, С. В. Шерстобитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(96). – С. 18-23. – EDN SRLYXH.
198. Федоров, А. А. Фосфоритование почв юга Дальнего Востока: монография / А. А. Федоров. – ПГСХА. – Уссурийск, 2001. – 205 с.

199. Федюшкин, А. В. Влияние систематического применения минеральных удобрений на продуктивность зернотравяного севооборота / А. В. Федюшкин, А. В. Парамонов, В. И. Медведева // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4, № 6. – С. 107–112. – DOI: 10.5281/zenodo.1289442
200. Фокин, С. А. Продуктивность и качество семян яровой пшеницы сорта ДальГАУ 1 в зависимости от применения жидких удобрений // Вестник Курганской ГСХА. – 2022. – № 3(43). – С. 32-38.
201. Фотосинтетическая продуктивность пшеницы в условиях светокультуры, имитирующих свето-температурный режим региона культивирования / Н. А. Сурин, А. Г. Липшин, Л. В. Плеханова [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 4. – С. 8-12. – DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/8-12. – EDN ZBKVNP.
202. Хади, Р. М. Особенности минерального питания и ростовых процессов яровой пшеницы на дерново-подзолистых почвах при засухе и обработке фиторегуляторами: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Хади Раад Мавлюд. – Санкт-Петербург, 1992. – 16 с. – EDN NHOSTX.
203. Характеристика яровой пшеницы сорта Арюна. Главагроном [Электронный ресурс]. – URL: <https://glavagronom.ru/base/seeds/zernovie-pshenica-myagkaya-yarovaya-aryuna-buryatskiy-niish-9808264> (Дата обращения 23.03.26).
204. Чернаков, Ю. С. Структура почвенного покрова и почвенно-мелиоративная оценка территории Амуро-Зее-Буреинского междуречья: автореф. ... дис. канд. биол. наук: 06.01.03 / Чернаков Юрий Степанович. – Новосибирск. – 1984. – 19 с.
205. Чернов, О. С. Яровая пшеница в агроэкосистемах Верхневолжья / О. С. Чернов // Владимирский земледелец. – 2022. – № 4(102). – С. 43-52. – DOI:10.24412/2225-2584-2022-4-43-52.
206. Чикишев, Д. В. Влияние дифференцированного внесения минеральных удобрений на продуктивность и качество яровой пшеницы / Д. В. Чикишев, Н. В. Абрамов, Н. С. Ларина // АгроЭкоИнфо. – 2019. – № 2(36). – С. 3. – EDN VMGWAX.

207. Шарипов, Ш. И. Цифровая трансформация сельского хозяйства: тенденции и пути стимулирования / Ш. И. Шарипов, Ч. М. Мутуев, З. М. Курбанов // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – № 11. – С. 88-90.
208. Шарков, И. Н. Влияние погодных условий вегетационного периода на урожайность яровой пшеницы и эффективность азотного удобрения в лесостепи Приобья / И. Н. Шарков, С. А. Колбин // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 1(54). – С. 33-41. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-54-1-33-41. – EDN GITUCX.
209. Шаталина, Л. П. Основные аспекты формирования урожайности зерна / Л. П. Шаталина, Е. Л. Калюжина, Ю. С. Мошкина // Аграрная наука как основа технологического суверенитета: изменение климата и стратегические ориентиры АПК: сб. тез. выступлений научных мероприятий в рамках XI Межрегион. агропромышленной выставки Урал. федерал. округа. – Челябинск, 2023. – С. 78-79.
210. Шелевой, Г. К. Плодородие почв Амурской области и биологический азот / Г. К. Шелевой, В. А. Тильба. – Благовещенск. – Всероссийский НИИ сои. – 1989. – 40 с.
211. Шконде, Э. И. Агрохимическая характеристика почв Зейско-Буреинской равнины // Почвенная и агромелиоративная характеристика южной части Зейско-Буреинского междуречья. – Благовещенск: Амур. Кн. Изд-во, 1959. – С. 184-219
212. Шостак, М. М. Изменение показателей качества зерна яровой мягкой пшеницы в Алтайском крае во временном лаге / М. М. Шостак, В. Л. Татаринцев, Л. М. Татаринцев // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 11(200). – С. 139-148. – DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-139-148. – EDN TJIGYQ.
213. Эффективность органо-минеральных удобрений при возделывании пшеницы / С. И. Воронов, Ю. Н. Плескачев, С. Ю. Ларин, Н. В. Серегина // Аграрная Россия. – 2025. – № 3. – С. 8-12. – DOI: 10.30906/1999-5636-2025-3-8-12. – EDN RDTOWX.

214. Эффективность технологий в звене соя - яровая пшеница в засушливых условиях Поволжья / О. И. Горянин, Е. В. Щербинина, Б. Ж. Джангабаев, А. О. Горянин // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 6. – С. 18-23. – DOI: 10.28983/asj.y2024i6pp18-23. – EDN LIWZWT.
215. Ярцев, Г. Ф. Влияние обработки семян протравителями и доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы / Г. Ф. Ярцев, Р. К. Байкасенов, А. А. Бражникова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2(106). – С. 9-14. – DOI: 10.37670/2073-0853-2024-106-2-9-14. – EDN HUXDMB.
216. Яценко, С. Н. Влияние сроков посева на продолжительность вегетации и фотосинтетическую деятельность растений яровой мягкой пшеницы / С. Н. Яценко // Мир инноваций. – 2024. – № 4. – С. 33-38.
217. A decimal code for the growth stages of cereals / J. C. Zadoks, T. T. Chang, C. F. Konzak // Weed Res. – 1974. – №14(6). – P. 415-421.
218. Analysis of meteorological dryness/wetness features for spring wheat production in the Ili River basin, China / L. Cheng, R. Wang, J. Xu, Y. Luo, M. Leong Tan, Y. Jiang // International Journal of Biometeorology. – 2018. – Vol. 62, № 12. – P. 2197–2204. – DOI: 10.1007/s00484-018-1623-2.
219. Boatwright, G. O. Phosphorus absorption during various growth stages of spring wheat and intermediate wheat grass / G. O. Boatwright, F. G. Viets. – 1966. – № 58. – P. 185-188.
220. Climate change fingerprints in recent European plant phenology / A. Menzel, Y. Yuan, M. Matiu [and etc.] // Glob. Change Biol. – 2020. – № 26(4). – P. 2599-2612. – DOI: 10.1111/gcb.
221. Golam, Adam A. M. Effects of sowing time on growth and yield performance of six high yielding varieties of wheat (*Triticum Aestivum* L.) // Bangladesh Journal of Botany. – 2019. – № 48(1). – P. 43–51.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Урожайность яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, т/га

Вариант	2019 год				2020 год				2021 год			
	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.
1.Контроль	2,63	2,44	2,49	2,52	3,34	3,65	2,77	3,25	1,70	1,80	1,72	1,74
2.Р ₆₀	2,53	2,43	2,69	2,55	3,65	3,29	3,51	3,48	1,72	1,85	1,94	1,84
3.Н ₃₀	3,03	2,45	2,40	2,63	3,64	3,68	3,50	3,61	2,28	2,46	2,02	2,25
4.Н ₃₀ К ₃₀	3,15	2,75	2,73	2,88	4,07	3,56	4,42	4,02	1,97	2,38	2,12	2,16
5.Н ₆₀ Р ₃₀	3,00	2,90	2,68	2,86	3,87	3,59	4,16	3,87	2,59	2,67	2,46	2,57
6.Н ₃₀ + П/д ОМС	2,40	2,98	2,55	2,64	4,32	3,76	4,40	4,16	2,38	2,51	2,39	2,43
НСР ₀₅				0,41				0,60				0,21
F _ф (F _т =3,33)				1,38				3,33				24,50

Таблица А.2 – Урожайность яровой пшеницы, размещенной по последдействию удобрений, т/га

Вариант	2021 год				2022 год				2023 год			
	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.
1.Контроль	2,17	1,94	1,95	2,02	2,50	2,85	2,54	2,63	2,38	2,48	2,41	2,42
2.П/д Р	2,21	1,88	2,12	2,07	2,62	2,41	2,67	2,57	2,27	2,35	2,57	2,40
3.П/д N	2,31	1,90	2,11	2,11	2,85	2,71	2,58	2,71	2,36	2,33	2,16	2,28
4.П/д NPK	2,00	2,31	2,42	2,24	2,85	2,82	2,84	2,84	2,05	2,43	2,45	2,31
5.П/д ОМС	2,56	2,71	2,29	2,52	2,89	3,25	3,02	3,05	2,49	2,53	2,21	2,41
НСР ₀₅				0,38				0,30				0,30
F _ф (F _т =3,84)				2,91				4,51				0,47

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Схема чередования культур по годам и полям

2019 год				
Поле № 1	Поле № 2	Поле № 3	Поле № 4	Поле № 5
3-я культура с. о. Яровая пшеница	2-я культура с. о. Соя	1-я культура с. о. Соя + овес	5-я культура с. о. Яровая пшеница	4-я культура с. о. Соя
2020 год				
4-я культура с. о. Соя	3-я культура с. о. Яровая пшеница	2-я культура с. о. Соя	1-я культура с. о. Соя + овес	5-я культура с. о. Яровая пшеница
2021 год				
5-я культура с. о. Яровая пшеница	4-я культура с. о. Соя	3-я культура с. о. Яровая пшеница	2-я культура с. о. Соя	1-я культура с. о. Соя + овес
2022 год				
1-я культура с. о. Соя + овес	5-я культура с. о. Яровая пшеница	4-я культура с. о. Соя	3-я культура с. о. Яровая пшеница	2-я культура с. о. Соя
2023 год				
2-я культура с. о. Соя	1-я культура с. о. Соя + овес	5-я культура с. о. Яровая пшеница	4-я культура с. о. Соя	3-я культура с. о. Яровая пшеница

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Гидротермические условия в межфазные периоды яровой пшеницы по годам исследований

Годы	Межфазные периоды развития																							
	Посев–всходы				Всходы–кущение				Кущени–выход в трубку				Выход в трубку–колошение				Колошение–мол. спел.				Мол. спел.–полн. спел.			
	T*, °C	∑ ос., мм	∑ акт. T***, °C	ГТК, ед.	T, °C	∑ ос., мм	∑ акт. T, °C	ГТК, ед.	T, °C	∑ ос., мм	∑ акт. T, °C	ГТК, ед.	T, °C	∑ ос., мм	∑ акт. T, °C	ГТК, ед.	T, °C	∑ ос., мм	∑ акт. T, °C	ГТК, ед.	T, °C	∑ ос., мм	∑ акт. T, °C	ГТК, ед.
2019	10,3	7	-	-	13,8	64	289	2,21	18,3	84	238	3,52	18,9	26	321	0,81	21,6	113	324	3,49	20,0	193	600	3,21
2020	8,4	60	-	-	13,6	45	211	2,13	16,4	38	284	1,33	17,3	106	346	3,10	23,2	6	347	0,19	22,7	94	702	1,33
2021	9,9	62	-	-	13,5	54	192	2,80	17,2	25	309	0,81	23,4	33	374	0,88	23,1	74	508	1,45	21,1	124	486	2,56
2022	8,6	42	-	-	14,8	56	288	1,94	20,1	56	383	1,46	19,5	36	175	2,00	23,9	8	311	0,31	23,2	95	679	1,39
2023	11,4	15	-	-	14,7	34	337	1,00	18,4	28	314	0,89	20,4	46	163	2,80	22,5	42	337	1,24	22,2	51	599	0,85
Ср. мн.	8,2	17	-	-	13,8	30	290	1,00	18,3	54	365	1,48	20,1	31	201	1,54	21,7	69	433	1,59	21,1	74	443	1,67
Примечание: * - Среднесуточная температура воздуха; ** - Сумма осадков; *** -Сумма активных температур (выше 10 °C)																								

Таблица В.2 – Гидротермические условия за межфазный период посев–полная спелость

Годы	T*, °C	Σ ос. **, мм	Σ акт. T***, °C	ГТК, ед.
2019	17,2	487	1772	2,65
2020	16,9	349	1890	1,62
2021	18,0	372	1869	1,70
2022	18,4	293	1836	1,87
2023	18,3	216	1750	1,36
Ср. мн.	17,2	275	1732	1,46
Примечание: * - Среднесуточная температура воздуха; ** - Сумма осадков; *** -Сумма активных температур (выше 10 °C)				

Продолжение приложения В

Таблица В.3 – Температура воздуха в годы проведения исследований (МП г. Благовещенск, °С

месяц	декады	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	Ср. мн.
апрель	I	2,8	3,3	2,8	3,0	4,5	1,0
	II	5,4	7,7	2,2	5,6	3,4	4,5
	III	8,4	6,9	9,8	6,7	5,7	6,8
	ср	5,5	6	4,9	5,1	4,6	4,1
май	I	10,3	11,2	9,4	10,5	11,9	9,6
	II	13,7	12,8	13	10,8	13,2	12,7
	III	13	16,2	13,2	14,5	15,2	14,8
	ср	12,3	13,5	11,9	11,9	13,4	12,4
июнь	I	18,8	16,5	16,8	17,2	15,9	17,2
	II	16,5	17,5	20,5	19,7	19,8	19,3
	III	19,6	17,2	23,3	21,7	20,6	20,1
	Ср	18,3	17	20,2	19,5	18,7	18,8
июль	I	21,1	21,9	21,4	24,2	22,8	21,4
	II	22,6	25,9	24,5	23,2	22,9	21,9
	III	20,3	24,5	24,2	22,8	21,9	21,4
	Ср	21,3	24,1	23,4	23,4	22,5	21,6
август	I	20,3	19,2	18,3	21,3	21,1	20,8
	II	18,2	17,9	20,7	19,2	22,4	19,2
	III	18,2	17,5	17,7	16,0	17,6	17,8
	Ср	18,9	18,2	18,8	18,8	20,3	19,2
В среднем за вегетацию		15,3	15,8	15,8	15,7	15,9	15,2

Продолжение приложения В

Таблица В.4 – Сумма осадков в годы проведения исследований (МП с. Садовое), мм

месяц	декады	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	∑ мн.*
апрель	I	0	0	4	11	2	6
	II	20	19	17	0	14	8
	III	2	14	1	30	1	8
	∑	22	33	22	41	17	22
май	I	3	27	23	13	8	9
	II	33	0	62	6	14	12
	III	31	45	11	43	19	18
	∑	67	73	96	62	41	39
июнь	I	1	34	24	8	18	24
	II	84	31	33	30	11	30
	III	9	75	0	62	50	31
	∑	94	140	57	100	79	85
июль	I	59	7	29	8	23	33
	II	62	26	44	3	25	36
	III	126	10	31	28	25	37
	∑	247	43	104	39	73	106
август	I	57	54	93	71	56	37
	II	22	96	0	16	70	35
	III	26	26	101	33	69	31
	∑	105	175	194	120	194	103
В сумме за вегетацию		535	464	473	362	404	355
Примечание: * – многолетняя сумма осадков							

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Даты наступления основных фаз развития яровой пшеницы

Годы	посев	всходы	кущение	Выход в трубку	колошение	Мол. спел.	Полная спелость
2019	23.04	14.05	05.06	17.06	03.07	17.07	14.08
2020	16.04	12.05	27.05	11.06	30.06	14.07	13.08
2021	26.04	14.05	28.05	14.06	30.06	21.07	12.08
2022	21.04	10.05	03.06	22.06	29.06	11.07	09.08
2023	27.04	15.05	06.06	22.06	29.06	13.07	08.08
В среднем	22.04	13.05	01.06	17.06	01.07	17.07	11.08

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1 – Множественная корреляционная зависимость между урожайностью зерна яровой пшеницы в контроле и гидротермическими условиями

Межфазный период посев–всходы			
Коэффициент множественной регрессии (R) = 0,71; коэффициент множественной детерминации (R^2) = 0,51; критерий Фишера фактический ($F_{\text{ф}}$) ≤ критерий Фишера теоретический ($F_{\text{т}}$)			
1	2	3	4
	β -коэффициент	Коэффициенты регрессии	p-уровень
Свободный член	-	7,26±1,24	0,000
Среднесуточная температура воздуха, °C	-0,86±0,22	-0,43±0,11	0,002
Сумма осадков, мм	-0,66±0,22	-0,015±0,005	0,010
Межфазный период всходы–кущения			
Коэффициент множественной регрессии (R) = 0,25; коэффициент множественной детерминации (R^2) = 0,06; критерий Фишера фактический ($F_{\text{ф}}$) ≤ критерий Фишера теоретический ($F_{\text{т}}$)			
Свободный член	-	0,79±3,76	0,837
Среднесуточная температура воздуха, °C	0,16±0,27	0,15±0,24	0,558
Сумма осадков, мм	-0,15±0,27	-0,008±0,014	0,582
Межфазный период кущения–выход в трубку			
Коэффициент множественной регрессии (R) = 0,38; коэффициент множественной детерминации (R^2) = 0,14; критерий Фишера фактический ($F_{\text{ф}}$) ≤ критерий Фишера теоретический ($F_{\text{т}}$)			
Свободный член	-	3,49±1,96	0,094
Среднесуточная температура воздуха, °C	-0,19±0,27	-0,083±0,115	0,479
Сумма осадков, мм	0,43±0,27	0,010±0,006	0,132
Межфазный период выход в трубку–колошение			
Коэффициент множественной регрессии (R) = 0,92; коэффициент множественной детерминации (R^2) = 0,85; критерий Фишера фактический ($F_{\text{ф}}$) ≥ критерий Фишера теоретический ($F_{\text{т}}$)			
Свободный член	-	5,52±0,65	0,000
Среднесуточная температура воздуха, °C	-0,72±0,12	-0,163±0,028	0,000
Сумма осадков, мм	0,28±0,12	0,005±0,002	0,042
Межфазный период колошение–молочная спелость			
Коэффициент множественной регрессии (R) = 0,80; коэффициент множественной детерминации (R^2) = 0,64; критерий Фишера фактический ($F_{\text{ф}}$) ≥ критерий Фишера теоретический ($F_{\text{т}}$)			
Свободный член	-	17,81±4,03	0,001
Среднесуточная температура воздуха, °C	-0,88±0,24	-0,63±0,17	0,002
Сумма осадков, мм	-0,91±0,24	-0,016±0,003	0,000
Межфазный период молочная спелость–полная спелость			
Коэффициент множественной регрессии (R) = 0,60; коэффициент множественной детерминации (R^2) = 0,37; критерий Фишера фактический ($F_{\text{ф}}$) ≥ критерий Фишера теоретический ($F_{\text{т}}$)			
Свободный член	-	-8,23±3,87	0,051
Среднесуточная температура воздуха, °C	0,97±0,34	0,45±0,16	0,013
Сумма осадков, мм	0,60±0,34	0,007±0,004	0,102

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4
Межфазный период посев–полная спелость			
Коэффициент множественной регрессии (R) = 0,79; коэффициент множественной детерминации (R^2) = 0,63; критерий Фишера фактический ($F_{\text{ф}}$) $\geq$ критерий Фишера теоретический ($F_{\text{т}}$)			
Свободный член	-	20,79 $\pm$ 3,64	0,000
Среднесуточная температура воздуха, °C	-0,94 $\pm$ 0,20	-0,94 $\pm$ 0,19	0,000
Сумма осадков, мм	-0,73 $\pm$ 0,20	-0,004 $\pm$ 0,001	0,002

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица Е.1 – Динамика минерального азота ($N_{\text{мин}}$) по основным фазам развития яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Фазы роста и развития:															
	кущение				выход в трубку				колошение				полная спелость			
	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.
1.Контроль	11,6	9,7	14,7	12,0	12,7	8,5	11,0	10,7	12,3	10,0	10,3	10,9	9,9	11,1	11,5	10,8
2.P ₆₀	13,9	10,9	19,0	14,6	15,7	9,9	11,0	12,2	12,5	9,7	11,7	11,3	11,7	11,5	11,4	11,5
3.N ₃₀	22,4	15,7	21,7	19,9	16,9	9,6	12,93	13,1	12,8	10,4	11,2	11,5	10,9	13,9	10,0	11,6
4.N ₃₀ K ₃₀	17,8	12,6	17,6	16,0	16,1	10,1	11,7	12,6	12,6	10,7	10,2	11,2	15,6	19,0	10,7	15,1
5.N ₆₀ P ₃₀	30,9	17,8	23,8	24,2	19,1	9,2	13,4	13,9	14,0	11,7	11,6	12,4	22,6	11,9	12,0	15,5
6.N ₃₀ + П/д ОМС	22,4	17,5	20,0	20,0	17,1	8,0	12,3	12,5	14,2	11,3	12,6	12,7	19,1	15,1	11,4	15,2
НСР ₀₅	12,6	2,7	6,0	4,5	4,3	2,6	2,5	2,1	2,0	2,1	2,0	0,9	9,5	9,9	2,1	5,9
F _φ (F _T =3,33)	3,04	16,78	2,82	9,35	2,39	1,03	1,20	2,44	1,66	1,26	2,00	7,21	2,84	0,91	1,14	1,36

Таблица Е.2 – Динамика минерального азота ($N_{\text{мин}}$) по основным фазам развития яровой пшеницы, размещенной по
последствию удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Фаза роста и развития:															
	кущение				выход в трубку				колошение				полная спелость			
	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.
1.Контроль	13,4	23,3	18,3	18,3	17,3	19,2	14,9	17,1	10,6	12,1	15,0	12,6	7,7	10,8	8,3	8,9
2.П/д Р	14,2	20,3	13,8	16,1	15,9	20,1	14,6	16,9	9,3	13,7	14,8	12,6	7,6	11,6	9,4	9,5
3.П/д N	16,1	19,8	16,0	17,3	14,2	19,3	18,2	17,2	10,8	14,6	16,3	13,9	9,1	11,3	8,6	9,7
4.П/д NPK	10,6	22,6	17,5	16,9	15,5	21,3	12,7	16,5	7,6	14,5	14,8	12,3	11,0	11,6	11,3	11,3
5.П/д ОМС	13,6	18,1	14,5	15,4	16,6	17,0	13,9	15,8	13,6	17,2	16,7	15,8	9,1	12,7	9,8	10,5
НСР ₀₅	3,5	7,51	6,2	3,8	4,1	5,5	7,7	3,5	3,8	5,4	7,8	2,1	2,4	3,09	3,1	1,5
F _ф (F _т =3,84)	12,51	2,63	43,29	0,92	1,40	4,56	15,44	0,27	2,77	2,85	1,99	5,05	2,61	0,40	2,81	4,28

Таблица Е.3 – Динамика подвижного фосфора (P₂O₅) по основным фазам развития яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Фаза роста и развития:															
	кущение				выход в трубку				колошение				полная спелость			
	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.
1.Контроль	33	34	42	36	26	33	40	33	40	47	50	46	31	29	27	29
2.P ₆₀	57	53	67	59	46	39	68	51	55	42	60	52	63	44	50	52
3.N ₃₀	26	24	32	27	24	24	29	26	33	27	26	29	26	18	17	20
4.N ₃₀ K ₃₀	70	68	74	71	49	48	69	55	50	48	64	54	60	44	47	50
5.N ₆₀ P ₃₀	99	77	97	91	75	68	92	78	72	58	86	72	89	73	88	83
6.N ₃₀ + П/д ОМС	95	102	99	99	80	67	91	79	73	69	81	74	77	57	78	71
НСП ₀₅	19	22	19	10	15	17	21	10	24	22	36	11	12	22	17	10
F _ф (F _т =3,33)	24,35	17,38	20,23	84,94	23,31	10,70	14,53	48,17	4,43	4,25	3,69	22,46	42,60	7,54	26,06	60,33

Таблица Е.4 – Динамика подвижного фосфора (P_2O_5) по основным фазам развития яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Фаза роста и развития:															
	кущение				выход в трубку				колошение				полная спелость			
	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.
1.Контроль	38	40	33	37	41	34	40	38	44	34	37	38	56	37	38	44
2.П/д Р	45	46	62	51	45	39	51	45	47	37	47	44	40	38	53	44
3.П/д N	29	31	30	30	33	24	29	29	33	25	40	33	24	25	36	28
4.П/д NPK	77	65	61	68	70	56	84	70	70	53	76	66	59	60	78	66
5.П/д ОМС	104	96	113	104	99	86	113	99	102	82	101	95	91	87	123	100
НСР ₀₅	29	24	37	14	24	18	21	11	22	15	24	8,4	35	22	23	18
F _ф (F _т =3,33)	12,63	12,21	9,31	47,22	13,31	18,83	27,52	70,66	16,82	25,71	15,22	98,34	4,46	16,32	22,36	24,68

Таблица Е.5 – Динамика обменного калия (K₂O) по основным фазам развития яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Фаза роста и развития:															
	кущение				выход в трубку				колошение				полная спелость			
	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.	2019 год	2020 год	2021 год	Ср.
1.Контроль	139	138	182	153	137	169	162	156	142	166	169	159	161	152	229	181
2.P ₆₀	137	136	175	149	143	158	156	152	143	154	157	151	164	156	198	173
3.N ₃₀	147	137	180	155	141	151	158	150	142	159	150	150	167	160	206	178
4.N ₃₀ K ₃₀	160	137	186	161	163	174	181	173	150	167	175	164	184	173	245	201
5.N ₆₀ P ₃₀	141	125	170	145	140	147	146	144	141	148	145	145	153	146	203	167
6.N ₃₀ + П/д ОМС	176	155	197	176	165	164	177	169	159	160	167	162	193	156	214	188
НСП ₀₅	44	22	27	10	30	23	30	11	25	28	29	11	34	28	33	19
F _ф (F _т =3,33)	1,16	2,00	1,24	12,65	1,68	2,18	2,01	10,15	0,81	0,62	1,69	5,15	1,90	1,07	3,10	3,94

Таблица Е.6 – Динамика обменного калия (K₂O) по основным фазам развития яровой пшеницы, размещенной по
последствию удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Фаза роста и развития:															
	кущение				выход в трубку				колошение				полная спелость			
	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.	2021 год	2022 год	2023 год	Ср.
1.Контроль	172	186	160	173	164	181	162	169	150	164	171	162	152	175	179	169
2.П/д Р	172	183	182	179	148	183	158	163	150	170	169	163	167	161	175	168
3.П/д N	175	185	169	176	160	174	161	165	162	164	166	164	171	164	180	172
4.П/д NPK	185	192	165	181	175	191	169	178	186	181	183	183	193	175	184	184
5.П/д ОМС	205	193	197	198	190	207	194	197	199	191	209	200	201	192	218	204
НСР ₀₅	48	15	35	16	48	21	28	9	33	22	34	13	49	30	22	17
F _φ (F _т =3,84)	0,79	2,53	1,63	4,13	1,08	3,69	2,88	24,99	4,29	3,00	2,84	16,57	1,44	2,33	5,58	8,57

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Таблица Ж.1 – Запас, вынос и баланс элементов питания яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений

Вариант	Запас в почве питательных веществ (кущение), кг/га			Вынос питательных веществ, зерно + солома (полная спелость), кг/га			Баланс элементов питания, кг/га		
	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O
2019 год									
1.Контроль	27	76	320	52	16	28	-25	60	292
2.P ₆₀	32	131	315	51	16	30	-19	115	285
3.N ₃₀	52	60	338	57	16	35	-5	44	303
4.N ₃₀ K ₃₀	41	161	368	60	19	35	-19	142	333
5.N ₆₀ P ₃₀	71	228	324	63	17	38	8	211	286
6.N ₃₀ + П/д ОМС	52	219	405	61	15	35	-9	204	370
2020 год									
1.Контроль	22	78	317	79	30	46	-57	48	271
2.P ₆₀	25	122	313	82	30	45	-57	92	268
3.N ₃₀	36	55	315	83	32	43	-47	23	272
4.N ₃₀ K ₃₀	29	156	315	98	39	54	-69	117	261
5.N ₆₀ P ₃₀	41	177	288	99	28	49	-58	149	239
6.N ₃₀ + П/д ОМС	40	235	357	105	39	59	-65	196	298
2021 год									
1.Контроль	34	97	419	38	14	22	-4	83	397
2.P ₆₀	44	154	403	41	15	23	3	139	380
3.N ₃₀	50	74	414	51	19	29	-1	55	385
4.N ₃₀ K ₃₀	40	170	428	49	17	27	-9	153	401
5.N ₆₀ P ₃₀	55	223	391	67	24	38	-12	199	353
6.N ₃₀ + П/д ОМС	46	228	453	58	20	32	-12	208	421

Продолжение приложения Ж

Таблица Ж.2 – Запас, вынос и баланс элементов питания яровой пшеницы, размещенной по последдействию удобрений

Вариант	Запас в почве питательных веществ (кущение), кг/га			Вынос питательных веществ, зерно + солома (полная спелость), кг/га			Баланс элементов питания, кг/га		
	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O
2021 год									
1.Контроль	31	87	396	42	13	18	-11	74	378
2.П/д Р	33	104	396	51	17	26	-18	87	370
3.П/д N	37	67	403	51	18	28	-14	49	375
4.П/д NPK	24	177	426	53	17	21	-29	160	405
5.П/д ОМС	31	239	472	60	17	26	-29	222	446
2022 год									
1.Контроль	54	92	428	54	23	27	0	69	401
2.П/д Р	47	106	421	52	29	31	-5	77	390
3.П/д N	46	71	426	56	25	28	-10	46	398
4.П/д NPK	52	150	442	54	25	29	-2	125	413
5.П/д ОМС	42	221	444	61	29	32	-19	192	412
2023 год									
1.Контроль	31	76	368	54	17	24	-23	59	344
2.П/д Р	33	143	419	52	15	23	-19	128	396
3.П/д N	37	69	389	51	17	25	-14	52	364
4.П/д NPK	24	140	380	52	16	24	-28	124	356
5.П/д ОМС	31	260	453	55	13	22	-24	247	431

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 3.1 – Сохранность к уборке растений яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений

Вариант	Полные всходы, млн. шт./га	Полное созревание, млн. шт./га	Сохранность растений к уборке, %
2019 год			
1.Контроль	3,85	3,76	98
2.Р ₆₀	3,77	3,75	99
3.Н ₃₀	4,04	4,01	99
4.Н ₃₀ К ₃₀	4,03	4,01	100
5.Н ₆₀ Р ₃₀	3,92	3,83	98
6.Н ₃₀ + П/д ОМС	3,93	3,91	99
НСР ₀₅	0,91	0,91	-
F _{факт} (F _{факт} = 3,33)	0,13	0,17	-
2020 год			
1.Контроль	4,74	4,70	99
2.Р ₆₀	4,21	4,19	100
3.Н ₃₀	4,41	4,35	99
4.Н ₃₀ К ₃₀	4,26	4,22	99
5.Н ₆₀ Р ₃₀	4,75	4,73	100
6.Н ₃₀ + П/д ОМС	4,73	4,72	100
НСР ₀₅	0,51	0,54	-
F _{факт} (F _{факт} = 3,33)	2,39	2,35	-
2021 год			
1.Контроль	4,52	4,34	96
2.Р ₆₀	4,53	4,42	98
3.Н ₃₀	4,71	4,48	95
4.Н ₃₀ К ₃₀	4,52	4,29	95
5.Н ₆₀ Р ₃₀	4,58	4,31	94
6.Н ₃₀ + П/д ОМС	4,55	4,42	97
НСР ₀₅	0,78	0,90	-
F _{факт} (F _{факт} = 3,33)	0,09	0,07	-

Таблица 3.2 – Сохранность к уборке растений яровой пшеницы, размещенной по последствию удобрений

Вариант	Полные всходы, млн. шт./га	Полное созревание, млн. шт./га	Сохранность растений к уборке, %
2021 год			
1.Контроль	4,67	4,62	99
2.П/д Р	4,47	4,40	98
3.П/д N	4,61	4,59	100
4.П/д NPK	4,55	4,50	99
5.П/д ОМС	4,55	4,54	100
НСР ₀₅	0,59	0,60	-
F _{факт} (F _{факт} = 3,84)	0,14	0,16	-
2022 год			
1.Контроль	2,89	2,88	100
2.П/д Р	3,11	2,89	93
3.П/д N	3,13	3,00	96
4.П/д NPK	3,31	3,10	94
5.П/д ОМС	3,14	3,10	99
НСР ₀₅	0,50	0,41	-
F _{факт} (F _{факт} = 3,84)	0,89	0,91	-
2023 год			
1.Контроль	2,77	2,75	99
2.П/д Р	2,88	2,76	96
3.П/д N	2,88	2,88	100
4.П/д NPK	2,76	2,66	96
5.П/д ОМС	2,99	2,76	92
НСР ₀₅	0,50	0,65	-
F _{факт} (F _{факт} = 3,84)	0,72	0,51	-

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Таблица И.1 – Коэффициенты парной корреляции (r) зависимости структурных элементов яровой пшеницы в контрольном варианте от погодных показателей с 2019 по 2023 годы (n=6)

		Густота стояния растений в фазу полных всходов, шт./м ²	Высота растения, см	Количество зерен с 1 колоса, шт.	Масса, г:		
					зерен с 1 колоса	соломы	1000 зерен
Среднесуточная температура воздуха, С°	Посев- всходы	0,66	-	-	-	-	-
	Май	-	-0,06	-0,06	0,07	-0,33	0,77
	Июнь	-	-0,39	-0,10	0,07	-0,04	-0,64
	Июль	-	0,45	-0,84	-0,69	-0,35	0,10
	август	-	-0,96	0,51	0,57	-0,52	0,36
Сумма осадков, мм	Посев- всходы	0,63					
	Май	-	0,44	-0,18	-0,23	0,58	-0,83
	Июнь	-	-0,62	-0,42	-0,39	-0,08	0,64
	Июль	-	-0,08	0,76	0,57	0,78	-0,49
	август	-	-0,30	0,15	0,02	-0,27	-0,06

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Таблица К.1 – Структура урожая яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, в среднем на 1 растение

Вариант	Высота растения, см	Количество зерен, шт.	Масса, г:			Соотношение соломы к зерну
			Зерен с 1 колоса	соломы	1000 семян	
2019 год						
1.Контроль	91	40	1,4	2,1	33,8	1,5
2.Р ₆₀	94	41	1,6	2,7	36,9	1,7
3.Н ₃₀	89	39	1,4	2,7	36,2	1,9
4.Н ₃₀ К ₃₀	95	40	1,4	2,4	37,0	1,7
5.Н ₆₀ Р ₃₀	85	47	1,6	2,4	34,2	1,5
6.Н ₃₀ + П/д ОМС	85	50	1,8	2,9	34,6	1,6
2020 год						
1.Контроль	100	29	1,1	1,7	37,3	1,6
2.Р ₆₀	105	30	1,1	1,7	36,7	1,5
3.Н ₃₀	102	32	1,1	1,6	35,3	1,4
4.Н ₃₀ К ₃₀	105	27	1,0	1,7	37,8	1,6
5.Н ₆₀ Р ₃₀	112	34	1,2	1,7	36,5	1,3
6.Н ₃₀ + П/д ОМС	111	32	1,2	2,1	39,0	1,6
2021 год						
1.Контроль	91	37	1,1	1,7	31,2	1,4
2.Р ₆₀	92	34	1,1	1,5	31,4	1,4
3.Н ₃₀	91	37	1,2	1,7	33,2	1,4
4.Н ₃₀ К ₃₀	91	37	1,2	1,7	32,7	1,4
5.Н ₆₀ Р ₃₀	100	33	1,1	1,7	32,8	1,6
6.Н ₃₀ + П/д ОМС	94	35	1,2	1,7	34,4	1,4

Таблица К.2 – Структура урожая яровой пшеницы, размещенной по
последствию удобрений, в среднем на 1 растение

Вариант	Высота растения, см	Количество зерен 1 колоса, шт.	Масса, г:			Соотношение соломы к зерну
			Зерен с 1 колоса	соломы	1000 семян	
2021 год						
1.Контроль	88	31	1,4	1,9	33,3	1,4
2.П/д Р	90	29	1,0	1,4	33,8	1,4
3.П/д N	95	35	1,1	1,6	31,6	1,5
4.П/д NPK	100	33	1,7	1,7	33,3	1,0
5.П/д OMC	102	34	1,7	1,7	33,4	1,0
2022 год						
1.Контроль	92	30	1,1	1,4	36,4	1,2
2.П/д Р	91	28	1,1	1,7	37,6	1,6
3.П/д N	88	28	1,0	1,2	36,5	1,2
4.П/д NPK	86	26	1,0	1,2	37,5	1,3
5.П/д OMC	88	29	1,0	1,5	35,4	1,4
2023 год						
1.Контроль	78	37	1,4	1,3	38,2	0,9
2.П/д Р	77	37	1,4	1,4	39,1	0,9
3.П/д N	77	36	1,3	1,5	37,2	1,1
4.П/д NPK	76	42	1,7	1,6	39,2	1,0
5.П/д OMC	72	40	1,5	1,3	37,1	0,8

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Таблица Л.1 – Качественные показатели зерна яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений

Вариант	Масса сырой клейковины, %				Индекс деформации клейковины (ИДК), ед.				Белок, %			
	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.
2019 год												
1.Контроль	20,1	19,4	18,5	19,3	42,2	38,1	46,2	42,2	10,2	10,8	10,7	10,57
2.P ₆₀	27,4	20,6	18,8	22,3	45,3	42,4	38,6	42,1	10,1	10,5	10,1	10,23
3.N ₃₀	21,8	20,6	24,0	22,1	40,1	48,1	32,4	40,2	11,5	12,3	11,3	11,70
4.N ₃₀ K ₃₀	21,0	19,4	19,7	20,0	52,2	48,7	44,5	48,5	10,9	11,3	10,7	10,97
5.N ₆₀ P ₃₀	25,3	30,4	28,1	27,9	44,3	40,1	54,2	46,2	11,4	12,0	11,4	11,60
6.N ₃₀ + П/д ОМС	23,2	21,1	25,2	23,2	38,1	49,6	46,3	44,7	11,7	11,4	12,6	11,90
Среднее				22,5				44,0				11,16
НСР ₀₅				4,7				11,2				0,72
F _ф (F _т =3,33)				4,16				0,73				8,82
2020 год												
1.Контроль	20,3	20,1	21,6	20,7	42,5	44,0	42,0	42,8	10,4	10,5	13,4	11,43
2.P ₆₀	20,7	19,6	23,0	21,1	55,0	46,3	63,8	55,0	11,0	11,1	11,3	11,13
3.N ₃₀	20,3	21,6	24,8	22,2	47,5	56,3	63,8	55,9	10,7	11,2	11,5	11,13
4.N ₃₀ K ₃₀	20,5	19,8	22,0	20,8	44,3	46,7	50,0	47,0	10,7	12,5	12,6	11,93
5.N ₆₀ P ₃₀	19,6	24,3	23,4	22,4	60,2	55,4	50,1	55,2	12,3	13,0	13,5	12,93
6.N ₃₀ + П/д ОМС	25,8	27,1	29,6	27,5	52,5	63,8	70,0	62,1	11,7	12,4	12,5	12,20
Среднее				22,5				53,0				11,79
НСР ₀₅				2,2				11,3				1,18
F _ф (F _т =3,33)				13,68				3,71				3,52
2021 год												
1.Контроль	30,0	32,5	29,4	30,6	66,3	66,3	66,3	66,3	10,2	12,4	11,2	11,27
2.P ₆₀	30,3	29,8	29,1	29,7	72,5	63,8	67,5	67,9	11,9	12,8	11,9	12,20
3.N ₃₀	31,3	34,6	30,8	32,2	61,3	70	67,5	66,3	11,6	12,4	11,4	11,80
4.N ₃₀ K ₃₀	30,5	32,1	30,2	30,9	66,1	66,8	65,4	66,1	13,5	13,5	11,9	12,97
5.N ₆₀ P ₃₀	38,7	40,3	37,1	38,7	69,4	66,3	72,5	69,4	12,4	13,2	13,0	12,87
6.N ₃₀ + П/д ОМС	32,8	33,7	39,6	35,4	63,8	70,0	66,3	66,7	12,8	12,6	13,4	12,93
Среднее				32,9				67,1				12,34
НСР ₀₅				3,7				6,2				1,13
F _ф (F _т =3,33)				8,60				0,44				3,86

Таблица Л.2 – Качественные показатели зерна яровой пшеницы, размещенной по последдействию удобрений

Вариант	Масса сырой клейковины, %				Индекс деформации клейковины (ИДК), ед.				Белок, %			
	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.
2021 год												
1.Контроль	26,3	26,2	26,4	26,3	73,8	63,8	67,5	68,4	10,61	10,42	10,98	10,67
2.П/д Р	24,4	27,2	24,8	25,5	63,8	66,8	66,3	65,6	10,37	11,21	10,15	10,58
3.П/д N	27,2	25,8	26,3	26,4	62,5	61,3	61,0	61,6	11,31	10,75	10,63	10,90
4.П/д NPK	24,8	25,1	26,4	25,4	60,3	58,8	59,8	59,6	10,69	11,45	11,10	11,08
5.П/д ОМС	28,6	27,2	28,0	27,9	64,5	63,8	66,3	64,9	12,46	11,71	11,21	11,79
Среднее				26,3				64,0				11,00
НСР ₀₅				1,9				4,8				0,91
F _ф (F _т =3,84)				3,09				5,56				3,01
2022 год												
1.Контроль	24,1	24,2	22,2	23,5	43,8	48,8	43,8	45,5	11,38	11,81	10,82	11,34
2.П/д Р	21,0	21,7	23,2	22,0	42,5	43,8	53,8	46,7	10,07	10,90	11,23	10,73
3.П/д N	23,6	24,3	23,8	23,9	43,8	41,3	50,0	45,0	11,29	11,65	11,40	11,45
4.П/д NPK	23,4	24,12	22,6	23,4	43,8	46,3	38,8	43,0	10,71	11,14	10,66	10,84
5.П/д ОМС	23,3	25,2	25,0	24,5	37,5	46,3	40,0	41,3	10,91	11,76	11,48	11,38
Среднее				23,4				44,2				11,15
НСР ₀₅				1,8				8,8				0,65
F _ф (F _т =3,84)				3,05				0,65				2,86
2023 год												
1.Контроль	28,1	34,0	31,6	31,2	31,3	41,3	38,8	37,1	13,00	12,91	12,97	12,96
2.П/д Р	27,0	34,2	27,2	29,5	32,5	46,3	47,5	42,1	12,32	12,82	12,70	12,61
3.П/д N	29,0	36,0	26,0	30,3	27,5	36,3	58,8	40,9	11,83	13,53	12,22	12,53
4.П/д NPK	29,5	33,7	32,3	31,8	42,5	45,0	38,8	42,1	12,41	13,16	12,74	12,77
5.П/д ОМС	31,2	28,3	31,3	30,3	27,5	30,0	43,8	33,8	13,19	12,62	13,94	13,25
Среднее				30,6				39,2				12,82
НСР ₀₅				5,42				14,0				1,01
F _ф (F _т =3,84)				0,31				0,72				0,88

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Таблица М.1 – Множественная корреляционная зависимость между показателями качества зерна яровой пшеницы и погодными условиями, и содержанием элементов питания в почве в межфазный период колошение–полная спелость

Зависимая переменная «масса сырой клейковины»			
Коэффициент множественной регрессии (R) = 0,90; коэффициент множественной детерминации (R ²) = 0,81; критерий Фишера фактический (F _ф) ≥ критерий Фишера теоретический (F _т)			
	β-коэффициент	Коэффициенты регрессии	р-уровень
Свободный член	-	262,022±51,891	0,000
Сумма активных температур, °С	-0,56±0,14	-0,047±0,018	0,009
ГТК, ед.	-0,45±0,12	-2,235±0,564	0,034
рН, мг-экв./100 г	-0,54±0,11	-42,345±9,812	0,000
N _{мин} , мг/кг	0,45±0,13	-0,752±0,092	0,030
P ₂ O ₅ , мг/кг	0,35±0,10	0,045±0,017	0,000
K ₂ O, мг/кг	0,30±0,11	0,054±0,014	0,006
Зависимая переменная «ИДК»			
Коэффициент множественной регрессии (R) = 0,85; коэффициент множественной детерминации (R ²) = 0,72; критерий Фишера фактический (F _ф) ≥ критерий Фишера теоретический (F _т)			
Свободный член	-	235,773±107,818	0,037
Сумма активных температур, °С	0,63±0,12	0,198±0,038	0,000
ГТК, ед.	0,41±0,14	5,203±1,448	0,001
рН, мг-экв./100 г	-0,44±0,10	-78,686±18,291	0,000
N _{мин} , мг/кг	-0,42±0,11	-1,499±0,390	0,000
P ₂ O ₅ , мг/кг	0,21±0,11	0,090±0,046	0,060
K ₂ O, мг/кг	0,32±0,10	0,153±0,048	0,003
Зависимая переменная «содержание белка»			
Коэффициент множественной регрессии (R) = 0,82; коэффициент множественной детерминации (R ²) = 0,67; критерий Фишера фактический (F _ф) ≥ критерий Фишера теоретический (F _т)			
Свободный член	-	47,251±9,435	0,000
Сумма активных температур, °С	-0,31±0,12	-0,014±0,003	0,011
ГТК, ед.	-0,57±0,10	-0,639±0,146	0,000
рН, мг-экв./100 г	-0,48±0,10	-6,042±1,850	0,003
N _{мин} , мг/кг	0,49±0,10	0,0182±0,039	0,042
P ₂ O ₅ , мг/кг	0,40±0,11	0,015±0,005	0,001
K ₂ O, мг/кг	0,17±0,09	0,010±0,005	0,053

Продолжение приложения М

Таблица М.1 – Парная корреляционная зависимость между качественными показателями зерна яровой пшеницы и элементами структуры урожая

Качественные показатели зерна	Элементы структуры урожая:		
	Густота стояния в фазу полные всходы, шт./м ²	Высота растений, см	Масса 1000 семян, г
Яровая пшеница, размещенная по действию удобрений, в среднем за 2019-2021 годы (6 пар наблюдений)			
Массовая доля клейковины, %	0,61	0,63	0,15
Индекс деформации клейковины, ед.	0,16	0,74	0,55
Содержание белка, %	0,51	0,72	0,47
Яровая пшеница, размещенная по действию и последдействию удобрений, в среднем за 2021-2023 годы (5 пар наблюдений (Исключение варианта N _{60P30}))			
Массовая доля клейковины, %	0,40	0,62	-0,68
Индекс деформации клейковины, ед.	-0,77	-0,85	0,50
Содержание белка, %	0,46	0,53	-0,70

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Таблица Н.1 – Оценка экономической эффективности яровой пшеницы, размещенной по действию удобрений, в среднем за 2019–2021 гг.

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Стоимость валового сбора с 1 га, тыс. руб.	Затраты, тыс. руб./га:			Производственная себестоимость 1 т зерна, тыс. руб.	Прибыль, тыс. руб./т
			Производственные	На удобрения	Итого		
1.Контроль	2,50	27,25	22,50	0,00	22,50	9,00	1,90
2.P ₆₀	2,62	28,56	22,50	8,48	30,98	11,83	-0,93
3.N ₃₀	2,83	30,85	22,50	2,48	24,99	8,83	2,07
4.N ₃₀ K ₃₀	3,02	32,92	22,50	5,10	27,60	9,14	1,76
5.N ₆₀ P ₃₀	3,10	33,79	22,50	7,47	29,97	9,67	1,23
6.N ₃₀ + П/д ОМС	3,08	33,57	22,50	4,45	26,95	8,75	2,15
Цена зерна на 1 тонну (без НДС) – 10,9 тыс. руб. за 1 тонну							

Таблица Н.2 – Оценка экономической эффективности яровой пшеницы, размещенной после сои по последствию удобрений, в среднем за 2021–2023 гг.

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Стоимость валового сбора с 1 га, тыс. руб.	Затраты, тыс. руб./га:			Производственная себестоимость 1 т зерна, тыс. руб.	Прибыль, тыс. руб./т
			Производственные	На удобрения	Итого		
1.Контроль	2,36	25,72	22,50	0,00	22,50	9,54	1,36
2.П/д Р	2,34	25,51	22,50	0,00	22,50	9,62	1,28
3.П/д N	2,37	25,83	22,50	0,00	22,50	9,50	1,40
4.П/д NPK	2,46	26,81	22,50	0,00	22,50	9,15	1,75
5.П/д ОМС	2,66	28,99	22,50	5,90	28,40	10,68	0,22
Цена зерна на 1 тонну (без НДС) – 10,9 тыс. руб. за 1 тонну							

Продолжение приложения Н

Таблица Н.3 – Стоимость удобрений по вариантам опытов

Яровая пшеница, размещенная после сои по действию удобрений, в среднем за 2019–2021 гг.		Яровая пшеница, размещенная после сои по последдействию удобрений, в среднем за 2021–2023 гг.	
Варианты	Стоимость удобрений, тыс. руб.	Варианты	Стоимость удобрений, тыс. руб.
Контроль (без удобрений)	-	Контроль (без удобрений)	-
Р ₆₀ : - суперфосфат двойной	8,48	П/д Р: -	-
Н ₃₀ : - аммиачная селитра	2,48	П/д N: -	-
Н ₃₀ К ₃₀ : - аммиачная селитра;	2,48	П/д NPK: -	-
- калий хлористый.	2,62	-	-
Итого Н ₃₀ К ₃₀	5,10	Итого П/д NPK	-
Н ₆₀ Р ₃₀ : - аммиачная селитра;	4,39	Н ₆₀ Р ₃₀ : - аммиачная селитра	4,39
- аммофос.	3,07	- аммофос	3,07
Итого Н ₆₀ Р ₃₀	7,47	Итого Н ₆₀ Р ₃₀	7,47
Н ₃₀ + П/д ОМС -аммиачная селитра	2,48	П/д ОМС -	-
Последствие органического удобрения	1,97	Последствие органического удобрения	5,90
Итого Н ₃₀ + П/д ОМС	4,45	Итого П/д ОМС	5,90

Таблица Н.4 – Расчет внесения удобрений в физическом весе и стоимости в системе севооборота стационарного опыта

Яровая пшеница, размещенная по действию удобрений					Яровая пшеница, размещенная по последствию удобрений				
Вариант	Содержание элементов в физическом весе удобрения, %	В физическом весе, кг/га	Цена за 1 кг/руб.	Сумма, тыс. руб./т	Вариант	Содержание элементов в физическом весе удобрения, %	В физическом весе, кг/га	Цена за 1 кг/руб.	Сумма, тыс. руб./т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль (без удобрений)	-	-	-	-	Контроль (без удобрений)	-	-	-	-
Р ₆₀ : - суперфосфат гранулированный	29	206,90	40,98	8,48	П/д Р	-	-	-	-
Н ₃₀ : - аммиачная селитра	34	88,24	28,15	2,48	П/д N	-	-	-	-
Н ₃₀ К ₃₀ : - аммиачная селитра	34	88,24	28,15	2,48	П/д NPK	-	-	-	-
- калий хлористый	63	47,62	54,92	2,62	-	-	-	-	-
Итого Н ₃₀ К ₃₀	-	-	-	5,10	Итого П/д NPK	-	-	-	-
Н ₆₀ Р ₃₀					-	-	-	-	-
- аммиачная селитра	34	156,11	28,15	4,39	-	-	-	-	-
- аммофос	52	57,69	53,28	3,07	-	-	-	-	-
Итого Н ₆₀ Р ₃₀	-	-	-	7,47	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы Н.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N ₃₀ + П/д ОМС - аммиачная селитра	34	88,24	28,15	2,48	П/д ОМС:	-	-	-	-
- последствие органического удобрения	-			1,97	- Последствие органического удобрения	-	-	-	5,90
Итого N ₃₀ + П/д ОМС				4,45	Итого П/д ОМС				5,90

ПРИЛОЖЕНИЕ П

ООО «Союз»

676930, Россия, Амурская область, Ивановский район, с. Андреевка, ул.
Центральная 13

Телефон: 89241409305; E-mail: soyuz@blagagro.ru

ИНН 2816008696

12 сентября 2022 г.

АКТ

О внедрении в производство результатов диссертационной работы Кубасова Ильи Александровича на тему: «Влияние различных видов и доз удобрений на формирование урожая яровой пшеницы и его качества в условиях Амурской области»

Результаты научно-исследовательской работы и рекомендации автора были внедрены в производство при посеве яровой пшеницы в ООО «Союз» Амурской области.

Посев яровой пшеницы сорта Арюна провели в соответствии с рекомендациями. Внесение аммиачной селитры в дозе N_{30} кг/га действующего вещества по последствию навоза на площади 100 га позволило получить урожайность зерна на уровне 2,87 т/га, что на 0,70 т/га выше по сравнению с неудобренным участком. Выручка от реализации дополнительной продукции составила 770,0 тыс. рублей.

Директор ООО «Союз»



Кудрина Алиса Анатольевна

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

Закрытое акционерное общество «Агрофирма АНК»

Место нахождения: 675503, Амурская область, Благовещенский район, с.
Грибское

Почтовый адрес: 675000, Амурская область, г. Благовещенск, ул.
Промышленная, д. 7

ИНН 2801070853

Телефон +7(4162)52-12-25; E-mail: info@ankhold.ru

17 сентября 2024 г.

АКТ

О внедрении в производство результатов и рекомендаций диссертации на тему: «Влияние различных видов и доз удобрений на формирование урожая яровой пшеницы и его качества в условиях Амурской области» выполненной аспирантом Кубасовым Ильей Александровичем

Результаты научно-исследовательской работы и рекомендации автора производству внедрены и технологию возделывания яровой пшеницы на полях ЗАО «Агрофирма АНК» на площади посева – 100 га.

Внесение аммиачной селитры в дозе 30 кг/га действующего вещества по последствию навоза КРС позволило увеличить урожайность и содержание белка в зерне на 0,63 т/га и 1,15 процентных пункта соответственно по сравнению с неудобренным участком. Рентабельность производства яровой пшеницы по этой технологии составила не менее 23 %.

Генеральный директор
Управляющей организации
ООО «АНК-холдинг»



Павел Николаевич