

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет
имени С. Сейфуллина»

УДК 633.19:631.82:631.11:551.455:574.2

На правах рукописи

Назарова Перизат Ержанаткызы

**Оптимизация минерального питания ярового тритикале
возделываемого при различных системах земледелия в степной зоне
Северного Казахстана**

8D08103 – «Научные основы питания растений и применения удобрений»
D131 – «Растениеводство»

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Отечественный научный консультант:
д.с.х.н., профессор, Куришбаев А.К.
академик НАН РК
при Президенте РК

Зарубежный научный консультант:
PhD, professor, Georg Guggenberger,
Head of Section Soil Science of Institute of
Earth System Sciences
Leibniz Universität Hannover, Germany

Республика Казахстан
Астана, 2026 год

Содержание

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	3
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЙ	12
1.1 Биологическая характеристика яровой тритикале	12
1.2 Хозяйственное значение яровой тритикале	14
1.3 Особенности минерального питания яровой тритикале	15
1.4 Эффективность минеральных удобрений при возделывании тритикале в различных почвенно-климатических условиях	18
1.5 Эффективность органических удобрений при выращивании тритикале в различных почвенно-климатических условиях	23
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	29
2.1 Характеристика почвенных условий	29
2.2 Гидротермические условия участка проведения исследования	32
2.3 Методика и агротехника при проведении полевых исследований	38
2.4 Методы, используемые в исследовании	40
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	42
3.1 Влагообеспеченность посевов яровой тритикале и потребление ею влаги в период вегетации	42
3.2 Динамика азота и фосфора в почве по фазам развития тритикале	46
3.3 Сорная растительность в посевах яровой тритикале	50
3.4 Динамика накопления надземной массы яровой тритикале в зависимости от фазы развития и системы земледелия	55
3.5 Химический состав растений тритикале в зависимости от фазы развития, системы земледелия и предшественника	60
3.6 Потребление макроэлементов растениями яровой тритикале по фазам развития и их вынос.....	63
3.7 Влияние удобрений в различных системах земледелия на урожайность яровой тритикале	67
3.8 Структурные компоненты урожая яровой тритикале	73
3.9 Баланс макроэлементов в почве.....	76
3.10 Качество зерна яровой тритикале	80
3.11 Экономическая эффективность возделывания яровой тритикале при различных системах земледелия	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	95
ПРИЛОЖЕНИЕ А	110
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	111
ПРИЛОЖЕНИЕ В	112
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	115

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

МИ СМК 110.26 – 2016 Методической инструкцией «Порядок оформления и написания докторской диссертации».

ГОСТ 2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 20432-83 Удобрения. Термины и определения.

ГОСТ 16265-89 Земледелие. Термины и определения

ГОСТ 34023-2016 Межгосударственный стандарт. Тритикале. Технические условия.

ГОСТ 26205-9. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом.

ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка.

ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод.

СТ РК 3477-2019. Почвы. Определение гумуса по методу И.В. Тюрина.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Азотное удобрение – удобрение, содержащее азот в усвояемой растениями форме.

Баланс макро- и микроэлементов в почве – разница между приходом и расходом макро- и микроэлементов в почве.

Отчуждение элементов питания из почвы – количество элементов питания, выносимых из почвы сельскохозяйственными культурами (урожаем основной и побочной продукции) на единицу площади.

Глубокая обработка почвы – обработка почвы на глубину более 24 см.

Действующее вещество удобрения – основной питательный элемент, содержащийся в удобрении.

Доза удобрения – количество удобрения, вносимого под сельскохозяйственную культуру за один прием.

Земледелие – отрасли сельскохозяйственного производства, основанные на рациональном использовании земли с целью выращивания сельскохозяйственных культур.

Минеральное питание растений – поглощение и усвоение питательных элементов растениями в минеральной форме.

Минеральное удобрение – удобрение промышленного или ископаемого происхождения, содержащее питательные элементы в минеральной форме.

Обработка почвы – воздействие на почву рабочими органами машин и орудий с целью улучшения почвенных условий жизни сельскохозяйственных культур и уничтожения сорняков.

Органическое удобрение – удобрение, содержащее органические вещества растительного или животного происхождения.

Пар – поле, свободное от возделываемых сельскохозяйственных культур в течение определенного периода времени и систематически обрабатываемое в целях борьбы с сорняками.

Предшественник – сельскохозяйственная культура или пар, занимавшие поле до посева последующей в севообороте культуры.

Севооборот – научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и паров во времени и на территории или только во времени.

Система земледелия – комплекс взаимосвязанных организационно-экономических, агротехнических, мелиоративных, почвозащитных мероприятий, направленных на эффективное использование земли, агроклиматических ресурсов, биологического потенциала растений, на повышение плодородия почвы с целью получения высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Удобрение – вещество для питания растений и повышения плодородия почвы.

СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

г., гг.	–	год, годы
ГТК	–	гидротермический коэффициент
г/м ²	–	грамм на метр в квадрате
ДНК	–	дезоксирибонуклеиновая кислота
ЖКУ	–	жидкое комплексное удобрение
ИРН	–	индивидуальный регистрационный номер
КПП	–	культура после пара
ПАВ	–	поверхностно-активное вещество
РНК	–	рибонуклеиновая кислота
СНГ	–	Содружество Независимых Государств
°С	–	показатель температуры по градуснику Цельсия
т/га	–	тонна на гектар
млн.	–	Миллион
мм	–	Миллиметр
м	–	Метр
кг/т	–	килограмм на тонну
кг/га	–	килограмм на гектар
ц	–	центнер
д. в.	–	действующее вещество
ц/га	–	центнер на гектар
КРС	–	крупно рогатый скот
N	–	Азот
N-NO ₃	–	азот нитратов
pH	–	кислотность раствора (концентрация ионов водорода)
P ₂ O ₅	–	подвижный фосфор
K ₂ O	–	обменный калий
S	–	Standard deviation (стандартное отклонение)
$\bar{x}$	–	среднее значение

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Северный Казахстан (Акмолинская, Костанайская, Павлодарская и Северо-Казахстанская области), где расположены основные посевные площади (около 17 млн. га) и наиболее плодородные (зона чернозёмных и каштановых) почвы в стране, характеризуется не самым благоприятным климатом для возделывания сельскохозяйственных культур. Это выражается в большой амплитуде колебаний температуры воздуха (как положительных, так и отрицательных), продолжительной морозной и малоснежной зимой, низкой влажностью и малым количеством осадков в тёплый период [1]. Годовая сумма атмосферных осадков в данном регионе колеблется в пределах 250-400 мм, из которых 2/3 выпадает в тёплый период - с апреля по октябрь. Такое малое количество осадков представляет серьёзный абиотический стресс для всех сельскохозяйственных культур, выращиваемых в условиях Северного Казахстана [2]. Не смотря на эти сложности почти вся посевная площадь приходится на богарное земледелие [3].

Учитывая засушливость климата и короткий вегетационный период (июнь-август), основной возделываемой культурой в данном регионе является яровая мягкая пшеница. Посевная площадь яровой пшеницы в 2022-2024 гг. в Северном Казахстане изменялась в пределах 10-11 миллионов га или 65% от всей посевной площади региона. Однако в связи с участившимися засухами урожайность яровой пшеницы стала снижаться и сильно варьировать по годам в след за ухудшением гидротермических условий [4]. В связи с этим расширение ассортимента зерновых культур, которые могли бы стать достойной заменой яровой пшенице и быть хорошо адаптированы к засушливым условиям Северного Казахстана является актуальным. В настоящий момент такой перспективной культурой стала яровая тритикале, которая характеризуется высокой продуктивностью и хорошей засухоустойчивостью. Тритикале — это гибрид пшеницы и ржи, которая переняла лучшие качества от родительских форм и позволило ей стать важной продовольственной и кормовой культурой во многих странах. Её интенсивно возделывают в странах Европы и СНГ. Примерно 91% всего производимого в мире тритикале выращивается в Европе, 3,4% - в Китае, 3,5% - в Океании; 1,5% в Америке и 0,1% в Африке [5]. Преимуществами этой культуры является способность в равных с пшеницей условиях накапливать белок (в пределах 14-18%) в зерне [6]. В сравнении с пшеницей, тритикале более устойчива к засухе и высоким температурам, а также более эффективно использует почвенную и атмосферную влагу [7-10].

Кроме неустойчивой урожайности зерновых культур большое значение для фермеров имеет фактор ценообразования на конечную продукцию, что тесно связано с экономико-политической ситуацией на мировых рынках и также не отличается стабильностью в последние годы (2022-2024 гг.). Эти факторы приводят к значительным колебаниям цены на зерновые культуры. Поэтому расширение ассортимента сельскохозяйственных культур,

адаптированных к засушливым условиям и способных обеспечить высокую рентабельность конечной продукции является перспективным направлением.

В Северном Казахстане наиболее распространена традиционная (почвозащитная) система земледелия обязательным условием которой при проведении различных технологических операций является сохранение стоячей стерни. Для традиционного земледелия характерны следующие основные элементы: обработка почв орудиями плоскорежущего типа, снегозадержание, внесение фосфорных удобрений, посев зерновых культур во второй половине мая, применение различных групп пестицидов и использование сортов различных групп спелости [1].

Одновременно с этим в стране развивается органическое земледелие, где при возделывании сельскохозяйственных культур запрещено применять минеральные удобрения и синтетические пестициды [11-14].

Продукция органического производства отличается довольно высокими закупочными ценами и крайне ограниченным предложением в данном регионе. Анализ данных IFOAM (2021) среди Азиатских стран Республика Казахстан в 2019 году занимала 3-е место по площадям занятым под органическим земледелием - 294 289 га [15]. В перспективе, развитие данного направления может снизить конкуренцию в регионе за счет диверсификации процесса производства зерновых.

Одним из лимитирующих факторов, влияющих на урожайности сельскохозяйственных культур после влаги и температуры, являются питательные элементы. Наиболее важным из них является фосфор, природное содержание которого в почвах Северного Казахстана крайне низкое. Проблема азотного питания растений в исследуемом регионе может решаться за счет парового поля в севообороте или обработкой почвы различными орудиями в предпосевной или послеуборочный периоды. Калий не оказывает влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур, выращиваемых в условиях Северного Казахстана (за исключением орошаемых площадей), что связано с высокой обеспеченностью почв данного региона этим элементом [16].

Степень разработанности темы. В связи с тем, что Северный Казахстан ориентирован на возделывание яровой мягкой пшеницы, то изучению ее минерального питания посвящено огромное количество научных работ и исследований. Яровая тритикале является новой культурой в данном регионе и поэтому минеральное питание данной культуры изучено слабо. К примеру, при возделывании яровой тритикале на черноземе обыкновенном оптимальной дозой внесения фосфорного удобрения установили Р90 [17], а на черноземе южном Р180 [18]. В данных исследованиях не приводится информации на основе чего выбраны столь высокие дозы внесения фосфорного удобрения под яровую тритикале возделываемую в Северном Казахстане. В опыте на черноземе обыкновенном изучалось внесение дозы Р90 в сравнении с неудобренным контролем, а в опыте на черноземе южном изучение доз фосфорных удобрений начинались с Р60 и шло с шагом в Р30 до Р210. Во ВНИИЗХ (ТОО НПЦЗХ им. А.И. Бараева) на черноземе южном было

установлено, что оптимальной дозой фосфорного удобрения для обеспечения высокой урожайности зерновых культур и ежегодного положительного баланса фосфора в почве является P20 [17]. Работ по изучению азотного питания яровой тритикале в Северном Казахстане нам найти не удалось.

Касательно органических удобрений в научной литературе большое количество работ о положительном влиянии сидерального донникового пара на урожайность яровой мягкой пшеницы в Северном Казахстане [20-22]. Исследований о влиянии внесения биомассы эспарцета, люцерны, костреца и житняка на урожайность зерновых культур в регионе мало, а работ по применению этих органических удобрений при возделывании яровой тритикале практически нет.

Связь диссертации с другими научно-исследовательскими работами. Исследования проведены в рамках программно-целевого финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан в 2018-2020 годы «Управление экологическими рисками при производстве зерна на основе различной степени интенсификации земледелия в целях предотвращения неблагоприятных эффектов для здоровья населения и окружающей среды» (ИРН 0118РК01233) и в 2021-2023 годы в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан «Выработка технологий ведения органического сельского хозяйства по выращиванию сельскохозяйственных культур с учетом специфики регионов, цифровизации и экспорта» (ИРН BR10764907).

Цель научной работы – Исследовать особенности минерального питания яровой тритикале возделываемой в условиях традиционного и органического земледелия на черноземе южном Северного Казахстана.

Поставленные задачи:

1. Изучить действие минеральных и органических удобрений на динамику макроэлементов (N, P₂O₅ и K₂O) в почве по фазам развития тритикале и их баланс.
2. Выявить влияние гидротермических условий вегетационных периодов на урожай зерна яровой тритикале.
3. Дать оценку различных систем земледелия и удобрений, влияющих на накопление растениями тритикале сухой надземной биомассы и её химический состав по основным фазам роста и развития.
4. Установить влияние удобрений, традиционного и органического земледелия на урожайность и качество зерна тритикале.
5. Рассчитать экономическую эффективность использования различных доз минеральных и органических удобрений при выращивании яровой тритикале в двух системах земледелия.

Научная новизна. Впервые на черноземе южном карбонатном в условиях Северного Казахстана проведено многолетнее комплексное исследование минерального питания яровой тритикале возделываемой при традиционном и органическом земледелии. Это позволило определить эффективные варианты удобрения, оказывающие влияние на продуктивность

и качество зерна яровой тритикале и способствующих сохранению и повышению плодородия почвы. Было определено влияния различных видов и доз удобрений на рост и развитие растений тритикале, на содержание макроэлементов в сухой надземной биомассе и отчуждение этих элементов из почвы в период вегетации. При традиционном земледелии по паровому предшественнику установлена зависимость между урожаем зерна тритикале и атмосферными осадками, выпадающими в июне ($r = 0,61 \dots 0,79$) и августе ($r = 0,53 \dots 0,79$), по стерневому - выявлена связь урожайности с осадками июля ($-0,52 \dots -0,64$) и за периодом июнь-август ($-0,70 \dots -0,81$). Так же по пару была получена обратная зависимость между урожаем тритикале и температурой августа ($r = -0,86 \dots -0,98$) и за период июнь-август ($r = -0,57 \dots -0,66$), по стерневому фону связь была выявлена только с температурой июля ($0,57 \dots 0,94$) и августа ($-0,69 \dots -0,79$). В органическом земледелии по паровому предшественнику установлена связь урожая тритикале с осадками июня ($0,56 \dots 0,92$), августа ($0,47 \dots 0,80$) и периодом июнь-август ($0,40 \dots 0,80$), по стерневому - обратная зависимость с осадками июня ($-0,75 \dots -0,89$). По двум предшественникам установлена сильная обратная корреляционная связь между урожаем и температурой августа $r = -0,66 \dots -0,99$.

В условиях традиционного земледелия бездефицитный баланс азота в почве достигался только при внесении аммиачной селитры в дозах N60 и N80. Внесение аммофоса в запас дозой P40 обеспечивало положительный баланс фосфора во всех вариантах опыта. Использование в качестве удобрений надземной биомассы многолетних трав позволяло создать в почве положительный баланс: N от 57,8...87,3 кг/га, P_2O_5 - 6,4...7,0 и K_2O - 93,0...132,6 кг/га.

Все варианты удобрений, как в традиционном, так и органическом земледелии обеспечили рентабельность возделывания яровой тритикале, как по паровому, так и по стерневому предшественникам.

Теоретическая и практическая значимость работы. Данные полученные при многолетних исследованиях минерального питания яровой тритикале которую выращивали в условиях традиционного и органического земледелия, позволили установить значение удобрений в формировании урожая и качества зерна этой культуры, и в повышении плодородия почв. Было выявлено, что урожайность яровой тритикале в 1-ю зависит от гидротермических условий, складывающихся в период ее вегетации, а во вторую от системы земледелия. На основе проведенных исследований были подготовлены рекомендации по возделыванию яровой тритикале в условиях традиционного и органического земледелия, которые помогут сельхозтоваропроизводителям снизить экономические риски, на которые оказывают влияние метеорологические условия, особенно засухи, часто наблюдаемые в Северном Казахстане. Использование баланса элементов питания в почве упростит мониторинг плодородия земель и позволит точнее прогнозировать эффективность и последствие различных минеральных и органических удобрений.

Методы проведения исследований. Реализация поставленной цели и задач было достигнуто благодаря использованию следующих методов: полевого, биохимического, лабораторного и статистического.

Положения, выносимые на защиту:

1. В Северном Казахстане на урожайность яровой тритикале в первую очередь оказывают влияние гидротермические условия вегетационного периода, а во вторую - система земледелия.
2. Значение минеральных и органических удобрений в создании урожая тритикале, улучшении качества зерна и повышении плодородия чернозема южного карбонатного Северного Казахстана.
3. Обоснование экономической эффективности возделывания яровой тритикале в условиях традиционного и органического земледелия.

Апробация и достоверность научных результатов. Результаты исследований ежегодно (2021-2023 годах) обсуждались на заседаниях кафедры «Почвоведения и агрохимия» и на ученых советах Агрономического факультета НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина» и были одобрены и приняты научно-техническим советом университета. Так же результаты по теме диссертации докладывались на ученых советах в ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева» (2018-2023 гг.).

Данные научных исследований были доложены на Международных научно-практических конференциях:

1. Посвященной 125-летию со дня рождения Терентия Семеновича Мальцева «Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса» (Курган, 2020 г.);
2. Посвященной 65-летию НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева «Интенсивное земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам» (Шортанды, 2021 г.);
3. Сейфуллинские чтения – 18: «Молодежь и наука – взгляд в будущее» (Нур-Султан, 2022 г.);
4. Сейфуллинские чтения – 18(2): «Наука XXI века – эпоха трансформации» (Астана, 2022 г.);
5. Сейфуллинские чтения – 19: посвященная «110-летию М.А. Гендельмана», (Астана, 2023 г.), (ПРИЛОЖЕНИЕ А).

Результаты исследований, изложенные в диссертации, используются в семинарах, совещаниях и рекомендациях по вопросам возделывания яровой тритикале в условиях Акмолинской области и Северо-Казахстанской областей, также было внедрение в производственный процесс возделывания яровой тритикале в Аккольском районе Акмолинской области (ПРИЛОЖЕНИЕ Б).

Публикации. На основе результатов полученных в ходе исследований было опубликовано 15 работ, из которых 1 статья в журнале входящем в базу Scopus (2-й квартиль), ещё 6 статей в журналах рекомендованных ККСОН МОН РК, 5 тезисов в международных научно-практических конференциях, 3

рекомендации (ПРИЛОЖЕНИЕ В), а так же были получены 2 патента на изобретения РК (ПРИЛОЖЕНИЕ Г).

Структура и объем диссертации. Представленная диссертационная работа на соискание степени доктора философии (PhD) изложена на 116 страницах, состоит из введения, 3 глав, заключения, предложения производству. Включает 31 таблицу, 12 рисунков и 4 приложений. Список литературных источников состоит из 211 наименований и включает 62 на иностранном языке.

Личный вклад докторанта. Диссертационная работа представляет собой итоговые результаты многолетних научных исследований, которые были проведены докторантом с 2018 года по 2023 год включительно. Автор принимал участие практически во всех этапах проводимых исследований: лично разрабатывала программу и методики научных исследований, закладывала полевые опыты, анализировала и обобщала полученные результаты, проводила статистическую обработку экспериментального материала, лично сформулировала основные научные положения, выводы и рекомендации и предложения производству. Докторант лично принимала участие в оформлении диссертационной работы и в написании научных публикаций результатов исследований. Данная исследовательская работа выполнялась в ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева». Автор выражает благодарность и признательность за помощь в руководстве научными исследованиями и в написании диссертации научным руководителям Куришбаеву А.К. и Guggenberger G, а также коллективу ТОО «НПЦЗХ им. А. И. Бараева».

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Биологическая характеристика яровой тритикале

Тритикале относится к семейству злаковых и относится к хлебам первой группы растений умеренного пояса наряду с пшеницей, рожью, ячменём и овсом. Данная культура – это однолетнее растение озимой или яровой формы, в Северном Казахстане распространение получила её яровая форма.

Тритикале как вид входит в сравнительно молодой ботанический род, который был создан искусственно и в короткий срок в результате скрещивания двух видов из разных родов семейства злаковых – пшеницы (род *Triticum*) и ржи (род *Secale*). Селекционеры в результате гибридизации получили абсолютно новую сельскохозяйственную культуру, что позволило в одном организме собрать все ценное от двух исходных видов. Само название слова *Triticale* (тритикале) было получено в результате объединения из первой части родового названия пшеницы - *Triticum* и второй части рода ржи - *Secale* (рожь) [23].

В научной литературе слово тритикале, используется, как в среднем, так и женском роде. На заседании Российской академии сельскохозяйственных наук было принято постановление считать термин «тритикале» среднего рода, согласно мировой литературе [24]. Однако в Большом толковом словаре русского языка лингвистами был осуществлен полный разбор этого слова и определено, что слово «тритикале» – это существительное женского рода [25]! Нами было принято решение, использовать слово «тритикале» в женском роде (яровая тритикале) согласно Большому толковому словарю русского языка.

Растение тритикале характеризуется хорошо развитой двухуровневой мочковатой корневой системой, которая в зависимости от условий произрастания способна проникать в почву на глубину более 2,5 м. Первичная корневая система формируется из зародышевых корней, которые в количестве 5-9 штук появляются сразу после прорастания семян. Хорошо развитая корневая система тритикале обеспечивает высокую поглощающую способность в сравнении с другими злаковыми культурами, поэтому она хорошо переносит засуху и прекрасно развивается на низкопродуктивных почвах – с неблагоприятным рН, песчаных и супесчаных [24].

Стебель тритикале, как и у остальных злаков это полая соломина, имеющая форму цилиндра, его высота бывает различной (высокорослые и низкорослые формы). На формирование высоты стебля тритикале оказывают влияние не только наследственные характеристики сортов, но и различные внешние факторы – гидротермические условия, содержание элементов питания в почве, норма высева, предшественники. У тритикале, высота растений может изменяться в пределах 55...160 см [23-24].

Тритикале имеет крупные слегка поникающие листья различной формы длиной в пределах 25...40 см при ширине в 1,5-3,5 см. Листья имеют зеленовато-сизоватый оттенок, имеют восковой налет и опушение. Растение характеризуется хорошей облиственностью - 43-57% [26].

Соцветие – сложный многоцветковый колос. Число колосков в колосе варьирует от 20 до 30 штук, причём в каждом колоске может быть развито от 2 до 8 цветков. Длина колоса тритикале может изменяться от 9 до 15 см причём это зависит не только от сорта, но и от условий выращивания [23].

Колосья у различных сортов яровой тритикале бывают остистые и безостые в зависимости от разновидности, кроме этого, колосковые чешуи могут иметь или не иметь опушение, окрас зерновки так же может быть разным - красной или белой все это зависит от выбора селекционера, но в производстве часто возделываются остистые сорта с красным зерном [24].

Сухой плод тритикале называется зерновка, причем форма бывает различной - продолговатой, яйцевидной, веретеновидной и др. Как и в случае с высотой стебля форма зерновки связана не только сортовыми различиями, но и её положением в колосе и колоске, изменяться она может так же, как и у её родительских культур – пшеницы и ржи. К примеру, есть сорта тритикале с формой зерновки как у пшеницы, а есть - как у ржи. Чаще всего встречаются сорта с промежуточной формой зерновки характерной для ржи и пшеницы. Плод тритикале имеет в длину 7-13 мм, а в ширину - 2-3 мм [9].

Принимая во внимание, что тритикале является межродовым гибридом, то она более стойка к неблагоприятным условиям внешней среды в сравнении с пшеницей и рожью. В зависимости от сортовых особенностей потребность в различных факторах (температура, свет и др.) и ресурсах (влажность, элементы питания и др.) среды в период вегетации тритикале бывают разнообразны [27].

Семена яровой тритикале необходимо высевать во влажный слой почвы поскольку для их набухания и прорастания требуется плотное семенное ложе и высокая влажность почвы. Для того чтобы получить равномерные всходы и хорошую густоту стояния растений необходимо в посевном десяти сантиметровом слое почвы иметь хорошие запасы продуктивной влаги – 10 и более миллиметров. В последующие фазы роста и развития растений (до начала развития) необходимо иметь в 20 см слое почвы около 20 мм продуктивной влаги. В фазу кущения тритикале начинает постепенно наращиваться биомасса, что приводит к увеличению потребности в почвенной влаге. Поэтому для создания продуктивного стеблестоя за счет кущения растениям требуется больше продуктивной влаги в почве. Фаза кущения у тритикале является критической для формирования продуктивности, так же, как и у остальных зерновых культур, поскольку с внутри побегов уже идет закладка длины колоса, количества колосков и зерна в них. Можно еще добавить, что при сухом посевном слое почвы не сможет образоваться вторичная корневая система, что тоже снизит продуктивность культуры. Начиная с фазы выхода в трубку-колошения у растения тритикале интенсивно наращивают биомассу и в этот период культура испытывает большую потребность во влаге и элементах минерального питания [24].

Длина дня и интенсивность освещения также оказывают влияние на рост и развитие растений тритикале, что в конечном итоге отражается и на её продуктивности. Принимая во внимание, что тритикале относится к растениям

длинного дня то для её высокой продуктивности необходимо чтобы растения развивались в условиях длинного дня. Развитие тритикале в хорошо освещенных условиях способствует интенсивному протеканию фотосинтеза, который зависит не только от абиотических факторов, но и от большой биомассы растения и площади листовой поверхности [28].

В период своего роста и развития тритикале проходит следующие основные фазы: прораствание, всходы, кущение, выход в трубку, флаговый лист, колошение, цветение и оплодотворение, налив и созревание зерна.

В настоящее время выводятся сорта яровой тритикале, которые показывают высокую степень толерантности к высоким температурам в фазе формирования и налива зерна [7-8].

1.2 Хозяйственное значение яровой тритикале

Для пищевых целей человек использует тритикале в хлебопекарной промышленности для выпечки различных диетических хлебобулочных и кондитерских изделий [24].

В зерне тритикале в отличие от других зерновых культур сосредоточено наибольшее количество лизина - незаменимой аминокислоты, содержание которого в белках различных пищевых продуктов, чаще всего, недостаточно для нормального питания человека [29].

У некоторых пищевых сортов тритикале количество белка в муке бывает на 11,6-18,2% выше, чем в смеси хлебопекарной пшеничной муке высшего сорта и ржаной обдирной [29].

Чаще всего тритикале возделывают в кормовых целях. Данная культура используется в кормопроизводстве не только на зернофураж, но и для производства сенажа и силоса. Тритикале как ценная кормовая культура характеризуется высокой концентрацией различных аминокислот в зерне, что увеличивает перевариваемость и усвоение протеина, в сравнении с другими зерновыми культурами такими как пшеницу, рожь и ячмень. Зерно тритикале часто используют для производства различных комбикормов, не только чтобы заменить более в их составе более дорогие пшеницу и кукурузу, но и сбалансировать комбикорма по составу и обменной энергии. Состав скошенной надземной биомассы тритикале характеризуется оптимальным соотношением углеводов и белка, что позволяет изготавливать из нее сенаж или силос. Поэтому различные корма приготовленные из тритикале способствуют не только повышению продуктивности различных животных и птицы, но и снижают себестоимости продукции [24].

В Республике Польше разработана технология переработки зерна тритикале, позволяющая использовать его до 80% в составе рационов при откорме свиней и бройлеров. В этой стране около 63% валового сбора зерна тритикале используется в животноводстве, а 22 % – в хлебопечении и кондитерском производстве. В Белоруссии примерно половина зерна

тритикале потребляется в животноводстве, а другая половина – в бродильном производстве при изготовлении пива и производстве этилового спирта [30].

Зерно тритикале отличается высоким содержанием крахмала, который важен для производства спирта, поэтому зерно тритикале используют для производства спирта в качестве солода, а также для приготовления кваса в форме несоложенного сырья [31].

1.3 Особенности минерального питания яровой тритикале

Для получения высоких урожаев зерна яровой тритикале с высоким качеством в условиях Северного Казахстана нужно придерживаться зональных технологий её возделывания, которые учитывают экономические и природно-климатические условия региона. Любые зональные агротехнологии созданы для возделывания сельскохозяйственных культур. Эти технологии состоят из комплекса агроприемов, направленных на получение максимальной продуктивности с одновременным обеспечением высокой маржинальности. Чтобы обеспечивать высокую урожайность культур нужно знать специфику влияния этих агроприемов по отдельности на рост и развитие растений. Как известно наибольшее влияние на продуктивность растений оказывают различные удобрения - минеральные или органические [32-33].

В большинстве случаев эффективность вносимых удобрений определяется почвенными и метеорологическими условиями, а потом уже зависит от сроков, способов и доз их внесения [34-35]. В степной зоне Северного Казахстана, которая расположена в условиях резко-континентального климата, часто наблюдается нехватка атмосферных осадков в период вегетации сельскохозяйственных культур. Поэтому в данном регионе важное значение имеет определение при внесении элементов питания минимально необходимых доз, что является основой рационального использования удобрений (минеральных или органических).

Для реализации высоких потенциальных возможностей яровой тритикале в хозяйствах необходимо иметь высокую культуру земледелия, чтобы обеспечить растения доступными элементами минерального питания.

Для черноземных почв Северного Казахстана характерно низкое содержание подвижного фосфора и высокое содержание обменного калия [16; 36; 41]. Содержание минерального азота в почве занимает срединное положение, поскольку обеспеченность растений этим элементом зависит многих факторов: содержания органического вещества (гумуса), общего азота в почве, гидротермических условий и предшественника [36-37; 42-44].

Результаты агрохимического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения Республики Казахстан, проведенных с 2000 по 2010 годы показали, что около 79,6% обследованной пашни по содержанию минерального азота и 80,9% по содержанию P_2O_5 согласно принятых градаций являются недостаточно обеспеченными [16]. В 2018 году НАО «КАТУ имени С. Сейфуллина» провело агрохимическое обследование

пашни в ряде хозяйств на севере страны, по результатам которого было установлено, что содержание азота на 77% обследованной площади, подвижного фосфора - на 88%, а гумуса - на 50% обследованной площади находилось на низком и очень низком уровне [45]. Все это указывает на острую необходимость в применении азотных и фосфорных удобрений, не только на севере страны, но и на остальное её территории.

Многочисленными исследованиями проведенными отечественными и зарубежными учёными, а также литературными источниками доказано, что различные удобрения способны повышать продуктивность различных культур на 50-80% [42; 46].

Понимание роли питательных элементов в процессе роста и развития растений будет способствовать более правильному управлению их питанием, увеличит урожайность и рентабельность производства в результате правильно выстроенной системы удобрения.

Главную роль в минеральном питании и жизнедеятельности растений играет азот, который способствует наращиванию биомассы и увеличению урожайности, повышению концентрации белка и клейковины в зерне [47]. Органические и неорганические соединения азота занимают значимую долю в сухой биомассе растений. Этот элемент является составной частью различных жизненно важных веществ и входит в состав: протеинов, нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), нуклеопротеидов, хлорофилла, алкалоидов, витаминов и других соединений. Давно известна важная роль ДНК и РНК в обмене веществ и передачи наследственной информации у всех живых организмов. Кроме этого, азот входит в состав хлорофилла, без которого невозможен фотосинтез и как следствие образование различных органических веществ [48; 50].

На концентрацию азота в растениях влияет не только темпы его потребления, но и вид и фаза развития культуры, агроклиматических и почвенных условий, технологии возделывания и других причин. Наибольшую потребность в азоте злаковые зерновые испытывают в период от начала фазы кущения до фазы выхода в трубку, причём за этот промежуток времени они из почвы поглощают около 40% от потребляемого за весь вегетационный период азота. Дефицит азота в этот период приводит к нарушению формирования генеративных органов и как следствие снижению урожайности [51]. В последующие фазы роста и развития зерновых, количество азота в сухой массе растений продолжает возрастать на единицу площади, но в процентном содержании в растениях уменьшается. Все это свидетельствует о том, что интенсивное накопление органических веществ во второй период вегетации растений превалирует над поступлением питательных элементов из почвы через корневую систем. Следовательно растения в начальные фазы роста запасают элементы питания, которые расходуется в более поздние фазы [52].

Азот кроме положительного эффекта может оказывать и негативное влияния на растения. При низкой влагообеспеченности азотные удобрения могут поглощаться растениями, однако не всегда принимают участия в формировании урожая, что приводит к их низкой эффективности особенно в

засушливые и сухие годы. Так, зерновые культуры, интенсивно развивающиеся в условиях оптимальной обеспеченности азотом в начале вегетации, в последующие фазы роста при наступлении засух испытывают сильный стресс, в отличие от растений, которые изначально развивались при дефиците азота и образовав небольшую биомассу и площадь листьев испаряли меньше лаги [52-53]. Избыточное азотное питание часто может способствовать формированию мощной вегетативной массы у растений, из-за которой может снизиться урожай зерна. Кроме этого, азот способствует увеличению периода вегетации различных культур, что во влажные годы негативно влияет на формирование репродуктивных органов и способствует образованию некачественных семян [44; 54-55].

Фосфор – находится на втором месте по значимости в питании растений, необходим для полноценного развития растений и формирования урожая зерна яровой тритикале. Его физиологическая функция в растениях заключается в процессе синтезе и транспорте органических веществ, энергообмене, которые интенсивно протекают при формировании репродуктивных органов и накоплении питательных веществ в зерне. При недостатке фосфора в почве растения тритикале, очень медленно растут и развиваются, все это приводит к позднему колошению, цветению и созреванию. Фосфор увеличивает водоудерживающую способность тканей и активизирует синтез нуклеиновых кислот, что повышает засухоустойчивость растений счёт уменьшения процессов транспирации и водопотребления [35; 43; 56; 57]. Применение фосфорсодержащих удобрений улучшает условия фосфорного питания растений, что позволяет им экономно расходовать почвенную влагу на образование единицы продукции [48]. По мнению И.И. Синягина [58], это связано с повышением концентрации питательных элементов в почвенном растворе, а соответственно для поглощения одного и того же их количества растения тратят меньше влаги. Указанная особенность крайне важна для засушливых условий Северного Казахстана.

Критическим периодом фосфорного питания у зерновых является начальный период роста. Хорошая обеспеченность фосфором яровых зерновых в этот период способствует росту корневой системы, формированию длинного и хорошо озернённого колоса, ускоряет созревание растений [51; 59-61], что особенно важно для климатических условий Северного Казахстана. В. А. Францесон, изучавший генезис почв Казахстана, писал, что «...в старопахотных почвах начальное развитие растений происходит в среде, бедной фосфором и содержащей избыток усвояемого азота» [62].

Таким образом, фосфорсодержащие удобрения кроме увеличения плодородия почвы, помогают растениям более продуктивно использовать растениями нитратный азот [43; 50; 58-59].

Зерновые культуры заканчивают интенсивно потреблять элементы питания из почвы в фазу колошение-цветение [51].

Азотное и фосфорное питание растений находится в тесной связи. Так, неправильное соотношение фосфора к азоту, может способствовать

нарушению метаболизма белка в растениях. Подобное явление часто наблюдается на территории Северного Казахстана – при дефиците фосфора и высоком обеспечении растений азотом [63]. Огромное влияние на содержание макроэлементов в растениях оказывают гидротермические условия вегетации, когда при резком наступлении засухи идет неравномерное распределение азота между органами растений [64].

На территории Северного Казахстана в условиях степной зоны часто отмечаются годы с дефицитом атмосферных осадков в период вегетации культур, поэтому внимание ученых постоянно привлекают аспекты рационального использования удобрений.

Согласно литературным данным минеральное питание яровой тритикале примерно такое же, как и у других яровых зерновых культур, однако имеет определенные особенности, которые следует принимать во внимание [65]. Часто применяемыми удобрениями, применяемыми по всему миру, являются минеральные, что связано с высокой концентрацией и сбалансированностью в них элементов питания. А вот влияние различных видов минеральных и органических удобрений и зависит в первую очередь от погодно-климатических и почвенных условий, следовательно есть необходимость изучения практического опыта их применения в разных регионах мира при возделывании яровой тритикале.

1.4 Эффективность минеральных удобрений при выращивании тритикале в различных почвенно-климатических условиях

В США (штат Канзас) в 2015-2016 гг. на чернозёмных почвах в 2015-2016 годах исследовали влияния различных доз карбамида - N11, N34, N56 и N78 на урожайность яровой тритикале. Азот в составе удобрения увеличивал урожайность тритикале, так при урожае на контроле 44,61 ц/га, доза внесения N78 достоверно повышала её до 54,99 ц/га. При этом доза N78 кг/га не имела достоверного преимущества по урожаю перед N56. Это показывает, что для достижения яровой тритикале максимальной продуктивности вполне достаточно внесение азота в дозе 56 кг/га [66].

В вегетационном опыте, проведенном в Западной Австралии, изучали влияние влагообеспеченности растений тритикале на эффективность фосфорного удобрения. Было установлено, что водный стресс не только сильно снижал потенциальную урожайность тритикале, но и уменьшал эффективность фосфорных удобрений на 20-60%. Поэтому для обеспечения максимальной эффективности фосфорных удобрений необходимо, чтобы тритикале не испытывала водного дефицита [67].

В Мексике в 2012 и 2013 годах на камбисолях изучали несколько доз дробного внесения азота (N0, N150, N250) на продуктивность тритикале. По результатам исследований было установлено, что вариант с N250 обеспечил максимальную урожайность сортов яровой тритикале в 5,58 и 5,74 т/га. Было установлено, что, если доза азотного удобрения вносилось перед посевом и в

фазу кущения, то последующее внесение азота не имеет ярко выраженного эффекта на урожай. В исследовании было отмечено, что реакция растений тритикале на внесение различных и способов азотного удобрения имеет связь с гидротермическими условиями вегетационного периода [68].

На карбонатных почвах в Республике Польше изучали влияние азотного удобрения на урожай и качество продукции яровой тритикале. Результатами установлено, что уровень азотных удобрений и погодные условия лет исследований влияли на урожайность, выход протеина и уровень питательных элементов в зерне яровой тритикале. В зависимости от гидротермических условий урожайность тритикале варьировала от 5,86 до 7,35 т/га. Наибольший урожай зерна и уровень в нем протеина было получен при внесении азотного удобрения в дозе N120 [69].

В последующих опытах в Республике Польша на бурых почвах изучали влияние применения комплексных удобрений на урожайность, содержание и потребление макроэлементов яровой тритикале. Опыт включал три варианта внесения удобрений: контрольный вариант (простые удобрения в дозе NPK 12:45:45) и два варианта сложных комплексных удобрений – аммофосмаг 4 (дозой NPKMg 4:15:15:2) и аммофосмаг 3 (дозой NPKMg 3:14:20:2). В сравнении с контролем (4,46 т/га) достоверное повышение урожайности зерна тритикале на 11% было получено только в варианте аммофосмаг 4. Минеральный состав зерна и соломы тритикале был одинаков во всех вариантах опыта [70]. В более поздних исследованиях (2010 и 2011 годах) по влиянию различных доз (N80 и N120) и сроков внесения азотного удобрения (на фосфорно-калийном фоне - P30K83) было установлено отсутствие достоверных различий между дозами и сроками внесения азотного удобрения. Было установлено, что наибольшую рентабельность обеспечивала доза N80. Концентрация протеина в зерне тритикале не зависела от года, дозы и срока внесения азотного удобрения [71].

В других исследованиях, проведенных на лувисолях в Республике Польша в 2017-2018 годах и 2020 году по изучению влияния обработки почвы (вспашка и No-Till) и дробного внесения азотного удобрения (N0, N70 и N100) на продуктивность тритикале. Внесение азотных удобрений в дозе 70 кг/га оказалось достаточным для получения удовлетворительного урожая яровой тритикале в условиях эксперимента. Урожайность зерна тритикале в 2017-2018 годы в контроле составила – 3,75 т/га, при внесении N70 – 6,67 т/га, а в варианте N100 – 6,71 т/га. В 2020 году контроле урожайность составляла 2,57 т/га, а вариантах N70 и N100 – 5,24 т/га и 5,17 т/га [72].

В Литовской Республике в 2019-2021 годах на супесчаных почвах были проведены исследования, которые показали, что совместное внесение биоугля 15 т/га и NPK-удобрений (дозой 34,5:19:60) повышало урожайность яровой тритикале до 35,1 ц/га за счет улучшения физико-химических свойств почвы и обеспеченности растений макроэлементами (N, P, K) [73].

На северо-востоке Венгрии на бурых лесных почвах был заложен многолетний стационар (который был заложен в 1962 году), где изучалось

влияние погодных условий и минеральных удобрений на урожайность тритикале (данные для анализа были взяты с 1990 по 2001 годы). При влажности вегетационного периода на уровне среднемноголетних значений урожайность в неудобренном варианте составляла 1,4 т/га. Урожайность тритикале можно было повысить только при внесении комплексных удобрений NPK, который обеспечивал урожайность 3,3 т/га или при внесении NPKCa (75:90:90:175), NPKMg (75:90:90:40), NPKCaMg (75:90:90:175:40), которые обеспечивали одинаковый уровень урожайности 3,9 т/га [74].

В Сербии (Приштинский университет) была изучена урожайность тритикале при различном режиме минерального питания в многолетнем стационаре. Самая низкая урожайность зерна была получена в неудобренном контроле, а самая высокая урожайность – 48,80 ц/га была получена при внесении удобрений в дозе N120P60 [75].

Исследованиями, проведенными в Республике Беларусь установлено, что при выращивании яровой тритикале на супесчаной почве вынос на 1 тонну зерна составил по азоту 28,4 кг, по фосфору – 10,4 кг и по калию – 23,8 кг. Причем у яровой тритикале вынос фосфора был таким же, как и у яровых пшеницы и ячменя, а вынос азота и калия у тритикале превышал эти зерновые культуры. Применение оптимальных доз фосфорно-калийных (P60K90) удобрений на дерново-подзолистой супесчаной и легкосуглинистой почве увеличивало урожайность зерна тритикале в среднем на 8,3-16,4%, а на торфяно-болотной почве - на 13,0-16,5%. Наибольшее влияние на продуктивность культуры оказывало оптимизация азотного питания, что способствовало увеличению её урожайности на 28,6-67,1% [65].

В Республике Беларусь на антропогенно-преобразованной торфяной почве проводили исследования способов внесения азотного удобрения установлено, что максимальную концентрацию протеина в зерне тритикале обеспечило внесение азота N90 по удобренному фону P80K120 и в среднем за три года составило - 12,6%, тогда как в варианте без удобрений всего 10%. На деградированных торфяных почвах самое высокое количество протеина в зерне отмечено в вариантах P80K120 N60 + N30 – в фазу флагового листа и P80K120 N90 + N30 – в фазу колошения, где его количество в среднем за четыре года составило 13,0 и 13,1%, тогда как в контроле (P80K120) – всего 11,7% [76].

В Украине на черноземах оподзоленных в многолетнем стационарном опыте, заложенном в 1964 году, изучали влияние длительного применения различных систем удобрений на урожайность яровой тритикале. Яровая тритикале хорошо отзывалась на внесение удобрений, так урожай зерна в контроле изменялась в пределах 6,3-6,6 т/га, а внесение различных доз и видов удобрений (N45P45K45, N90P90K90, N135P135K135, навоз (9 тонн), навоз (13,5 тонн), навоз (18 тонн), навоз (4,5 тонн) + N23P34K18, навоз (9 тонн) + N46P68K36, навоз (13,5 тонн) + N69P102K54) повышали её до 9,0-9,5 т/га. Установлено, что в условиях высокой температуры воздуха и дефицита почвенной влаги максимальную продуктивность обеспечивали минеральные

и органо-минеральные системы удобрений. В годы с достаточным увлажнением все системы удобрений были высокоэффективны. В засушливые годы наиболее эффективными были следующие варианты внесения удобрений N90P90K90, N135P135K135, навоз (9 тонн) + N46P68K36, навоз (13,5 тонн) + N69P102K54 [77].

На дерново-подзолистых супесчаных почвах (Украина) в 2007-2009 годах изучали реализацию биологического потенциала сортов яровой тритикале. В результате было установлено, что биологический потенциал тритикале реализуется на высоком уровне и формирует урожайность зерна в пределах 2,3-4,8 т/га. Максимальная урожайность формировалась при возделывании тритикале в вариантах N30P60K60+N30 + Нутривант Плюс зерновой 4 кг/га (6-23-35) + N30 - 4,5 т/га и N45P90K90 + N45 + N30 - 4,8 т/га (в контроле 2,8 т/га) [78].

Николаевский аграрный университет (Украина) в 2014-2016 годы изучал влияние различных сроков и способов внесения азота (N30) по фону азотно-фосфорных (N30-60P30) минеральных удобрений и регуляторов роста (Эскорт-Био) на формирование урожайности яровой тритикале на чернозёме южном малогумусном. Урожай зерна в контрольном варианте в среднем за три года составил – 1,99 т/га, достоверная прибавка при обработке семян препаратом «Эскорт-Био» в течении трех лет изменялась в пределах 0,74-1,48 т/га. Максимальную урожайность зерна в 3,61 т/га обеспечил вариант с обработкой семян препаратом «Эскорт-Био» с внесением удобрений перед посевом N30P30 + N30 (подкормка аммиачной селитрой) [79].

В Российской Федерации на дерново-подзолистой почве в 2011-2014 годы при возделывании яровой тритикале внесение полной дозы удобрения (N60P60K60 и N90P90K90) повышало, урожайность на 25-30%, тогда как в контроле урожай зерна тритикале составлял – 1,57 т/га. Было также установлено, что интенсивные сорта тритикале, имеющие устойчивость к полеганию обеспечивают высокую прибыль реализуя свой потенциал при применении высоких доз минеральных удобрений (N100-120, P80-90, K60-80). Основную роль в формировании высокой урожайности тритикале играли азот и фосфор в составе вносимых удобрений. Внесение азота в дозах N90-120 способствовало улучшению качества зерна. Для товаропроизводителей, выращивающих яровую тритикале рекомендуется составлять систему удобрений такую же, как и при выращивании яровой пшеницы. При расчете доз вносимых удобрений необходимо ориентироваться вынос элементов питания 1 т зерна с соответствующим количеством соломы: N – 28-30, P₂O₅ – 11-13, K₂O – 28-30 кг [80].

В Центрально Нечерноземной зоне Российской Федерации в результате исследований, проведенных в 2014-2015 годы было установлено, что на слабокислой лёгкой дерново-подзолистой почве среднеранние и среднеспелые сорта яровой тритикале формируют высокий урожай зерна при внесении повышенных доз минеральных удобрений. Урожай в контроле по разным сортам изменялся от 18,3 ц/га до 20,4 ц/га, внесение минеральных удобрений

дозой N90P60K90 повысил урожайность этих же сортов до 30,0-38,7 ц/га [81]. В последующие годы исследований (2015-2016 гг.) было установлено, что увеличение дозы минеральных удобрений до N120P60K120 способствовало увеличению урожайности тритикале до 32,5-34,3 ц/га, а в контрольном варианте урожай составил - 14,7-15,3 ц/га [82].

В Республике Марий Эл (Российская Федерация) в 2019-2021 годах на окультуренной дерново-среднеподзолистой почве изучали влияние минеральных удобрений на продуктивность сортов яровой тритикале. В увлажненном 2020 году в варианте неудобренном урожайность тритикале в зависимости от сорта изменялась от 2,50 до 3,85 т/га. Применение минеральных удобрений в дозе N30P60K60 увеличивало урожайность изучаемых сортов от 3,95 т/га до 5,18 т/га, а повышение дозы удобрения (до N60P60K60 и N30P60K60+ N30 в кущении) существенно не влияло на уровень урожая тритикале. В засушливые 2019 и 2021 гг. в неудобренном варианте была сформирована наибольшая продуктивность в 1,76 и 1,96 т/га [83]. Исследования в этом же регионе, проведенные в 2020 году, отметили, что одним из эффективных приемов возделывания зерновых культур является регулирование нормы высева, чтобы обеспечить оптимальную площадь питания. Установлено, наибольшая урожайность у тритикале – 5,5 т/га формируется при норме высева 4 млн. всхожих семян на 1 га и внесении минерального удобрения в полной дозе - N60P30K30 [84].

В Ростовской области (Российская Федерация) в 2013-2015 годы изучалось аспекты возделывания яровой тритикале на черноземе южном карбонатном. Было установлено, что тритикале не отзывчива к внекорневым подкормкам – в фазу кущения ЖКУ (N13P37) и в фазу колошения карбамид (N46). Урожай в контрольном варианте составил 1,88 т/га, прибавки от внекорневых подкормок были незначительными (0,21 т/га) [85]. На этих же почвах, но в более поздний период (2016-2018 годы) изучали влияние способов обработки почвы и уровня минерального питания на продуктивность яровой тритикале. Было установлено, что наибольшая урожайность тритикале получена в условиях отвальной обработки почвы и высокого фона минерального питания (N80P80K80) – 2,69 ц/га [86].

В Амурской области (Российская Федерация) в 2017-2019 годы на лугово-черноземных почвах различные дозы минеральных удобрений способствовали увеличению площади листьев, что в последующем влияло на её урожайность. Площадь листьев начинала увеличиваться на 15-31% (относительно контроля – 9 тысяч м²/га) в фазу трубкования. Наибольшая площадь листьев - 20,5 тысяч м²/га была сформирована в фазу колошения в азотно-фосфорном варианте N60P30, в контроле она была на 23% меньше. Все эти показатели увеличивали наращивание сухой надземной биомассы растениями тритикале, которая перед скашиванием в варианте N60P60 составляла 5 т/га. В среднем за трёхлетний период исследований, в контрольном варианте урожайность тритикале составляла – 26,8 ц/га, внесение минеральных удобрений в различных дозах способствовало

повышению её продуктивности до 31,9 ц/га. Максимальная урожайность тритикале - 33,8 ц/га была отмечена в варианте внесения удобрения дозой N60P60. Основную роль в формировании урожая тритикале за счёт внесения удобрений принадлежит азоту в их составе, к примеру дозы N30 и N60 повышали сбор зерна на 13 и 23%. Применение фосфора в составе удобрений повышало урожай всего на 1 и 3 % [87].

На черноземах обыкновенных карбонатных Северо-Казахстанской области установили, что при выращивании яровой тритикале наиболее оптимальным является внесении фосфорного удобрения в дозе P90, где была сформирована урожайность в 21,1 ц/га, что превысило контрольный вариант на 6,8 ц/га [17].

На чернозёмах южных в 2021 году было установлено, что максимальная урожайность у тритикале сорта «Россика» – 24,4 ц/га была получена в варианте P180, при контрольных значениях - 18,1 ц/га. Самый высокий уровень урожая -17,9 ц/га у сорта тритикале «Указ» обеспечивало применение фосфорного удобрения в дозе P150, в неудобренном варианте она составляла – 13,8 ц/га [18].

В сухостепной зоне Казахстана на темно-каштановой почве в микрополевом опыте в сосудах изучали использование азота удобрения яровой тритикале. Наиболее эффективным было внесение N30 перед посевом и N30 в кушение как на фоне P60 перед посевом, так и без него. Максимальный сбор зерна был получен в варианте N30P60 перед посевом+N30 в кушение по фону P60 и составлял 5,13 г/сосуд, что в 2,2 раза превысило контроль [88].

1.5 Эффективность органических удобрений при выращивании тритикале в различных почвенно-климатических условиях

В университете Невады (США) в 2009 году провели опыт в теплице по влиянию биосолида класса В (обработанный осадок сточных вод) из мелиоративного водоема Траки-Медоуз на рост и развитие растений тритикале. Нормы внесения биосолидов 0 (контроль), 100, 200, 300, 400, и 500 мл на сосуд и 2 сосуда с коммерческим удобрением сульфат аммония (21-0-0) 5 и 10 мл на сосуд. Результаты показывают, что самая низкая надземная биомассы тритикале была в контрольном варианте (1,30 г.), а максимальная – 6,11 г/сосуд отмечалась при внесении 500 мл биосолидом и 10 мл сульфата аммония [89].

В северо-западной части Туниса проводились исследования о влиянии сточных вод на продуктивность кормовой тритикале. Анализ данных за 2015 год показал, что сухая масса растений тритикале в фазу колошения была максимальной при внесении осадка сточных вод (6 т сухого вещества) – 4723 кг/га, а там где удобрения не применяли – 3381 кг/га. На варианте с внесением минеральных удобрений (N100) – 2614 кг/га [90].

В Мексиканских соединенных штатах в 2018-2010 годы на глинистых почвах (тяжелый и средний суглинок) изучали влияние навоза крупного

рогатого скота на продуктивность кормовой тритикале. Урожайность зеленого корма в контрольном варианте составила 20 т/га, а при использовании навоза 40 т/га [91].

В Исламской Республике Иран (Ширазский университет) в течение 2012–2013 годов изучали влияния овечьего навоза и компостированных бытовых отходов с применением аммиачной селитры на продуктивность тритикале в вегетационных опытах. Результаты исследований показали, что внесение органических удобрений положительно сказывалось на росте, развитие тритикале и как следствие на урожае. Максимальная урожайность 1 растения тритикале (2,4 г в 2012 году и 2,6 г в 2013 году) была сформирована при совместном внесении в почву навоза и азотного удобрения в дозе N150. Использование только органических удобрений увеличивало её на 1,6 и 2,08 г. При этом масса 1 растения тритикале в сосуде в неудобренном варианте составляла всего - 0,7 г [92].

В другом исследовании, проведённом в Исламской Республике Иран (Университет сельскохозяйственных наук и природных ресурсов Хузестана) в 2018-2019 годы изучали влияние компоста из остатков сахарного тростника на урожайность и компоненты урожая тритикале в условиях засухи. Компост из остатков сахарного тростника вносили в следующих дозах – 0, 10, 20, 30 и 40 т/га. Результаты показали, что условия засушливого стресса снижали рост растений, урожайность зерна и компоненты урожайности тритикале, но использование удобрения из остатков компоста сахарного тростника уменьшало негативное влияние условий засушливого стресса на измеряемые признаки. Самый высокий урожай зерна тритикале – 42,88 ц/га был получен при полном орошении и внесении 40 т/га компоста, а самый низкий урожай – 11,34 ц/га был получен при засухе в фазе колошения-налива в варианте без удобрений. Поэтому для обеспечения максимальной урожайности тритикале при нехватке воды для орошения или если есть риск наступления засухи при возделывании тритикале рекомендуется перед посевом вносить 40 тонн / га компоста [93].

На карбонатных песчаных почвах Венгрии в 2004-2008 годах проводили исследования влияния органических удобрений животного происхождения (отходы скотобоен) на урожай зерна тритикале. В варианте без удобрений продуктивность в среднем за пять лет исследований составляла 4,9 т/га, внесение изучаемых органических удобрений в дозе 25-50 т/га увеличивало её уровень на в 1,5-2,0 раза. Даже в последующие три-четыре года наблюдалось остаточное влияние удобрений на урожайность. Применение компоста свыше 50 т/га может привести к снижению продуктивности в неблагоприятные по увлажнению годы. Дозы компоста 100-200 т/га могут представлять опасность для окружающей среды из-за высокого содержания азота и фосфора при промывном режиме почв [94].

В Республике Болгарии в 2014-2017 годы на темных слитых квазиглеевых почвах изучали влияние навоза, переработанного красными калифорнийскими червями на продуктивность яровой тритикале. Самая

высокая урожайность зерна тритикале – 1427 кг/га получена при внесении вермикомпоста в дозе 1,75 т/га, а его доза 1,40 т/га существенно повышала урожай зерна - до 1203 кг/га, в неудобренном варианте она составляла - 929,0 кг/га [95].

В Республике Польше (Сельскохозяйственный университет в Щецине) в 2006 году был заложен вегетационный опыт по влиянию на урожайность тритикале навоза, неочищенного осадка сточных вод, минеральных удобрений. Максимальная урожайность в эксперименте – 25,30 г/сосуд получена в варианте с внесением осадка сточных вод, а наименьшая – 14,50 г/сосуд в контроле. Применение навоза обеспечило получение урожая в количестве 21,80 г/сосуд, а использование минеральных удобрений – 24,50 г/сосуд [96].

В Институте почв в Республике Польше в 2016-2018 годы на подзолистых почвах изучали влияние дигестата (продукт, производимый в процессе анаэробного сбраживания в биогазовых установках различных органических субстратов) на продуктивность тритикале. Удобрение дигестатом оказало положительное влияние на выход сухого вещества тритикале. На варианте с внесением дигестата в растениях тритикале в фазу молочно-восковой спелости содержалось 44,5% сухого вещества, что обеспечивало такие же показатели, как и контроль (43,9%), где использовали только минеральные удобрения [97].

На псевдоглеевых почвах в Республике Сербия в 2011-2013 годах проводили исследования влияние извести, минеральных и органических удобрений на урожай зерна яровой тритикале. В испытании были следующие варианты удобрений: 1. N35P60K60 (контроль), 2. N60P100K100, 3. N35P60K60 + 2,5 т/га извести, 4. N60P100K100+ 2,5 т/га извести, 5. N35P60K60 + 5 т/га извести и 6. N60P100K100+ 5 т/га извести, 7. N35P60K60+ 2,5 т/га извести+ 20 т/га навоза, 8. N60P100K100+ 2,5 т/га извести+ 20 т/га навоза, 9. N35P60K60 + 5 т/га извести + 20 т/га навоза, 10. N60P100K100+ 5 т/га извести+ 20 т/га навоза. Применение всех вариантов удобрения привело к значительному увеличению урожая зерна тритикале по сравнению с контролем, где средний за три года урожай составил всего 2,81 т/га. Самая высокая средняя за три года урожайность в 4,75 т/га была достигнута в варианте N60P100K100+ 5 т/га извести+20 т/га навоза. По результатам исследования было рекомендовано использовать известь с органическими и минеральными удобрениями при возделывании яровой тритикале на кислых почвах для получения высокой урожайности [98].

В Турецкой Республике на красноземах в 2017-2018 годах изучали влияние навоза КРС на биометрические показатели (высота растений и масса 1000 зерен) и урожайность тритикале. Изучаемые органические удобрения применяли по предварительно удобренному минеральными удобрениями фону (N80N69). Навоз вносили в трех дозах: 0 (контроль), 10 т/га и 20 т/га. Все изучаемые биометрические показатели тритикале при внесении навоза различными дозами были достоверно выше, чем на контроле, причем чем

выше была доза навоза, тем выше был эффект. Урожай зерна тритикале в контрольном варианте составил 17 ц/га, внесение навоза дозой 10 т/га достоверно повышал его до 28,8 ц/га, а доза – 20 т/га увеличивал сбор зерна до 53,3 ц/га. Так же было отмечено, что применение навоза увеличивало уровень органического вещества в почве в сравнение с неудобренным вариантом [99].

В Республике Беларусь на дерново-подзолистой почве с легкосуглинистым гранулометрическим составом в 2007-2010 годы проводили исследования влияние разных комбинаций органических удобрений (подстилочный навоз, торфонавозные компосты, различные варианты компоста на основе лигнина и дефеката, солома озимого тритикале, вермикомпост, смесь жома и дефеката). На яровой тритикале изучали последствие минеральных (N120P60K120) и вышеперечисленных органических удобрений, кроме этого, при посеве яровой тритикале применяли основную дозу N90P60K120. В среднем за изучаемый период урожай зерна тритикале в контроле составил 40,6 ц/га, внесение минеральных удобрений в дозе N90P60K120 увеличил его уровень до 65,1 ц/га. Различные варианты последствия органических и минеральных удобрений обеспечивали повышение урожая зерна тритикале до 68,5-75,0 ц/га. Изучаемые виды органических удобрений по эффективности имели следующую тенденцию: 1. Подстилочный навоз КРС; 2. Торфонавозный компост; 3. Вермикомпост; 4. Компост на основе лигнина, дефеката и навоза; 5. Солома озимого тритикале; 6. Компост на основе лигнина и дефеката; 7. Смесь жома и дефеката [100-101].

В Республике Беларусь с 2008 по 2010 годы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве были продолжены вышеприведенные опыты по изучению последствия минеральных и органических удобрений на яровой тритикале с добавлением нового варианта удобрения - древесной золы. При возделывании предшествующей тритикале культуры (кукуруза) вносили минеральные удобрения в дозе N120P60K120 и органические удобрения – подстилочный навоз КРС - 60 т/га, торфонавозный компост - 60 т/га, древесная зола 1 т. Под яровую тритикале вносили только минеральные удобрения – N90P60K120. Урожай зерна в не удобренном варианте составил 40,6 ц/га. Применение минеральных удобрений (N90P60K120) увеличило урожайность зерна до 65,1 ц/га. В вариантах последствия навоза и торфонавозного компоста продуктивность тритикале возрастала до 75,0 ц/га и 73,2 ц/га. Последствие древесной золы при возделывании яровой тритикале по фону полного минерального удобрения отмечено не было [102].

Всероссийским научно-исследовательским институтом органических удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве в разные периоды времени изучали эффективность разных органических удобрений на урожайность яровой тритикале данные, которых излагаются ниже:

1. В 2010-2012 гг. изучали влияние птичьего помета, используемого в качестве органического удобрения на продуктивность яровой тритикале. Результатами было установлено, что использование птичьего помета

(содержание в 1 тонне: азота – 2,44 %, фосфора – 3,65 и калия – 1,43 %) в дозе 25 т/га обеспечило получение урожая зерна тритикале в 26,9 ц/га, что в два раза было выше контрольного варианта (13,2 ц/га) [103].

2. В многолетнем стационарном опыте (с 1968 года) изучали влияние навоза, минеральных удобрений и их смесей на продуктивность тритикале. Схема опыта была Варианта опыта включали: контроль (без удобрений); навозом в дозах 10 и 20 т/га; минеральные удобрения с навозом - 5 т/га + N25P12K3 и 10 т/га + N50P25K60; минеральными удобрениями – N50P25K60 и N100P50K120. При анализе урожайности брали данные за 2013 г., 2014 г. и 2018 г. Урожайность зерна на контроле состав в среднем за три года составила - 11,4 ц/га, а максимальную урожайность - 23,0 и 22,4 ц/га обеспечило применение минеральных удобрений (N50P25K60) и сочетание их с навозом (10 т/га + N50P25K60) [104].

3. В этом же регионе изучали влияние мелиоративных доз осадка городских сточных вод на урожайность яровой тритикале. Исследования проводились в длительном опыте, заложенным ещё в 1984 году. Осадки сточных вод вносили в дозах 180; 360; 720 и 1440 т/га (при 50 % влажности). Периодическое известкование проводили в дозах 3, 6, 9 т/га доломитовой муки. Данные анализировали только за 2017 год. Урожай тритикале в контроле составил – 12,0 ц/га, внесение различных доз органического удобрения увеличивали дополнительный сбор зерна в прямой зависимости от дозы внесения, т.е. 180 т/га повышал его на 17-22%, 360 т/га – 32-37%; 720 т/га – 46-61% и 1440 на 87-94 % [105].

4. В дополнительном исследовании по изучению последствий осадка сточных вод и известкования на урожайность тритикале, добавили вариант с торфогуминовым удобрением. Условия внесения осадка сточных вод (180; 360; 720 и 1440 т/га (50% влажности)) и известкования почвы (3, 6, 9 т/га доломитовой муки) всё те же. Торфогуминовое удобрение применяли в дозе 420 и 840 кг/га. Урожай в контроле составил – 129 г/м², сбор зерна при внесении торфогуминового удобрения по изучаемому фону увеличился на 91-245%. При этом не зависимо от варианта опыта химический состав зерна и соломы был одинаковым [106].

5. В этих почвенно-климатических условиях изучали условия формирования продуктивности яровой тритикале на последствия удобрений, которые вносили под предшествующую культуру (пшеница). Пшеницу высевали по пласту люцерны, при обработке которого вносили нитрофоску в дозе N40P40K40) и птичий помет в дозе 2; 3; 4 т/га. Под тритикале удобрения не вносили. Урожай на контроле, без внесения удобрений составил – 22,0 ц/га. Прибавка урожая зерна яровой тритикале в зависимости от доз удобрений составила 2,6-7,3 ц/га (12-33%). Самая высокая урожайность зерна – 29,2 ц/га была сформирована в варианте, где вносили органоминеральные удобрения в дозе 4 т/га+N40P40K40 [107].

6. В дополнении к этим исследованиям в 2019 году проводили опыты по изучению действия биокомпоста (на основе отходов животноводства) на

урожайность яровой тритикале. Биокомпосты марки «А» и «Б» вносили в количестве 5 и 10 т/га. Внесение вышеперечисленных биокомпостов улучшало агрохимические свойства почвы - повышало уровень органического вещества и стимулировало микробиологическую активность почвы. В контрольном варианте урожайность тритикале составляла 13,1 ц/га, а применение биокомпостов марки «А» и «Б» в дозах 10 т/га увеличивало сбор зерна на 28-70% и 23-66% [108].

В Верхневолжском регионе (Российская Федерация) на серой лесной тяжелосуглинистой почве в зерновом звене севооборота в 2016 г. изучали эффективность органических удобрений (солома - 5 т/га и сидерат белой горчицы) на продуктивность яровой тритикале. Предшественником была озимая пшеница и следующие варианты опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. Солома+N30; 3. Солома+сидерат; 4. Солома+сидерат+N30. Наибольшая урожайность тритикале – 45,1 ц/га была получена при внесении соломы+сидерата+N30, что на 9,0 ц/га было выше контроля (36,1 ц/га) [109].

В Казахстане имеется большое количество исследований по эффективности применения органических удобрений под различные сельскохозяйственные культуры [110-113]. Однако нам не удалось найти научных работ по действию органических удобрений на рост и развитие растений и продуктивность яровой тритикале.

Таким образом, анализ различных зарубежных и отечественных литературных источников выявил, что высокая продуктивность и качество зерна яровой тритикале обеспечивается за счет применения либо минеральных удобрений, либо их совместным внесением с органическими удобрениями. Исследований по влиянию на продуктивность и качество яровой тритикале только органических удобрений нам найти не удалось. В условиях Северного Казахстана исследований, посвященных изучению минерального питания яровой тритикале очень мало и все они касаются в основном изучения влияния минеральных удобрений на её продуктивность. С применением органических удобрений таких исследований найти не получилось. Поэтому изучение особенности минерального питания яровой тритикале и необходимой для разработки научно-обоснованной системы применения минеральных и органических удобрений при её возделывании в условиях Северного Казахстана является актуальным.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика почвенных условий

Минеральное питание яровой тритикале изучали на чернозёмных почвах, а точнее на одном из его подтипов - черноземе южном карбонатном, который является довольно широко распространён в условиях Северного Казахстана. Данный подтип почвы занимает примерно 75% площади черноземов южных в зоне исследований [114].

Чернозёма южный карбонатный формировался в условиях резко континентального климата в сочетании с засушливым летом. Почвообразование проходило под следующими степными фитоценозами: разнотравно-ковыльными, полынно-ковылковыми и разнотравно-красноковыльно-ковылковыми сообществами [115-116].

Чернозёмы южные в условиях Акмолинской области не образуют сплошной зоны и встречаются на возвышенных водораздельных равнинах. Данный подтип почв сформировался на различных лёссовидных карбонатных суглинках и глинах, при этом их мощность может изменяться в пределах 15-25 м [117].

Перед закладкой опыта в 2018 году был выкопан почвенный разрез на паровом участке (поле №9) с фиксацией координат (N51°36'44.47"; E71°02'40.27"). Данный участок расположен примерно в 1,5 км на восток от полевого стана ТОО «НПЦЗХ им А.И. Бараева». Глубина полного почвенного разреза составляла 150 см, в нем проводили морфологическое описание различных горизонтов почвы, из которых в последующем отбирали образцы для физико-химических анализов. Опытный участок характеризуется выровненным рельефом и имеет небольшой градус уклона на северо-запад. Карбонаты имеют цвет грязно-белых пятен различного размера и начинают встречаться в почвенных горизонтах с глубины примерно 40 см, также встречаются включения гипса со 120 см, которые имеют форму чешуек.

Пахотный горизонт А мощностью 27 см: характеризуется хорошим увлажнением, визуально имеет тёмно-серый оттенок и мелкокомковатую структуру. Гранулометрический состав почвы тяжелосуглинистый, довольно рыхлый с большим количеством корней и слаборазложившихся растительных остатков. Бурное вскипание карбонатов от раствора 10%-ой HCl начинается с поверхности почвы. Переход в следующий почвенный горизонт ясный с волнистой границей.

Подпахотный горизонт АВ расположен на глубине 27-35 см: характеризуется как влажный, визуально имеет неравномерный серовато-бурый цвет со светло-бурыми и темно-серыми пятнами. Горизонт имеет плотное сложение и комковато-зернистую структуру и тяжелосуглинистый механический состав почвы. Почвенный горизонт карбонатный, при отсутствии визуальных скоплений карбонатов. Отмечается большое количество корней. Переход в горизонт В – волнистый и ясный.

Горизонт В находится на глубине 35-48 см. На ощупь влажный, с неоднородным тёмно-бурым цветом. Тип почвенной структуры глыбисто-комковатый, состав механических элементов – тяжелосуглинистый, карбонатный. Горизонт имеет плотное сложение, характеризуется наличием светлоокрашенных вклиниваний материнской породы и наличием белесых пятен карбонатов. Встречается много тонких корней, переход в горизонт ВС постепенный языковатый.

Горизонт ВС располагается на глубине 48-90 см. Почва влажная, имеющая буровато-жёлтый оттенок. В всему почвенному горизонту встречаются размытые пятна карбонатов, а небольшие затёки гумуса отмечаются только в его верхней части. Почвенные горизонт плотный, характеризующийся орехово-комковатой структурой и тяжелосуглинистым мехсоставом. В данном горизонте встречаются редкие и очень тонкие корни растений. Переход в горизонт С оценивается как постепенный.

Горизонт С расположен на глубине - 90-150 см. Представлен влажной лёссовидной материнской породой, которая имеет лёгкий гранулометрический состав состоящей из лёгких глин. В верхней части горизонта попадаются крайне редкие затёки гумуса. Почвенный горизонт имеет плотное сложение и тонкопористую структуру, которая при извлечении имеет призмовидный вид, которые в последующем распадаются на ребристо-комковатые фрагменты. Встречаются единичные корневые волоски. Карбонатные скопления отсутствуют, но с глубины 120 см отмечаются значительные накопления гипса в форме чешуек.

Содержание органического вещества (гумуса) в слое почвы – 0-27 см составляло – 3,4%, что является низким и оценивает чернозём южный карбонатный как малогумусный, причем с глубиной его количество только уменьшается (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвенного разреза заложенного на опытном участке

Почвенный горизонт	Гумус, %	Валовое содержание, %		Подвижные формы, мг/кг почвы			Емкость поглощения, мг-экв. на 100 г почвы	Емкость обмена, мг-экв. на 100 г почвы	CO ₂ карбонатов, %	pH водной вытяжки
		азота	фосфора	N-NO ₃	P ₂ O ₅ по Мачигину	K ₂ O по Мачигину				
A _{пах} (0-27 см)	3,4	0,22	0,12	14,0	31,0	692	29,0	31,5	2,8	7,7
AB (27-35 см)	2,4	0,15	0,11	11,0	2,1	531	24,2	27,7	3,1	7,9
B (35-48 см)	2,2	0,13	0,11	6,0	0,5	402	23,0	25,6	3,8	8,1
BC (48-90 см)	1,1	0,05	0,10	2,0	0,2	205	20,0	19,0	4,2	8,3
C (90-150 см)	-	-	-	-	-	-	-	-	3,8	8,1

Одновременно с уменьшением количества гумуса в почвенных горизонтах отмечается и снижение уровня валового азота. Содержание которого в пахотном слое почвы составляет 0,22% с постепенным уменьшением до 0,05% в горизонте ВС. Распределение валового фосфора по описанным выше горизонтам почвы примерно одинаковое с варьированием в пределах 0,10-0,12%.

Концентрация в почве макроэлементов в доступной для растений форме весьма различно, в первую очередь необходимо отметить очень высокое (по методу Мачигина Б.П.) содержание K_2O - > 692 мг/кг в пахотном слое почвы. В этом же почвенном горизонте количество $N-NO_3$ оценивается по градации Сдобниковой О.В. как высокое и составляет – 14 мг/кг, а уровень P_2O_5 – 31 мг/кг почвы, что по градации Мачигина Б.П. определяется как повышенное. В каждом последующем почвенном горизонте отмечается снижение содержания основных элементов питания. Известно, что почвам Северного Казахстана присуще низкое количество подвижного фосфора, то повышенный уровень его в верхнем горизонте обусловлен только применением фосфорных удобрений в предыдущие годы на данном поле.

Отмечается насыщение почвенно-поглощающего комплекса почвы катионами кальция и магния. Основная доля приходится на катионы кальция сумма которых в пахотном слое почвы составляет 71% от суммарного количества поглощённых катионов.

Содержание обменного натрия в ППК варьирует в пределах 0,14-0,15 мг-экв./100 г почвы, что составляет 0,4-0,5% от суммы обменных катионов является не очень высоким и характеризует данную почву как слабосолонцеватую.

По всем горизонтам почвы отмечается среднещелочная реакция почвенного раствора, влияние на которую в первую очередь оказывает высокое содержание карбонатов Ca и Mg. При высоком количестве карбонатов в почвенных горизонтах распределены они по ним слабо, но с глубиной их содержание увеличивается, достигая максимальных показателей в слое почвы 80-100 см.

Плотность почвы пахотного слоя (0-30 см) соответствует оптимальным значениям (1,1-1,3 г/см³) для выращивания культур и находится в пределах 1,20 г/см³, а общая скважность составляет 50-59%. Метровый слой почвы характеризуется наименьшей полевой влагоемкостью – 360 мм, при влажности завядания растений этого слоя - 185 мм [2].

Таким образом, почва опытного участка, где проводились исследования представлена чернозёмом южным карбонатным. Чернозем южный карбонатный имеет благоприятные агрофизические и агрохимические свойства, что выражается в очень высоком количестве подвижного калия, высокой обеспеченностью $N-NO_3$ и повышенным содержанием подвижного фосфора.

2.2 Гидротермические условия участка проведения исследования

Стационар по органическому земледелию, где был заложен полевой опыт, расположен в 7 км от поселка Научный (Шортанды-1) в Шортандинском районе Акмолинской области. Практически вся территория Акмолинской области расположена на Казахском мелкосопочника [117-118].

Центральный Казахстан, который называют Центрально Казахстанской страной и чаще обозначают как Казахский мелкосопочник. Принимая во внимание что это наименование официальное, но оно не отображает орографическое сложение территории. Это связано с тем, что кроме мелкосопочника имеются значительные участки равнин и низкогорий [86; 117].

Зато народное наименование региона – Сары-Арка, более точно отображает его географическую, геоморфологическую, геоботаническую специфику [118].

Территория Республики Казахстан распределяется между четырьмя основными климатическими областями: континентальной европейской (её восточная под область), континентальной западносибирской (степной), континентальной северотуранской и горной Тянь-Шаня. Все области Северного Казахстана, а также и Центральный Казахстан входят в западносибирскую континентальную (Казахстанскую) климатическую область. Для этого обширного региона характерно, что климат формируется в основном под значительным влиянием солнечной инсоляции, что выражается в увеличивающейся к югу засушливости. Поскольку южная окраина региона совпадает с северной границей полупустынь. Климатические условия характеризуются засушливостью. В январе средняя температура может варьировать от -15 до -25 °С, а в июле от +20 до +25 °С. В течение года амплитуда колебания температуры воздуха может составлять > 35°. Годовое количество осадков составляет 200-300 мм и даже более. Снежный покров маломощный. Баланс солнечной радиации превышает затрату тепла на испарение выпадающих атмосферных осадков. Сумма осадков минус величина испаряемость около 400 мм [119].

Климат Сары-Арки характеризуется: хорошей обеспеченностью солнечным светом и тепла, его резкая континентальность, выраженная засушливость и четкая зональность. Климат в исследуемом регионе отнесён к степному континентальному типу [119]. Основное влияние на погодные условия этой территории оказывает сибирский антициклон, который способствует возникновению частых засух с интенсивностью 1 раз в 3-4 года. Нередко появление засухи имеет связь с холодными воздушными массами, перемещающимися из Арктики.

Количество выпадающих атмосферных осадков в различные годы может варьировать от 150 мм до 400 мм, а их максимум приходится на три летних месяца.

В степной зоне самым холодным месяцем является январь при средних температурах воздуха $-17...-18^{\circ}\text{C}$., но в условиях антициклона данный показатель в этот период может опуститься до $-35...-45^{\circ}\text{C}$. Самым жарким месяцем является июль с вариабельностью средних температур от $+19$ до $+22^{\circ}\text{C}$, а в отдельные годы столбик термометра может подняться и до $+35^{\circ}\text{C}$. Максимальная амплитуда температур в течении летних и зимних месяцев может доходить до 95°C , с варьированием от -50 до $+45^{\circ}\text{C}$. Обычно наблюдается резкий переход между сезонами года. На территории Казахского мелкосопочника в степной зоне может выпадать в год более 200 мм атмосферных осадков, а к востоку от реки Есиль – более 300 мм, в низкогорных массивах - до 400 мм. Характерным для данной территории является и неравномерное выпадение осадков по сезонам года, причем в теплый период их выпадает гораздо больше, чем в холодный. Летом наблюдается ясная и солнечная погода, а осадки часто имеют ливневый характер, причём за этот короткий период может выпасть месячная и даже большая норма. Вторжение холодных воздушных масс с территории Западно-Сибирской равнины, часто приводит к возникновению заморозков весной, летом и осенью [119-120].

Продолжительность солнечного сияния составляет примерно 2300-2400 часов в год, а максимальная активность наблюдается в июле, в этом месяце отмечается и наибольшее количество выпадающих осадков. В третьей декаде сентября может лечь первый снег, а устойчивый снежный покров сохраняется на данной территории течение 140–180 дней. В зимний период оттепели иногда могут привести к уничтожению снежного покрова, что, в результате чего почва промерзает на значительную глубину (до 2,5-3,0 м) [119].

Для всей территории Сары-Арки характерны сильные и частые ветры. В теплый и засушливый период они вызывают дефляцию почвы приводя к формированию пыльных бурь и увеличивают аридность климата всего региона. Зимой ветра способствуют сносу снега с полей в различные понижения рельефа – балки и низины, которые потом весной в виде талых вод стекают в овраги и реки. Поэтому большой процент зимних осадков теряется в виде стока и не поступает в почву, что снижает количество доступной влаги для роста и развития сельскохозяйственных культур [117].

Наиболее опасным погодным явлением для продуктивности сельскохозяйственных культур в Северном Казахстане представляет июньская засуха [121-122]. Для этого периода характерен дефицит осадков и почвенной влаги в сочетании с повышенными температурами воздуха, что негативно влияет на рост и развитие культурных растений и приводит к снижению их продуктивности. А для получения высоких урожаев выращиваемых культур необходимы достаточное увлажнение и умеренный температурный режим. Осадки июля слабо влияют на продуктивность зерновых культур, тогда как августовские дожди практически не сказываются на величине урожая [123].

На территории Акмолинской области июньская засуха отмечается в 44,4% из наблюдаемых лет, осадки близкие к среднегодовым показателям

в 29,6%, а благоприятные условия увлажнения в этот период всего в 26,0% лет. Самым влажным месяцем является июль, однако вероятность выпадения осадков на уровне среднемноголетних значений всего 18,5%. Осадки ниже нормы наблюдаются в 55,5% случаев, превышение этой нормы отмечается в 26% случаев, т.е. 1 раз в 4-е года и очень часто в этом месяце фиксируется двукратное превышение выпадающих осадков [122].

Таким образом, по совокупности почвенно-климатических условий территория, на которой проводятся исследования входит в зону степей [124], и отвечает требованиям характерным для суббореальных семиаридных ландшафтов в одной из международных классификаций [125].

Исследования по изучению минерального питания яровой тритикале проводились 2018-2022 годах. Вегетационные периоды пяти лет исследований характеризовались разнообразными гидротермическими условиями.

В 2018 году температурный режим в первой декаде июня составил +17,0°C, что было на уровне среднемноголетних значений 16,8°C, тогда как в последующие две декады она была на 2,2°C меньше нормы (рисунок 2).

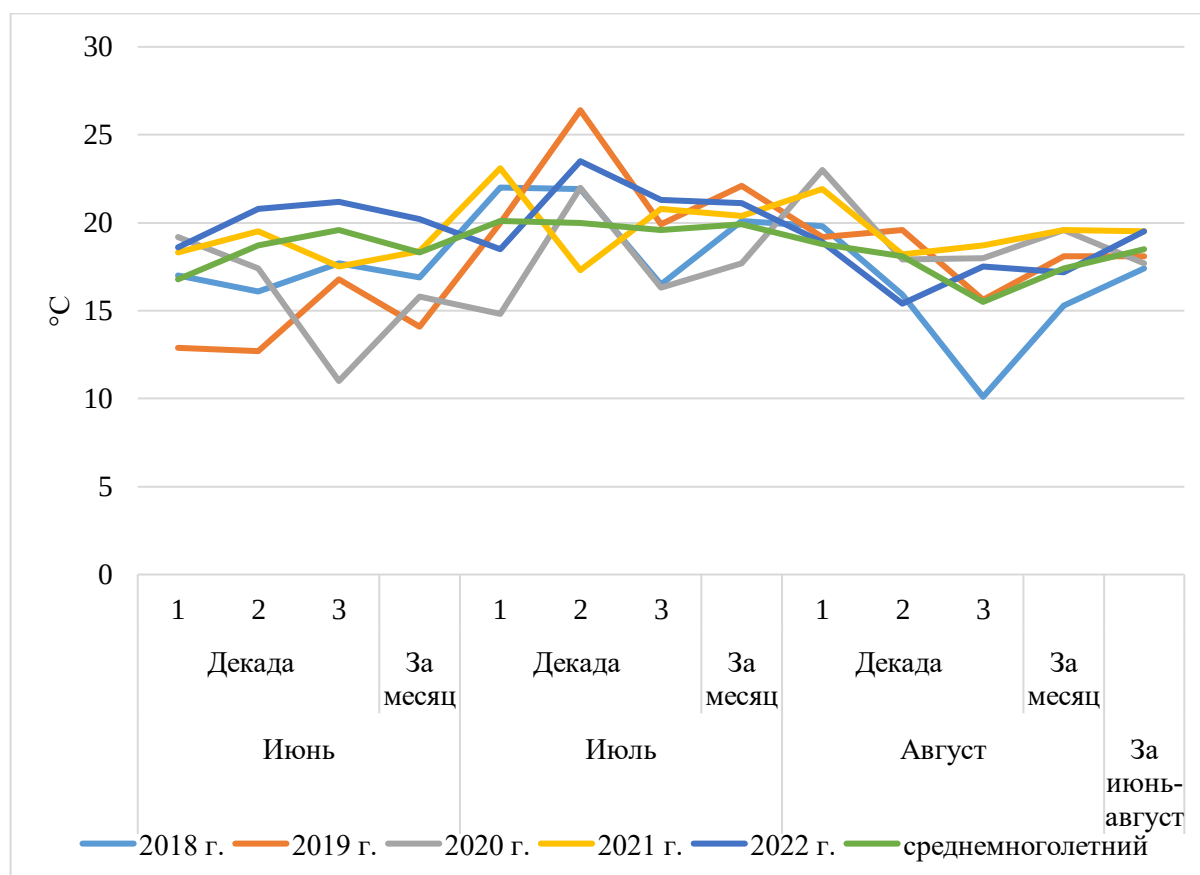


Рисунок 2 – Средняя температура воздуха (°C) за вегетационный период в годы исследования в сравнении со среднемноголетней нормой (1936-2022 гг.), (метеорологический пост п. Шортанды)

В июне среднесуточная температура воздуха достигала +16,9 °C и это на 1,4°C ниже нормы. Сумма осадков в 1-ой декаде июня составило всего 5,6 мм,

что на 6,2 мм ниже нормы (рисунок 3). Во вторую декаду выпало 13,8 мм, что было на уровне среднемноголетних значений – 14,2 мм. Максимум дождей пришелся на третью декаду составив 49,9 мм, что в 3,7 раза выше нормы. За июнь их сумма составила 69,3 мм, превысив среднемесячную норму в 1,8 раза (39,5 мм). В июне ГТК по Селянинову по декадам изменялся от 0,33 до 2,82, а по итогу месяца составил 1,37, что было выше нормы в 2 раза (рисунок 4). Июль характеризовался средней температурой в +20,1°C, что соответствовало многолетним значениям. Количество осадков в этом месяце составило 47,1 мм, что всего на 17% было меньше среднемноголетних значений (57,0 мм). В июле ГТК составил 0,76, что было ниже среднемесячных значений - 0,92. Температурный режим в августе был ниже нормы на 1,9 °C, а по количеству осадков превысило среднемноголетний уровень на 46,0 мм. ГТК по Селянинову в августе составил 1,81, в 2,5 раза превысил среднемноголетнее значение (0,74). Вегетационный период в 2018 году для яровой тритикале был благоприятный. В первую декаду июня развитие растений проходило при нормальном температурном режиме. В последующие две декады умеренный температурный фон и большое количество осадков способствовали интенсивному росту и развитию растений. В результате в этот год была получена максимальная урожайность тритикале за все пять лет исследований.

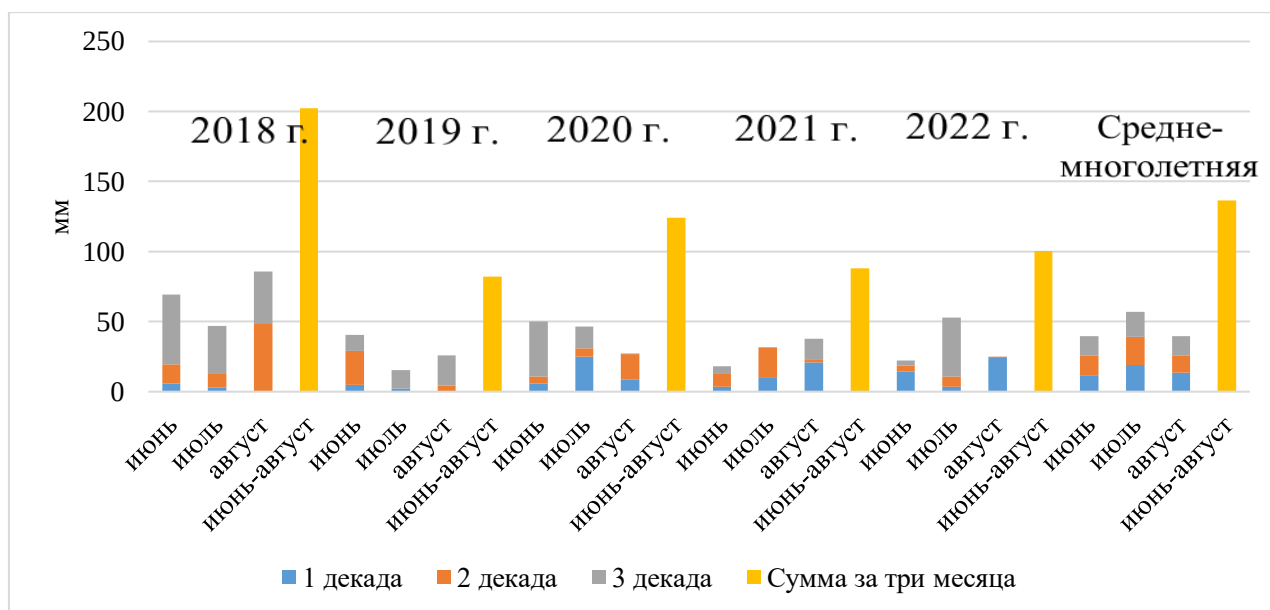


Рисунок 3 – Количество осадков, выпавших в период вегетации тритикале в годы проведения исследований в сравнении со среднемноголетними значениями (1936-2022 гг.), (метеопост п. Шортанды)

Июнь 2019 года характеризовался как холодный поскольку среднемесячная температурой воздуха была на 4,2 °C меньше среднемноголетних значений в 18,3 °C. В первой декаде июня температура была ниже среднемноголетнего уровня на 3,9 °C, во второй – 6,0 °C, в третьей

– 2,8 °С при среднемноголетних значениях соответственно в 16,8 °С, 18,7 и 19,6 °С. В июне количество осадков в первой и третьей декаде на 5,8 и 2,1 мм было ниже многолетнего уровня, который составляет за эти периоды 11,8 мм и 13,5 мм. Осадки во второй декаде выпали в количестве 24,1 мм, превысив многолетнее значение на 9,9 мм. В целом за июнь количество осадков составило 40,5 мм, что всего на 1 мм выше среднемесячной суммы (39,5). ГТК за месяц составил 0,96, при норме 0,72, на эту разницу в первую очередь повлиял невысокий температурный фон. Температурный режим в первой и третьей декадах июля составил 20,0 и 19,9°С, что было на уровне среднемноголетних значений (20,1 и 20 °С), а во второй декаде был на 6,4 °С выше норму (19,9°С). Среднемесячная температура составляла 22,1°С, что на 2,2°С превысило норму. В июле дожди пошли только в третьей декаде при сумме всего 15,5 мм, что в 3,7 раза меньше нормы (57,0 мм). За месяц ГТК (по Селянинову) составлял 0,23 что в четыре раза меньше месячной нормы (0,93). Температурный режим в августе по всем трем декадам соответствовал среднемноголетнему уровню. Дожди пошли только в третьей декаде августа составив в сумме за месяц 21,7 мм, что на 35% меньше нормы (39,8 мм). Это отразилось и на ГТК, который за месяц составил всего 0,46, что меньше среднемесячной нормы (0,74). В целом за вегетационный период 2019 года отмечался недобором атмосферных осадков, на благодаря невысокому температурному фону формировал благоприятные для роста и развития яровой тритикале.

В 2020 году температурные условия отличались выраженной неравномерностью. Так, температурный режим в первой декаде июня превысил норму на 2,4 °С, а во вторую и третью декады она снизилась на 1,3 и 8,6°С по отношению к многолетним показателям. В результате среднемесячная температура июня составила 15,8°С, что было меньше многолетней нормы на 2,5 °С. Количество осадков, выпавших в первую и вторую декады составило всего 10,6 мм, в третью декаду июня их сумма достигла месячного уровня – 39,5 мм. В итоге месячная сумма осадков в июне была равна 50,1 мм и на 12,5 мм превысила среднегодовой показатель. ГТК за июнь составил 1,03, что было выше среднемноголетних данных. В июле месяце температура воздуха первой и третьей декадах уступала на 5,3 и 3,3 °С среднемноголетним значениям, а во вторую декаду наблюдалось ее превышение на 2,0°С по отношению к норме. В итоге среднемесячная температура была меньше нормы и составляла 17,7 °С. Сумма осадков за июль месяц составила 46,6 мм, что было ниже многолетнего уровня на 10,4 мм. ГТК за июль составил 0,85, при его норме 0,92. Август месяц характеризовался температурой воздуха, которая на 2,2 °С превысила норму, а выпавшие осадки на 12,5 мм были ниже многолетнего уровня. Это всё отразилось на ГТК, который за август составил всего 0,45 при его норме 0,74. В целом в 2020 году в начальные фазы роста растения тритикале развивались в условиях умеренных температур и оптимальной влажности. В более поздние фазы

развития растения развивались при повышенных температурах воздуха и дефиците осадков, негативно сказалось на формировании урожая.

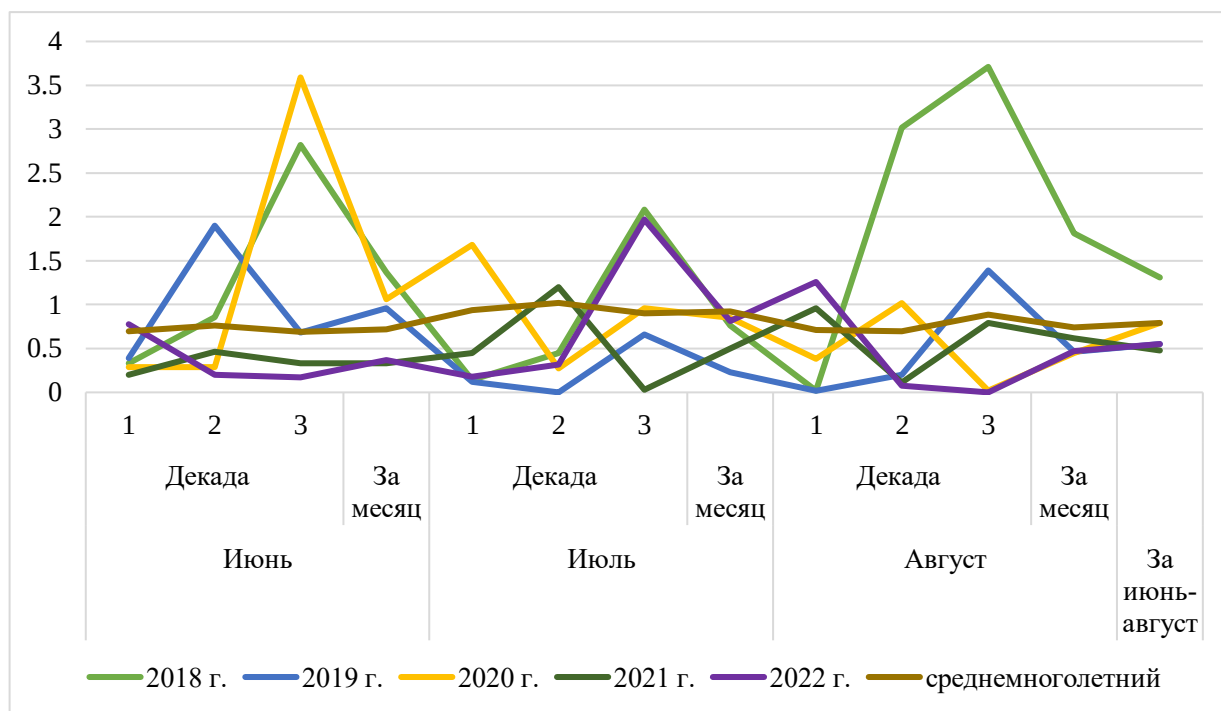


Рисунок 4 – ГТК по Селянину за вегетационный период в годы исследования в сравнении со среднемноголетней нормой (1936-2022 гг.)

В 2021 году температурный режим июня и июля соответствовал среднемноголетним значениям и составлял $+18,4$ и $+20,4$ °С. Температура воздуха августа месяца превысила на $2,2$ °С среднемесячные значения ($17,4$ °С). Количество осадков, выпавших в июне и июле составило $18,3$ мм и $31,9$ мм, что в $2,0$ и $1,5$ раза ниже среднемноголетнего уровня. Сумма осадков в августе составила $37,8$ мм, что соответствовало среднемесячному уровню. Низкое количество осадков отразилось и на ГТК летние месяцы, которые уступали среднемноголетним значениям, так ГТК июня составил $0,33$, июля – $0,50$ и августа $0,74$. Таким образом, рост и развитие растений в 2021 году проходило при неблагоприятных гидротермических условиях, что привело к получению самой низкой урожайности за все годы исследований.

Температурный режим в июне и июле в 2022 году был на $1,9$ и $1,2$ °С превышал среднемноголетние показатели, и только в августе он был в пределах нормы. Количество осадков в июне, июле и августе было ниже многолетнего нормы. ГТК по Селянину во все месяцы был меньше среднемноголетних значений и составлял в июне $0,37$ (норма $0,72$), в июле $0,81$ (норма $0,92$), в августе $0,47$ (норма $0,74$). Весь вегетационный период 2022 года был более продуктивным, чем в 2021 году.

В целом за пять лет исследований высокая урожайность яровой тритикале была получена в 2018-2019 годах, когда рост и развитие растений проходило в благоприятных гидротермических условиях.

2.3 Методика и агротехника при проведении полевых исследований

Влияния минеральных и органических удобрений на урожайность яровой тритикале изучали в полевых опытах, которые были заложены на черноземе южном карбонатном в ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А.И. Бараева» в 2018-2022 годах (N51°36'44.47"; E71°02'40.27").

Яровую тритикале высевали по двум предшественникам - пар и стерня, в рекомендованном трёхпольном севообороте: пар-тритикале-тритикале. Посев проводили стерневой культиваторной сеялкой СКП – 2,1. Срок посева тритикале всегда был 15 мая, при норме посева семян 2,2 миллиона всхожих семян на гектар, при глубине их заделки около 5-6 см.

В опытах использовали почвозащитную систему земледелия, которая разработана для условий Северного Казахстана [128-129]. В паровом поле в летний период вели борьбу с сорной растительностью орудиями плоскорезного типа: 4-е мелкие механические обработки почвы на 8 см и постепенным увеличением глубины обработки до 18 см. В первой декаде июня была проведена первая обработка пара, последующие обработки почвы проводили с интервалом в 18-21 день что соответствует периоду отрастания сорняков. Последнюю 5-ю обработку почвы проводили плоскорезом глубокорыхлителем на глубину 25-27 см в конце августа. Весной в предпосевной период проводили закрытие влаги и выравнивание глыбистых фонов ротационной бороной БИГ-3А. Перед посевом тритикале проводилась предпосевная культивация для борьбы с сорной растительностью. После уборки тритикале проводилась обработка почвы плоскорезом глубокорыхлителем на глубину до 25-27 см.

При традиционном земледелии семена обрабатывали инсекто-фунгицидным протравителем «Юнта» (имидоклоприд, 233 г/л + тебуконазол, 13 г/л) в дозе 1,7 л/т. В период вегетации тритикале проводили обработки различными пестицидами: в период кущения применяли баковую гербицидов Эстет (2,4-Д дихлорфеноксиуксусной кислоты в виде 2-этилгексилового эфира, 600 г/л) с нормой расхода 0,6 л/га + Гранстар (трибенурон-метил, 750 г/кг) 15 г/га + Тренд (ПАВ) 120 г/га; в фазу выхода в трубку - Фалькон (спиромаксин, 250 г/л + тебуконазол, 167 г/л + триадименол, 43 г/л) с нормой расхода 0,5 л/га + Пума Супер (феноксапроп-П-этил, 100 г/л+мефенпир-диэтил (антидот), 27 г/л) норма расхода 0,7 л/га + Энжио (тиаметоксам 141 г/л + лямбда-цигалотрин 106 г/л) норма расхода 0,1 л/га; в фазу налива – Фалькон, 0,5 л/га + Энжио, 0,1 л/га.

При органическом земледелии пестициды не применяли.

При традиционном земледелии изучалась эффективность следующих видов минеральных удобрений: аммофос (аф) производства АО «КазФосфат», N - 10%, P₂O₅ - 46% и аммиачная селитра (аа) производства АО «КазАзот» N - 34,4%. Аммофос вносили в запас в паровое поле горизонтальным экраном на глубину 12-14 см по всему участку в физическом весе 87 кг/га (в действующем

веществе N9P40). Данный способ снесения аммофоса является рекомендуемым в условиях Северного Казахстана при возделывании зерновых культур и принят нами за контроль [59]. Аммиачную селитру вносили ежегодно в рядки при посеве различными дозами в качестве интенсификации минерального питания. Варианты удобрений представлены в таблице 2.

При органическом земледелии в качестве органических удобрений использовали сухую надземную биомассу различных многолетних трав, которые обычно возделывают в условиях Северного Казахстана: донник (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.), эспарцет (*Onobrychis arenaria*), люцерна (*Medicago varia* Mart.), кострец (*Bromus inermis* Leyss.) и житняк (*Agropyron pectiniforme* Roem. et Schult). Вышеуказанные культуры возделывали на отдельном участке. Скашивать их начинали в тот период, когда они имели наибольшую надземную массу и содержали в ней большое количество таких макроэлементов как азот, фосфор и калий. После того как они высыхали до 14% влажности их прессовали в рулоны (которые взвешивали) и вывозили в поле. В паровом поле надземную биомассу равномерно распределяли и измельчали комбайном и оставляли в виде мульчи, которую заделывали при последующих обработках почвы.

Таблица 2 – Варианты и дозы внесения удобрений при выращивании яровой тритикале

Вариант удобрения	В физическом весе	Внесено элементов питания (кг/га)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Традиционное земледелие				
1. Контроль	87 кг/га	9	40	-
2. N20aa	87 кг/га+58 кг/га	29	40	-
3. N40aa	87 кг/га+116 кг/га	49	40	-
4. N60aa	87 кг/га+174 кг/га	69	40	-
5. N80aa	87 кг/га+232 кг/га	89	40	-
Органическое земледелие				
1. Биомасса донника – контроль	4,71 т/га	143	16	108
2. Биомасса эспарцета	4,71 т/га	144	16	139
3. Биомасса люцерны	4,32 т/га	135	16	103
4. Биомасса костреца	4,98 т/га	132	16	143
5. Биомасса житняка	4,85 т/га	117	16	115

Перед внесением биомассы многолетних трав для более точного определения дозы отбирали образцы, в которых определяли макроэлементы. По многолетним данным было установлено, что для донника, люцерны и

эспарцета наиболее подходящий период для скашивания – фаза начала цветения; для костреца – фаза выметывания; для житняка – фаза колошения.

Выбор органических удобрений в виде надземной биомассы многолетних трав, был сделан потому, что на момент проведения исследований в стране отсутствовали хозяйства сертифицированным органическим животноводством. Поэтому выращивание многолетних трав в хозяйствах для использования их в качестве удобрений упрощает их стоимость и доставку, а также получение сертификата соответствия хозяйства требованиям органического земледелия.

Дозы минеральных и органических удобрений рассчитывались с учетом обеспечения бездефицитного баланса подвижного фосфора в почве. Расположение вариантов опытов составляли, на основе методики полевого опыта [127]. В условиях органического земледелия доза внесения фосфора была немного снижена, поскольку урожайность культур в данной системе немного ниже традиционного земледелия.

Ширина делянки составляла – 4,3 м, длина - 30 м, площадь – 129 м², количество повторностей в опыте – 4. Площадь под каждое поле севооборота составляла 1,0 га, весь опыт занимал 3,0 га.

Ежегодно в опытах высевали сорт яровой тритикале «Россика». Данный сорт был создан АО «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина» совместно с Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Верхневолжский Федеральный Аграрный Научный Центр». Включён в Госреестр по Северо-Западному региону Российской Федерации. Куст прямостоячий. Сорт интенсивного типа, характеризуется среднеранним периодом созревания с вегетационным периодом - 90-100 дней. Восковой налёт на влагалище флагового листа сильный. Густота опушения шейки стебля изменяется от сильной к очень сильной. Колос белый, характеризуется средней плотностью и полностью остистый. Опушение наружной поверхности нижней колосковой чешуи отсутствует, первый зубец средний. Максимальный урожай зерна тритикале получен в 2017 году в Тверской области - 43,7 ц/га, при средней урожайности в регионе в 29,7 ц/га. Сорт засухоустойчив, устойчив к полеганию и осыпанию, а также к комплексу болезней (мучнистая роса, ржавчина и головня). Высота растений может варьировать в пределах 77-100 см. Качество зерна высокое, зерно крупное красного цвета, масса 1000 семян в среднем 43,7 грамм, содержание белка в зерне 13,4 %, натура в среднем составляет 695 г/л [126].

2.4 Методы, применяемые в исследовании

Определение запасов почвенной влаги в слое почвы 0-100 см, проводили используя гравиметрический метод. Почвенные образцы отбирали из каждого 10 см слоя почвы перед посевом тритикале и перед её уборкой [130].

Расход продуктивной влаги яровой тритикале на формирование урожая определяли на основе суммарного водопотребления [131].

Отбор почвенных образцов и их химический анализ выполняли по общепринятым методикам [132]: содержание органического вещества – по Тюрину, нитратного азота – ионометрическим методом в слое почвы 0-40 см, и подвижный фосфор – по Мачигину Б. П. в 20 см почвенном горизонте. Почвенные образцы отбирали из горизонтов 0-20 и 20-40 см, в следующие сроки: перед посевом, в фазы кущения, колошения и полной спелости тритикале. Началом наступления фенологической фазы считали, когда в неё вступало 10% растений, а полное наступление – >75% растений. Смешанный почвенный образец имел массу 300-400 г и формировался из 5 элементарных образцов.

Одновременно с почвенными образцами отбирали растения тритикале на биометрию для проведения измерений по фазам роста и развития, оценки накопления сухого вещества, проведения структурного анализа, а также определения химического и биохимического состава биомассы, соломы и зерна. Растения отбирали в 4-х повторениях по всем вариантам с 1 м².

Все фенологические наблюдения, измерения и структурный анализ снопового материала выполняли по общепринятой методике [133].

Биохимический состав растений, основной и побочной продукции тритикале выполняли стандартными методами: содержание N – по Кьельдалю, P₂O₅ – колориметрически по Гингзбург, и K₂O – на пламенном фотометре [134]. Содержание сырой клейковины в зерне определяли методом отмывания клейковины с помощью механизированных устройств

Количественно видовой состав сорняков в опытах проводили в два срока - перед посевом яровой тритикале и перед её уборкой [135]. Учет проводили, используя рамку площадью 0,25 м² (рамка 50x50 см) которую накладывали в трех повторениях.

Баланс макроэлементов в почве рассчитывали по методике А.В. Петербургского [136]. Приходная часть баланса состояла из следующих источников питательных элементов: минеральные и органические удобрения, посевной материал. Расходная часть состояла из выноса макроэлементов зерном.

Определение урожайности зерна тритикале проводили на каждой деланке однофазным способом комбайном Wintersteiger Delta. С каждого варианта образец зерна взвешивали из него отбирали пробу в 1 кг, в которой позже устанавливали влажность, засоренность, химический состав и массу 1000 семян. После чего урожай зерна тритикале пересчитывали на стандартную влажность (14%) и 100% чистоту.

Данные проходили математическую обработку с помощью программы «SNEDECOR» на компьютере [137]. Для представления наименьшей существенной разницы, был применен метод «Compact letter display», который состоит в маркировке данных буквой. Данные статистически недостоверны, когда имеют общую букву. Максимальные достоверные различия обозначаются буквой – а, последующие достоверно различающиеся значения обозначаются последующей буквой английского алфавита [138].

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Влагообеспеченность посевов яровой тритикале и потребление ею влаги в период вегетации

По утверждению Минеева В. Г. [139], условия влагообеспеченности оказывают влияние на продукционный процесс сельскохозяйственных культур и способность ими потреблять и реализовывать дополнительное минеральное питание, которое поступает в растение.

В Северном Казахстане одним из ключевых факторов, обеспечивающих получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, является достаточная их влагообеспеченность [2, с. 45; 140; 141; 142]. Характерной особенностью данной территории является то, что влагообеспеченность растений часто зависит от количества продуктивной влаги в почве, поступление и накопление которой происходит в основном за счет осадков осенне-зимнего и летнего периодов.

Яровая тритикале может использовать влагу метрового слоя почвы, поскольку ее корни способны проникать на глубину 1,5-2,5 м и в сравнении с другими зерновыми культурами лучше переносит дефицит влаги, за счёт мощной и хорошо развитой корневой системы [24].

Результаты исследований показали, что в условиях традиционной технологии максимальный влагозапас в почве перед посевом тритикале отмечался только по паровому предшественнику в 2018 и 2019 годах (таблица 3). В эти два года содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы составляло 134 и 138 мм и оценивалось как хорошее согласно градации Вадюниной А.Ф. и Корчагиной З.А. [143].

Таблица 3 – Количество продуктивной влаги в почве (мм) при возделывании яровой тритикале в условиях традиционного земледелия

Год исследования	Слой почвы 0-30 см		Слой почвы 0-50 см		Слой почвы 0-100 см	
	перед посевом	перед уборкой	перед посевом	перед уборкой	перед посевом	перед уборкой
Тритикале по пару						
2018	36,0	20,0	70,0	40,0	134,0	93,0
2019	36,0	15,0	67,0	24,0	138,0	27,0
2020	31,0	3,0	60,0	15,0	118,0	25,0
2021	32,0	4,0	58,0	15,0	119,0	26,0
Среднее	33,8	10,5	63,8	23,5	127,3	42,8
Тритикале по стерне						
2019	34,0	2,0	60,0	15,0	125,0	18,0
2020	33,0	1,0	60,0	7,0	123,0	24,0
2021	31,0	2,0	55,0	7,0	119,0	18,0
2022	34,0	13,0	64,0	21,0	124,0	53,0
Среднее	33,0	4,5	59,8	12,5	122,8	28,3

По этому предшественнику в 2020 и 2021 годах запасы влаги в почве оценивались как удовлетворительные. Количество продуктивной влаги перед

посевом тритикале по стерневому агрофону в течении четырёх лет исследований (2019-2022 гг.) имели удовлетворительную оценку и варьировали от 119 до 125 мм.

Перед посевом тритикале по пару в органическом земледелии хорошие запасы влаги - 144,0 мм и 136,0 мм в метровом слое почвы наблюдались в 2018 году и 2020 году (таблица 4). В оставшихся два (2019 и 2021) года уровень продуктивной влаги оценивался как удовлетворительный. Стерневой предшественник за весь период исследований характеризовался удовлетворительными запасами продуктивной почвенной влаги в предпосевной период.

По мнению некоторых авторов применение органических удобрений повышает влагоемкость и водоудерживающую способность почвы, что стимулирует увеличение уровня продуктивной влаги в почве [144-145]. В нашем исследовании перед посевом тритикале не удалось установить различий по количеству продуктивной влаги в 0-100 см слое почвы между традиционным и органическим земледелием. Скорее всего вносимое количество надземной биомасса трав, было не так много, чтобы повлиять на влагоёмкость и водоудерживающие показатели почвы.

Таблица 4 – Уровень продуктивной влаги в почве (мм) при возделывании тритикале в условиях органического земледелия

Год исследования	Слой почвы 0-30 см		Слой почвы 0-50 см		Слой почвы 0-100 см	
	перед посевом	перед уборкой	перед посевом	перед уборкой	перед посевом	перед уборкой
Тритикале по пару						
2018	30,0	18,0	60,0	34,0	144,0	80,0
2019	27,0	6,0	60,0	11,0	126,0	18,0
2020	33,0	4,0	65,0	9,0	136,0	27,0
2021	29,0	5,0	55,0	9,0	115,0	28,0
Среднее	29,8	8,3	60,0	15,8	130,3	38,3
Тритикале по стерне						
2019	26,0	8,0	55,0	22,0	107,0	34,0
2020	28,0	6,0	60,0	11,0	108,0	23,0
2021	31,0	5,0	63,0	11,0	130,0	18,0
2022	36,0	15,0	67,0	23,0	128,0	42,0
Среднее	30,3	8,5	61,3	16,8	118,3	29,3

В среднем за все годы исследований запасы продуктивной влаги перед посевом тритикале в метровом горизонте почвы по паровому фону в традиционном земледелии составили 127 мм, в органическом - 130 мм, по стерневому предшественнику - 122 и 118 мм соответственно. Принимая во внимание, что чернозём южный тяжелосуглинистый способен удерживать около 160 мм продуктивной влаги в 0-100 см слое почвы, то фактические запасы были гораздо меньше его возможностей [2]. Исходя из этого, средние запасы продуктивной влаги в почве в предпосевной период составляли 72-81%

от установленной величины и оценивались как удовлетворительные. Причем этот показатель не зависел от технологии возделывания и предшественника.

В предуборочный период максимальное количество продуктивной влаги в почве – 80-93 мм по двум системам земледелия отмечались по паровому предшественнику в 2018 году. Это связано с тем, что во второй и третьей декадах августа выпали осадки выше нормы и уже не могли быть использованы яровой тритикале для создания урожая. В последующие 2019-2022 годы остаточные запасы продуктивной влаги в почве перед уборкой тритикале по двум предшественникам и системам земледелия оценивались как плохие. Принимая во внимание, что эти годы отличались ярко выраженной засушливостью, поэтому вся почвенная продуктивная влага была израсходована на формирование продуктивности яровой тритикале.

В двух системах земледелия для определения связи запасов продуктивной почвенной влаги метрового слоя в предпосевной период с урожаем зерна яровой тритикале провели корреляционный анализ. Между этими двумя показателями была установлена высокая связь, которая варьировала от средней до сильной степени в изучаемых системах земледелия (таблица 5). Высокая корреляционная зависимость урожая зерна от количества влаги в почве была установлена по традиционному пару $r = +0,83 \dots +0,98$. Различные варианты удобрений влияния на корреляцию не оказывали. Данная ситуация возможно связано с малой выборкой лет проведения исследования (всего 4 года по каждому предшественнику), а для более точного математического анализа согласно Доспехову Б. А. чтобы доказать значимость слабых связей необходимо 40-100 пар наблюдений, средних – 12-40 и сильных – 6-12 пар [127].

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции (r) урожайности яровой тритикале с содержанием продуктивной влаги почве (слой 0-100 см) перед посевом за 2018–2022 гг.

Вариант удобрения	Традиционное земледелие		Вариант удобрения	Органическое земледелие	
	по пару	по стерне		по пару	по стерне
Контроль	0,95*	0,57	Контроль	0,56	0,69
N20aa	0,92	0,96*	Биомасса эспарцета	0,61	0,68
N40aa	0,83	0,61	Биомасса люцерны	0,83	0,72
N60aa	0,98*	0,70	Биомасса костреца	0,67	0,68
N80aa	0,90	0,70	Биомасса житняка	0,49	0,81
Примечание – * связь доказана на 5% уровне значимости					

Похожие результаты были выявлены на яровой пшенице, возделываемой в условиях Северного Казахстана и Западной Сибири, где

корреляция между урожаем зерна и предпосевными запасами почвенной влаги в слое почвы 0-100 см, была в пределах $r = 0,97$ и $r = 0,55...0,90$ [1; 146]. Это обусловлено тем, что в условиях засушливого климата Северного Казахстана атмосферные осадки неравномерно выпадают в течении вегетационного периода, а в отдельные годы могут отсутствовать полностью. Следовательно, количество продуктивной влаги в почве перед посевом будет единственным доступным ресурсом, который потребляться культурными растениями [147].

Следующим не менее важным является определение количества влаги необходимой для формирования яровой тритикале единицы продукции. В традиционном земледелии в контрольном варианте наименьший расход влаги яровой тритикале на создание 0,1 т зерна по пару отмечался в 2018 и 2019 годах и был в пределах 8,2 и 7,2 мм (таблица 6). Расход влаги на создание единицы продукции в засушливые 2020 и 2021 годы возрастал примерно в 1,5 раза. При возделывании яровой тритикале по стерневому предшественнику отмечена аналогичная зависимость, так в контроле наименьший расход влаги отмечался в 2019 и 2022 годах и составлял 8,4 мм и 8,9 мм/0,1 т зерна, в засушливые 2020 и 2021 годы он увеличивался в 1,2-1,5 раза. Аналогичная закономерность не зависимо от предшественника отмечалась и в условиях органического земледелия, только здесь различия в расходе влаги между увлажненными и сухими годами были ещё больше. Большая потребность тритикале во влаге, особенно в засушливые годы, согласуется с литературными данными, когда в сухие годы в 2-3 раза увеличивается транспирационный коэффициент, по отношению к влажным годам [148].

Таблица 6 – Затраты влаги на образование 0,1 т зерна яровой тритикале (с соответствующим количеством соломы), мм

Вариант удобрения	Тритикале по пару				Тритикале по стерне			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Традиционное земледелие								
Контроль	8,2	7,2	12,6	11,9	8,4	15,3	10,9	8,9
N20aa	7,6	7,0	12,5	10,5	8,5	11,5	10,6	8,2
N40aa	7,1	7,4	11,8	10,5	8,3	13,2	10,1	8,2
N60aa	8,4	6,9	12,1	10,3	7,8	12,4	10,0	8,1
N80aa	8,1	7,3	10,6	10,2	8,0	13,0	10,2	8,0
Органическое земледелие								
Контроль	13,6	10,6	21,2	19,5	14,9	23,2	18,9	14,9
Биомасса эспарцета	14,9	13,1	23,1	19,3	16,5	27,8	20,9	15,4
Биомасса люцерны	16,4	13,2	17,9	19,0	16,7	27,4	20,2	14,4
Биомасса костреца	15,0	12,6	20,1	18,4	16,3	27,1	20,7	15,5
Биомасса житняка	13,6	11,3	22,0	16,7	16,2	27,4	18,7	15,3

Тритикале выращиваемая в условиях органического земледелия использовала в 1,5-2,0 раза больше воды на создание 0,1 т зерна в сравнении с

традиционным земледелием. Это связано с тем, что в условиях органического земледелия урожайность была низкая из-за более высокой засоренности посевов. Сорная растительность в период своего роста и развития потребляла определенную часть влаги, а согласно требованиям органического земледелия, гербициды применять нельзя.

Стоит отметить, что применение различных удобрений существенно не снижало водопотребление яровой тритикале по сравнению с контролем.

Таким образом, системы земледелия не оказывали влияние на запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы и в среднем за исследуемый период по традиционному и органическому парам они достигали - 127,2 и 130,2 мм, а по стерневому фону - 118,1 и 118,6 мм. В изучаемых системах земледелия выявлена зависимость содержания продуктивной почвенной влаги перед посевом с урожайностью тритикале и степень корреляции варьировала от средней до сильной. Сильная корреляционная зависимость была установлена в условиях традиционного земледелия которая составляла в контроле по паровому предшественнику $r = 0,95$, а по стерневому – всего $r = 0,57$. В условиях органического земледелия эта связь была выражена немного слабее и составляли по пару $r = 0,56$, по стерне - $r = 0,69$.

В традиционном земледелии наименьший расход влаги яровой тритикале на создание 0,1 т зерна отмечался в 2018-2019 годах по паровому предшественнику и в контрольном варианте был равен 8,2 и 7,2 мм, а в такие засушливые годы как 2020-2021 гг. этот показатель возрастал примерно в 1,5 раза. Аналогичная ситуация была характерна для стерневого предшественника и органического земледелия. Можно добавить, что в органическом земледелии яровая тритикале потребляла примерно в 1,5-2,0 раза больше влаги на создание 0,1 т зерна независимо от предшественника в сравнении с традиционным земледелием. Варианты удобрений влияния на водопотребление растений тритикале в сравнении с контролем не оказывали.

3.2 Динамика азота и фосфора в почве по фазам развития тритикале

Изучение динамики минерального азота и подвижного фосфора в чернозёмных и темно-каштановых почвах Северного Казахстана проводились большим количеством исследователей [37-38; 43; 59; 149-150]. Многими авторами установлено, что основной, а порой и единственной формой азота доступного для потребления культурными растениями, выращиваемыми на чернозёмных и каштановых почвах Северного Казахстана и Сибири является нитратный азот [151-155].

Образование нитратов происходит чаще всего в пахотном горизонте почвы, на скорость этого процесса влияют такие показатели как обработка почвы, различные предшественники, и самый важный - погодно-климатические условия [156]. Известно, что в условиях Северного Казахстана в различных почвах наибольшее содержание нитратного азота отмечается в паровом поле, это связано с тем, что он не используется растениями и

интенсивно идет минерализация почвенного органического вещества. Снижение количество нитратов в почве начинает отмечаться уже со второй культуры после пара, хотя их содержание ещё способно обеспечивать формирование высокой продуктивности зерновых культур [43; 151].

Результаты четырех лет исследований показали, что уровень $N-NO_3$ перед посевом тритикале в 0-40 см горизонте почвы по паровому предшественнику в двух системах земледелия характеризовался как высокий и очень высокий (таблица 7).

Таблица 7 – Уровень обеспеченности минеральным азотом зерновых культур на чернозёмных почвах Северного Казахстана, по О. В. Сдобниковой [72].

Обеспеченность	Содержание азота в слое почвы 0–40 см, мг/кг почвы	
	NO_3	$N-NO_3$
Низкая	0 – 17,0	0 – 4,0
Средняя	17,1 – 44,0	4,1 – 10,0
Высокая	44,1 – 70,0	10,1 – 16,0
Очень высокая	> 70,0	> 16,0

За четыре года исследований количество $N-NO_3$ до посева составляло в среднем по традиционному пару 26,6 мг/кг, по органическому - 30,6 мг/кг почвы, что в пересчете составляло 128 кг и 147 кг азота на 1 гектар (таблица 8). В последующие фазы роста и развития тритикале динамика минерального азота в почве по изучаемым системам земледелия была различной. В условиях традиционного земледелия пар характеризовался постепенным снижением уровня азота нитратов в почве контрольного варианта с 26,6 мг до 16,2 мг/кг почвы, в период от посева к уборке, но и это значение было в пределах высокой обеспеченности. Внесение аммиачной селитры в различных дозах $N40-80$ увеличивало концентрацию нитратного азота в почве, по отношению к контрольному варианту, во все исследуемые фазы развития яровой тритикале. Так, в фазу кущения оно было выше контроля на 4,5-5,2 мг, в колошении – 1,9-5,5 мг и в фазу полной спелости - 2,2-7,5 мг/кг почвы. Внесение аммиачной селитры дозой $N20$ не увеличивало количество $N-NO_3$ в почве только в фазу полного созревания.

Немного другая ситуация складывалась в условиях органического земледелия. Содержание нитратного азота в вариантах внесения в качестве удобрений надземной биомассы эспарцета, люцерны, костреца и житняка было таким же, как на контроле. В последующие фазы роста и развития тритикале в условиях органического земледелия динамика концентрации нитратного азота в почве была слабой, но оставалась все так же на высоком уровне. Так, в вариантах опыта в кущении уровень $N-NO_3$ в почве изменялся

от 16,3 мг до 19,8 мг/кг почвы, в колошении – от 16,4 мг до 19,1 мг и перед уборкой – от 17,1 мг до 20,7 мг/кг почвы.

Снижение содержание нитратного азота в почве в фазу кушения и колошения яровой тритикале связано с потреблением этого элемента для наращивания ею надземной биомассы.

Таблица 8 – Динамика N-NO₃ (в слое 0-40 см) по фазам развития тритикале возделываемой по паровому (среднее за 2018-2021 гг.) и стерневому (среднее за 2019-2022 гг.) предшественникам, мг/кг почвы

Вариант удобрения	До посева		Кущение		Колошение		Перед уборкой	
	1 КПП	2 КПП	1 КПП	2 КПП	1 КПП	2 КПП	1 КПП	2 КПП
Традиционное земледелие								
Контроль	26,6±15,6	12,5±5,7	20,8±13,4	5,7±1,6	16,1±11,0	6,5±3,6	16,2±9,8	7,4±3,1
N20aa			20,5±10,2	8,5±5,0	15,5±9,1	7,9±0,9	16,8±10,7	8,1±1,5
N40aa			25,7±12,9	10,5±7,2	17,9±10,1	10,0±4,2	18,4±14,1	9,2±3,0
N60aa			26,0±13,6	13,1±7,2	19,3±11,1	10,7±3,9	21,7±13,0	12,4±4,8
N80aa			25,3±9,0	18,4±9,7	21,5±11,9	14,7±7,0	23,7±23,6	18,9±8,2
Органическое земледелие								
Контроль	30,6±14,8	16,0±7,7	19,8±11,3	8,4±2,4	18,9±10,6	6,3±3,0	20,7±15,6	7,5±3,1
Биомасса эспарцета	25,0±14,6	16,0±5,7	16,3±8,0	7,7±2,4	17,8±15,1	6,3±1,5	17,1±16,2	8,8±2,9
Биомасса люцерны	27,4±12,8	14,7±5,5	19,2±9,0	8,7±3,0	19,1±15,5	6,9±3,2	19,0±15,5	7,3±2,7
Биомасса костреца	25,5±10,7	15,5±6,2	17,9±8,5	9,0±3,3	16,4±6,9	7,3±2,6	20,3±16,9	7,1±3,0
Биомасса житняка	28,8±13,8	14,1±6,0	19,6±14,3	7,4±2,6	18,5±12,3	9,3±6,3	18,4±12,2	8,7±1,8

Перед посевом тритикале по традиционной технологии содержание нитратного азота в почве стерневого предшественника в среднем за 2019-2022 гг. составляло - 12,5 мг/кг (высокая обеспеченность) в 0-40 см слое почвы. В фазу кушения тритикале в почве контрольной делянки было отмечено уменьшение нитратного азота в 2,2 раза (до 5,7 мг/кг) по отношению к исходному количеству. В следующие фазы развития тритикале отмечается постепенное увеличение количества азота в почве так, в фазу полной спелости уровень N-NO₃ в почве был 7,4 мг/кг почвы. Внесение аммиачной селитры дозой N20 способствовало увеличению количества азота нитратов в почве в кушение на 2,8 мг/кг, в колошении – 1,4 мг, а перед уборкой – 0,7 мг/кг почвы в сравнении с контролем в эти же фазы. Увеличение дозы внесения азотных удобрений от 40 до 80 кг/га в д.в. способствовало повышению концентрации азота в почве в несколько раз. Так, в указанных вариантах количество N-NO₃ в почве в сравнении с контролем возрастало в фазу кушения в 1,8-3,2 раза, в колошении в 1,5-2,3 раза и перед уборкой в 1,2-2,6 раза.

По аналогичному предшественнику в условиях органического земледелия содержание нитратного азота перед посевом в вариантах опыта было высоким и очень высоким и изменялось от 14,1 мг до 16,0 мг/кг почвы. В фазу кушения тритикале концентрация азота в почве снизилась почти в два

раза и составляло - 7,7-9,0 мг/кг, и оставалось на этом же уровне в последующие фазы.

Снижение количества нитратного азота в почве может быть связано с интенсивным его потреблением яровой тритикале для наращивания надземной биомассы. В исследовании, проведенном на тяжелосуглинистой почве Батяхин Н. А. установил, что яровая тритикале потребляет максимальное количество макроэлементов (азота и фосфора) из почвы начиная с фазы трубкования и до середины фазы колошения [157]. Но, по нашему мнению, вынос азота из почвы может быть связан с потреблением этого элемента сорной растительностью, поскольку в условиях органического земледелия отмечено наиболее резкое снижение нитратного азота в почве. Более детально это будет рассмотрено в разделе 3.3 (см. ниже стр. 111).

В чернозёмных почвах имеется большое количество валовых форм фосфора [119; 158], но уровень именно P_2O_5 крайне низкий, так в слое почвы 0-20 см он варьирует от 7 до 12 мг/кг [159]. С увеличением глубины уровень P_2O_5 в почвенных горизонтах снижается, а в слоях почвы глубже 60 см его можно и не обнаружить. Количество P_2O_5 в почве, не зависит от гидротермических условий, технологии возделывания и предшественников, его уровень можно повысить только за счет внесения минеральных или органических удобрений [59].

Перед посевом яровой тритикале количество P_2O_5 в почве по изучаемым системам земледелия и предшественникам соответствовало оптимальным параметрам для зерновых культур и не ограничивало рост и развитие растений [42, 59, 159]. Содержание этого элемента питания в 0-20 см слое почвы составляло по пару 31,5-36,6 мг/кг, по стерневому фону – 29,6-30,7 мг/кг почвы (таблица 9).

Таблица 9 – Динамика содержания P_2O_5 в 0-20 см горизонте почвы в разные периоды развития тритикале возделываемую по паровому (среднее за 2018-2021 гг.) и стерневому (среднее за 2019-2022 гг.) предшественникам, мг/кг

Вариант удобрения	До посева		Кущение		Колошение		Перед уборкой	
	1 КПП	2 КПП	1 КПП	2 КПП	1 КПП	2 КПП	1 КПП	2 КПП
Традиционное земледелие								
Контроль	36,6±5,4	29,7±6,9	37,1±7,0	27,2±5,3	26,7±5,6	23,5±6,1	21,5±5,6	20,1±5,2
N20aa			36,9±8,7	27,0±3,5	29,8±4,7	23,1±2,2	22,6±5,9	20,2±4,6
N40aa			36,5±9,6	26,9±4,1	30,0±4,6	23,9±4,3	23,3±5,3	20,0±6,6
N60aa			33,8±7,8	28,8±5,3	28,5±4,0	23,9±4,2	20,9±5,1	20,2±4,8
N80aa			34,0±9,3	26,8±2,1	28,4±8,0	23,7±4,2	22,4±6,6	21,2±3,7
Органическое земледелие								
Контроль	33,4±5,9	30,2±10,7	27,7±3,9	26,1±5,0	22,5±2,4	20,5±7,2	16,2±1,1	18,7±4,3
Б.эспарцета	31,8±9,1	30,7±12,0	25,4±2,6	24,5±5,7	20,3±2,9	19,2±5,1	16,5±1,3	18,4±4,6
Б.люцерны	31,5±4,3	29,6±10,5	27,5±2,3	26,6±6,1	22,4±5,5	19,3±4,9	17,7±3,2	17,8±2,9
Б.костреца	32,3±5,9	30,1±8,2	28,4±1,6	24,6±4,0	23,0±3,6	20,1±5,0	17,3±4,2	17,1±2,0
Б.житняка	32,2±5,5	29,9±9,8	26,6±2,9	27,3±4,6	23,5±5,3	20,7±6,4	16,4±3,6	18,6±1,9

В последующие фазы роста и развития тритикале отмечается постепенное снижение количества подвижного фосфора в почве, достигая

наименьших показателей перед уборкой. Данная динамика характерна изучаемых систем земледелия и предшественников. Наиболее выраженное снижение фосфора в почве было отмечено в органическом земледелии, где в сравнении с исходным уровнем его концентрация снизилась почти в два раза.

В дополнении можно сказать, что внесение в паровое поле сухой надземной биомассы многолетних трав обеспечило такой же уровень P_2O_5 в почве перед посевом, как внесение в запас в паровое поле аммофоса в дозе P_{40} .

Изучаемые варианты внесения различных удобрений по двум системам земледелия не оказывали существенного влияния на изменение динамики P_2O_5 в почве по фазам роста и развития яровой тритикале.

Таким образом, содержание в предпосевной период в чернозёме южном карбонатном $N-NO_3$ по двум системам земледелия зависело от предшественника, так по пару соответствовало очень высокой обеспеченности (25,5-30,6 мг/кг почвы), по стерне – высокой обеспеченности (12,5-16,0 мг/кг почвы). Количество подвижного фосфора перед посевом по системам земледелия и предшественникам оценивалось, как повышенное (29,6-33,4 мг/кг почвы). Динамика элементов питания в почве имела четкую тенденцию к снижению $N-NO_3$ и P_2O_5 от посева к уборке, что хорошо было видно в условиях органического земледелия. При традиционном земледелии внесение аммиачной селитры перед посевом тритикале в дозах N_{40-80} способствовало повышению уровня $N-NO_3$ в почве по всем фазам развития тритикале как по пару так, и по стерне.

3.3 Сорная растительность в посевах яровой тритикале

Ежегодный учет засоренности участка перед посевом яровой тритикале показал, отсутствие сорной растительности как по системам земледелия, так и по предшественникам. Отсутствие сорняков перед посевом при традиционном и органическом земледелии связано с одинаковым набором технологических операций, которые проводились осенью после уборки предшественника и весной при подготовке полей к посеву. В условиях Северного Казахстана весенний период довольно часто бывает холодный и сорняки не успевают отрастать из-за недобора положительных температур. Часть сорной растительности уничтожается при проведении предпосевной культивации (проводимой за 5-7 дней до посева), остальная часть и свежие проростки при посеве тритикале (сеялками с культиваторными рабочими органами). Многолетние сорняки обычно отрастают вместе со всходами тритикале, а однолетние после выпадающих продуктивных осадков. Контроль над численностью сорняков возможен только при применении гербицидов в традиционном земледелии, что позволяет контролировать их количество и развитие, снижая к минимуму их влияние на рост и развитие основной культуры. В условиях органического земледелия использование гербицидов недопустимо, поэтому культурные растения конкурируют с сорняками за элементы питания и почвенную влагу уже в начальный период своего

развития. Учитывая то, что в регионе исследований влага является главным лимитирующим фактором, низкая влагообеспеченность обуславливает жесткость конкуренции и соответственно уровень урожайности.

Учет количества сорняков, проведенный перед уборкой тритикале позволил установить достоверное различие по количеству сорняков между традиционным и органическим земледелием по двум изучаемым предшественникам (пар, стерня). Наименьшая засоренность посевов тритикале в предуборочный период была отмечена в традиционном земледелии, где по паровому предшественнику количество сорняков изменялось по годам от 4,6 до 11,4 шт./м², а в органическом она была в 2-3 раза выше изменяясь от 12,3 до 24,0 шт./м² (рисунок 5). Аналогичная ситуация прослеживалась и по стерневому фону, в условиях традиционного земледелия количество сорняков изменялось от 5,2-13,5 шт./м², и по органическому – 12,0-24,0 шт./м².

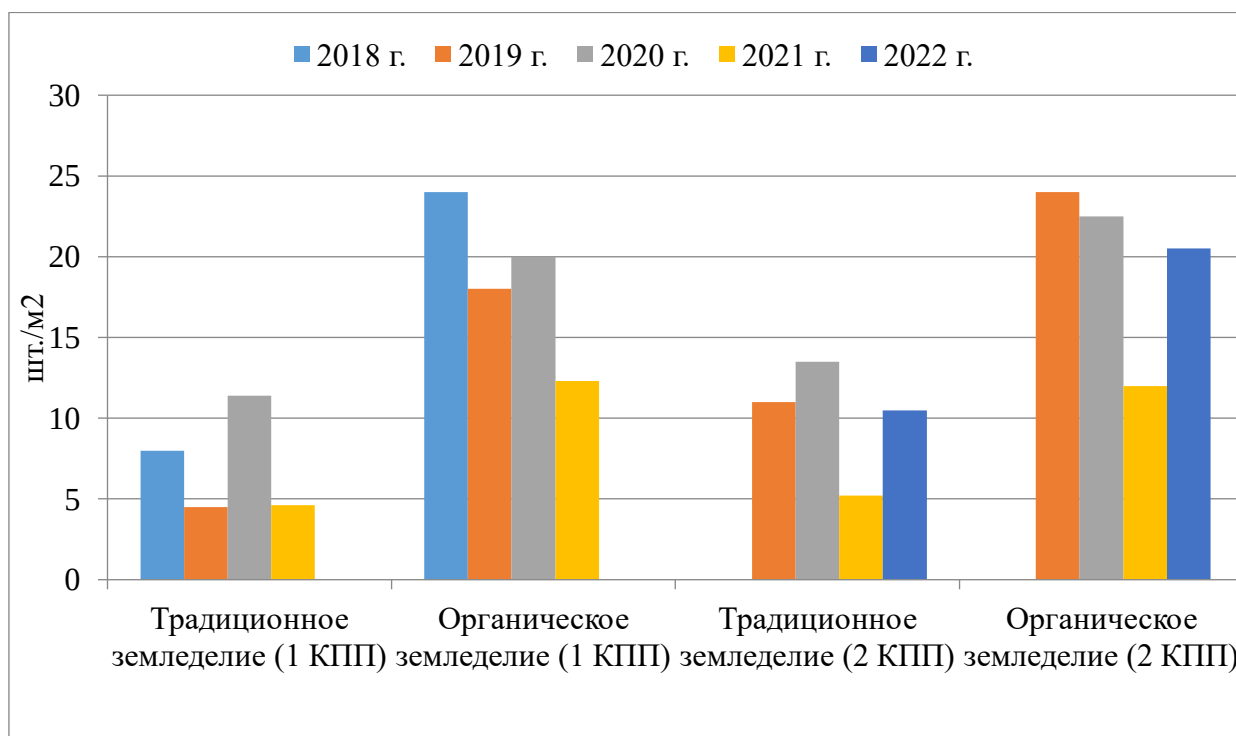


Рисунок 5 – Количество сорняков перед уборкой яровой тритикале в зависимости от системы земледелия

В поставленных опытах наблюдался высокий уровень засоренности при органическом земледелии, который в несколько раз превышал порог вредоносности. Данная ситуация не является особенностью для органического земледелия. Исключение гербицидов и борьба с сорной растительностью только с помощью механической обработки почвы не решает в полной мере проблемы с сорной растительностью, в связи с чем, паровое поле является единственным звеном в органических севооборотах, где возможно существенное снижение уровня засорения [156; 161]. Например, в

органическом земледелии овощеводческого хозяйства в Диксмонте, штат Мэн, США среднее число сорных семян на квадратный метр в слое почвы 0-10 см составляет – 25 000 семян, что несколько раз превышает порог вредоносности. При обследовании 23 органических ферм в северной части Новой Англии, США, плотность всхожести семян сорняков колебалась от 2 500 до 25 000 семян м². Восемь из 23 ферм в среднем собирали более 10 000 семян на м², что говорит о сильном засорении и влиянии на урожай [162].

Видовой состав сорняков при традиционном и органическом земледелии был представлен одинаковыми видами. Из однолетних сорняков наибольшее распространение имели: ширица запрокинутая (*Amaránthus retrofléxus*), марь белая (*Chenopódium álbum*), просо сорно-полевое (*Panicum miliaceum*), овсюг (*Avena fatua*), щетинник сизый (*Setaria pumila*). Видовой состав многолетних сорняков был представлен выюнком полевым (*Convōlvulus arvēnsis*) и единично осотом розовым (*Cirsium arvense*). На рисунке 6 представлены посевы яровой тритикале возделываемой по пару в традиционной и органической системах земледелия.

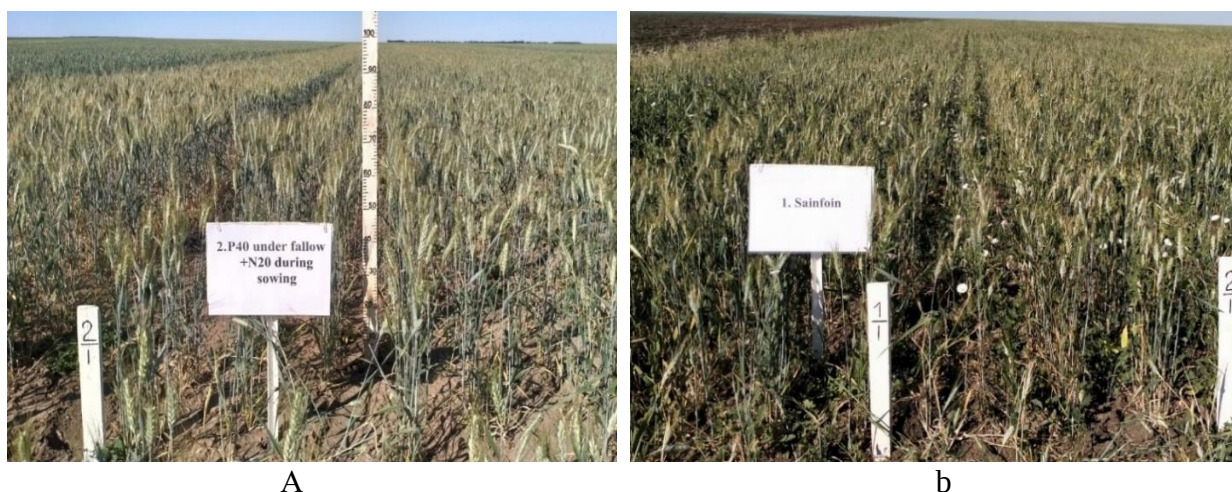


Рисунок 6 – Состояние яровой тритикале возделываемой в традиционном (а) и органическом (б) земледелии (в органическом земледелии видно высокую засоренность выюнком полевым)

В органическом земледелии сухая надземная масса сорных растений была существенно больше, чем в традиционном, причем это не зависело от изучаемых предшественников (рисунок 7). В условиях традиционного земледелия сухая биомасса сорных растений по разным годам варьировала по паровому предшественнику от 2,0 до 9,0 г/м², примерно в этих же значениях она была и по стерневому предшественнику - 2,0 до 10,1 г/м², а в условиях органического земледелия их масса была соответственно в 2,7-3,6 раза и 1,9-7,0 раз больше.

По нашему мнению, именно сорная растительность в органическом земледелии приводит к снижению урожайности яровой тритикале, потребляя ресурсы (влага, элементы питания и др.) и занимая пространство. Особенно

хорошо это видно по стерневому предшественнику, где отмечается наименьшая урожайность и самая высокая численность сорными растениями и их биомасса. Яровая тритикале это новая культура в Северном Казахстане, поэтому для нее пока не установили пороги вредоносности сорными растениями. В данном регионе при сильном засорении (10 шт./м² и более) многолетними корнеотпрысковыми сорными растениями потери зерна яровой пшеницы могут достигать 0,35-0,50 т/га [156; 161].

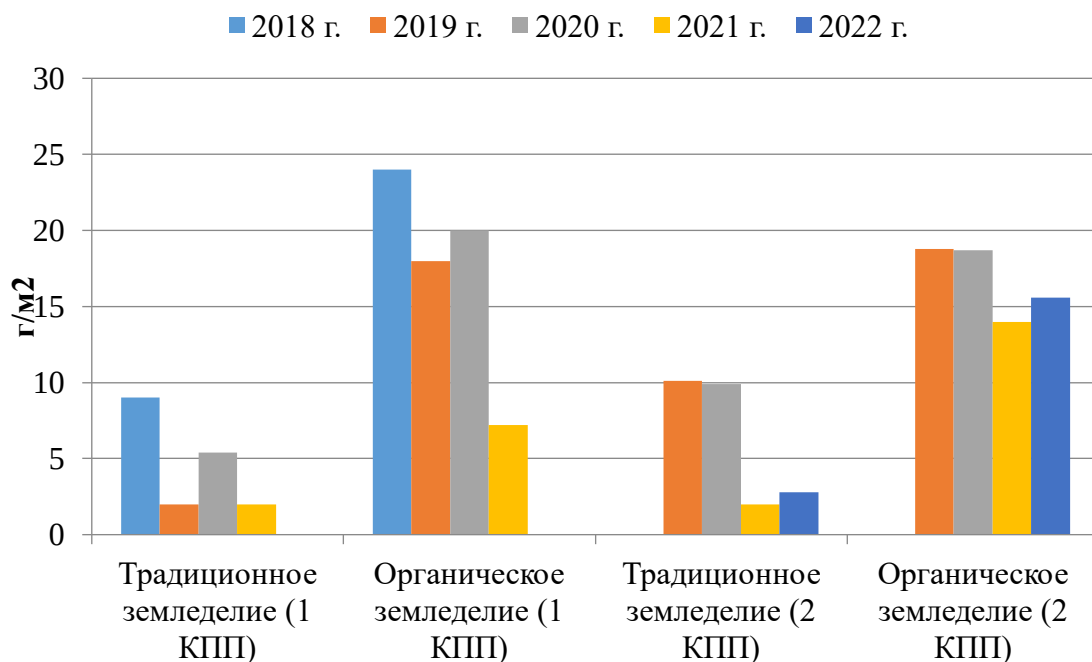


Рисунок 7 – Сухая масса сорняков перед уборкой тритикале в зависимости от системы земледелия

Чтобы показать влияние сорной растительности на потребление азота из почвы, а соответственно и на его динамику в почве в условиях органического земледелия нами был проведен расчёт. В литературе имеются установленные данные по содержанию азота, фосфора и калия в сухой надземной массе сорной растительности в условиях Северного Казахстана (таблица 10). Как видно из представленных данных сорная растительность в надземной биомассе содержит элементов питания на уровне яровой тритикале. Учитывая, что целью работы не являлось изучения количественно видового состава сорной растительности, то мы взяли усредненное количество азота и фосфора в надземной биомассе наиболее часто встречающихся сорных растений (бодяк полевой, вьюнок полевой, марь белая). Проведя расчет, установили, что в биомассе сорных растений в среднем содержалось азота - 3,20% и фосфора – 0,42%, умножив эти цифры на сухую надземную массу сорных растений, представленных в рисунке 7.

Таблица 10 – Концентрация макроэлементов в сухом веществе сорной растительности, % [163].

Вид	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Тритикале: зерно*	2,51	0,44	0,48
солома*	1,54	0,20	1,67
Овсяног: зерно	2,22	0,55	0,49
солома	1,22	0,13	2,70
Бодяк полевой	2,57	0,30	1,63
Молокан татарский	2,39	0,38	3,03
Осот полевой	2,45	0,29	2,47
Вьюнок полевой	3,09	0,37	2,47
Марь белая	3,95	0,59	7,02
Липучка	1,96	0,35	2,61
Гречишка (горец вьюнковый)	2,56	0,47	2,18
Щирица запрокинутая	2,87	0,62	3,94
Курай	2,30	0,41	1,06
Щетинник зеленый	2,25	0,31	2,02
Примечание: *- данные приведенные из раздела 3.5			

Как видно из результатов, представленных в рисунке 8, в традиционном земледелии сорняки содержали в надземной биомассе всего 1,5-2,0 кг/га азота и 0,2-0,3 кг/га фосфора. В органическом земледелии потребление сорняками азота из почвы было в 2,7-3,7 раза, а P₂O₅ в 2,3-3,5 раза выше, чем в традиционном. Учитывая, что сорная растительность была представлена в основном бодяком полевым и вьюнком полевым, которые являются многолетними, то основная часть элементов питания шла ещё и на наращивание подземной биомассы. Учитывая, что сорняки вегетировали одновременно с тритикале, то они отчуждали значительную часть азота и фосфора у выращиваемой культуры. Именно по этой причине начиная с фазы кушения тритикале, возделываемой в органическом земледелии резко, снижалась.

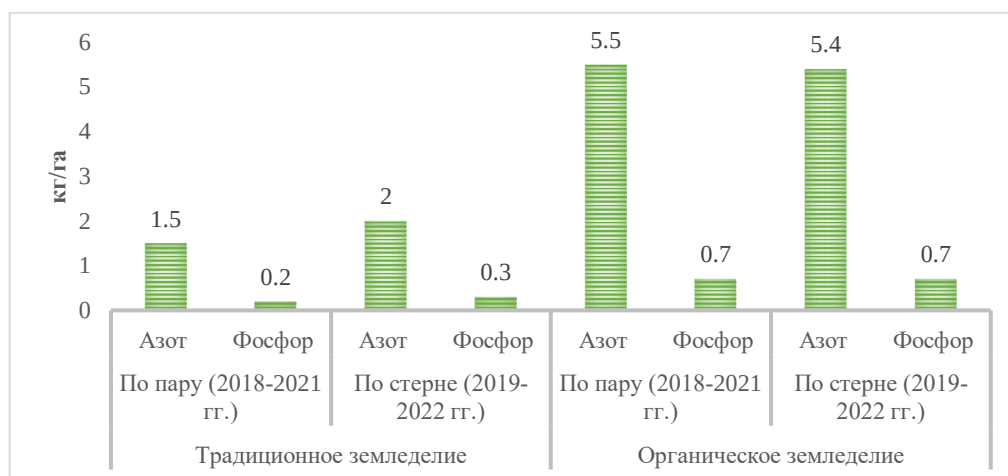


Рисунок 8 – Количество азота и фосфора в надземной биомассе сорной растительности, кг/га

Таким образом, перед посевом тритикале сорная растительность практически отсутствовала. В предуборочный период наименьшая засоренность была отмечена в традиционном земледелии, по паровому предшественнику количество сорняков в зависимости от года изменялось от 4,6 шт. до 11,4 шт./м², по стерневому предшественнику – 5,2 шт. до 13,5 шт./м². В органическом земледелии их количество было в 2-3 раза больше и составляло по пару - 12,3-24,0 шт./м², по стерне - 12,0-24,0 шт./м². Абсолютно такая же закономерность наблюдалась по накоплению сорняками сухой надземной биомассы, которая в традиционном земледелии в разные годы была довольно изменчива и составляла по пару 2,0...9,0 г/м² и по стерне 2,0...10,1 г/м², а в органическом земледелии их масса была в 2,7-3,6 раза и 1,9-7,0 раз больше. Сорняки вступали в конкуренцию с растениями тритикале за потребление азота и фосфора из почвы, что являлось одним из факторов снижения урожайности последней.

3.4 Динамика накопления надземной массы яровой тритикале в зависимости от фазы развития и системы земледелия

Накопление растениями тритикале большой надземной массы является важным условием для получения высокого урожая зерна и является отражением того насколько культуре комфортно развиваться в определенных условиях. Уровень наращивания вегетативной биомассы растениями тритикале, зависит от её биологических особенностей и многочисленных абиотических и биотических факторов, которые влияют на рост и развитие растений в течение периода вегетации.

В исследовании, проведенном на серой лесной тяжелосуглинистой почве Батяхин Н.А. установил, что рост и развитие растений яровой тритикале зависит в первую очередь от условий увлажнения в период вегетации [157].

В наших исследованиях также на уровень накопления надземной биомассы яровой тритикале основное влияние оказывали гидротермические условия в период её вегетации, что будет детально рассмотрено в разделе 3.6.

При традиционном земледелии в фазу кущения тритикале большее влияние оказывали гидротермические условия вегетации, который приводили к существенной изменчивости этого показателя по годам. Например, надземная масса растений тритикале изменялась в контрольном варианте по паровому предшественнику от 40,4 г/м² до 110,1 г/м², по стерне – от 58,0 г до 101,2 г/м² (таблица 11). Применение удобрений в эту фазу достоверно оказывало влияние на биомассу растений в сравнении с контролем только в 2018 году, так внесение N20 повышало её до 152,4 г/м² (дозы N40 и N80 были на этом же уровне), а доза N60 - до 205,3 г/м². В последующие годы внесение различных доз азота было неэффективно. По стерневому фону в кущение тритикале различные дозы азота достоверного влияния на накопление сухого вещества не оказывали.

В фазу колошения тритикале надземная биомасса растений увеличивалась в разы в сравнении с фазой кущения. В зависимости от гидротермических условий года биомасса растений тритикале возделываемой по пару изменялась в контрольном варианте от 125,9 г до 340,4 г/м². Применение азотного удобрения достоверно повышало биомассу растений только в 2019 году – до 345 г/м² (N20) и в 2020 г. – 163,7 г и 176 г/м² (N40 и N60). Во всех остальных годах в вариантах достоверных прибавок не получено. Аналогичная ситуация отмечалась по стерневому фону в контроле сухая масса растений по годам изменялась от 124,1 г до 309,3 г/м², применение азота в удобрениях достоверно повышало её в 2020 году – до 222,3 г (N40) и 2021 году (N20-80).

Таблица 11 – Влияние системы земледелия на накопление тритикале сухого вещества в фазы кущения и колошения по годам исследований, г/м² (№ – вариант удобрения)

№	Тритикале по пару					Тритикале по стерне				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	$\bar{x}$	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	$\bar{x}$
<i>Традиционное земледелие, фаза – кущение</i>										
1	110,1с	40,4а	73,3а	95,7а	79,9а	58,0а	101,2а	150,9а	76,7а	96,7а
2	152,4b	48,0а	63,7а	85,1а	87,3а	55,3а	97,7а	127,2а	60,1а	85,1а
3	184,7с	33,5а	63,3а	83,3а	91,2а	69,5а	90,0а	125,3а	81,1а	91,5а
4	205,3а	31,1а	69,7а	87,3а	98,3а	36,7а	108,7а	137,1а	70,0а	88,1а
5	183,5с	31,6а	74,7а	85,4а	93,8а	38,9а	89,6а	123,2а	74,3а	81,5а
НСР 0,05	36,0	9,5	10,5	12,9	26,2	21,5	31,2	36,0	16,7	20,7
<i>Традиционное земледелие, фаза – колошение</i>										
1	340,4а	280,0b	125,9b	197,7а	236,0а	309,3а	124,1b	197,3b	290,1а	230,2а
2	360,2а	345,3а	147,7b	203,9а	264,3а	258,7а	172,3b	261,3а	269,3а	240,4а
3	380,6а	300,0b	163,7а	184,9а	257,3а	282,7а	222,3а	261,6а	269,1а	258,9а
4	338,3а	301,3b	176,4а	195,7а	252,9а	269,3а	165,7b	256,1а	280,3а	240,4а
5	335,3а	302,0b	156,7b	184,7а	244,7а	338,7а	155,6b	281,6а	265,2а	260,3а
НСР 0,05	41,0	51,4	32,0	34,0	34,2	51,0	49,2	54,2	65,0	30,9
<i>Органическое земледелие, фаза – кущение</i>										
1	94,7а	30,7а	73,3а	31,5а	57,5а	33,6а	65,6а	51,3b	37,6а	47,0а
2	88,4а	34,0а	63,7а	22,4а	52,1а	30,8а	67,2а	67,6b	39,2а	51,2а
3	92,9а	28,5а	63,3а	29,6а	53,6а	41,5а	47,7а	63,7b	46,1а	47,3а
4	93,3а	31,7а	69,7а	36,8а	57,9а	26,1а	63,2а	84,3а	50,4а	56,0а
5	91,7а	29,7а	74,7а	31,1а	56,8а	33,3а	68,5а	81,7а	40,4а	56,0а
НСР 0,05	6,7	3,5	10,3	9,4	5,6	8,0	18,0	21,5	13,0	9,2
<i>Органическое земледелие, фаза – колошение</i>										
1	234,9а	202,7а	110,4а	93,9b	160,5а	138,7а	125,1b	154,7а	197,9а	154,1а
2	198,9а	175,3а	114,3а	122,5а	152,7а	114,7а	181,5а	126,5а	189,3а	153,0а
3	199,6а	189,3а	119,9а	132,7а	160,4а	141,3а	113,9b	199,9а	187,5а	160,7а
4	202,2а	170,7а	119,2а	111,9b	151,0а	117,3а	136,3b	186,9а	184,1а	156,2а
5	230,4а	189,3а	135,3а	112,0b	164,3а	152,0а	154,7а	180,8а	209,7а	174,3а
НСР 0,05	36,1	32,4	26,0	20,6	13,7	24,3	29,3	45,7	14,0	20,5

В условиях органического земледелия сухая надземная масса растений тритикале в фазу кущения по паровому предшественнику по годам исследования в контроле изменялась от 30,7 г до 94,7 г/м², на этом же уровне

были и другие варианты с внесения биомассы многолетних трав. По стерневому предшественнику биомасса в контроле была немного меньше и в зависимости от года составляла 33,6-65,6 г/м², достоверные различия были получены только в 2021 году в вариантах с внесением костреца и житняка в качестве удобрений. В фазу колошения биомасса растений тритикале увеличивалась в разы и составляла в различные годы в контрольном варианте по пару 93,9-234,9 г/м², по стерне – 125,1-197,9 г/м². По пару достоверное увеличение накопления сухого вещества растениями обеспечивали варианты с внесением биомассы эспарцета и люцерны (122,5 г и 132,7 г), а по стерне – эспарцет и житняк (181,5 г и 154,7 г). Учитывая, что прибавки во всех случаях были непостоянны, то можно сделать вывод все органические удобрения равнозначны по эффективности.

Учитывая, что колошение окончательная фаза роста и развития тритикале в нашем исследовании и не отображает как в дальнейшем протекал процесс накопления сухого вещества был построен график с данными из структурного анализа. Установлено, что яровая тритикале продолжает активно увеличивать надземную биомассу после фазы колошения. От посева до фазы кущения набор сухой массы растениями составлял около 12-21%, от кущения до колошения – до 41-53%, от колошения до полной спелости от 41%-53% до 100% (рисунок 9). Причем явно прослеживается преимущества контрольных вариантов традиционной технологии в накоплении надземной биомассы в сравнении с органическим земледелием.

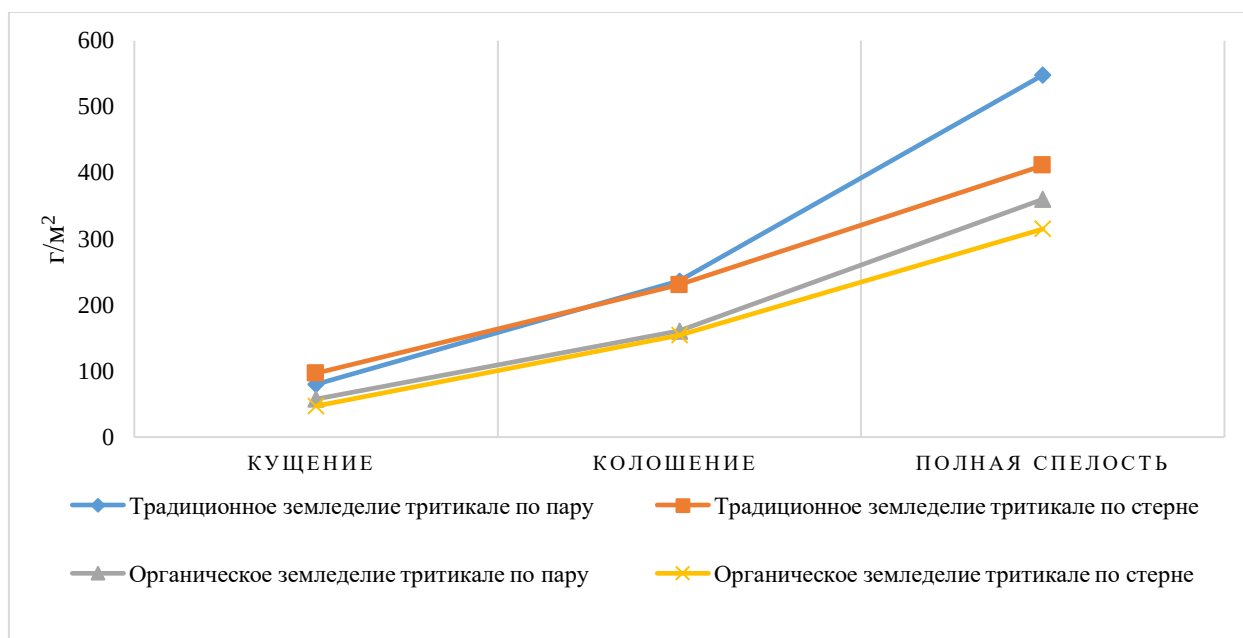


Рисунок 9 – Динамика формирования надземной биомассы яровой тритикале в контрольных вариантах по паровому (среднее за 2018-2021 гг.) и стерневому (среднее за 2019-2022 гг.) предшественникам

Результаты трёхлетних исследований, которые были проведены на дерново-подзолистых почвах с 2016 г. по 2018 г. показали, что тритикале

отзывчива на внесение повышенных стартовых доз азотных удобрений. Данной культуре для наращивания биомассы необходимо внесение высокой стартовой дозы азота - 150 кг д.в. на га азота, что позволяло получать 14,01 т/га сухой массы тритикале [164]. В Республике Казахстан на темно-каштановой почве получены близкие результаты, так наибольшая масса 20 растений 41,3 г и 51,3 г, была получена при внесении N60 перед посевом и N60 дробно (перед посевом N30 + в кущение N30). В контроле без внесения удобрений сухая масса составила всего 26,7 грамм [165].

В наших опытах внесение аммиачной селитры, как по пару, так и по стерне было малоэффективно. Данная ситуация, во-первых, связана с тем, что 2019-2022 годы исследований были засушливые, что было аномальным для региона. Во-вторых, как показали данные агрохимического анализа в почве перед посевом тритикале отмечалось высокое содержание нитратного азота (раздел 3.2). Учитывая эти факторы, то засуха не позволила тритикале реализовать в урожай весь заложенный потенциал. Данное утверждение можно отнести и к органическим удобрениям, которые применяли в органическом земледелии, как альтернатива биомассе донника [166].

Высота растений яровой тритикале по фазам развития не сильно различалась между системами земледелия и предшественниками, даже по годам были незначительные различия. При традиционном земледелии высота растений в фазу кущения в контрольном варианте изменялась по годам исследований по пару от 31,9 до 45,8 см, по стерневому фону - от 37,6 см до 44,7 см (таблица 12). Внесение аммиачной селитры в различных дозах достоверного эффекта на высоту растений не оказывало, но в некоторые годы они всё-таки влияли на этот параметр. По паровому предшественнику в 2018 году азот, внесенный в дозе N40, существенно повышал высоту растений, такие же достоверные различия, были получены в 2018 г. и 2021 году при дозе азота N60. Аммиачная селитра, вносимая по стерне, увеличивала высоту растений тритикале в 2019 г. и 2020 году (вариант N80) и в 2021 и 2022 годах (вариант N20).

Высота растений тритикале в органическом земледелии была немного ниже, чем в традиционном, и изменялась по годам в контрольном варианте по паровому предшественнику от 27,0 до 39,0 см. Применение органических удобрений достоверного влияния на высоту растений не оказывало, за исключением отдельных лет. Так, по пару по высоте растений в 2018 году выделились варианты с внесением биомассы эспарцета и житняка, в 2020 году – с биомассой люцерны и 2021 году – с биомассой житняка. По стерневому предшественнику высота в контроле изменялась от 24,5 до 39,9 см, различий между вариантами удобрений отмечено не было.

В фазу колошения яровой тритикале высота растений увеличивалась примерно на 30% в сравнении с фазой кущения, причем не зависимо от технологии, предшественника и варианта удобрения. В условиях традиционного земледелия высота растений тритикале в контрольном варианте в различные годы варьировала по пару от 58,0 до 69,8 см, по стерне

от 57,8 до 64,1 см. Внесение перед посевом азотного удобрения в различных дозах в эту фазу существенно не влияли на высоту растений тритикале. Исключения наблюдались только по паровому предшественнику в 2021 году, когда внесение азота дозой N80 снижало высоту растений тритикале, а по стерневому – в 2020 году, когда азот в дозе N40 достоверно увеличивал высоту растений.

Таблица 12 – Высота растений тритикале по различным фазам развития системам земледелия, предшественникам и вариантам опыта, см

Вариант удобрения	Тритикале по пару					Тритикале по стерне				
	2018 г	2019 г	2020 г	2021 г	$\bar{x}$	2019 г	2020 г	2021 г	2022 г	$\bar{x}$
<i>Традиционное земледелие, фаза – кущение</i>										
1	45,8b	31,9a	34,6a	42,6b	38,7a	37,6a	38,8a	44,7a	31,7a	38,2a
2	48,0b	29,3a	32,4a	41,3b	37,2a	34,6a	36,1a	41,5b	28,9b	34,3a
3	50,0a	29,8a	34,6a	42,0b	39,1a	37,4a	35,8a	43,7a	29,4a	35,8a
4	51,3a	28,0a	36,0a	45,4a	40,2a	34,7a	35,7a	46,2a	30,6a	36,8a
5	49,1b	29,2a	34,5a	42,6b	38,8a	31,9b	33,1b	44,2a	30,0a	34,8a
НСР 0,05	4,1	4,0	3,0	2,0	1,8	3,5	3,3	2,0	2,0	4,0
<i>Традиционное земледелие, фаза – колошение</i>										
1	69,8a	60,7a	58,0a	58,3a	61,7a	64,1a	60,0b	61,8a	57,8a	60,9a
2	67,2a	61,9a	58,0a	57,5a	64,3a	66,3a	60,8b	61,5a	58,8a	61,9a
3	70,8a	57,7a	56,1a	57,7a	59,6a	58,6a	65,3a	60,7a	59,8a	61,1a
4	70,8a	59,0a	54,7a	57,4a	60,4a	58,5a	62,0b	58,3a	58,2a	59,3a
5	69,9a	56,2a	58,2a	53,2b	59,4a	61,7a	58,2b	61,4a	58,2a	59,9a
НСР 0,05	2,8	4,4	3,4	2,9	4,3	5,7	4,2	3,6	2,1	1,8
<i>Органическое земледелие, фаза – кущение</i>										
1	39,0b	27,0a	30,1a	35,0a	32,8a	30,9a	29,6a	39,9a	24,5a	31,2a
2	43,7a	24,6a	30,0a	32,8a	32,8a	31,1a	31,1a	42,3a	25,3a	32,4a
3	41,3b	26,0a	27,5b	32,7a	31,9a	28,5a	30,4a	39,3a	24,0a	30,5a
4	43,3b	24,8a	30,4a	35,3a	33,4a	28,0a	31,6a	42,3a	25,4a	31,8a
5	43,9a	26,7a	29,7a	31,3b	32,9a	29,7a	31,2a	39,8a	24,4a	31,3a
НСР 0,05	4,5	2,5	2,0	3,0	1,0	3,0	2,2	2,7	1,0	1,4
<i>Органическое земледелие, фаза – колошение</i>										
1	60,0a	54,1a	54,6a	56,0a	56,2a	58,0a	53,1a	56,2a	53,4a	55,2a
2	59,4a	49,5b	54,2a	53,0a	54,0a	54,3a	54,4a	53,1a	49,2a	52,7a
3	58,0a	52,2a	49,7a	56,0a	54,0a	54,1a	53,8a	56,9a	51,9a	54,2a
4	63,7a	53,3a	47,5a	53,7a	54,5a	56,8a	53,9a	58,6a	53,5a	55,7a
5	57,2a	55,1a	51,0a	55,7a	54,7a	58,0a	56,5a	58,1a	53,6a	56,5a
НСР 0,05	3,8	2,0	3,8	5,2	2,3	4,2	3,5	3,3	4,4	2,7

Похожая ситуация отмечалась в условиях органического земледелия, где высота растений тритикале по пару составляла 54,1-60,0 см, по стерне 53,1-58,0 см. Достоверных различий между различными вариантами органических удобрений установлено не было. Исключение отмечалось по паровому предшественнику в 2019 году, где высота растений при внесении биомассы эспарцета была достоверно ниже контроля и других вариантов.

Анализ динамики высоты растений тритикале показал, что изучаемая культура интенсивно растет до конца фазы колошения, когда сформировано

почти 95% от её конечной высоты (рисунок 10). Причем это характерно как для традиционного, так и для органического земледелия.

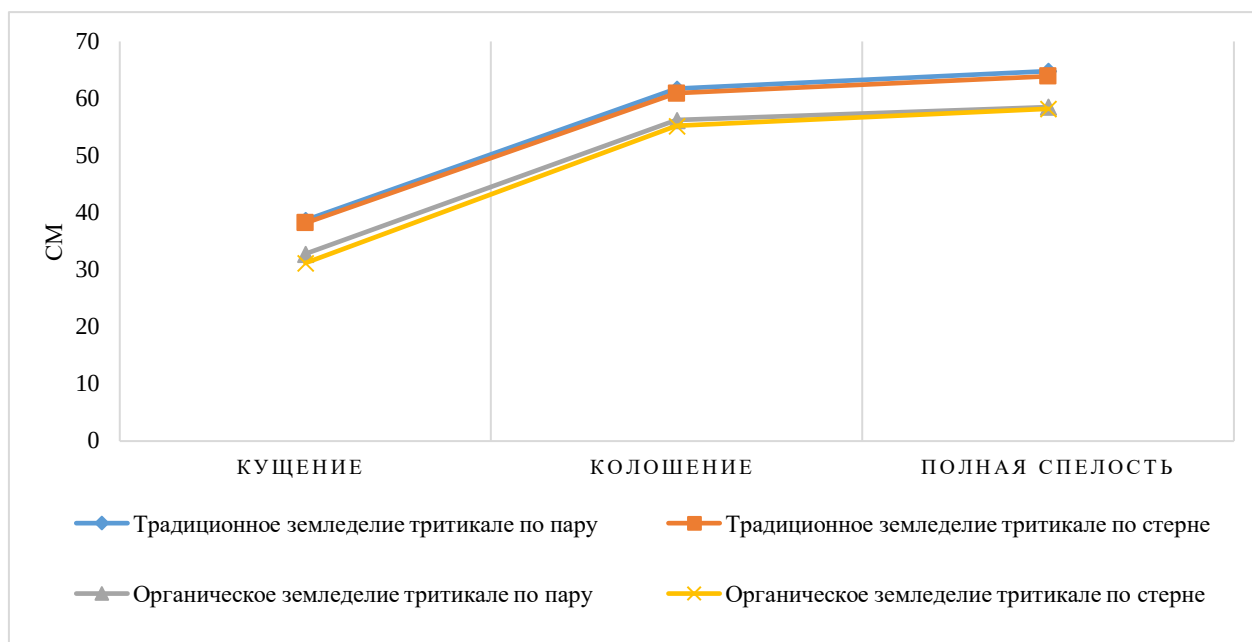


Рисунок 10 – Динамика роста яровой тритикале по фазам развития в контрольном варианте по двум системам земледелия и предшественникам

Таким образом, в условиях Северного Казахстана на рост и развитие растений тритикале влияют гидротермические условия периода вегетации. Применение азотного удобрения в разных дозах по двум изучаемым предшественникам достоверного влияния на биометрические показатели не оказывало. Внесение в качестве органических удобрений надземной массы многолетних трав оказывало равнозначный эффект на высоту и надземную биомассу тритикале.

3.5 Химический состав растений яровой тритикале в зависимости от фазы развития, системы земледелия и предшественника

Химический состав растений в определенной мере характеризует особенности его минерального питания и является одним из показателей качества будущего урожая [165]. Для яровой тритикале в течении всей вегетации важную роль играет хорошая обеспеченность почвы элементами минерального питания, потому что растения начинают интенсивно потреблять питательные вещества начиная со стадии появления всходов. Первостепенное значение в увеличении продуктивности и повышении качества зерна тритикале принадлежит удобрениям, которые обеспечивают растения жизненно важными элементами питания - азотом и фосфором.

В Нижегородской ГСХА были проведены исследования, которые выявили, что содержание макроэлементов в биомассе яровой тритикале в большей степени зависит от метеорологических условий [167].

В наших исследованиях химический состав растений и продукции тритикале не зависел от гидротермических условий вегетации, системы земледелия, предшественника и варианта удобрения. Только по фазам развития изменяется концентрация макроэлементов в надземной биомассе.

В фазу кущения тритикале возделываемой в традиционном земледелии содержание азота, фосфора и калия в сухой биомассе растений изменялась в пределах 3,47-3,88%, 0,35-0,37 и 2,67-2,99% (таблица 13). Однако, в фазу колошения количество этих элементов в сухом веществе тритикале начал снижаться, за счет увеличением биомассы растений. Так, уровень азота, фосфора и калия в растениях тритикале варьировал в пределах 2,26-2,54%, 0,25-0,28 и 1,80-2,09%. В соломе и зерне тритикале содержание азота было в пределах 1,09-1,56% и 2,46-2,63%. Концентрация фосфора в основной и побочной продукции составляла 0,20-0,22% и 0,39-0,44% и калия соответственно 1,39-1,67% и 0,45-0,48%.

Таблица 13 – Содержание макроэлементов в сухой надземной биомассе яровой тритикале в разные фазы развития в условиях традиционного земледелия, %

Вариант удобрения	Тритикале по пару (в среднем за 2018-2021 гг.)			Тритикале по стерне (в среднем за 2019-2022 гг.)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Фаза кущения						
1	3,52a	0,36a	2,80a	3,47a	0,36a	2,67a
2	3,48a	0,35a	2,78a	3,50a	0,35a	2,82a
3	3,56a	0,36a	2,84a	3,75a	0,36a	2,80a
4	3,67a	0,36a	2,82a	3,88a	0,37a	2,85a
5	3,47a	0,36a	2,78a	3,86a	0,36a	2,99a
НСР 0,05	0,23	0,03	0,18	0,43	0,03	0,35
Фаза колошения						
1	2,42a	0,25a	2,06a	2,26a	0,26a	1,82a
2	2,54a	0,28a	2,09a	2,28a	0,26a	1,80a
3	2,45a	0,26a	2,07a	2,28a	0,25a	1,83a
4	2,49a	0,27a	2,07a	2,32a	0,28a	1,89a
5	2,52a	0,27a	2,05a	2,34a	0,27a	1,89a
НСР 0,05	0,15	0,05	0,05	0,10	0,03	0,15
Солома						
1	1,54a	0,20a	1,67a	1,12a	0,20a	1,44a
2	1,51a	0,22a	1,60a	1,17a	0,21a	1,51a
3	1,48a	0,21a	1,62a	1,09a	0,20a	1,43a
4	1,56a	0,21a	1,65a	1,10a	0,21a	1,39a
5	1,49a	0,21a	1,61a	1,19a	0,22a	1,44a
НСР 0,05	0,09	0,03	0,09	0,09	0,03	0,13
Зерно						
1	2,51a	0,44a	0,48a	2,46a	0,39a	0,45a
2	2,56a	0,43a	0,47a	2,51a	0,40a	0,45a
3	2,58a	0,42a	0,45a	2,53a	0,39a	0,46a
4	2,61a	0,44a	0,47a	2,55a	0,40a	0,45a
5	2,63a	0,42a	0,46a	2,56a	0,41a	0,47a
НСР 0,05	0,15	0,05	0,05	0,12	0,04	0,04

В условиях органического земледелия в фазу кушения тритикале содержание в растениях азота изменялось в пределах 3,40-3,97%, фосфора – 0,35-0,37% и калия – 2,71-3,20% (таблица 14). В фазу колошения тритикале концентрация в сухой биомассе азота составляла 2,30-2,39%, фосфора – 0,24-0,28% и калия 1,81-2,13%. В соломе тритикале уровень азота изменялся от 1,21-1,60%, P_2O_5 – от 0,19-0,21% и K_2O – 1,56-1,87%. Содержание в зерне азота составляло 2,45-2,62%, фосфора - 0,37-0,43% и калия - 0,43-0,47%.

Таблица 14 – Содержание макроэлементов в сухой надземной биомассе яровой тритикале в разные фазы развития в условиях органического земледелия, %

Вариант удобрения	Тритикале по пару (в среднем за 2018-2021 гг.)			Тритикале по стерне (в среднем за 2019-2022 гг.)		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Фаза кушения						
1	3,56a	0,36a	2,77a	3,95a	0,35a	3,16a
2	3,40a	0,35a	2,79a	3,97a	0,35a	3,15a
3	3,43a	0,36a	2,78a	3,93a	0,36a	3,11a
4	3,52a	0,37a	2,91a	3,92a	0,35a	3,20a
5	3,63a	0,36a	2,81a	3,95a	0,36a	3,17a
НСР 0,05	0,25	0,03	0,15	0,05	0,03	0,13
Фаза колошения						
1	2,37a	0,27a	2,11a	2,38a	0,26a	1,96a
2	2,37a	0,28a	2,08a	2,39a	0,25a	1,89a
3	2,30a	0,27a	2,07a	2,38a	0,26a	1,99a
4	2,38a	0,28a	2,13a	2,30a	0,24a	1,87a
5	2,36a	0,27a	2,08a	2,34a	0,24a	1,81a
НСР 0,05	0,09	0,02	0,07	0,10	0,04	0,20
Солома						
1	1,56a	0,20a	1,68a	1,21a	0,19a	1,56a
2	1,53a	0,19a	1,72a	1,26a	0,19a	1,69a
3	1,57a	0,19a	1,84a	1,32a	0,21a	1,60a
4	1,60a	0,21a	1,87a	1,32a	0,20a	1,63a
5	1,59a	0,20a	1,68a	1,23a	0,19a	1,68a
НСР 0,05	0,08	0,03	0,20	0,24	0,04	0,15
Зерно						
1	2,62a	0,42a	0,46a	2,51a	0,37a	0,44a
2	2,62a	0,43a	0,46a	2,51a	0,40a	0,46a
3	2,59a	0,43a	0,46a	2,45a	0,39a	0,44a
4	2,57a	0,43a	0,47a	2,46a	0,38a	0,44a
5	2,57a	0,43a	0,45a	2,52a	0,38a	0,43a
НСР 0,05	0,07	0,03	0,04	0,10	0,05	0,04

Согласно Лапа В.В. и Босак В.Н. в соломе яровой тритикале азота содержится – 0,18-0,39%, фосфора – 0,15-0,39% и калия – 1,42-2,70%. В зерне азота – 1,41-2,28%, фосфора – 0,91-1,29% и калия – 0,42-0,58% [51, с. 10].

В исследованиях Куконковой А.А. на вариантах, где посеы тритикале обрабатывали гербицидами содержание азота в соломе, составило 0,66-0,83%, фосфора – 0,41-0,51% и калия – 0,90-1,01%. Варианты, где не проводилось

гербицидной обработки посевов тритикале азота содержалось меньше – 0,63-0,73%, фосфора – 0,36-0,46% и калия – 0,86-0,95% [167].

В наших исследованиях содержание азота в соломе независимо от системы земледелия, предшественника и варианта удобрения была на одном уровне в пределах 1,09-1,60%. Данный показатель был намного выше литературных данных, это связано с тем, что годы исследований отличались засушливостью и азот, накопленный в надземной биомассе, не успел перейти в урожай. В исследованиях, проведенных на темно-каштановых почвах Казахстана содержание азота в соломе, было в пределах 0,31-0,76% [165], что также меньше показателей полученных в нашем опыте.

В зерне тритикале содержание азота составляло 2,45-2,63%, что было выше, чем в представленных источниках, это связано с высоким содержанием азота в почве перед посевом и невысокой урожайностью. Близкие результаты были получены на черноземных и каштановых почвах в Акмолинской области [165, 168].

Таким образом, установлено, что на содержание макроэлементов в сухой надземной биомассе растений тритикале не влияли погодные условия в период вегетации, системы земледелия, предшественники и варианты удобрений. Уровень макроэлементов в сухом веществе растений тритикале зависел от фазы их развития и вида конечной продукции. Наибольшая концентрация питательных элементов в сухой биомассе тритикале наблюдалась в фазу кущения: N - 3,40-3,97%, P_2O_5 – 0,35-0,37 и K_2O – 2,67-3,20%, в фазу колошения их количество снижалось до 2,26-2,54%, 0,24-0,28% и 1,80-2,13% соответственно. В соломе уровень азота составлял 1,09-1,60%, фосфора - 0,19-0,22% и калия - 1,39-1,87%, в зерне соответственно - 2,45-2,63%, 0,37-0,44 и 0,43-0,48%.

3.6 Потребление макроэлементов растениями яровой тритикале по фазам развития и их вынос

Для разработки системы удобрения решающее значение играет вынос элементов питания урожаем возделываемой культуры [169]. Для создания единицы продукции яровой тритикале необходимо усваивать из почвы определенное количество питательных элементов. Поэтому потребность растений тритикале в макроэлементах определяется отчуждением их с единицей основной (зерно) и побочной (солома) продукции из почвы [51].

В подразделе 3.5 было выявлено, что концентрация N, P_2O_5 и K_2O в сухой биомассе растений тритикале не зависело от метеорологических условий, систем земледелия и удобрения, соответственно потребление этих макроэлементов будет определяться массой растений тритикале и фазой их развития. Вынос макроэлементов сухой надземной биомассой растений, а также основной и побочной продукцией, зависел от уровня продуктивности тритикале. На накопление сухого вещества растениями тритикале оказывали

влияние гидротермические условия увлажнения в период её вегетации, что было видно из стандартных отклонений в сухой массе растений (таблица 11).

Для двух систем земледелия общим было то, что в фазы кушения и колошения тритикале вынос макроэлементов не сильно различался по предшественникам. В фазу полной спелости тритикале отчуждение элементов питания растениями, выращиваемых по пару был выше, чем по стерневому предшественнику.

Пестерева А.С. с соавторами установили, что в фазу кушения яровой тритикале надземной биомассой выносятся азота 13,9 кг/га, P_2O_5 – 5,6 и K_2O – 32,5 кг в 1 га [170].

В наших исследованиях были получены другие результаты. Так, в традиционном земледелии в фазу кушения тритикале по двум предшественникам и вариантам удобрения растения отчуждали из почвы азота в два и более раза - 28,1 до 36,1 кг/га (таблица 15). Чуть меньше отчуждалось растениями P_2O_5 (2,8-3,5 кг/га) и K_2O (22,4-27,7 кг/га).

Таблица 15 – Вынос элементов питания тритикале по фазам развития при традиционном земледелии, кг/га (№ – вариант удобрения; НСР – НСР 0,05)

№	Тритикале по пару (в среднем за 2018-2021 гг.)						Тритикале по стерне (в среднем за 2019-2022 гг.)					
	N		P_2O_5		K_2O		N		P_2O_5		K_2O	
	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S
Фаза кушения												
1	28,1a	±10,0	2,8a	±1,0	22,4a	±9,7	33,6a	±9,8	3,5a	±1,2	25,8a	±6,7
2	30,1a	±18,4	3,0a	±1,6	24,3a	±15,5	29,7a	±8,0	3,0a	±1,0	24,0a	±5,6
3	32,5a	±23,4	3,3a	±2,3	25,9a	±20,5	34,3a	±6,0	3,3a	±0,7	25,6a	±5,4
4	36,1a	±21,5	3,5a	±1,5	27,7a	±20,9	34,2a	±12,6	3,3a	±1,4	25,1a	±10,3
5	32,5a	±16,5	3,4a	±1,3	26,1a	±14,4	31,5a	±10,2	2,9a	±1,1	24,4a	±9,1
НСР	10,9	-	1,2	-	7,0	-	4,8	-	0,8	-	3,2	-
Фаза колошения												
1	57,1a	±35,2	5,9a	±3,3	48,6a	±32,7	52,1a	±27,0	6,0a	±2,5	41,9a	±22,0
2	67,1a	±40,3	7,4a	±3,6	55,2a	±30,1	54,8a	±18,4	6,3a	±1,3	43,3a	±12,1
3	63,0a	±30,6	6,7a	±3,4	53,3a	±30,7	58,9a	±16,6	6,6a	±1,4	47,4a	±14,3
4	63,0a	±31,2	6,8a	±2,7	52,4a	±31,5	55,8a	±18,6	6,6a	±1,6	45,4a	±14,6
5	61,7a	±20,8	6,6a	±3,2	50,2a	±25,6	60,9a	±29,4	7,0a	±2,9	49,2a	±18,7
НСР	11,6	-	1,7	-	8,4	-	9,9	-	0,7	-	7,8	-
Солома												
1	41,1a	±10,0	5,3a	±1,9	44,6a	±10,0	23,6a	±16,5	4,2a	±1,5	30,4a	±13,4
2	47,3a	±10,0	6,9a	±1,9	52,3a	±10,9	27,5a	±13,5	4,9a	±1,1	35,5a	±10,2
3	45,7a	±24,5	6,5a	±2,1	50,1a	±21,4	28,0a	±9,6	5,1a	±1,3	36,8a	±8,5
4	49,0a	±15,1	6,6a	±1,4	51,8a	±13,7	27,4a	±16,5	5,2a	±1,8	34,6a	±14,8
5	48,0a	±12,7	6,8a	±1,8	51,8a	±17,2	29,9a	±13,0	5,5a	±1,3	36,1a	±9,6
НСР	9,8	-	2,9	-	8,6	-	7,7	-	1,8	-	7,5	-
Зерно												
1	55,7a	±18,7	9,8a	±2,5	10,7a	±2,7	45,3a	±12,3	7,1a	±1,2	8,3a	±1,8
2	60,2a	±20,2	10,0a	±2,5	11,0a	±2,3	50,2a	±6,1	8,0a	±1,1	9,0a	±1,1
3	62,2a	±21,3	10,1a	±2,8	10,8a	±2,8	50,1a	±9,1	7,7a	±1,0	9,1a	±1,4
4	60,6a	±19,8	10,0a	±2,5	10,9a	±2,4	52,5a	±8,7	8,1a	±1,5	9,3a	±1,3
5	62,3a	±16,5	9,9a	±1,8	10,9a	±1,9	51,7a	±8,9	8,3a	±0,9	9,5a	±1,6
НСР	6,8	-	0,5	-	0,6	-	7,8	-	1,4	-	1,4	-

В условиях органического земледелия растениями тритикале отчуждалось азота от 17,7 до 22,1 кг/га, фосфора – от 1,7 до 2,1 кг/га и калия – от 14,5-17,9 кг/га (таблица 16).

Таблица 16 – Вынос элементов питания тритикале по фазам развития при органическом земледелии, кг/га (№ – вариант удобрения; НСР – НСР 0,05)

№	Тритикале по пару (в среднем за 2018-2021 гг.)						Тритикале по стерне (в среднем за 2019-2022 гг.)					
	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S
Фаза кущения												
1	20,5a	±11,7	2,0a	±1,1	15,9a	±9,6	22,1a	±4,9	2,0a	±0,8	14,9a	±4,9
2	17,7a	±12,5	2,0a	±1,0	14,5a	±10,1	18,6a	±3,3	1,7a	±0,6	16,1a	±4,9
3	18,4a	±11,7	1,8a	±1,0	14,9a	±9,5	20,3a	±4,5	1,8a	±0,7	14,7a	±5,0
4	20,4a	±10,7	1,9a	±1,0	16,8a	±9,3	18,6a	±4,1	1,7a	±0,2	17,9a	±2,6
5	20,6a	±10,1	2,1a	±1,1	16,0a	±9,8	22,0a	±7,0	2,0a	±0,9	17,8a	±6,8
НСР	3,0	-	0,3	-	2,5	-	3,7	-	0,5	-	3,7	-
Фаза колошения												
1	38,2a	±19,0	4,4a	±2,0	33,9a	±17,4	40,8a	±15,0	4,2a	±0,3	31,5a	±8,7
2	38,1a	±18,6	4,4a	±2,2	31,8a	±16,7	36,6a	±13,9	4,0a	±0,5	30,2a	±9,7
3	36,2a	±15,8	4,3a	±1,6	33,2a	±12,0	36,6a	±11,6	3,8a	±0,7	28,8a	±10,4
4	36,9a	±14,5	4,3a	±1,4	32,2a	±11,7	38,3a	±14,8	4,2a	±0,9	31,9a	±9,9
5	38,8a	±12,9	4,4a	±1,6	34,2a	±11,6	35,9a	±10,1	3,8a	±0,5	27,7a	±4,8
НСР	2,7	-	0,4	-	2,7	-	5,0	-	0,6	-	4,9	-
Солома												
1	26,9a	±9,0	3,5a	±0,7	28,9a	±9,5	19,1a	±4,2	3,0a	±1,2	24,6a	±5,8
2	29,8a	±10,0	3,7a	±0,5	33,5a	±11,7	18,9a	±2,0	2,9a	±0,4	25,4a	±5,9
3	32,7a	±7,4	3,9a	±0,8	37,7a	±8,9	21,8a	±3,0	3,5a	±0,7	26,4a	±3,7
4	32,2a	±7,5	4,2a	±0,8	37,6a	±8,1	21,9a	±4,6	3,3a	±0,5	27,1a	±3,7
5	37,2a	±6,1	4,7a	±0,7	39,3a	±6,4	19,1a	±5,6	2,9a	±0,8	26,0a	±4,6
НСР	10,7	-	1,8	-	10,6	-	3,4	-	0,7	-	2,6	-
Зерно												
1	38,3a	±14,7	6,2a	±2,0	6,7a	±1,7	26,6a	±3,4	3,9a	±0,1	4,6a	±0,1
2	34,6a	±10,3	5,7a	±1,3	6,1a	±1,6	25,1a	±4,2	4,0a	±0,7	4,6a	±0,8
3	35,0a	±7,3	5,7a	±1,0	6,2a	±0,8	23,8a	±5,1	3,7a	±0,5	4,3a	±0,4
4	35,5a	±9,0	5,8a	±1,3	6,5a	±1,2	24,0a	±5,1	3,7a	±0,5	4,4a	±0,5
5	37,8a	±12,0	6,3a	±1,5	6,6a	±1,7	24,4a	±4,2	3,7a	±0,4	4,2a	±0,5
НСР	3,9	-	0,7	-	0,9	-	2,9	-	0,4	-	0,6	-

В фазу колошения тритикале в условиях традиционного земледелия (по пару и стерне), вынос элементов питания в опыте составил: N – 52,1-63,0 кг/га, P₂O₅ – 5,9-7,4 кг/га и K₂O – 41,9-55,2 кг/га. В аналогичную фазу в условиях органического земледелия надземной биомассой тритикале потреблялось: N – 36,2-40,8 кг/га, P₂O₅ – 3,8-4,4 кг/га и K₂O – 27,7-34,2 кг/га.

В традиционном земледелии в фазу полной спелости тритикале соломой по паровому предшественнику отчуждалось азота – 41,1-49,0 кг/га, фосфора – 5,3-6,9 кг/га, калия – 44,6-52,3 кг/га, а по стерне вынос этих элементов питания был в 1,7-1,9 раза, 1,3 и 1,4-1,5 раза меньше.

Аналогичная ситуация отмечалась в органическом земледелии, так соломой тритикале по пару вынос азота составлял 26,9-37,2 кг/га, фосфора – 3,5-4,7 кг/га и калия – 28,9-39,3 кг/га, а по стерне их отчуждалось в 1,5-1,6 раза, в 1,2-1,3 раза и 1,2-1,5 раза меньше.

Куконкова А. А. и др. установили, что при традиционном земледелии вынос зерном яровой тритикале N составляет – 87,9-96,4 кг/га, фосфора – 35,8-41,9 кг/га и калия – 13,1-20,6 кг/га, а в органическом он был немного меньше и составлял соответственно – 65,9-83,1 кг/га, 29,1-37,3 и 12,9-17,5 кг/га [165].

По нашим данным в условиях традиционного и органического земледелия вынос макроэлементов из почвы зерном тритикале был в несколько раз ниже. Это связано засушливым вегетационным периодом характерным для Северного Казахстана, который часто ограничивает потенциал урожайности не только тритикале, но и других культур. Так, в условиях традиционного земледелия по пару зерном тритикале отчуждалось с поля азота 55,7-62,3 кг/га, фосфора – 9,8-10,1 кг/га и калия – 10,7-11,0 кг/га. По стерне вынос этих элементов питания был меньше в 1,2 раза, 1,2-1,4 и 1,2-1,3 раза. Ещё меньше отчуждалось макроэлементов в органическом земледелии. Так, по пару вынос азота зерном тритикале составлял 34,6-38,3 кг/га, фосфора – 5,7-6,3 и калия – 6,1-6,7 кг/га, по стерне потребление элементов питания было в 1,4-1,5 раза, 1,5-1,6 и 1,5 раза меньше.

В зависимости от погодных условий потребление питательных веществ с 1 га пашни растениями на формирование урожая может варьировать в довольно широком диапазоне. Значительно меньше изменениям подвержены затраты элементов питания на создание единицы продукции (1 т зерна, 1 ц кормовых или зерновых единиц), поскольку химический состав растений и вынос питательных веществ на единицу урожая, это более стабильный показатель в отличие от урожайности [169].

В наших опытах система земледелия и варианты удобрения не оказывали влияния на потребление элементов питания яровой тритикале для создания 1 тонны зерна (с соответствующим количеством соломы), но по предшественникам имелись различия. Тритикале возделываемая по пару на 1 тонну зерна в традиционном и органическом земледелии расходовала N от 40,5 до 42,9 кг/т, P₂O₅ – 6,1-6,5 кг и K₂O – 20,1-23,8 кг/т (таблица 17). По стерне затраты элементов питания на единицу продукции были немного меньше, и не зависимо от технологии составляли по N от 36,2 до 39,8 кг/т, P₂O₅ – 5,6-6,3 кг и K₂O – 19,9-24,7 кг/т.

Таблица 17 – Затраты элементов питания тритикале на создание 1 тонны зерна, с соответствующим количеством побочной продукции (солома) в среднем за период исследований, кг

Вариант удобрения	Тритикале по пару			Тритикале по стерне		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
Традиционное земледелие						
Контроль	40,5a	6,4a	21,4a	37,0a	6,1a	20,5a
N20aa	41,1a	6,5a	21,7a	38,1a	6,3a	21,3a
N40aa	42,2a	6,5a	22,5a	37,4a	6,1a	19,4a
N60aa	41,7a	6,4a	21,1a	37,7a	6,3a	20,0a

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7
N80aa	42,9a	6,5a	22,4a	37,5a	6,3a	19,0a
НСР 0,05	3,0	0,3	1,8	1,5	0,6	2,7
Органическое земледелие						
Контроль	41,8a	6,1a	20,1a	36,2a	5,6a	19,9a
Биомасса эспарцета	41,5a	6,4a	23,7a	38,5a	6,1a	23,7a
Биомасса люцерны	42,2a	6,2a	23,8a	39,8a	6,1a	24,7a
Биомасса костреца	41,7a	6,3a	23,3a	38,9a	5,9a	23,4a
Биомасса житняка	41,6a	6,5a	23,2a	38,1a	5,8a	23,2a
НСР 0,05	3,7	0,7	3,9	3,9	0,9	3,2

Таким образом, для двух систем земледелия характерным было, что в фазы кущения и колошения тритикале вынос макроэлементов растениями не различался по предшественникам. Преимущество по отчуждению элементов питания растениями, выращиваемых по паровому предшественнику над стерневым появились только в фазу полной спелости.

В традиционном земледелии растения тритикале в фазу кущения потребляли азота из почвы 28,1 до 36,1 кг/га, фосфора – 2,8-3,5 кг и калия – 22,4-27,7 кг/га. Вынос элементов питания в органическом земледелии составлял соответственно 17,7-22,1 кг/га, 1,7-2,1 кг и 14,5-17,9 кг/га.

В фазу колошения тритикале в традиционного земледелия растения выносили: N – 52,1-63,0 кг, P_2O_5 – 5,9-7,4 и K_2O – 41,9-55,2 кг/га. В органическом земледелии соответственно 36,2-40,8 кг/га, 3,8-4,4 и 27,7-34,2 кг/га.

В традиционном земледелии по паровому предшественнику тритикале зерном отчуждала азота 55,7-62,3 кг, фосфора – 9,8-10,1 и калия – 10,7-11,0 кг/га, по стерне соответственно в 1,2 раза, 1,2-1,4 и 1,2-1,3 раза меньше. В органическом земледелии по пару вынос зерном азота составлял 34,6-38,3 кг/га, фосфора – 5,7-6,3 и калия – 6,1-6,7 кг/га, по стерне соответственно в 1,4-1,5 раза, 1,5-1,6 и 1,5 раза меньше.

Независимо от технологии возделывания и варианта удобрения яровая тритикале на создание 1 тонны зерна (с соответствующим количеством соломы) по пару расходовала азота 40,5-42,9 кг/т, фосфора – 6,1-6,5 кг и калия – 20,0-23,8 кг/т, по стерневому предшественнику соответственно 36,2-39,8 кг/т, 5,6-6,3 кг и 19,9-24,7 кг/т.

3.7 Влияние удобрений в различных системах земледелия на урожайность яровой тритикале

Среди агротехнических приемов, направленных на повышение урожайности яровой тритикале, определяющее значение имеет оптимизация минерального питания сочетающее в себе рациональное применение удобрений, биологические особенности тритикале и почвенно-климатический потенциал региона возделывания [169].

Урожайность, как правило, является итоговым показателем воздействия всех абиотических и биотических факторов на растения в процессе их онтогенеза. Продуктивность тритикале, возделываемую в условиях традиционного и органического земледелия имела прямую связь с сухой надземной биомассой растений в фазы колошения и полной спелости.

Наибольшая продуктивность тритикале в условиях традиционного земледелия была получена по пару во влажном 2018 году, которая составила в контрольном варианте - 2,96 т/га (таблица 18). В последующие годы отмечалась засушливость вегетационных периодов, что вызывало постепенное уменьшение продуктивности тритикале. Например, в 2019 году снижение урожайность зерна тритикале составляло всего 10%, в 2020 году ниже на 42%, а в 2021 году уже на 49% в сравнении с 2018 годом. Независимо от года, внесение различных доз аммиачной селитры достоверно не увеличивало урожайность яровой тритикале.

По стерневому предшественнику в контрольном варианте наибольший урожай зерна тритикале был зафиксирован в 2019 году - 2,26 т/га, а наименьший - 1,45 т/га в 2020 году. В последующие два года продуктивность тритикале понемногу возрастала и если в 2021 году она была 1,72 т/га, то в 2022 году увеличилась до 1,92 т/га. Внесение аммиачной селитры существенно увеличивало урожайность зерна тритикале в 2020 году, и только в вариантах N20 и N60, где продуктивность была на 33% и 23% выше контроля.

Таблица 18 – Урожайность яровой тритикале возделываемой в условиях традиционного земледелия по различным предшественникам и вариантам удобрения, т/га

№ варианта	Тритикале по пару					Тритикале по стерне				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	$\bar{x}$	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	$\bar{x}$
1.	2,96a	2,68a	1,72a	1,52a	2,22a	2,26a	1,45b	1,72a	1,92a	1,84a
2.	3,20a	2,75a	1,73a	1,72a	2,35a	2,21a	1,93a	1,78a	2,08a	2,00a
3.	3,44a	2,62a	1,84a	1,72a	2,41a	2,27a	1,68b	1,87a	2,09a	1,98a
4.	2,91a	2,81a	1,79a	1,75a	2,32a	2,43a	1,79a	1,89a	2,11a	2,06a
5.	2,99a	2,66a	2,04a	1,77a	2,37a	2,37a	1,71b	1,84a	2,14a	2,02a
НСР 0,05	0,49	0,20	0,37	0,29	1,04	0,20	0,33	0,30	0,23	0,42

Отсутствие заметного эффекта от азота в составе удобрений при традиционном земледелии объясняется отсутствием осадков и повышенными температурами воздуха в период вегетации, что не позволило реализовать тритикале весь созданный потенциал. К этому ещё можно добавить, что перед посевом яровой тритикале по пару и стерне в почве отмечалось высокое содержание нитратного азота (см. раздел 3.2). Поэтому при посеве яровой тритикале по пару азотные удобрения применять не надо, поскольку в почве в большом количестве содержится N-NO₃. Большая концентрация нитратов, объясняется тем, что в период подготовки пара проводятся многочисленные механические обработки почвы, которые способствуют минерализации в ней органического вещества [43]. Если тритикале выращивают по стерневому

фону, то азотные удобрения применять можно, но в небольших дозах около N20. Подобные результаты были получены учеными в разных странах аридными условиями в течении вегетации растений. Например, в засушливых условиях южной Австралии на плодородных почвах рациональным является внесение азотных удобрений в дозе около N35, а дальнейшее повышение доз азота не увеличивает урожай [171]. Подобные опыты были проведены в Западной Сибири и на Северо-Западе США по их результатам установлено, чтобы уменьшить экономические и экологические риски рекомендуется применять азотные удобрения небольших - N15...30 дозах [11; 172].

Урожайность тритикале, возделываемой в органическом земледелии по двум изучаемым предшественникам, так же, как и в традиционном земледелии зависела от гидротермических условий вегетации. Самая высокая урожайность тритикале – 1,95 т/га была получена по пару в 2018 году, которая постепенно снижалась в последующие три года, так в 2019 году она уменьшилась на 9%, в 2020 году - на 44% и 2021 году – 48% (таблица 19). Надземная биомассы многолетних трав используемая в качестве удобрений существенно влияла на урожайность зерна тритикале в 2019 году и 2020 году. Так, в 2019 году варианты, где вносили удобрения из биомассы эспарцета, люцерны и костреца, отмечали 15-19% уменьшение урожая зерна тритикале, а в 2020 году в варианте с биомассой люцерны урожай зерна повысился на 18%. По итогу все изучаемые варианты органических удобрений обеспечивали получение такой же продуктивности тритикале, как и в контрольном варианте.

В условиях органического земледелия по стерневому фону в контрольном варианте наибольшая урожайность – 1,25 т/га была получена в 2022 году, а наименьшая – 0,90 т/га в 2020 году. Все варианты, где в качестве удобрений использовали биомассу многолетних трав обеспечивали такую же продуктивность, что и биомасса донника.

Таблица 19 – Урожайность яровой тритикале возделываемой в условиях органического земледелия по различным предшественникам и вариантам удобрения, т/га

№ варианта	Тритикале по пару					Тритикале по стерне				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	$\bar{x}$	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	$\bar{x}$
1.	1,95a	1,78a	1,10b	1,01a	1,46a	1,04a	0,90a	1,06a	1,25a	1,06a
2.	1,79a	1,45b	1,01b	1,02a	1,32a	0,94a	0,75a	0,96a	1,21a	0,97a
3.	1,62a	1,44b	1,30a	1,04a	1,35a	0,93a	0,76a	0,99a	1,29a	0,99a
4.	1,77a	1,51b	1,16b	1,07a	1,38a	0,95a	0,77a	0,97a	1,20a	0,97a
5.	1,95a	1,68a	1,06b	1,18a	1,47a	0,96a	0,76a	1,07a	1,22a	1,00a
НСР 0,05	0,36	0,23	0,17	0,29	0,57	0,19	0,16	0,20	0,23	0,28

Снижение урожайности тритикале в условиях традиционного и органического земледелия с 2019 по 2022 год связано с ухудшением гидротермических условий в период вегетации культуры, а именно усиление засушливости. Это все позволяет сделать предположение, что тритикале чувствительна к недостатку влаги. Аналогичные выводы были сделаны

Estrada-Campuzano, где в различные годы урожайность зерна тритикале варьировала в широких пределах и имела связь с осадками, выпадающими в период её вегетации [173; 182]. Довольно часто отмечается влияние неблагоприятных метеорологических условия на уровень продуктивности различных сельскохозяйственных культур. Выявлено, что небольшое изменение среднемноголетней нормы, вызывает изменение количества урожая от 10 до 20%, а продолжающееся негативное воздействие данного климатического фактора может на 30-60% снизить продуктивность особенно у чувствительных к засухе культур [174; 183].

Для определения степени влияния гидротермических условий на продуктивность яровой тритикале нами был проведён корреляционный анализ. За различные периоды сравнивали влияние суммы осадков, средней температуры и гидротермический коэффициент по Селянинову с урожайностью тритикале.

В традиционном земледелии результаты исследований позволили установить сильную корреляционную связь урожая зерна тритикале возделываемой по паровому предшественнику с атмосферными осадками, выпадающими в июне, где положительная корреляция по вариантам опыта составляла $r = 0,61...0,79$ (таблица 20). Так же отмечена положительная связь урожая с осадками августа $r=0,53...0,79$. По стерневому предшественнику в контроле и вариантах удобрений (N40-80) установлена корреляция урожая с осадками за июль (-0,52...-0,64) и июнь-август (-0,70...-0,81). В варианте N20 связь установлена только с осадками августа (-0,84).

Таблица 20 – Корреляционная связь урожая зерна тритикале возделываемую при традиционном земледелии с различными метеорологическими условиями в период её вегетации

Период	Тритикале по пару					Тритикале по стерне				
	Контроль	N20aa	N40aa	N60aa	N80aa	Контроль	N20aa	N40aa	N60aa	N80aa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сумма осадков, мм										
Июнь	0,71	0,69	0,78	0,61	0,79	-0,17	0,33	-0,22	0,01	-0,10
Июль	-0,11	-0,08	0,10	-0,24	-0,01	-0,64	-0,30	-0,53	-0,63	-0,52
Август	0,60	0,67	0,79	0,53	0,63	-0,32	-0,84	-0,38	-0,47	-0,49
Июнь-август	0,54	0,58	0,73	0,44	0,62	-0,81	-0,27	-0,77	-0,70	-0,70
Средняя температура воздуха, °C										
Июнь	-0,46	-0,34	-0,23	-0,48	-0,45	-0,24	-0,38	-0,13	-0,36	-0,21
Июль	0,50	0,52	0,36	0,60	0,39	0,94	0,57	0,94	0,87	0,90
Август	-0,90	-0,94	-0,98*	-0,86	-0,92	-0,69	-0,77	-0,78	-0,69	-0,79

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Июнь-август	-0,66	-0,59	-0,66	-0,57	-0,73	0,11	-0,32	0,17	-0,06	0,06
ГТК по Селянинову										
Июнь	0,75	0,70	0,77	0,66	0,82	-0,03	0,39	-0,10	0,14	0,02
Июль	-0,18	-0,17	0,02	-0,31	-0,07	-0,75	-0,35	-0,66	-0,71	-0,63
Август	0,64	0,72	0,83	0,58	0,68	-0,17	-0,75	-0,21	-0,34	-0,33
Июнь-август	0,62	0,64	0,78	0,51	0,70	-0,61	-0,02	-0,61	-0,45	-0,50
Примечание – * связь доказана на 5% уровне значимости										

По паровому предшественнику со всеми вариантами опыта выявлена сильная обратная зависимость урожайности тритикале со среднесуточной температурой августа ($r = -0,86 \dots -0,98$) и средняя степень влияния с температурой за вегетацию ($r = -0,57 \dots -0,66$). По стерновому фону выявлена связь урожая тритикале с температурой июля ($0,57 \dots 0,94$) и августа ($-0,69 \dots -0,79$).

По паровому предшественнику была выявлена высокая корреляционная зависимость урожая тритикале с ГТК по Селянинову за июнь, июль и июнь-август. По стерновому предшественнику этот показатель по вариантам опыта был близок к таковым по осадкам.

В условиях органического земледелия по паровому предшественнику установлена средняя и сильная корреляция урожая с осадками июня - $r = 0,56 \dots 0,92$, августа - $r = 0,47 \dots 0,80$ и за июнь-август - $r = 0,40 \dots 0,80$ (таблица 21).

Таблица 21 – Корреляционная связь урожая зерна тритикале возделываемую при органическом земледелии с различными метеорологическими условиями в период её вегетации

Период	Тритикале по пару					Тритикале по стерне				
	Б. донника	Б. эспарцета	Б. люцерны	Б. костреца	Б. житняка	Б. донника	Б. эспарцета	Б. люцерны	Б. костреца	Б. житняка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сумма осадков, мм										
Июнь	0,62	0,56	0,92	0,80	0,61	-0,76	-0,75	-0,76	-0,76	-0,89
Июль	-0,26	-0,27	0,27	0,15	-0,11	0,27	0,25	0,35	0,25	0,18
Август	0,47	0,55	0,72	0,80	0,70	-0,15	-0,16	-0,15	-0,15	0,09
Июнь-август	0,40	0,42	0,80	0,76	0,56	-0,42	-0,43	-0,35	-0,44	-0,54
Средняя температура воздуха, °С										

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Июнь	-0,55	-0,42	-0,34	-0,22	-0,25	0,73	0,72	0,78	0,72	0,77
Июль	0,59	0,66	0,13	0,32	0,58	0,65	0,66	0,58	0,67	0,67
Август	-0,83	-0,86	-0,93	-0,99*	-0,94	-0,81	-0,82	-0,79	-0,81	-0,66
Июнь-август	-0,60	-0,49	-0,85	-0,68	-0,49	0,80	0,79	0,81	0,80	0,91
ГТК по Селянинову										
Июнь	0,72	0,71	0,94	0,79	0,62	-0,76	-0,75	-0,78	-0,75	-0,88
Июль	-0,21	-0,07	0,14	-0,04	-0,21	0,06	0,04	0,14	0,04	-0,03
Август	0,64	0,80	0,66	0,76	0,74	0,09	0,08	0,09	0,09	0,33
Июнь-август	0,59	0,72	0,78	0,73	0,61	-0,66	-0,67	-0,62	-0,67	-0,80
Примечание – * связь доказана на 5% уровне значимости										

По стерневому предшественнику в вариантах удобрения установлена обратная зависимость $r = -0,75 \dots -0,89$, только с осадками июня.

По двум предшественникам установлена сильная обратная корреляционная связь между урожаем и температурой августа $r = -0,66 \dots -0,99$. По паровому предшественнику в вариантах опыта была установлена связь с температурным режимом июня-августа ($-0,49 \dots -0,85$). По стерневому предшественнику влияние температуры на урожай отмечено во все месяцы, так с июнем она составляла $0,72 \dots 0,78$, с июлем – $0,58-0,67$, с периодом июнь-июль – $0,79 \dots 0,91$. В вариантах опыта была установлена связь урожая тритикале с ГТК по Селянинову, которая по пару и стерне составила за июнь $0,62 \dots 0,94$ и $-0,75 \dots 0,88$, за июнь-август $0,59 \dots 0,78$ и $-0,62 \dots -0,80$. По пару также была выявлена зависимость с ГТК августа.

Согласно многочисленным литературным данным на территории Северного Казахстана осадки выпадающие в июне в фазу кущения зерновых культур играют ключевую роль в их продуктивности. Это связано с тем, что в этот период формируются главные элементы продуктивности: вторичная корневая система, дополнительные стебли, длина колоса и количество зерен в нём. Отсутствие атмосферных осадков в это время снижает продукционные процессы у растений, а их последствия в дальнейшем почти не исправляются [172; 175; 176].

Высокие среднесуточные температуры августа так же негативно влияют на урожайность зерновых, поскольку приходится на второй критический период в формировании урожая – налив зерна. В этот период неблагоприятные метеорологические явления могут сильно снижать урожайность яровых зерновых культур, но это уже не так критично, как в период кущения [177].

Мы старались не выделять различия по корреляции между вариантами опыта, поскольку между ними отсутствуют различия в урожайности. К этому еще можно добавить то, что выборка небольшая всего 4 года, а согласно

Доспехову Б.А. для доказательства значимости даже сильных связей необходимо – 6-12 пар наблюдений, то есть 6-12 лет исследований [127].

Таким образом, в контрольном варианте максимальная урожайность яровой тритикале – 2,96 т/га сформировалась в традиционном земледелии по паровому предшественнику во влажном 2018 году. В остальные три года она постепенно уменьшалась от 10 до 49% из-за возрастающей засушливости в период вегетации. Аналогичные результаты отмечались и по стерневому фону, где в контроле самый высокий урожай зерна был сформирован в 2019 году – 2,26 т/га, а в 2020-2022 годах он снизился на 15...36%. Применение аммиачной селитры в разных дозах существенно не влияли на продуктивность тритикале. Максимальная урожайность яровой тритикале в органическом земледелии по пару была получена в контрольном варианте была получена в 2018 году и составляла – 1,95 т/га, а в 2019-2021 годах она уменьшалась на 9%, 44% и 48%. Наибольший урожай зерна тритикале высеваемой по стерне был зафиксирован в 2022 году и составил 1,25 т/га, а наименьший – 0,90 т/га был получен в 2020 году. Все варианты с применением сухой биомассы злаковых и бобовых многолетних трав в качестве удобрений было равноценны.

В традиционном земледелии по паровому предшественнику в вариантах опыта установлена зависимость между урожаем зерна тритикале и атмосферными осадками, выпадающими в июне ($r = 0,61...0,79$) и августе ($r=0,53...0,79$). По стерневому предшественнику выявлена связь урожайности с осадками июля ($-0,52...-0,64$) и периодом июнь-август ($-0,70...-0,81$). В вариантах опыта по пару была установлена обратная зависимость между урожаем тритикале и температурой августа ($r= -0,86...-0,98$) и июнь-август ($r= -0,57...-0,66$). По стерневому фону связь урожая тритикале была выявлена только с температурой июля ($0,57...0,94$) и августа ($-0,69...-0,79$).

В условиях органического земледелия по паровому предшественнику установлена связь урожая тритикале с осадками июня ($0,56...0,92$), августа ($0,47...0,80$) и за июнь-август ($0,40...0,80$). По стерневому предшественнику в вариантах опыта установлена обратная зависимость с осадками июня ($-0,75...-0,89$). По двум изучаемым предшественникам была выявлена сильная отрицательная корреляционная зависимость - $r= -0,66...-0,99$ между урожаем зерна и среднесуточной температурой за август.

3.8 Структурные компоненты урожая яровой тритикале

О роли различных компонентов, участвующих в формировании продуктивности яровой тритикале можно судить, используя структурный анализ снопового материала.

В условиях традиционного и органического земледелия предшественники и различные варианты удобрений практически не оказывали влияния на показатели структуры урожая.

Высота растений тритикале слабо изменялась по годам исследований, так, в традиционном земледелии по предшественникам и вариантам опыта она

составляла в среднем 61,2-65,7 см, в органическом соответственно – 55,6-59,8 см (таблица 22).

В традиционном земледелии варианты удобрения не оказывали достоверного влияния на густоту стояния растений тритикале перед ее уборкой, так по пару их количество изменялось от 138 до 156 шт./м², по стерне от 144 до 160 шт./м². То же самое отмечалось и в условиях органической технологии, где она по пару варьировала от 135 до 152 шт./м², а по стерне - от 137 до 152 шт./м².

В условиях традиционного земледелия продуктивный стеблестой по паровому фону изменялся в пределах 1,5-1,7 шт., а по стерневому – 1,2-1,5 шт. на растение, варианты удобрения достоверного влияния не оказывали. В условиях органического земледелия наблюдалась аналогичная ситуация в вариантах с удобрениями, продуктивная кустистость составляла 1,1-1,3 независимо от предшественника.

Таблица 22 – Показатели элементов структуры урожая яровой тритикале

№ варианта	Высота растений, см	Количество растений, шт./м ²	Продуктивная кустистость	Масса				Кол-во зерен, шт./м ²	Соотношение массы зерна к соломе	Биологический урожай зерна, т/га
				снопа, г/м ²	соломы, г/м ²	зерна, г/м ²	1000 зерен, г			
Традиционное земледелие, тритикале по пару (среднее за 2018-2021 годы)										
1.	64,8a	138a	1,5a	547,6a	267,2a	280,5a	44,0a	6353a	1:1,0	2,81a
2.	65,4a	143a	1,6a	623,5a	313,2a	310,3a	45,6a	6632a	1:1,0	3,10a
3.	65,4a	139a	1,6a	602,8a	309,2a	293,7a	44,6a	6571a	1:1,0	2,94a
4.	63,3a	141a	1,7a	629,8a	314,1a	315,7a	45,0a	7059a	1:1,0	3,15a
5.	65,7a	156a	1,5a	627,2a	321,9a	305,3a	44,5a	6831a	1:0,9	3,05a
НСР 0,05	2,1	19,0	0,3	89,5	69,8	57,1	1,8	709,8	-	0,40
Традиционное земледелие, тритикале по стерне (среднее за 2019-2022 годы)										
1.	63,9a	144a	1,2a	411,8a	211,5a	200,3a	41,3a	5011a	1:0,9	2,04a
2.	62,1a	160a	1,2a	454,9a	235,2a	219,7a	41,4a	5501a	1:0,9	2,20a
3.	61,7a	151a	1,5a	498,5a	256,5a	242,0a	42,1a	5841a	1:0,9	2,42a
4.	61,2a	147a	1,4a	480,8a	248,5a	232,3a	43,0a	5587a	1:0,9	2,32a
5.	61,7a	155a	1,5a	499,1a	250,9a	248,2a	42,3	5943a	1:1,0	2,48a
НСР 0,05	2,8	18,0	0,4	95,2	48,7	54,2	2,0	950,1	-	0,51
Органическое земледелие, тритикале по пару (среднее за 2018-2021 годы)										
1.	58,5a	141a	1,2a	365,2a	180,2a	185,0a	42,5a	4340a	1:1,0	1,86a
2.	58,6a	136a	1,1a	380,9a	195,2a	185,8a	42,4a	4453a	1:0,9	1,86a
3.	59,8a	135a	1,3a	410,4a	208,0a	202,4a	40,2a	4808a	1:0,9	2,02a
4.	58,0a	146a	1,1a	402,3a	200,9a	201,5a	41,0a	4780a	1:1,0	2,01a
5.	59,4a	152a	1,1a	446,4a	234,0a	212,4a	41,8a	5146a	1:0,9	2,12a
НСР 0,05	2,7	19,0a	0,3	89,0	78,5	32,1	2,7	815,2	0,3	0,30
Органическое земледелие, тритикале по стерне (среднее за 2019-2022 годы)										
1.	58,2a	137a	1,2a	315,1a	157,6a	157,5a	40,5a	3830a	1:1,0	1,58a
2.	55,7a	144a	1,1a	294,0a	150,0a	144,0a	38,2a	3678a	1:1,0	1,44a
3.	55,6a	142a	1,3a	315,2a	164,9a	150,4a	38,7a	3866a	1:0,9	1,50a
4.	56,1a	144a	1,1a	314,9a	166,3a	148,6a	38,6a	4392a	1:0,9	1,50a
5.	57,1a	152a	1,1a	292,3a	154,6a	137,7a	38,4a	3665a	1:0,9	1,39a
НСР 0,05	21,8	17,0	0,3	38,7	47,8	21,0	2,5	578,1	0,3	0,22

На массу снопа большее влияние оказывал предшественник, чем вариант удобрения. Так, в традиционном земледелии масса снопа в вариантах опыта по пару изменялась от 547,6 до 629,8 г/м² и стерне – от 411,8 до 499,1 г/м², в органическом соответственно от 365,2 до 446,4 г/м² и от 292,3 до 315,1 г/м².

Независимо от технологии выращивания, предшественника и варианта удобрения соотношение соломы к зерну изменялось в небольших пределах и составляло 0,9-1,0. Причем данный показатель у тритикале в 1,5 раза меньше, чем у яровой пшеницы, у которой на 1 часть зерна приходится 1,5 части соломы [178].

У зерновых культур урожайность определяется индивидуальным весом зерен и их количеством на единицу площади [179]. По данным Lalevic et al. [180], условия внешней среды, а также отдельные элементы питания могут существенно влиять на массу тысячи зерен. Так же Bielski et al. в своих исследованиях установил, что внесение азота в дозе N40 значительно увеличивает массу тысячи зерен тритикале [184]. В наших исследованиях масса тысячи зерен у тритикале не сильно изменялась по предшественникам и вариантам опыта, так в традиционном земледелии она изменялась от 41,0 до 45,6 г, в органическом от 38,2 до 42,5 г.

Количество зерен на единицу площади больше зависела от предшественника, чем от варианта удобрения. В традиционном земледелии количество зерен изменялось по пару от 6353 до 7059 шт./м² и по стерне от 5011 до 5943 шт./м², в органическом - 4340-5146 шт./м² и 3830-4392 шт./м² соответственно.

В наших исследованиях биологическая урожайность зерна тритикале немного выше хозяйственной, которую получили после учета комбайном. Такие различия можно объяснить тем, что при механизированной уборке происходит потеря части урожая при срезе колосьев, просыпании или выдувании несформировавшихся зерен и т.п.

Для определения какой элемент структуры урожая оказал наибольшее влияние на урожай, был проведен корреляционный анализ между урожаем зерна с массой 1000 зерен и количеством зерна с 1 м² (таблица 23).

Таблица 23 – Корреляция урожая зерна (фактический) яровой тритикале с массой тысячи зерен и количеством зерен

Вариант удобрения	Тритикале по пару		Тритикале по стерне	
	Масса 1000 зерен, г	Количество зерен, шт./м ²	Масса 1000 зерен, г	Количество зерен, шт./м ²
1	2	3	4	5
Традиционное земледелие				
Контроль	0,14	0,99	-0,02	0,67
N20aa	0,30	1,00	0,02	0,87
N40aa	-0,33	0,88	0,17	0,77
N60aa	0,08	0,98	0,47	0,82
N80aa	0,32	1,00	0,38	0,64

Продолжение таблицы 23

1	2	3	4	5
Органическое земледелие				
Контроль	-0,27	0,83	-0,14	0,89
Биомасса эспарцета	-0,21	0,61	-0,08	0,60
Биомасса люцерны	0,36	0,69	0,38	0,80
Биомасса костреца	0,33	0,79	0,24	0,72
Биомасса житняка	0,35	0,94	0,14	0,74

Установлена слабая связь урожая зерна с массой тысячи зерен в двух системах земледелия, так по паровому предшественнику она составила $r = 0,08...0,36$, по стерне - $r = 0,02...0,47$.

В опыте была выявлена положительная корреляционная связь урожая с количеством зерен, которая по традиционному пару оценивалась как сильная $r = 0,88...1,00$ и от средней до сильной степени по стерне $r = 0,64...87$ и органическому земледелию - $r = 0,61...0,94$ и $r = 0,60...0,89$ соответственно. Таким образом, не зависимо от технологии возделывания предшественники и варианты удобрений не оказывали влияния на структурные показатели (высоту растений, массу снопа и др.) урожая яровой тритикале. Установлено, что на 1 часть зерна яровой тритикале приходится 0,9-1,0 часть соломы. Большее влияние на урожай оказывали количество зерен, которые в традиционном земледелии по паровому предшественнику составляло 6353-7059 шт./м² и стерне – 5011-5943 шт./м², в органическом - 4340-5146 шт./м² и 3830-4392 шт./м² соответственно. Была установлена слабая связь урожая зерна с массой тысячи зерен в изучаемых системах земледелия. В исследованиях была установлена положительная зависимость урожая тритикале с количеством зерен на 1 м². Для традиционного пара она оценивалась как сильная – $r = 0,88...1,00$, по стерне варьировала в пределах средней и высокой степени - $r = 0,64...87$. В органическом земледелии связь изменялась в аналогичных пределах, по пару она составляла $r = 0,61...0,94$, по стерне $r = 0,60...0,89$.

3.9 Баланс макроэлементов в почве

Внесение минеральных и органических удобрений в различных дозах в почву влияет не только на динамику питательных элементов, но и на их баланс. При достижении оптимального уровня азота, фосфора и калия в почве за счет внесения удобрений в последующем желательно поддерживать баланс элементов питания при бездефицитном значении [185; 187].

Приходная часть баланса формировалась за счёт поступления элементов питания в почву с минеральными и органическими удобрениями, а также с посевным материалом. Расходная часть учитывала только отчуждение макроэлементов этих элементов питания с поля фактическим урожаем зерна тритикале. Отчуждение элементов питания соломой в расчёт не брали, потому что она остается в поле, как и корневые остатки.

В условиях традиционного земледелия баланс азота за севооборот в контрольном варианте был отрицательным и составил -89,0 кг/га (таблица 24). Внесение аммиачной селитры в дозах N20 и N40, немного снижало отрицательный баланс до -58,4 и -20,3 кг/га, а увеличение её доз до N60 и N80 формировало положительный баланс азота в почве +18,9 и +58,0 кг/га.

В условиях органического земледелия применение в качестве удобрений сухой биомассы различных многолетних трав способствовало формированию положительного баланса азота (+57,8...+87,3 кг/га) в почве.

Результаты исследований Назарюка В. М. [185] показали, что создание бездефицитного уровня азота в почве за счет применения азотных удобрений довольно проблематично, а в зонах рискованного земледелия является экономически затратным. Азот образуется в почве благодаря минерализации растительных остатков и лабильного органического вещества. При высокой азот минерализующей способности почвы, вынос его продукцией всегда будет преобладать над его количеством, возвращающимся в почву (отрицательный баланс) до тех пор, пока не наступит равновесие между приходом и выносом этого элемента.

Таблица 24 – Баланс N в почве за ротацию севооборота (в среднем за годы исследований), кг/га

Вариант удобрения	Приход азота		Отчуждение азота с поля зерном		Баланс
	удобрениями	зерном	по		
			пару	стерне	
Традиционное земледелие					
Контроль	9	3	55,7	45,3	-89,0
N20aa	49	3	60,2	50,2	-58,4
N40aa	89	3	62,2	50,1	-20,3
N60aa	129	3	60,6	52,5	+18,9
N80aa	169	3	62,3	51,7	+58,0
Органическое земледелие					
Контроль	143	3	38,3	26,6	+81,1
Биомасса эспарцета	144	3	34,6	25,1	+87,3
Биомасса люцерны	135	3	35,0	23,8	+79,2
Биомасса костреца	132	3	35,5	24,0	+75,5
Биомасса житняка	117	3	37,8	24,4	+57,8

Поэтому исследователи из таких засушливых регионов как Южная Австралия, Северо-Запад Америки и Сибири [11; 171] предлагают для снижения финансовых и природоохранных рисков использовать невысокие дозы азотных удобрений - N15...25 кг на 1 га.

Формирование в почве положительного баланса азота имеет и отрицательные стороны, так при накоплении в почвенном профиле большого количества неиспользуемых нитратов в почве могут начаться процессы выщелачивания, денитрификации и эмиссии в атмосферу, что будет наносить большой урон окружающей среде [188-189].

В условиях Северного Казахстана выщелачивание избыточного азота в виде нитратов в грунтовые воды, способствуя нанесению вреда окружающей среде маловероятно. Почвы данного региона характеризуется непромывным режимом, а засушливые условия способствуют тому, что даже при большом количестве осадков нитраты могут мигрировать в нижележащие горизонты, и с восходящим током воды вновь передвигаются к поверхности почвы и корням растений.

Согласно исследованиям, проведенным Смирновым П. М. (1982) значительные потери азота из-за выделения закиси (и окиси) азота, наиболее опасного загрязнителя атмосферы, наблюдается на слабокультуренных, бедных гумусом и кислых почвах с низкой биологической активностью. На окультуренных, хорошо гумусированных и слабокислых почвах с высокой биологической активностью основным газообразным продуктом денитрификации является молекулярный азот и закиси азота. Окиси азота образуется мало, их выделение из почвы даже при внесении азотных удобрений незначительно и не может представлять серьезной экологической угрозы [190]. Исходя из всего вышеперечисленного черноземы южные Северного Казахстана содержат достаточное количество гумуса и характеризуются высокой биологической активностью соответственно нитраты преобразуются до молекулярного азота.

В соответствии со всем вышеперечисленным в засушливых условиях Северного Казахстана при возделывания зерновых культур по стерневым предшественникам для минимизации рисков рекомендуется вносить азотные удобрения в дозе N20 [191].

Согласно исследованиям Волкова Е. Д. и Лихтенберга А. И [19], в условиях Северного Казахстана важно поддерживать положительный баланс фосфора в почве, так как его дефицит ограничивает продуктивность сельскохозяйственных культур. Результатом их исследований было установлено, что в условиях Северного Казахстана оптимальной дозой фосфора, вносимой под зерновые культуры обеспечивающим положительный баланс фосфора и соответственно повышающим почвенное плодородие является P20.

В традиционном земледелии внесение аммофоса в запас в паровое поле дозой P40, формирует профицит P_2O_5 в почве в пределах +22,3...+23,6 кг/га (таблица 25).

Таблица 25 – Баланс фосфора в почве за ротацию севооборота (в среднем за годы исследований), кг/га

Вариант удобрения	Приход фосфора		Отчуждение с поля зерном по		Баланс
	удобрениями	зерном	Пару	стерне	
1	2	3	4	5	6
Традиционное земледелие					
Контроль	40	0,5	9,8	7,1	+23,6

Продолжение таблицы 25

N20aa	40	0,5	10,0	8,0	+22,6
N40aa	40	0,5	10,1	7,7	+22,7
N60aa	40	0,5	10,0	8,1	+22,3
N80aa	40	0,5	9,9	8,3	+22,3
Органическое земледелие					
Контроль	16	0,5	5,7	4,0	+6,9
Биомасса эспарцета	16	0,5	5,8	3,7	+7,0
Биомасса люцерны	16	0,5	5,8	3,7	+7,0
Биомасса костреца	16	0,5	6,3	3,7	+6,5
Биомасса житняка	16	0,5	6,2	3,9	+6,4

В условиях органического земледелия баланс фосфора в почве также был положительным в пределах +6,4 и +7,0 кг/га.

В условиях традиционного земледелия калийные удобрения не применяли, что способствовало формированию отрицательного баланса этого элемента в почве в пределах –18,5... –19,9 кг/га (таблица 26).

Надземная масса многолетних трав содержала большое количество калия, что во всех вариантах обеспечивало положительный баланс K_2O в почве от + 93,0 до + 132,6 кг/га.

Таблица 26 – Баланс калия в почве за ротацию севооборота (в среднем за годы исследований), кг/га

Вариант удобрения	Приход калия		Отчуждение с поля зерном по		Баланс
	удобрениями	зерном	пару	стерне	
Традиционное земледелие					
Контроль	0	0,5	10,7	8,3	-18,5
N20aa	0	0,5	11,0	9,0	-19,5
N40aa	0	0,5	10,8	9,1	-19,4
N60aa	0	0,5	10,9	9,3	-19,7
N80aa	0	0,5	10,9	9,5	-19,9
Органическое земледелие					
Контроль	108	0,5	6,7	4,6	+97,2
Биомасса эспарцета	139	0,5	6,1	4,6	+128,8
Биомасса люцерны	103	0,5	6,2	4,3	+93,0
Биомасса костреца	143	0,5	6,5	4,4	+132,6
Биомасса житняка	115	0,5	6,6	4,2	+104,7

В условиях органического земледелия использование в качестве удобрений сухую надземную массу многолетних трав позволило обеспечить положительный баланс основных макроэлементов в почве. Однако согласно литературным источникам недостатком всех органических удобрений является их несбалансированность по содержанию элементов питания [191]. Поэтому в наших исследованиях, где расчет делали по внесению в первую очередь фосфора для того, чтобы внести 16 кг P_2O_5 на га нам пришлось вносить довольно значительную биомассу многолетних трав. Кроме фосфора в почву

с органическими удобрения поступало большое количество не только азота и калия, но и других элементов питания.

Почвы Северного Казахстана богаты различными обменными соединениями K_2O , поэтому применение калийных удобрений в настоящее время является экономически нецелесообразным [191]. Принимая во внимание, что с зерном тритикале, как и любой зерновой культуры [192-195] калия отчуждается немного, а большая часть остается с соломой в поле (раздел 3.5), кроме того растения в период своего развития перемещают калий из нижележащих горизонтов в верхние слои почвы. В совокупности это способствует поддержанию содержания калия в почвах на высоком уровне, что позволяет сделать заключение: в ближайшей перспективе ограничивающее влияние K_2O на продуктивность культур в Северном Казахстане не ожидается [196-197].

Таким образом, в условиях традиционного земледелия положительный баланс азота в почве достигался только внесением аммиачной селитры в дозах N_{60} и N_{80} . Применение аммофоса дозой P_{40} формировало положительный баланс P_2O_5 в почве. Надземная биомасса многолетних трав, вносимая как удобрения в органическом земледелии создавала положительный баланс всех элементов питания: N - 57,8...87,3 кг/га, P_2O_5 - 6,4...7,0 и K_2O - 93,0...132,6 кг/га.

3.10 Качество зерна тритикале

Главными показателями при возделывании сельскохозяйственных культур являются урожайность и качество полученного урожая. Наиболее важными показателями качества зерна – является содержание белка и клейковины, что определяет не только питательную ценность зерна, но и технологические свойства муки и изделий из неё [167].

Согласно литературным данным тритикале может накапливать в зерне до 14-18% белка [198-200]. Исследования, проведенные на дерново-подзолистой почве, показали, что внесение азотных удобрений в дозах N_{120} и N_{150} способствовали увеличению содержания белка в зерне до 19-20% в сравнении с контролем (11%), где азотное удобрение не вносилось [201]. Исследования, проведенные в Республике Беларусь получили похожие данные, которые показали, что повышение доз азота приводит к увеличению количества белка в зерне тритикале. При внесении азота N_{90} содержание белка составляло – 12,6%, а в неудобренном было всего 10% [76]. В России наблюдалась аналогичная тенденция, где азота N_{90} повышала количество белка в зерне до 16,2%, а при дозах N_{30} и N_{60} его содержание было 14,5% и 15,1% [202]. В Турции исследования установили, что уровень белка в зерне тритикале увеличивался при внесении азота удобрений дозой N_{80} , а последующее её повышение до N_{160} было не эффективно [203]. Увеличение количества протеина в зерне за счет азотных удобрений объясняется тем, что

азот является главным компонентом различных аминокислот, на основе которых и формируются различные группы белков [204].

Согласно ГОСТ 34023-2016 для зерна тритикале массовая доля белка в пересчете на сухое вещество для соответствия 1-му классу должна составлять не менее 12,0%.

В наших исследованиях, содержание белка в зерне яровой тритикале, по изучаемым системам земледелия, предшественникам и вариантам удобрений характеризовалось высоким содержанием белка, что соответствовало 1 классу. В традиционном земледелии по паровому предшественнику концентрация белка по годам исследований в контрольном варианте изменялась от 13,4% до 15,4%, по стерне – от 12,8% до 15,7% (таблица 27). Применение азота в составе удобрений достоверного эффекта на уровень белка в зерне тритикале не имело, за исключением отдельных лет. Аналогичные данные были получены Gooding и Davies (1997), которые показали, что количество белка в зерне не всегда зависит от количества внесенного азотного удобрения [205].

Качество зерна тритикале, выращенное в условиях органического земледелия имело большую концентрацию белка, чем зерно с традиционной технологии. По паровому предшественнику содержание белка в зерне варьировало в пределах 14,4-18,7%, по стерневому – 13,5-15,2% в зависимости от года и варианта опыта.

Высокий уровень протеина в зерне тритикале связан с её невысокой урожайностью и специфическими почвенно-климатическими условиями Северного Казахстана.

Таблица 27 – Уровень белка в зерне яровой тритикале в годы исследований, %

Вариант Удобрения	Тритикале по пару					Тритикале по стерне				
	2018 г	2019 г	2020 г	2021 г	$\bar{x}$	2019 г	2020 г	2021 г	2022 г	$\bar{x}$
Традиционное земледелие										
1.	13,4b	14,6a	14,2a	15,4b	14,4a	14,9a	12,8b	15,7b	14,0a	14,4a
2.	13,9b	14,9a	14,3a	15,4b	14,6a	15,0a	14,0a	16,2b	14,0a	14,8a
3.	14,0b	14,0a	14,3a	15,5b	14,5a	15,5a	14,1a	16,9a	13,9a	15,1a
4.	14,9a	15,0a	14,4a	16,2b	15,1a	15,8a	14,3a	17,1a	14,3a	15,4a
5.	14,7a	15,1a	14,2a	17,9a	15,5a	15,8a	14,6a	17,7a	14,3a	15,6a
НСР 0,05	0,7	0,7	0,3	1,0	1,3	1,0	1,0	0,8	0,4	1,4
Органическое земледелие										
1.	15,0a	14,4a	14,5a	18,0a	15,5a	13,5b	14,0a	15,2a	14,0a	14,2a
2.	14,5a	15,3a	14,5a	18,7a	15,8a	14,6a	14,2a	15,2a	14,1a	14,5a
3.	14,5a	14,4a	14,3a	18,3a	15,4a	14,1b	13,8a	15,1a	14,6a	14,4a
4.	14,5a	15,0a	14,6a	18,2a	15,6a	14,0b	14,0a	15,1a	13,8a	14,2a
5.	14,7a	14,8a	14,4a	18,0a	15,5a	13,5b	13,8a	15,5a	13,8a	14,2a
НСР 0,05	0,7	1,0	0,3	0,8	1,5	1,1	0,3	0,4	0,6	1,2

Содержание сырой клейковины в зерне тритикале является важным показателем качества в странах ЕАЭС. В зерне этой культуры количество клейковины может варьировать в пределах 18-36% [206]. Согласно исследованиям, проведенным в Польше, применение азота дозой N60

способствовало увеличению клейковины в зерне тритикале до 17,42-19,49%, а повышение дозы азота в два раза (до N120) приводило к росту её количества до 19,98-24,39% [198]. Аналогичные результаты были получены и в других работах [207-209].

Согласно ГОСТ 34023-2016 для зерна тритикале по количеству клейковины предъявляются следующие требования: для 1 класса - не менее 22,0%, 2-го - не менее 18,0%.

В наших исследованиях содержание клейковины в зерне тритикале в традиционном земледелии в контрольном варианте по паровому предшественнику изменялось от 16,0% до 19,2%, по стерневому – от 12,5 до 19,9% (таблица 28). Внесение аммиачной селитры при посеве оказывало достоверное влияние на уровень клейковины в зерне по изучаемым предшественникам. Усреднение данных за 2018-2021 гг. показало, что концентрация клейковины в зерне тритикале в контрольном варианте парового предшественника составляло 18,1%. Применение азотного удобрения дозой N20 существенно увеличивало клейковину в зерне до 19,9%, а повышение этих доз до N40-60, имело преимущество только перед контрольным вариантом, но уступало дозе N20. Максимальное содержание клейковины в зерне тритикале – 22% обеспечивала доза аммиачной селитры - N80.

По стерневому предшественнику прослеживалась аналогичная динамика: в контрольном варианте содержание клейковины в зерне составляло - 16,5%, применение дозы N20 существенно повышало её до 19,3%, такой же результат был получен при дозе N40. Увеличение дозы аммиачной селитры до N60 повышало клейковину в зерне до 21,8%, на таком же уровне она была и в варианте N80.

Таблица 28 – Содержание сырой клейковины в зерне тритикале, %

Вариант удобрения	Тритикале по пару					Тритикале по стерне				
	2018 г	2019 г	2020 г	2021 г	$\bar{x}$	2019 г	2020 г	2021 г	2022 г	$\bar{x}$
Традиционное земледелие										
1.	16,0 d	19,0 a	19,2 b	18,0 c	18,1c	16,5 b	12,5 d	17,0 d	19,9 c	16,5c
2.	19,3 c	19,2 a	21,2 a	20,0 b	19,9b	18,6 a	19,0 c	17,8 d	21,7 b	19,3b
3.	20,7 b	19,4 a	21,1 a	20,8 b	20,5b	19,8 a	20,7 b	19,3 c	21,9 b	20,4b
4.	21,2 b	19,5 a	23,3 a	21,6 b	21,4b	20,2 a	21,9 a	20,6 b	24,5 a	21,8a
5.	22,4 a	19,6 a	22,4 a	23,4 a	22,0a	20,2 a	22,0 a	22,0 a	24,9 a	22,3a
НСР 0,05	1,2	0,8	1,2	1,8	1,7	1,9	1,2	0,9	1,1	2,4
Органическое земледелие										
1.	25,4 a	24,0 a	21,6 a	19,6a	22,7a	19,6 a	21,0 a	19,8 a	22,7 b	20,8a
2.	25,8 a	24,1 a	21,6 a	21,5a	23,3a	19,8 a	20,7 a	17,2 b	21,9 b	19,9a
3.	24,9 a	22,7 b	21,3 a	19,6a	22,1a	20,2 a	21,9 a	20,3 a	24,5 a	21,7a
4.	25,2 a	23,9 a	22,6 a	20,4a	23,0a	20,2 a	22,0 a	17,2 b	24,9 a	21,1a
5.	24,9 a	22,7 b	22,6 a	21,5a	23,0a	19,8 a	20,7 a	19,3 a	21,9 b	20,4a
НСР 0,05	0,7	1,1	0,5	2,0	2,2	0,8	1,2	2,0	2,1	2,1

Применение азотного удобрения способствовало повышению содержания сырой клейковины в зерне тритикале, что позволило получить товарное зерно 1 и 2 класса. Внесение аммиачной селитры в различных дозах N20...80 способствовало увеличению клейковины в зерне тритикале, по пару в среднем за три года её количество повысилось на 1,8-3,9%, а по стерне - на 2,8-5,8% в сравнении с контрольными значениями. Близкие результаты были отмечены в регионах Поволжья, где внесение азотных удобрений дозами N30-90 повышало клейковину в зерне тритикале в пределах 24,8...26,5% [202].

В условиях органического земледелия тритикале возделываемая по двум предшественникам стабильно обеспечивало высокую концентрацию клейковины в зерне на уровне 1 и 2 классов. По паровому предшественнику содержание клейковины в зерне тритикале варьировало по годам исследований в пределах 19,6...25,8%, по стерневому – 19,3...24,9%. Применение в качестве удобрений сухой биомассы различных многолетних трав обеспечивало равноценное влияние на уровень клейковины в зерне. Исключения наблюдались в 2019 году по паровому предшественнику и в 2021 и 2022 годах по стерневому фону. В оставшиеся годы существенных различий по количеству клейковины в зерне тритикале в вариантах опыта не выявлено.

Для определения влияния различных доз азотного удобрения на концентрацию клейковины в зерне тритикале нами был проведён корреляционный анализ между двумя этими параметрами (рисунок 11).

По двум изучаемым предшественникам во все годы исследований была установлена сильная положительная связь $r = 0,87...0,99$.

Таким образом, в Северном Казахстане содержание белка в зерне тритикале отвечало требованиям 1-го класса и не зависело от других изучаемых факторов. В условиях традиционного земледелия уровень протеина в зерне незначительно варьировал в изучаемые годы: по пару в пределах 13,4-16,2% и по стерне – 12,8...17,7%, а в органическом земледелии за такой же период в пределах – 14,4...18,7% и 13,5...15,2%.

Количество клейковины в зерне тритикале в условиях традиционного земледелия в среднем за годы исследования на контроле по паровому предшественнику составил 18,1%, а по стерневому – 16,5%. Применение аммиачной селитры в дозах N20-80 способствовало существенному увеличению клейковины в зерне тритикале, которое по паровому предшественнику повысилось на 1,8-3,9%, по стерневому – на 2,8-5,8%.

Использование сухой биомассы различных многолетних трав в качестве удобрений обеспечивало равноценное влияние на уровень клейковины в зерне. В зависимости от года и варианта удобрения содержание сырой клейковины в зерне тритикале было на уровне 1-го и 2-го класса и варьировало по паровому фону в пределах 19,6...25,8%, по стерневому – 19,3...24,9%.

Корреляционный анализ, проведенный между различными дозами азота и количеством клейковины в зерне тритикале выращиваемой в условиях традиционном земледелии позволил выявить между ними высокую положительную связь - $r = 0,87...0,99$ не зависимо от предшественника.

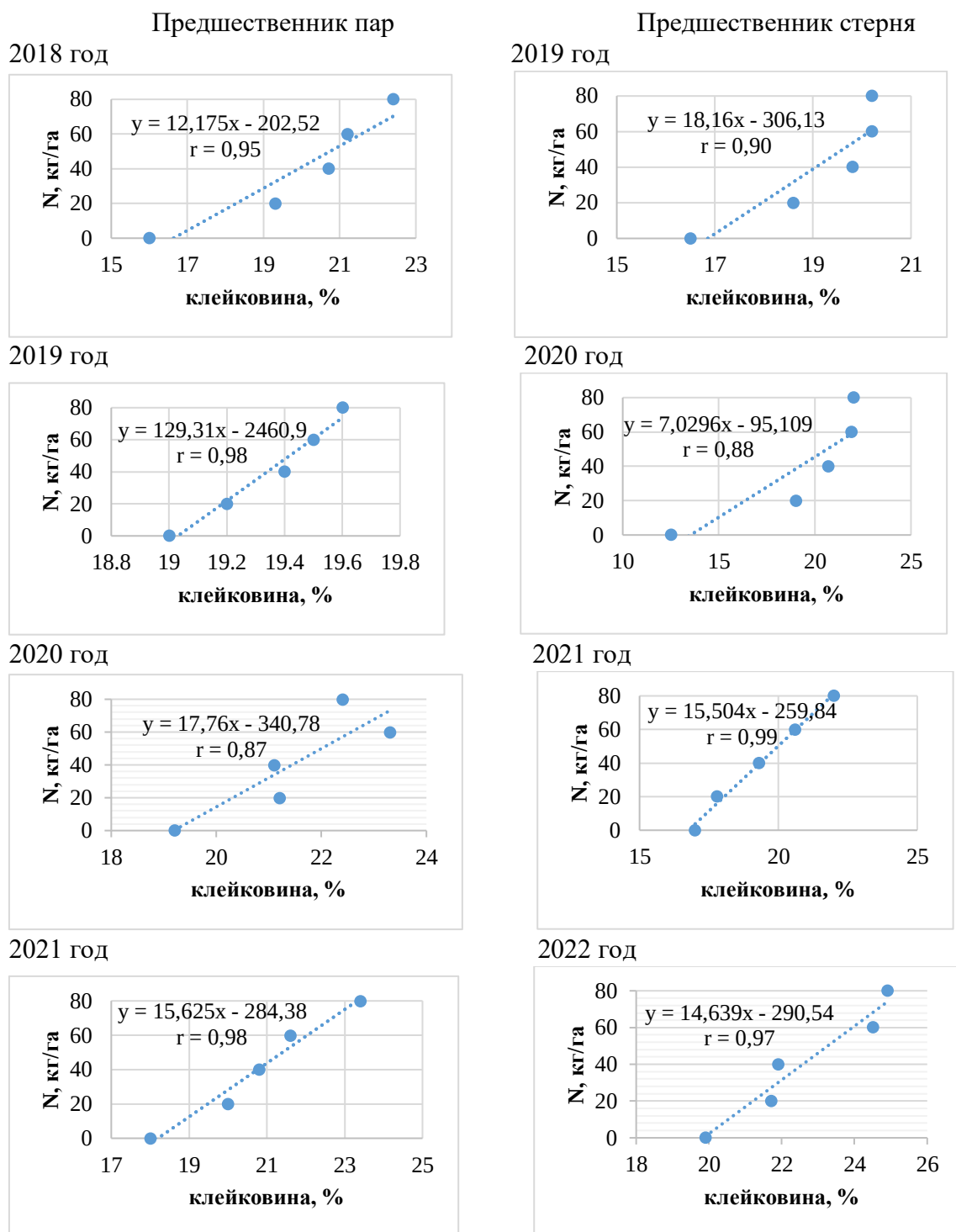


Рисунок 11 – Значения корреляции (r) для различных доз азота с содержанием клейковины в зерне тритикале

3.11 Экономическая эффективность возделывания яровой тритикале при различных системах земледелия

Главным приоритетом в сельскохозяйственном производстве является увеличение прибыли с 1 га пашни за счет повышения продуктивности культур и уменьшения технологических затрат. Учитывая, что в последние годы часто

отмечаются невысокие цены на зерно, а производственные затраты постоянно растут, то многие фермеры вынуждены искать варианты сокращения затрат для увеличения чистого дохода. Поэтому аграриям необходимо знать, как именно различные производственные затраты оказывают влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур, чтобы выбирать наиболее прибыльные варианты для финансовых вложений. Земледельцам необходимо понимать как денежные затраты влияют на рентабельность их производства при различных ценах на производимую ими продукцию и средства для её производства.

Экономическая эффективность возделывания яровой тритикале в традиционном и органическом земледелии рассчитывалась с использованием технологических карт, фактической рыночной стоимости ресурсов и оплаты труда, в ценах 2023 года. Прямые затраты включали: затраты на удобрения, горюче-смазочные материалы, пестициды, амортизацию и ремонт техники, семена, оплату труда также сертификацию и инспекцию при органическом земледелии. Затраты на подготовку пара при традиционном и органическом земледелии, были пропорционально (50/50) разделены между двумя последующими культурами севооборота. Расчеты проводились по сложившимся рыночным ставкам в системе оплаты труда в ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева» и в целом по Северному Казахстану на 2023 год. Стоимость 1 тонны зерна яровой тритикале в традиционном земледелии составляла 130000 тенге, в органическом – 165000 тенге

Затраты на подготовку традиционного пара составили 35612,64 тенге на гектар, возделывание яровой тритикале 1 и 2 культурой после пара по вариантам опыта варьировали от 58458,96 тенге до 95875,92 тенге/га (таблица 29). В условиях органического земледелия на подготовку пара было потрачено от 83442,24 тенге до 92756,16 тенге/га, а на возделывание яровой тритикале по пару и стерне 39997,44 тенге/га.

Таблица 29 – Структура затрат при возделывании яровой тритикале по вариантам и предшественникам в традиционном и органическом земледелии

Статьи затрат*	Варианты удобрений в традиционном земледелии					Варианты удобрений в органическом земледелии				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пар										
1	12448,80					13633,20				
2	1678,32					2136,96				
3	1441,44					1572,48				
4	2615,76					2615,76				
5	0					2520,00				
6	17428,32					66467,52	66467,52	60963,84	70277,76	68443,20
Итого	35612,64	35612,64	35612,64	35612,64	35612,64	88945,92	88945,92	83442,24	92756,16	90921,60
Тритикале по пару										
1	15644,16					15114,96				
2	1930,32					1930,32				
3	2353,68					2353,68				
4	2353,68					2353,68				
5	0					2520,00				
6	0	9354,24	18708,48	28062,72	37416,96	0				
7	20452,32					0				

Продолжение таблицы 29

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	15724,8					15724,80				
Итого	58458,96	67813,20	77167,44	86521,68	95875,92	39997,44	39997,44	39997,44	39997,44	39997,44
Тритикале по стерне										
1	15644,16					15114,96				
2	1930,32					1930,32				
3	2353,68					2353,68				
4	2353,68					2353,68				
5	0					2520,00				
6	0	9354,24	18708,48	28062,72	37416,96	0				
7	20452,32					0				
8	15724,8					15724,80				
Итого	58458,96	67813,20	77167,44	86521,68	95875,92	39997,44	39997,44	39997,44	39997,44	39997,44
Примечание *1 – Горюче смазочные материалы; 2 – Фонд оплаты труда; 3 – Амортизация машино-тракторного парка и орудий; 4 – Ремонт машино-тракторного парка и орудий; 5 – Сертификация органического земледелия; 6 - Минеральные или органические удобрения; 7 – Пестициды; 8 – Семена										

В традиционном земледелии основные затраты приходятся на минеральные удобрения, пестициды семена и ГСМ (рис. 12). Такие же статьи затрат отмечаются и в органическом земледелии, за исключением химических пестицидов, которые запрещено применять.

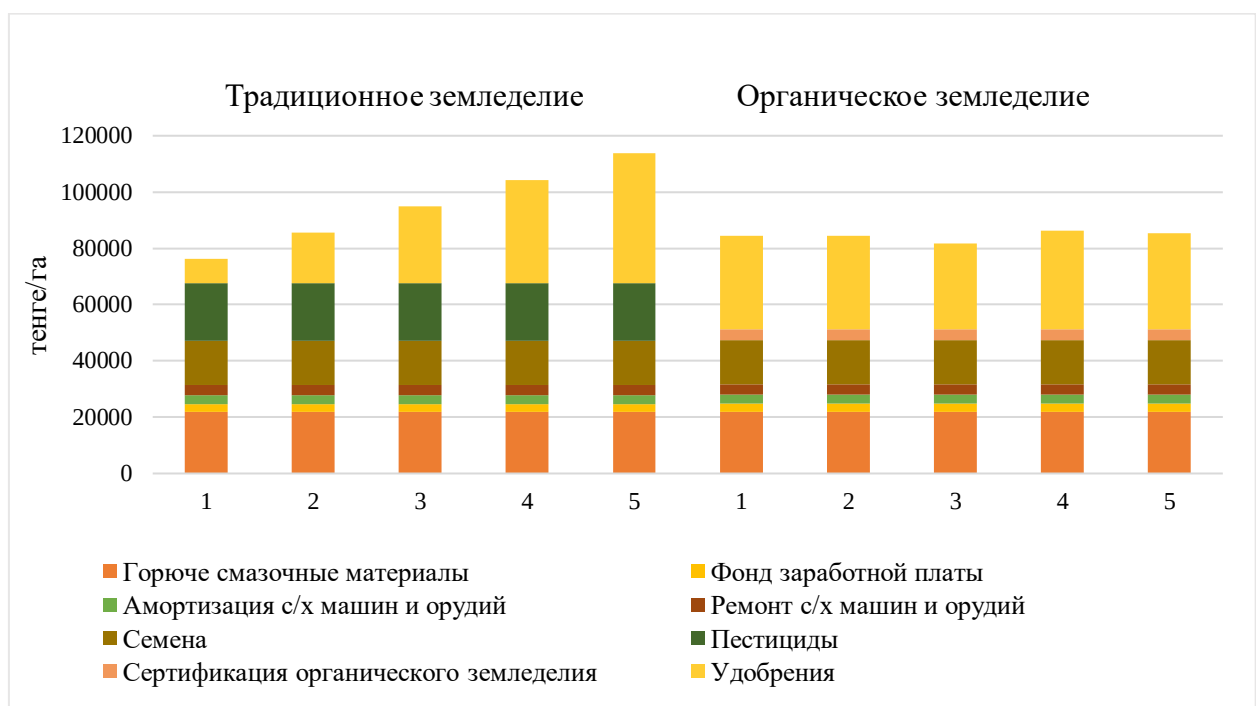


Рисунок 12 – Распределение структуры затрат при возделывании яровой тритикале в традиционном и органическом земледелии

Среди наиболее важных экономических показателей для определения эффективности выделяют прибыль (чистый доход) и рентабельность (отношение чистого дохода к затратам) [209].

Система земледелия считается экономически устойчивой в том случае, если прибыль достаточно высока для ведения хозяйственной деятельности и способна покрывать возможные риски [60; 210-212].

В традиционном земледелии наименьшие затраты по двум предшественникам были отмечены на контрольном варианте – 76 265,28 тенге (таблица 30). Применение различных доз азотного удобрения способствовало росту затрат по отношению к контролю на 12%, 25%, 37% и 49%. По пару и стерне наименьший доход – 288600,00 и 239200,00 тенге был получен в контрольном варианте. Принимая во внимание что различные дозы азота существенно не влияли на урожай зерна тритикале, то и доход почти не повышался, составив всего 4-8%. Наибольший чистый доход по двум изучаемым предшественникам отмечался в варианте с дозой азота N20 и составляла 219 880,48 и 174380,48 тенге. Увеличение вносимой дозы азота по двум изучаемым предшественникам приводило к снижению прибыли. Наибольшая рентабельность при возделывании тритикале по пару и стерне отмечена в контрольном варианте – 282% и 214%. Внесение аммиачной селитры не зависимо от дозы приводило к снижению рентабельности не зависимо от предшественника, но всё также обеспечивало хорошую рентабельность производства.

Таблица 30 – Экономическая эффективность возделывания яровой тритикале при традиционном земледелии

Вариант удобрения	Затраты, тенге/га	Доход, тенге/га	Чистый доход, тенге/га	Рентабельность, %
Тритикале по пару				
Контроль	76 265,28	288600,00	212 334,72	278
N20aa	85 619,52	305500,00	219 880,48	257
N40aa	94 973,76	312000,00	217 026,24	229
N60aa	104 328,00	300300,00	195 972,00	188
N80aa	113 682,24	306800,00	193 117,76	170
Тритикале по стерне				
Контроль	76 265,28	239200,00	162 934,72	214
N20aa	85 619,52	260000,00	174 380,48	204
N40aa	94 973,76	257400,00	162 426,24	171
N60aa	104 328,00	267800,00	163 472,00	157
N80aa	113 682,24	262600,00	148 917,76	131

При возделывании яровой тритикале по пару и стерне в условиях органического земледелия затраты в вариантах различались незначительно и изменялись от 81718,56 тенге до 86 375,52 тенге/га (таблица 31).

По паровому предшественнику максимальный доход – 242550,00 тенге/га и прибыль 157091,76 тенге/га обеспечила биомасса житняка. А вот максимальную рентабельность – 185% и 184% отмечалась при использовании биомассы донника и житняка. Остальные варианты так же обеспечивали хорошую экономическую эффективность производства.

Таблица 31 – Экономическая эффективность возделывания яровой тритикале при органическом земледелии

Вариант удобрения	Затраты, тенге/га	Доход, тенге/га	Прибыль, тенге/га	Рентабельность, %
Тритикале по пару				
Контроль	84 470,40	240900,00	156 429,60	185
Биомасса эспарцета	84 470,40	217800,00	133 329,60	158
Биомасса люцерны	81 718,56	222750,00	141 031,44	173
Биомасса костреца	86 375,52	227700,00	141 324,48	164
Биомасса житняка	85 458,24	242550,00	157 091,76	184
Тритикале по стерне				
Контроль	84 470,40	174900,00	90 429,60	107
Биомасса эспарцета	84 470,40	160050,00	75 579,60	89
Биомасса люцерны	81 718,56	163350,00	81 631,44	100
Биомасса костреца	86 375,52	160050,00	73 674,48	85
Биомасса житняка	85 458,24	165000,00	79 541,76	93

По стерневому предшественнику максимальный доход – 174900,00 тенге, прибыль – 90429,60 тенге и рентабельность – 107%, были получены при использовании в качестве удобрений биомассы донника, а все остальные варианты по уровню доходности ему немного уступали. Невысокая экономическая эффективность по стерневому предшественнику связана с невысоким уровнем урожайности по этому предшественнику.

Таким образом, возделывание яровой тритикале было экономически эффективно как в традиционном, так и в органическом земледелии. Затраты на подготовку пара в традиционном земледелии составили 35612,64 тенге/1 га, возделывание яровой тритикале 1 и 2 культурой после пара по вариантам опыта варьировали от 58458,96 тенге до 95875,92 тенге/га. В органическом земледелии подготовка пара обошлась от 83442,24 тенге до 92756,16 тенге/га, а затраты на возделывание тритикале по пару и стерне были одинаковы – 39997,44 тенге/га.

В традиционном и органическом земледелии основные затраты приходятся на удобрения, семена и ГСМ, в традиционном еще и на пестициды.

В традиционном земледелии наименьшие затраты по двум предшественникам были отмечены в контрольном варианте – 76 265,28 тенге. Применение азота в дозах N20-80 приводило к росту затрат на 12%, 25%, 37% и 49% по отношению к контролю. По пару и стерне наименьший доход в 288600,00 и 239200,00 тенге был получен в контрольном варианте. Максимальная прибыль по пару и стерне была получена 219 880,48 и 174380,48 тенге в варианте с внесением аммиачной селитры в дозе N20. Наибольшая рентабельность при возделывании тритикале по пару и стерне отмечена в контрольном варианте – 282% и 214%.

При возделывании яровой тритикале по пару и стерне в условиях органического земледелия затраты в вариантах различались незначительно и изменялись от 81718,56 тенге до 86 375,52 тенге/га. По паровому

предшественнику максимальный доход (242550,00 тенге/га) и прибыль (157091,76) тенге/га обеспечивала биомасса житняка. А наибольшую рентабельность – 185% и 184% обеспечивала биомассой донника и житняка. По стерневому предшественнику максимальный доход – 174900,00 тенге, прибыль – 90429,60 тенге и рентабельность – 107%, были получены при использовании в качестве удобрений биомассы донника.

В традиционном земледелии прибыль формировалась за счет высокой урожайности и меньших затрат, при органическом земледелии за счет более высокой цены на конечную продукцию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях Северного Казахстана на чернозёме южном карбонатном в течении 2018-2022 годов исследовали минеральное питание яровой тритикале которую возделывали в системе традиционного и органического земледелия.

1. Установлено, что на уровень запасов продуктивной влаги в метровом горизонте почвы система земледелия не влияла и в среднем за исследуемый период она составляла по традиционному и органическому парам от 127,2 мм до 130,2 мм, по стерневым предшественникам от 118,1 мм до 118,6 мм. В двух системах земледелия была установлена корреляционная связь между предпосевным влагозапасом в 0-100 см слое почвы и урожайностью яровой тритикале, которая в условиях традиционной технологии по паровому фону оценивалась как очень сильная и составляла $r = 0,95$, а по стерневому – как средняя – $r = 0,57$. В условиях органической технологии связь урожая зерна с почвенной влагой характеризовалась как средняя и составляла по пару $r = 0,56$, по стерне – $r = 0,69$.

В традиционном земледелии наименьший расход влаги яровой тритикале – 8,2 и 7,2 мм на создание 0,1 т зерна в контрольном варианте наблюдался в 2018-2019 гг. по паровому предшественнику, в засушливые 2020-2021 гг. этот показатель возрастал примерно в 1,5 раза. Аналогичная ситуация была характерна для стерневого предшественника и органического земледелия. В органическом земледелии яровая тритикале потребляла примерно в 1,5-2,0 раза больше влаги на создание 0,1 т зерна независимо от предшественника в сравнении с традиционным земледелием. Варианты удобрений влияния на водопотребление растений тритикале в сравнении с контролем не оказывали

2. Предпосевное количество $N-NO_3$ в чернозёме южном карбонатном в изучаемых системах по паровому фону характеризовалось как очень высокое в слое 0-40 см и составляло 25,5-30,6 мг/кг почвы, по стерневому фону было высоким - 12,5-16,0 мг/кг почвы. Уровень P_2O_5 в 0-20 см горизонте почвы перед посевом по двум системам земледелия и предшественникам оценивалось, как повышенное (29,6-33,4 мг/кг почвы). Динамика элементов питания в почве имела четкую тенденцию постепенного уменьшения $N-NO_3$ и P_2O_5 от посева к уборке, что особенно было ярко выражено в условиях органического земледелия. При традиционной технологии внесение аммиачной селитры в дозах N_{40-80} по двум предшественникам увеличивало концентрацию $N-NO_3$ в почве, во все изучаемые фазы развития тритикале.

3. Перед посевом тритикале сорная растительность практически отсутствовала. В предуборочный период наименьшая засоренность была отмечена в традиционном земледелии, по паровому предшественнику количество сорняков в зависимости от года изменялось от 4,6 шт. до 11,4 шт./м², по стерневому предшественнику – 5,2 шт. до 13,5 шт./м². В органическом земледелии их количество было в 2-3 раза больше. Сорняки вступали в конкуренцию с яровой тритикале за потребление влаги и элементов

питания из почвы, что привело к снижению её продуктивности в условиях органического земледелия.

4. На территории Северного Казахстана рост и развитие яровой тритикале ограничивают метеорологические условия, складывающиеся в течение её вегетации. Внесение различных доз аммиачной селитры по двум изучаемым предшественникам достоверного влияния на биометрические показатели не оказывало. Внесение в качестве органических удобрений надземной массы многолетних трав оказывало равнозначный эффект на высоту и надземную биомассу тритикале.

5. Выявлено, что концентрация N, P_2O_5 и K_2O в растениях яровой тритикале не определялось метеорологическими условиями, технологиями земледелия и изучаемыми предшественниками и удобрениями. Уровень макроэлементов в сухом веществе растений тритикале больше зависел от фазы развития и вида продукции. Самое высокое количество питательных элементов зафиксировано в фазу кущения тритикале: N - 3,40-3,97%, P_2O_5 – 0,35-0,37%, K_2O – 2,67-3,20%, в фазу колошения их количество снижалось до 2,26-2,54%, 0,24-0,28%, 1,80-2,13% соответственно. В соломе концентрация азота составляла 1,09-1,60%, фосфора 0,19-0,22% и калия 1,39-1,87%, в зерне соответственно 2,45-2,63%, 0,37-0,44 и 0,43-0,48%.

6. Для двух систем земледелия характерным было, что в фазы кущения и колошения тритикале вынос макроэлементов растениями не различался по предшественникам. Преимущество по выносу элементов минерального питания растениями тритикале, высеваемых по паровому предшественнику по сравнению со стерневым были выявлены в фазу созревания. Возделывание тритикале по пару в традиционном земледелии с выносила зерном N - 55,7-62,3 кг, подвижного фосфора – 9,8-10,1 и калия – 10,7-11,0 кг/га, по стерне соответственно в 1,2 раза, 1,2-1,4 и 1,2-1,3 раза меньше. В органическом земледелии по пару вынос зерном азота составлял 34,6-38,3 кг/га, фосфора – 5,7-6,3 и калия – 6,1-6,7 кг/га, по стерне соответственно в 1,4-1,5 раза, 1,5-1,6 и 1,5 раза меньше.

Независимо от технологии возделывания и варианта удобрения яровая тритикале на создание 1 тонны зерна (с соответствующим количеством соломы) по пару расходовала азота 40,5-42,9 кг/т, фосфора – 6,1-6,5 кг и калия – 20,0-23,8 кг/т, по стерневому предшественнику соответственно 36,2-39,8 кг/т, 5,6-6,3 кг и 19,9-24,7 кг/т.

7. Максимальная урожайность яровой тритикале в контрольном варианте – 2,96 сформировалась в традиционном земледелии по паровому предшественнику во влажном 2018 году. В последующие годы по мере усиления аридизации отмечалось снижение продуктивности на 10-49%. При размещении тритикале по стерневому фону самый большой урожай зерна – 2,26 т/га в контрольном варианте был сформирован в 2019 году, в остальные 2020-2022 гг. его уровень постепенно снижался на 15-36%. Применение аммиачной селитры в разных дозах существенно не влияло на продуктивность яровой тритикале. В контрольном варианте при системе органического

земледелия максимальный урожай зерна тритикале – 1,95 т/га, возделываемой по пару, был отмечен так же в 2018 году, а в последующие 2019-2022 гг. его уровень уменьшался на 9%, 44% и 48%. При возделывании тритикале по стерневому фону наибольшая продуктивность в контроле – 1,25 т/га, была сформирована в 2022 году, а наименьшая – 0,90 т/га в 2020 году. Все варианты с применением сухой биомассы злаковых и бобовых многолетних трав в качестве удобрений было равноценно.

В традиционном земледелии по паровому предшественнику установлена зависимость между урожаем зерна тритикале и атмосферными осадками, выпадающими в июне ($r = 0,61...0,79$) и августе ($r=0,53...0,79$). По стерневому предшественнику выявлена связь урожайности с осадками июля ($-0,52...-0,64$) и периодом июнь-август ($-0,70...-0,81$). В вариантах опыта по пару была получена обратная зависимость между урожаем тритикале и температурой августа ($r= -0,86...-0,98$) и период июнь-август ($r= -0,57...-0,66$). По стерневому фону связь урожая тритикале была выявлена только с температурой июля ($0,57...0,94$) и августа ($-0,69...-0,79$).

В условиях органического земледелия по паровому предшественнику установлена связь урожая тритикале с осадками июня ($0,56...0,92$), августа ($0,47...0,80$) и за июнь-август ($0,40...0,80$). По стерневому предшественнику в вариантах опыта установлена обратная зависимость с осадками июня ($-0,75...-0,89$). По двум предшественникам установлена сильная обратная корреляционная связь между урожаем и температурой августа $r= -0,66...-0,99$.

8. В традиционном и органическом земледелии предшественники и варианты удобрений не оказывали влияния на структурные показатели (высоту растений, массу снопа и др.) урожая яровой тритикале. Установлено, что на 1 часть зерна тритикале приходится 0,9-1,0 часть соломы. Больше влияние на урожай оказывали количество зерен. Была установлена слабая связь урожая зерна с массой тысячи зерен в двух системах земледелия. В опыте была выявлена положительная корреляционная связь урожая тритикале с количеством зерен, которое оценивалось по традиционному пару как сильная $r = 0,88...1,00$, а по стерне изменялась от средней до высокой $r = 0,64...0,87$. В органическом земледелии по двум предшественникам была установлена аналогичная зависимость $r = 0,61...0,94$ и $r = 0,60...0,89$.

9. В условиях традиционного земледелия бездефицитный баланс азота в почве достигался только благодаря внесению нитрата аммония в дозе N60-80. Применение аммофоса в запас в паровое поле в дозе P40 формировало положительный баланс P_2O_5 в почве. В органическом земледелии внесение биомассы разных многолетних трав позволило создать профицитный баланс макроэлементов: N – 57,8...87,3 кг/га, P_2O_5 - 6,4...7,0 и K_2O - 93,0...132,6 кг/га.

10. Содержание белка в зерне тритикале во все годы отвечало требованиям 1-го класса и влияния системы земледелия, предшественника и удобрения установлено не было. В условиях традиционной технологии концентрация протеина в зерне тритикале в изучаемый период варьировала по

пару в пределах 13,4-16,2%, а по стерне – 12,8-17,7%, при органической системе в пределах 14,4-18,7% и 13,5-15,2% соответственно.

При традиционном земледелии в контрольном варианте количество сырой клейковины в зерне тритикале высеваемой по пару в среднем за годы исследований составляло 18,1%, а по стерневому – 16,5%. Внесение различных доз азота (N20...80) достоверно повышало уровень клейковины в зерне тритикале размещаемой по пару на 1,8-3,9%, по стерне – на 2,8-5,8%.

В условиях органической системы удобрение биомассой различных многолетних трав обеспечивало одинаковое влияние на уровень клейковины в зерне тритикале. По паровому предшественнику её количество было в пределах 19,6-25,8%, по стерневому – 19,3-24,9%.

В традиционном земледелии по пару и стерне во все годы исследований была установлена сильная положительная связь ($r = 0,87...0,99$) между дозами азотных удобрений и содержанием сырой клейковины в зерне тритикале.

11. Возделывание яровой тритикале в условиях традиционного и органического земледелия было экономически эффективно. Затраты на подготовку пара в традиционном земледелии составили 35612,64 тенге/1 га, на возделывание яровой тритикале по пару и стерне по вариантам опыта от 58458,96 тенге до 95875,92 тенге/га. В органическом земледелии обработка пара обошлась от 83442,24 тенге до 92756,16 тенге/га, а затраты на возделывание тритикале по пару и стерне были одинаковы – 39997,44 тенге/га.

В двух системах земледелия основные затраты приходятся на удобрения, семена и ГСМ, в традиционном еще и на пестициды.

В традиционном земледелии наименьшие затраты по двум предшественникам были отмечены на контрольном варианте – 76 265,28 тенге. По пару и стерне наименьший доход в 288600,00 и 239200,00 тенге был получен в контрольном варианте. Максимальная прибыль по пару и стерне была получена 219 880,48 и 174380,48 тенге в варианте с внесением аммиачной селитры в дозе N20. Наибольшая рентабельность при возделывании тритикале по пару и стерне отмечена в контрольном варианте – 282% и 214%.

При возделывании яровой тритикале по пару и стерне в условиях органического земледелия затраты в вариантах различались незначительно и изменялись от 81718,56 тенге до 86 375,52 тенге/га. По паровому предшественнику максимальный доход – 242550,00 тенге/га и прибыль – 157091,76 тенге/га были получены при удобрении биомассой житняка. Высокая рентабельность – 185% и 184% была отмечена при использовании в качестве удобрения биомассы донника и житняка. По стерневому предшественнику максимальный доход – 174900,00 тенге, прибыль – 90429,60 тенге и рентабельность – 107%, были получены при использовании в качестве удобрений биомассы донника.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях традиционного земледелия для сохранения и повышения плодородия почв необходимо вносить фосфорные удобрения в запас в паровое поле, что обеспечивает получение высококачественной продукции зерна яровой тритикале и обеспечивает положительный баланс фосфора в почве. При посеве яровой тритикале по стерневому предшественнику рекомендуется вносить азотные удобрения дозой N20.

При возделывании яровой тритикале в органическом земледелии для обеспечения бездефицитного баланса элементов питания рекомендуется вносить в паровое поле в качестве удобрений сухую надземную биомассу многолетних трав (донника, эспарцета, люцерны, костреца, житняка) в количестве от 4,32-4,97 т/га. Данная система удобрения обеспечивает не только сохранение плодородия почв, но и получение высококачественной органической продукции с высокой стоимостью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Zabolotskikh V.V., Nazdrachev Y.P., Zhurik S.A., Werner A.V. Influence of soil tillage and the preceding crop on certain indicators of soil fertility and yield of spring wheat under the conditions of the dry steppe of North Kazakhstan // *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. – 2021. – P. 297-310.
2. Бакаев Н.М. Почвенная влага и урожай. – Алма-Ата: Кайнар, 1975. – 133 с.
3. Karatayev M., Clarke M., Salnikov V., Bekseitova R., Nizamova M. Monitoring climate change, drought conditions and wheat production in Eurasia: the case study of Kazakhstan // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8, №. 1. – P. 1-13.
4. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан [Электронный ресурс] – URL: <https://stat.gov.kz/> (дата обращения: 12.12.2024)
5. FAOSTAT. Value of Agricultural Production [Электронный ресурс] – URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL/visualize> (дата обращения: 03.11.2024)
6. Погонец Е.В. Технологические достоинства зерна тритикале продовольственного назначения и разработка направлений его использования: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. – Орел, 2015. – 24 с.
7. Ivanova A., Tsenov N. Production potential of new triticale varieties grown in the region of Dobrudzha // *Agric. Sci. Technol.* – 2014. – № 6. – P. 243–246.
8. Kirchev H., Georgieva R. Genotypic plasticity and stability of yield components in triticale (x *Triticosecale* Wittm.) // *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. – 2017. – № 60. – P. 285-288.
9. Ненайденко Г.Н., Сибирякова Т.В. Отзывчивость яровых зерновых – тритикале и пшеницы–на удобрение на подзолистых почвах // *Владимирский земледелец*. – 2013. – № 1 (63). – С.11-13.
10. Planchon C. Photosynthesis, transpiration, resistance to CO₂ transfer, and water efficiency of flag leaf of bread wheat, durum wheat and triticale // *Euphytica*. – 1979. – Vol. 28, №. 2. – P. 403-408.
11. Le Champion A., Oury F.X., Heumez E., Rolland B. Conventional versus organic farming systems: dissecting comparisons to improve cereal organic breeding strategies // *Organic Agriculture*. – 2020. – Vol. 10. – P. 63-74.
12. Klima K., Łabza T., Lepiarczyk A. Yielding of spring triticale grown under organic and integrated systems of farming and economic indicators of its production // *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. – 2015. – Vol. 60, № 3. – P. 142-145.
13. Reganold J.P., Wachter J.M. Organic agriculture in the twenty-first century // *Nature Plants*. – 2016. – № 2(2). – P. 1-8.
14. Lynch D. Environmental impacts of organic agriculture: A Canadian perspective // *Canadian Journal of Plant Science*. – 2009. – № 89 (4). – P. 621-628.
15. The world of organic agriculture statistics and emerging trends, 2021. 340 p.

16. Сапаров А.С., Елешев Р.Е., Шарыпова Т.М., Сапаров Г.А. Агрохимический мониторинг плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения республики Казахстан и научное обеспечение его сохранения и воспроизводства // Прогноз состояния и научное обеспечение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения – 2017. – С. 53-64.

17. Нурпеисов Д.Н., Айтуганов К.К., Айтхожин С.К., Шестакова Н.А., Гордеева Е.А., Швидченко В.К. Продуктивность яровой тритикале в условиях сухой степи Севера Казахстана в зависимости от сроков посева, норм высева и доз минеральных удобрений // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный). – 2022. – №1(112). – С. 21-32.

18. Шатаева Д.М., Хамзина Б.Н. Влияние различных доз фосфорных удобрений на продуктивность яровой тритикале в условиях Северного Казахстана // «Сейфуллинские чтения – 18(2): «Наука XXI века – эпоха трансформации»: материалы международной научно-практической конференции. – Астана, 2022. – Т. I, Ч. I. – С. 22-24.

19. Волков Е.Д., Лихтенберг А.И. Баланс фосфора в зернопаровом севообороте // Агрохимия. – 1980. – № 3. – С. 22–25.

20. Сагалбеков У.М., Сагалбеков Е.У., Кусаинова М.Е. Агрофизические показатели черноземов обыкновенных под многолетними травами (Северный Казахстан) // ПОЧВОВЕДЕНИЕ. – 2013. – № 10. – С. 1234-1238.

21. Какежанова З.Е. Влияние сидеральных донниковых паров на продуктивность зерновых культур в севообороте // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 9. – С. 24-28.

22. Кияс А.А. Урожай и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предшественника и удобрений в полевом севообороте // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2. – С. 75-79.

23. Кочурко В.И. Особенности формирования урожая зерна озимой тритикале в зависимости от приемов возделывания: монография. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. – 112 с.

24. Лукин С.М., Ильин Л.И. Яровое тритикале: возделывание в Нечерноземной зоне России. – Владимир: Транзит-ИКС, 2017. – 30 с.

25. Кузнецов С.А. Большой толковый словарь русского языка. – СПб.: Норинт, 2004. – 1534 с.

26. Грабовец А.И., Крохмаль А.В. ТРИТИКАЛЕ: монография. – Ростов-на Дону: Юг, 2018. – 240 с.

27. Henrique Guedes-Pinto, Norman Darvey, Valdemar P. Carnide. Triticale: Today and Tomorrow. – Springer Dordrecht. – 1996. – 898 p.

28. Mohamed Mergoum, Helena Gómez-Macpherson. Triticale improvement and production. – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome, 2004. – 172 p.

29. Карчевская О.Е., Дремучева Г.Ф., Грабовец А.И. Научные и технологические аспекты применения зерна тритикале в производстве

хлебобулочных изделий // «Хлебопекарное производство – 2014»: материалы докладов международной конференции, Москва, 2014 г. – С. 36-40.

30. Засорина Э.В., Горчин С.А., Голикова И.А. Перспективы возделывания тритикале в Центральном Черноземье // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 6. – С. 66-68.

31. Погонев Е.В. Технологические достоинства зерна тритикале продовольственного назначения и разработка направлений его использования: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. – Орел, 2015. – 24 с.

32. Афендулов К.П. Программирование урожаев // Кормопроизводство Сибири и Дальнего Востока: Сб. науч. тр. – Новосибирск, 1976. – Т. 3. – С. 136-142.

33. Ермохин Ю.И., Неклюдов А.Ф., Красницкий В.М. Программирование урожая: монография. – Омск: ОмГАУ, 2000. – 84 с.

34. Сдобникова О.В., Илларионова Э.С. Условия эффективного использования фосфорных удобрений. – М.: ВНИИТЭИ сельхоз ВАСХНИЛ, 1979. – 80 с.

35. Сдобникова О.В. Фосфорные удобрения и урожай. – М.: Агропромиздат, 1985. – 111 с.

36. Иванников В.А. Рекомендации по системе ведения сельского хозяйства в Целиноградской области – Алма-Ата, «Кайнар», 1982. – 341 с.

37. Лапоников В.Н. Применение удобрений под яровую пшеницу на южном карбонатном чернозёме Целиноградской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.00.00. – Иркутск. 1971. – 22 с.

38. Казанцев Н.Я. Применение органических удобрений под зерновые культуры на южных карбонатных чернозёмах Северного Казахстана: автореф. диссерт ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. – Москва. 1993. – 23 с.

39. Кияницкая А.И. Влияние фосфорных удобрений на урожайность яровой пшеницы и гречихи на обыкновенных чернозёмах Кустанайской области: автореф. диссерт ... канд. с.-х. наук: 06.00.00. – Алма-Ата, 1970. – 21 с.

40. Рычагова А.Ф. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество яровой пшеницы в зернопаровом севообороте на южных чернозёмах Кустанайской области: автореф. диссерт ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. – Омск, 1980. – 16 с.

41. Хабиров М.А. Удобрение яровой пшеницы при почвозащитном земледелии на тёмно-каштановых почвах Северного Казахстана: автореф. диссерт ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. – Москва, 1982. – 16 с.

42. Черненко В.Г. Азотный режим почв Северного Казахстана и применение азотных удобрений: монография – Акмола: Акмолинский аграрный университет им. С. Сейфуллина, 1997. – 91 с.

43. Лихтенберг А.А. Оптимизация минерального питания зерновых культур при почвозащитном земледелии в чернозёмной зоне Северного Казахстана: автореф. дис. ... док. с.-х. наук: 06.01.04. – Алматы, 1995. – 46 с.

44. Гамзиков Г.П., Кострик Г.И., Емельянова В.Н. Баланс и превращение азота удобрений. – Новосибирск: Наука, 1985. – 161 с.
45. Ахылбек Куришбаев: Установлена истинная картина плодородия почвы на севере РК [Электронный ресурс] – URL: https://www.inform.kz/ru/ahylbek-kurishbaev-ustanovlena-istinnaya-kartina-plodorodiya-pochvy-na-severe-rk_a3270252 (дата обращения: 11.09.2022)
46. Садовникова Л.К., Орлов Д.С., Лозановская И.Н. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. – М.: Высш. шк., – 2006. – 334 с.
47. Велмурадов А., Павлов М.Н. Влияние различных видов удобрений на продуктивность озимой и яровой пшеницы // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: взгляд молодых ученых. – 2021. – С. 8-10.
48. Панников В.Д. Культура земледелия и урожай. – М.: Колос, 1974. – 368 с.
49. Блэк, К.А. Растение и почва. – М.: Колос, 1973. – 503 с.
50. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. – М.: Мир, 2004. – 584 с.
51. Лапа В.В., Емельянова В.Н., Леонов Ф.Н. и др. Система применения удобрений: учеб. пособие – Гродно: ГГАУ, 2011. – 416 с.
52. Петербургский А.В. Агрохимия и успехи современного земледелия. – Пушкино, 1989. – 222 с.
53. Турчин Ф.В. Азотное питание растений и применение азотных удобрений. – М.: Колос, 1972. – 336 с.
54. Дольникова З.М. Действие удобрений на урожай и качество семян яровой рапса в зависимости от погодных условий: науч. - техн. бюл. СибНИИ кормов, СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1989. – Выпуск 1. – С. 3–10.
55. Берестов И.И. Потребность растений в питательных элементах и принципы её определения: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.01.04. – Минск, 1993. – 39 с.
56. Ненайденко Г. Н., Борин А. А. Минеральные удобрения (их свойства и особенности использования): учебное пособие – Иваново: ИГСХА им. акад. Д.К.Беляева, 2018. – 157 с.
57. Пономарева А.Т., Елешев Р.Е. Система применения удобрений. – Алма-Ата: Кайнар, 1991. – 192 с.
58. Синягин И.И. Эффективность минеральных удобрений в условиях недостаточного увлажнения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки – 1976. – С. 5–13 с.
59. Ермолаев О.Т. Оптимизация фосфатного режима при возделывании зерновых в засушливых условиях: автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук: 06.01.04. – Минск, 1990. – 36 с.
60. Patil S., Reidsma P., Shah P., Purushothaman, S., Wolf J. Comparing conventional and organic agriculture in Karnataka, India: Where and when can organic farming be sustainable? // Land use policy. – 2014. – Vol. 37. – P. 40-51.

61. Соколов А.В. Агрохимия фосфора. – М.: Изд. АН СССР, 1950. – 150 с.
62. Францессон В.А. Чернозёмные почвы СССР: – Избр. Труды. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 383 с.
63. Пономарёва А.Т. Баланс питательных веществ в земледелии Казахстана и улучшение почвенного плодородия в связи с применением удобрений // Повышение продуктивности почв Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1980, – С. 11–16.
64. Ткачук Е.С. Физиология водопотребления при оптимизации минерального питания растений. – Киев: Наукова думка, 1986. – 167 с.
65. Гриб С.И., Булавина Т.М., Буштевич В.Н. Формирование урожайности зерна тритикале яровой в зависимости от сорта и приемов технологии возделывания в условиях Беларуси // Инновационные сорта и технологии возделывания яровой тритикале: коллективная монография. – Владимир: ПресСто, 2017. – С. 159-201.
66. Obour A.K., Holman J.D., Schlegel A.J. Spring triticale forage responses to seeding rate and nitrogen application // *Agrosystems, Geosciences & Environment*. – 2020. – Vol. 3, № 1. – P. 1-7.
67. Bolland M.D.A. Effect of water supply on the response of wheat and triticale to applications of rock phosphate and superphosphate // *Fertilizer research*. – 1994. – Vol. 39. – P. 43-57.
68. Ballesteros Rodríguez E., Morales Rosales E.J., Franco Mora O., Santoyo Cuevas E., Estrada Campuzano G., Gutiérrez Rodríguez F. Management of nitrogen fertilization on yield components of triticale // *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. – 2015. – Vol. 6, №. 4. – P. 721-733.
69. Wojtkowiak K., Stępień A., Warechowska M., Markowska A. Effect of nitrogen fertilization method on the yield and quality of Milewo variety spring triticale grain // *Pol. J. Natur. Sc.* – 2015. – Vol. 30, №. 2. – P. 173-184.
70. Nogalska A., Jerzy C., and Małgorzata S. The effect of multi-component fertilizers on spring triticale yield, the content and uptake of macronutrients // *Journal of Elementology*. – 2012. – № 17.1. – С. 95-104.
71. Wojtkowiak K., Stępień A., Tańska M., Konopka I., Konopka S. Impact of nitrogen fertilization on the yield and content of protein fractions in spring triticale grain // *Afr. J. Agric. Res.* – 2013. – Vol. 8, № 28. – P. 3778-3783.
72. Jaśkiewicz B. Effect of tillage system and nitrogen fertilization on the yield of selected spring triticale varieties // *Polish Journal of Agronomy*. – 2021. – Vol. 46. – P. 9-13.
73. Usevičiūtė L., Baltrėnaitė-Gedienė E., Feizienė D. The Combined effect of biochar and mineral fertilizer on triticale yield, soil properties under different tillage systems // *Plants*. – 2022. – Vol. 11, № 1. – P. 111.
74. László M., RISSAC-HAS A. Climate and N-mineral fertilization changes on triticale (X*Triticosecale* W.) yield // *EGU General Assembly. Geophysical Research Abstracts*. – 2010. – P. 3115.

75. Knezevic D., Zecevic V., Jelic M., Paunovic A., Madic M. The effect of mineral nutrition on weediness and grain yield of triticale // *Növénytermelés*. – 2010. – Vol.59, No.Supplement. – С. 513-516.

76. Журавлев В.А. Влияние погодных условий, доз и способов применения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой тритикале на антропогенно-преобразованной торфяной почве // *Мелиорация переувлажненных земель*. – 2007. – №2(58). – С. 171-175.

77. Hospodarenko H.M., Liubych V.V. Influence of long-term fertilization on yield and quality of spring triticale grain // *Research for Rural Development*. – 2021. – Vol. 36. – С. 29-35.

78. Плакса В.М. Реалізація біологічного потенціалу сортів тритикале ярого в умовах Західного Полісся України // *Корми і кормовиробництво*. – 2012. – Вип. 74. – С. 143-150.

79. Gamayunova V.V., Sydiakina O.V., Dvoretzkyi V.F., Markovska O.Y. Productivity of spring triticale under conditions of the southern steppe of Ukraine // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. – 2021. – Vol. 22. – P. 104-112.

80. Ненайденко Г.Н., Сибирякова Т.В. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна яровой тритикале // *АГРОХИМИЯ*. – 2015. – № 9. – С. 41–45.

81. Московкин В.В., Тысленко А.М. Минеральные удобрения, урожайность и качество сортов яровой тритикале на дерново-подзолистой почве // *Системы интенсификации земледелия как основа инновационной модернизации аграрного производства*. – 2016. – С. 169-172.

82. Московкин В.В., Зуев Д.В., Тысленко А.М. Значение минеральных удобрений и норм высева для повышения продуктивности яровой тритикале // *Инновационные сорта и технологии возделывания яровой тритикале: коллективная монография*. – Владимир: ПресСто, 2017. – С. 234-244.

83. Лапшин Ю.А., Максимов В.А., Золотарёва Р.И. Влияние агроклиматических условий и минерального питания на зерновую продуктивность яровой тритикале в условиях Республики Марий Эл // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2022. – Т. 23, № 3. – С. 307-317.

84. Золоторева Р.И., Лапшин Ю.А. Максимов В.А. Влияние нормы высева и минерального питания на показатели структуры урожая яровой тритикале // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2021. – № 4-1(106). – С. 113-117.

85. Бирюков К.Н., Грабовец А.И., Крохмаль А.В. Некоторые аспекты технологии возделывания яровой тритикале на севере Ростовской области // *ТРИТИКАЛЕ*. – 2016. – С. 6-13.

86. Гринько А.В., Вошедский Н.Н., Кулыгин В.А. Приемы возделывания яровой тритикале в Ростовской области // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. – 2018. – № 3. – С. 220-224.

87. Муратов А.А., Тихончук П.В., Туаева Е.В., Захарова Е.Б., Семенова Е.А. Фотосинтетическая деятельность посевов яровой тритикале в

зависимости от уровня минерального питания в условиях южной зоны Амурской области // Пермский аграрный вестник. – 2021. – № 3(35). – С. 59-69.

88. Завалин А.А., Куришбаев А.К., Рамазанова Р.Х., Турсинбаева А.Е., Касипхан А. Использование азота удобрения яровыми тритикале и пшеницей на темно-каштановой почве сухостепной зоны Казахстана // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 1. – С. 26-30.

89. Rauw W.M., Teglas M.B., Chandra S., Forister M.L. Growth, root formation, and nutrient value of triticale plants fertilized with biosolids // The Scientific World Journal. – 2012. – Vol. 2012. – P. 1-7.

90. Kchaou R., Baccar R., Arfeoui Z., Bouzid J., Rejeb S., Selmi H. Evaluation of forage yield and nutritional quality of triticale grown in sewage sludge-amended soil // Arabian Journal of Geosciences. – 2020. – Vol. 13. – P. 1-8.

91. Sosa E.S., Escareño H.T., Luna J., Anguiano M.A., Salazar Melendez E., Martínez J.D.L. Long term of cattle manure amendments and its impact on triticale (X. Triticosecale Wittmack) production and soil quality // Adv Crop Sci Tech. – 2016. – Vol. 4, № 223. – P.10-17.

92. Naderi R., Edalat M., Egan T.P. Effects of urea nitrogen and residual composted municipal waste and sheep manure on the growth and chemical composition of two triticale genotypes // Journal of plant nutrition. – 2018. – Vol. 41, № 2. – P. 178-185.

93. Safi S.N., Moshatati A., Gharineh M.H., Khodaei Joghman A. The effect of sugarcane residue compost on growth and grain yield of triticale under drought stress // Plant Productions. – 2022. – Vol. 45, №. 2. – P. 253-266.

94. Ragályi P., Kádár I. Effect of organic fertilizers made from slaughterhouse wastes on yield of crops // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2012. – Vol. 58, №. suppl. – P. 122-126.

95. Muhova A., Kirchev H. Agronomic performance of triticale varieties (× Triticosecale Wittm.) Grown under fertilization with organic manure from red californian worms (Lumbricus rubellus) // Scientific Papers. Series A. Agronomy. – 2020. – Vol. 63, №. 1. – P. 428-436.

96. Izewska A. The impact of manure, municipal sewage sludge and compost prepared from municipal sewage sludge on crop yield and content of Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd in spring rape and spring triticale // Journal of Elementology. – 2009. – Vol. 14, №. 3. – P. 449-456.

97. Witorożec-Piechnik A., Matyka M., Wolszczak P., Oleszek M. Yield and selected physiological parameters of maize, sorghum, and triticale depending on fertilization system // BioResources. – 2021. – Vol. 16, №. 4. – P. 7870-7883.

98. Biberdžić M., Barać S., Prodanović D., Đikić A., Đekić V., Lalević D. Impacts of liming and fertilization on yield of two triticale varieties // VIII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2017" – Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 2017. – С. 577-582.

99. Karaca S. Effects of organic amendments on some properties of xerochrept soil and mineral nutrition of triticale // Journal of Elementology. – 2022. – Vol. 27. – № 4. – P. 929-949.

100. Марцуль О.Н., Босак В.Н. Продуктивность звена севооборота и динамика агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от применения различных видов органических удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – №1(48). – С. 177-186.

101. Босак В.Н., Марцуль О.Н. Продуктивность яровой тритикале в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46) – С. 145-154.

102. Босак В.Н., Марцуль О.Н. Серая Т.М., Богатырева Е.Н. Применение древесной золы в питании растений // Труды БГТУ №1. Лесное хозяйство – 2012. – С. 158-160.

103. Русакова В.И. Эффективность применения птичьего помета в сочетании с соломой зерновых культур под яровое тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве // Инновационные сорта и технологии возделывания яровой тритикале: коллективная монография. – Владимир: ПресСто, 2017. – С. 222-234.

104. Марчук Е.В., Золкина Е.И. Эффективность различных систем удобрения при возделывании тритикале и ячменя на дерновоподзолистой почве // Владимирский земледелец. – 2021. – № 4 (98). – С. 20-26.

105. Касатикова В.А. Влияние мелиоративных доз осадка городских сточных вод на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы, урожайность и химический состав яровой тритикале //Агрохимия. – 2020. – № 6. – С. 64-68.

106. Касатиков В.А., Раскатов В.А. Последствие осадка городских сточных вод и действие торфогуминового удобрения на урожайность и макроэлементный состав яровой тритикале // Плодородие. – 2019. – №1. – С. 44-46.

107. Новиков М.Н., Ермакова Л.И., Фролова Л.Д. Отзывчивость яровой тритикале на последствие удобрений // Инновационные сорта и технологии возделывания яровой тритикале: коллективная монография. – Владимир: ПресСто, 2017. – С. 218-222.

108. Касатиков В.А., Шабардина Н.П. Действие биокомпоста на основе органических отходов животноводства на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность яровой тритикале // Владимирский земледелец. – 2020. – № 3(93). – С. 19-22.

109. Батяхина Н.А. Агрофон и продуктивность яровой тритикале // Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона. – 2018. – С. 146-153.

110. Киреев А.К., Жусупбеков Е.К., Тыныбаев Н.К. Сидераты-малозатратный прием повышения плодородия почвы и урожайности

возделываемых культур на богарных землях юго-востока Казахстана //Агроснабфорум. – 2018. – №. 8. – С. 60-62.

111. Шилова К.М. Экономическая и биоэнергетическая эффективность применения спиртовой барды под растения житняка на черноземах южных и солонцах мелких в условиях Северного Казахстана // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – № 4(7). – С. 7.

112. Умбетов А., Балгабаев А., Бакенова Ж., Василина Т., Елемесов Ж., Ошакбаева Ж. Энергетическая эффективность применения минеральных и органических удобрений под культуры короткоротационного плодосменного севооборота в условиях орошения Юго-Востока Казахстана // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 2. – С. 75-84.

113. Васильченко Н.И., Звягин Г.А. Применение птичьего помета для повышения плодородия темно-каштановых почв Северного Казахстана // Плодородие. – 2016. – № 4 (91). – С. 23-26.

114. Редков, В.В. Почвенный покров: рекомендации по системе ведения сельского хозяйства в Целиноградской области – Алма-Ата, «Кайнар», 1967. – 386 с.

115. Редков В.В. Почвы Казахской ССР. (Целиноградская область). – Алма-Ата: Наука, 1964. – Выпуск. 5. – 324 с.

116. Мершин А.П. Исследования почв Акмолинской области. – Акмолинск, 1958. – 59 с.

117. Гвоздецкий Н.А., Николаев В.А. Казахстан. – М.: Мысль, 1971. – 296 с.

118. Медоев Г.Ц. Сары-Арка (к топонимике Казахстана). – Вестн. АН КазССР. – 1948. – №1 (34). – С.56.

119. Алисов Б.К., Дроздов О.А., Рубинштейн Е.А. Курс климатологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1952. – Ч.1 – 2. – 488с.

120. Алисов Б.К. Климат СССР. – М. 1969. – 103с.

121. Бараев А.И. Основные приемы борьбы с сорняками и применение удобрений в Целинном крае. – Целиноград, 1963. – 20 с.

122. Сулейменов М.К. Какому быть полю. – А.: Кайнар, 1991. – 248 с.

123. Сдобников С.С. Вопросы земледелия в Целинном крае. – М.: Колос, 1964. – 256 с.

124. Кауричев И.С., Александрова Л.Н., Панов Н.П. Почвоведение. – М.: Колос, 1982. – 496 с.

125. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. – М.: Высш. шк., 1991. – 366с.

126. Государственная Комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия») [Электронный ресурс] – URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/rossika-tritikale-yarovaya> (дата обращения: 25. 01. 2025)

127. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
128. Сохранение и повышение плодородия почвы путём минимализации обработки почвы и системы применения удобрений: рекомендации по завершённым разработкам научно-исследовательских работ РГП «НПЦЗХ им. А.И. Бараева» – Шортанды, 2005. – 52 с.
129. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых, зернобобовых, масличных и крупяных культур на севере Казахстана: Акмолинская область: рекомендации. – Шортанды, 2009. – 184 с.
130. Бакаев Н.М., Васько И.А. Методика определения влажности почвы в агротехнических опытах: методические указания и рекомендации по вопросам земледелия. – Целиноград, 1975. – С. 57-80.
131. Можаяев Н., Серикпаев П., Стыбаев Г. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие. – Астана: Фолиант, 2013. – 160 с.
132. Ильковская З.Г., Коновалов А.С., Пономарев В.В. и др. Агрохимические методы исследования почв – М.: Наука, 1975. – Изд. пятое, доп. и перераб – 656 с.
133. Назаренко К.С., Маринич П.Е., Мартынов В.М. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1971. – Выпуск 1. – 239 с.
134. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 2-е изд. перераб. и доп. – 689 с.
135. Справочник по защите растений [Текст]: – Алматы: РОНД, 2004. – 320 с.
136. Петербургский А.В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. – М.: Наука, 1979. – 166 с.
137. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 2-е изд-е. – 222 с.
138. Gramm, J., Guo, J., Hüffner, F., Niedermeier, R., Piepho, H.P., Schmid, R. Algorithms for compact letter displays: Comparison and evaluation //Computational Statistics & Data Analysis. – 2007. – Vol. 52. – №. 2. – P. 725-736.
139. Минеев В.Г., Ивлев М.М., Аникст Д.М. Удобрение зерновых культур. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 159 с.
140. Кузьмин В.П., Бараев А.И. Повышение засухоустойчивости зерновых культур. – М.: Колос, 1970, – 223 с.
141. Бакаев Н.М., Попков С.Н. Агротехнические приёмы накопления и эффективного использования почвенной влаги: труды ВНИИЗХ. – М.: Колос, 1971, – Т.4. – С. 22-23.
142. Титлянова А.А., Кирюшин В.И., Охинько В.П. и др. Агроценозы степной зоны: монография – Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1984. – 245 с.

143. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв: учебное пособие. – М.: Агропромиздат, 1986. – 3-е изд., перераб. и доп. – 416 с.
144. Воронкова Н.А. Влияние приемов биологизации на запасы продуктивной влаги в почве // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 11-12.
145. Чертко Н.К., Иванов Н.П., Липская Г.А. Урожай и качество продукции в звене севооборота на оптимизированных минеральных почвах Нечерноземной зоны //Агрохимия. – 1998. – № 12. – С. 37-40.
146. Воронкова Н.А. Влияние приемов биологизации на запасы продуктивной влаги в почве // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 11-12.
147. Mason H.E., Spaner D. Competitive ability of wheat in conventional and organic management systems: A review of the literature // Canadian Journal of Plant Science. – 2006. – № 86 (2). – P. 333-343.
148. Дубина Н.Е. Влагонакопление и урожай в Северном Казахстане // Агроинформ. – 2017. – №1. – С. 17-22.
149. Филонов В.М. Влияние минеральных удобрений на урожай зерна яровой пшеницы, ячменя и овса в зернопаровых севооборотах на южных карбонатных черноземах Северного Казахстана: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. – Москва, 1984. – 18 с.
150. Сдобникова О.В. Эффективность удобрений и их применение в Северном Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1966. – №7. – С. 45-53.
151. Кочергин А.Е., Орлова Л.М. Нитрифицирующая способность чернозёмных почв Западной Сибири и эффективность азотных удобрений // Агрохимия. – 1970. – №4. – С. 11-17.
152. Сдобникова О.В. Условия почвенного питания и применение удобрений в Северном Казахстане и Западной Сибири: автореф. дис. д-ра с.-х. наук: 06.00.00. – Москва, 1971. – 43 с.
153. Волков Е.Д., Волкова Т.А. Нитрификационная способность обыкновенных чернозёмов Северо-Казахстанской области: вопросы целинного земледелия: научно-техн. бюллет. – Целиноград, 1974. – Выпуск 2. – С. 94-106.
154. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 267с.
155. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск, 2013. – 790 с.
156. Колмаков П.П., Нестеренко А.М. Минимальная обработка почвы. – М.: Колос, 1981. – 240 с.
157. Батяхина Н.А. Комплексный подход к применению пестицидов в агроценозе тритикале //Аграрный вестник Верхневолжья. – 2021. – № 2. – С. 10-14.
158. Голенищенко В.И., Гебель В.Г., Хан В.К. и др. Рекомендации по системе ведения сельского хозяйства в Целиноградской области – Алма-Ата, «Кайнар», 1967. – 386 с.

159. Волков Е.Д., Сычев П.Л., Лапонилов В.Л. Система удобрений в полевых и кормовых севооборотах: глава в книге: Почвозащитное земледелие. – М.: Колос, 1975. – С. 195-212.
160. Черненко В.Г. Теоретические основы диагностики минерального питания и управления плодородием почв на Севере Казахстана // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 1. – С. 84-91.
161. Система защиты зерновых, зернобобовых и масличных культур от вредителей, болезней и сорняков в Северном Казахстане: рекомендации. – Шортанды: НППЦЗХ им. А. И. Бараева АО «КазАгроИнновация», 2008. – 96 с.
162. Gallandt E. Weed management in organic farming //Recent advances in weed management. – 2014. – P. 63-85.
163. Шашков В.П. Комплексные меры борьбы с сорняками на севере Казахстан: монография. – Шортанды, 2007. – 214 с.
164. Абделаал Х.К., Энзекрей Е.С., Соловьёв А.А., Щуклина О.А., Градсков С.М., Завгородний С.В. Урожайность зерна и зелёной массы нового сорта яровой тритикале Тимирязевская в зависимости от применения разных доз азотных удобрений в условиях ЦРНЗ //Кормопроизводство. – 2019. – №. 2. – С. 18-22.
165. Куришбаев А.К., Рамазанова Р.Х., Касипхан А. Влияние азотных удобрений на накопление сухого вещества и потребление азота растениями яровых тритикале и пшеницы на темно-каштановых почвах Акмолинской области // ВЕСТНИК НАУКИ Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный). – 2017. – № 3(94). – С. 22-29.
166. Назарова П., Наздрачев Я.П. Влияние интенсификации азотного питания на рост и развитие яровой тритикале в условиях Северного Казахстана // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2022. – № 4(115). – С. 37-47.
167. Куконкова А.А., Терехов М.Б. Минеральное питание растений яровой тритикале в зависимости от норм посева и обработки гербицидами // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3 (19). – С. 25-28.
168. Чилимова И.В., Утебаев М.У., Крадецкая О.О., Наздрачев Я.П. Влияние органических и минеральных удобрений на качество зерна яровой тритикале в условиях Северного Казахстана // Вестник науки Казахского Агротехнического университета имени С.Сейфуллина. – 2020. – №3 (106). – С. 156-167.
169. Кидин В.В. Система удобрения – М.: РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. – 535 с.
170. Пестерева А.С., Сорока С.В. Вынос основных элементов питания яровой тритикале и сорными растениями в органогенезе //Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 1. – С. 217-225.
171. Graham R.D., Geytenbeek P.E., Radcliffe B.C. Responses of triticale, wheat, rye and barley to nitrogen fertilizer //Australian Journal of Experimental Agriculture. – 1983. – Vol. 23, № 120. – P. 73-79.

172. Шарков И.Н. Проблемы интенсификации технологий возделывания зерновых культур в Сибири // *Инновации и продовольственная безопасность*. – 2016. – № 1. – С. 24-32.
173. Estrada-Campuzano G., Slafer G.A., Miralles D.J. Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments // *Field Crops Research*. – 2012. – Vol. 128. – P. 167-179.
174. Клочков А.В., Соломко О.Б., Клочкова О.С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2019. – № 2. – С. 101-105.
175. Давлятшин И.Д., Лукманов А.А. Агрохимические факторы, атмосферные осадки и урожайность яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья (на примере Пестречинского муниципального района Республики Татарстан) – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2016. – 198 с.
176. Сдобников С.С. Вопросы земледелия в Целинном крае. – М.: Колос, 1964. – 256 с.
177. Бараев А.И., Бакаев Н.М., Веденеева М.Л. и др. Яровая пшеница. – М.: Колос, 1978 г. – 429 с.
178. Нормативные показатели выноса и коэффициенты использования питательных веществ с/х культурами из минеральных удобрений и почвы. – М.: ЦИНАО, 1986. – 113 с.
179. Ballesteros-Rodríguez E., Martínez-Rueda C.G., Morales-Rosales E.J., Estrada-Campuzano G., González G.F. Changes in number and weight of wheat and triticale grains to manipulation in source-sink relationship // *International Journal of Agronomy*. – 2019. – P. 1-9.
180. Jamil M., Hussain S.S., Qureshi M.A, Mehdi S.M., Nawaz M.Q. Impact of sowing techniques and nitrogen fertilization on castor bean yield in salt affected soils // *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*. – 2017. – Vol. 27, № 2. – P. 451-456.
181. Miralles D.J., Slafer G.A. Individual grain weight responses to genetic reduction in culm length in wheat as affected by source-sink manipulations // *Field crops research*. – 1995. – Vol. 43, № 2-3. – P. 55-66.
182. Fischer R.A The importance of grain or kernel number in wheat: a reply to Sinclair and Jamieson // *Field Crops Research*. – 2008. – Vol. 105, № 1-2. – P. 15-21.
183. Peltonen-Sainio P., Kangas A., Salo Y., Jauhiainen L. Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: evidence based on 30 years of multi-location trials // *Field Crops Research*. – 2007. – Vol. 100, № 2-3. – P.179-188.
184. Bielski S., Romanekas K., Šarauskis E. Impact of nitrogen and boron fertilization on winter triticale productivity parameters // *Agronomy*. – 2020. - № 10. – P. 279.

185. Назарюк В.М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 257 с.
186. Syers J.K., Johnston A.E., Curtin D. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use // FAO Fertilizer and plant nutrition bulletin. – 2008. – Vol. 8, № 108. – P. 5-50.
187. Джонстон А.Е., Сайер Д.К. Новый подход к оценке эффективности использования фосфора из удобрений в сельском хозяйстве // Питание растений. – 2013. – № 4. – С. 5-13.
188. Xu R., Tian H., Pan S., Prior S.A., Feng Y., Batchelor W.D., Yang J. Global ammonia emissions from synthetic nitrogen fertilizer applications in agricultural systems: Empirical and process-based estimates and uncertainty // Global change biology – 2019. – Vol. 25, № 1. – P. 314-326.
189. Školníková M., Škarpa P., Ryant P., Kozáková Z., Antošovský, J. Response of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) to Fertilizers with Nitrogen-Transformation Inhibitors and Timing of Their Application under Field Conditions // Agronomy. – 2022. – Vol. 12, № 1. – P. 223.
190. Смирнов П.М. Вопросы агрохимии азота (в исследованиях с ^{15}N). – Москва, 1982. – 74 с.
191. Сапаров А.С., Елешев Р.Е., Рамазанова С.Б., Айтбаев Т.Е., Базилжанов Е.К. Состояние агрохимического мониторинга плодородия почв республики Казахстан и продуктивность сельскохозяйственных культур // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 3. – С. 45-54.
192. Удобрение зерновых культур в Северном и Центральном Казахстане: рекомендации. – Шортанды, 2001. – 28 с.
193. Garcia R.A, Crusciol CAC, Calonego J.C., Rosolem C.A. Potassium cycling in a corn- brachiaria cropping system // European Journal of Agronomy. – 2008. – Vol. 28, № 4. – P. 579-585.
194. Xu J., Han HF., Ning TY., Li ZJ and Lal R. Long-term effects of tillage and straw management on soil organic carbon, crop yield, and yield stability in a wheat-maize system // Field Crops Research – 2019. – Vol. 233. – P.33-40.
195. Zhu D., Zhang J., Lu J., Cong R., Ren T., Li X. Optimal potassium management strategy to enhance crop yield and soil potassium fertility under paddy-upland rotation // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2021. – Vol. 101, № 8. – P. 3404-3412.
196. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 231 с.
197. Назарова П.Е., Наздрачев Я.П., Мамыкин Е.В. Особенности формирования баланса элементов питания в почве под посевами яровой тритикале в условиях традиционного и органического земледелия // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2022. – № 2(113). – С. 13-23.
198. Zečević V., Knezević D., Bošković J., Milenković S. Effect of nitrogen and ecological factors on quality of winter triticales cultivars // Genetika. – 2010. – № 42(3). – P. 465-474.

199. Ишбердина Р.Р., Леонова С.А., Лещенко Н.И. Контроль качества и безопасность зерна тритикале // Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства. – 2019. – С. 70-73.
200. Ismailov A.B., Sh Gimbatov A., Muslimov M.G., Radzhabov A.N., Mustafaeva Kh.D. Productivity of varieties of winter triticale with the use of nitrogen fertilizers in the flat irrigated zone of Dagestan // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – Vol. 1045, №. 1. – P. 1-5.
201. Евтюхова Т.В., Абделаал Х.К. Использование зерна яровой тритикале для хлебопечения // Инновационные сорта и технологии возделывания яровой тритикале: коллективная монография. – Владимир: ПресСто, 2017. – С. 275-285.
202. Кшникаткина А.Н. Тритикале-перспективная культура // Фермер. Поволжье. – 2015. – № 4. – С. 40-41.
203. Gulmezoglu N., Aytac Z. Response of grain and protein yields of triticale varieties at different levels of applied nitrogen fertilizer // African Journal of Agricultural Research. – 2010. – № 5(18). – P. 2563-2569.
204. Kumar M., Pannu R.K., Kumar A., B Singh H. Dhaka A.K. Impacts of irrigation frequency and nitrogen rate on productivity, quality, nutrient uptake and nutrient use efficiencies of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.) // Indian Journal of Agricultural Research. – 2018. – № 52(2). – P. 146-151.
205. Gooding M.J., Davies W.P. Wheat production and utilization: systems, quality and environment. – CAB International, Wallingford, UK. – 1997. – 355 p.
206. Сухова О.В. Исследование химического состава зерна тритикале как основного белковосодержащего сырья // Вестник НГИЭИ. – 2013. – № 8 (27). – С. 85-90.
207. Alaru M., Laur Ü., Jaama E. Influence of nitrogen and weather conditions on the grain quality of winter triticale // Agronomy Research. – 2003. – № 1(1). – P. 3-10.
208. Vucans R., Livmanis J. Soil agrochemical parameters and grain quality indices change in crop rotation // Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio E. Agricultura. – 2004. – № 59(4). – P. 1533-1542.
209. Босак В.Н. Экономическая эффективность применения удобрений в севооборотах // Экономика и банки. – 2008. – № 1. – С. 63-68.
210. Kirchmann H., Bergstrom L., Katterer T., Mattsson L. and Gesslein S. Comparison of long-term organic and conventional crop-livestock systems on a previously nutrient-depleted soil in Sweden // Agronomy Journal. – 2007. – № 99 (4). – P. 960-972.
211. Badgley C., Moghtader J., Quintero E., Zakem E., Jahi Chappell M., Avilés-Vázquez K., Samulon A., Perfecto I. Organic agriculture and the global food supply // Renewable Agriculture and Food Systems. – 2007. – № 22(2). – P. 86-108.
212. Georgieva R., Kirchev H., Kostadinova S. Agronomic efficiency of fertilization in triticale cultivation // Eurasian Journal of Soil Science. – 2025. – V. 14 (№ 3). – P. 253-261.

Диплом за участие в международной конференции



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акт внедрения научных результатов диссертационной работы в производственный процесс возделывания сельскохозяйственных культур

«Утверждаю»

Директор ТОО «Ел Дала Агро»



Балтабаева Б. Б.

2025 г

«Согласовано»

Руководитель ГУ «Отдел сельского хозяйства и земельных отношений
Зерендинского района»

Курмангожин А. Е.

« 14 » 2025 г

М. П.



Акт внедрения (использования) результатов научной и (или) научно-технической деятельности

1. Наименование научно-исследовательской работы Назаровой П. Е.: «Оптимизация минерального питания ярового тритикале возделываемого при различных системах земледелия в степной зоне Северного Казахстана», по которой имеется охранный документ: «Способ возделывания яровой тритикале по паровому предшественнику с внесением фосфорного удобрения».
2. Краткая аннотация: Для оптимизации минерального питания яровой тритикале которую будут возделывать в 2026 году, согласно результатам исследований докторанта Назаровой П. Е. в летний период 2025 года велась подготовка парового поля. За июнь-август были проведены четыре мелкие плоскорезные обработки почвы на глубину от 8 до 18 см. Первая обработка пара была проведена в первой декаде июня, а последующие с интервалом в 18-21 день. Вторую обработку парового поля на глубину 10-12 см совместили с внесением минерального удобрения – аммофос в дозе 40 кг д.в. на га (Р40). В сентябре была проведена 5-я обработка почвы плоскорезом глубокорыхлителем на глубину 25-27 см.
3. Эффект от внедрения (экономический, социальный, экологический), подчеркнуть область эффекта): Применение технологии позволит повысить урожай зерна яровой тритикале на 20-25%.
4. Место и время внедрения: ТОО «Ел Дала Агро», Акмолинская область, Зерендинский район, Булакский сельский округ., 2025 год.
5. Форма внедрения: Производственное испытание и применение технологии на площади 330 га.

Согласие на сбор и обработку персональных данных в соответствии со статьей 8 Закона Республики Казахстан "О персональных данных и их защите"

Подписи:

1. Исполнитель НИР Назарова П. Е.

(подпись)

2. Директор ТОО «Ел Дала Агро» Балтабаева Б. Б.

(подпись)

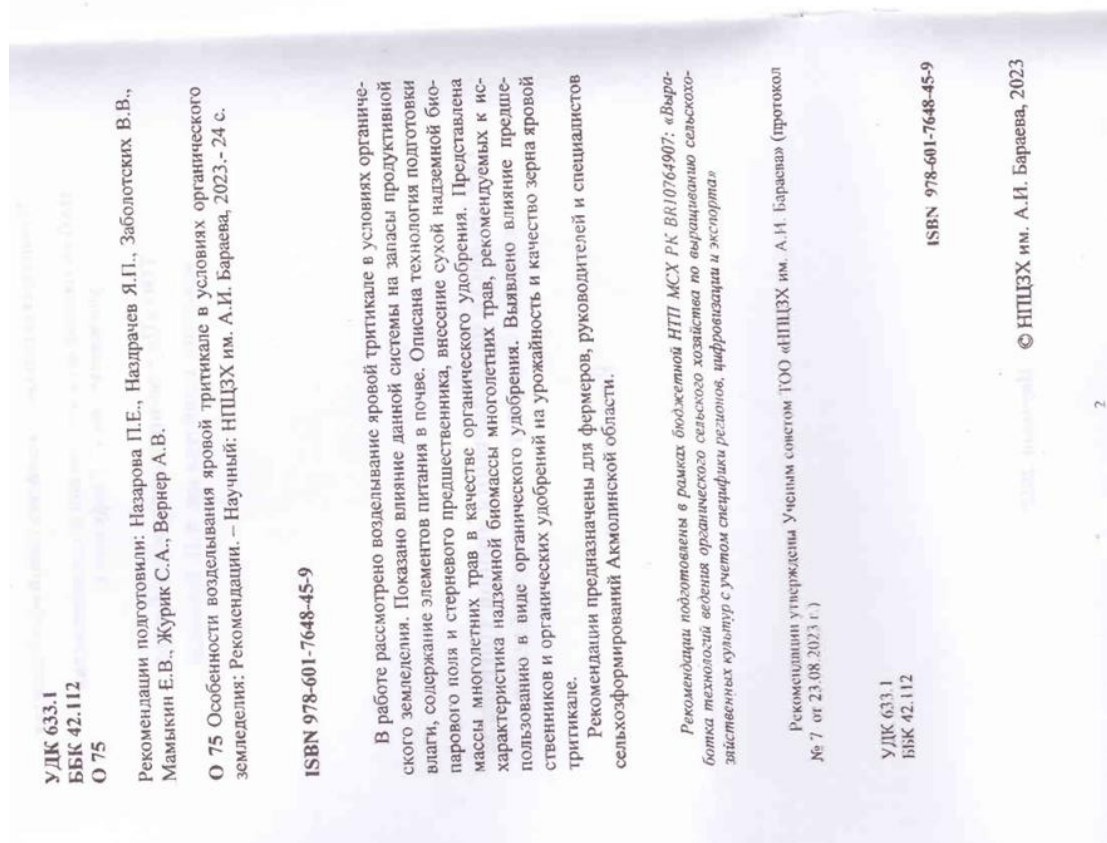
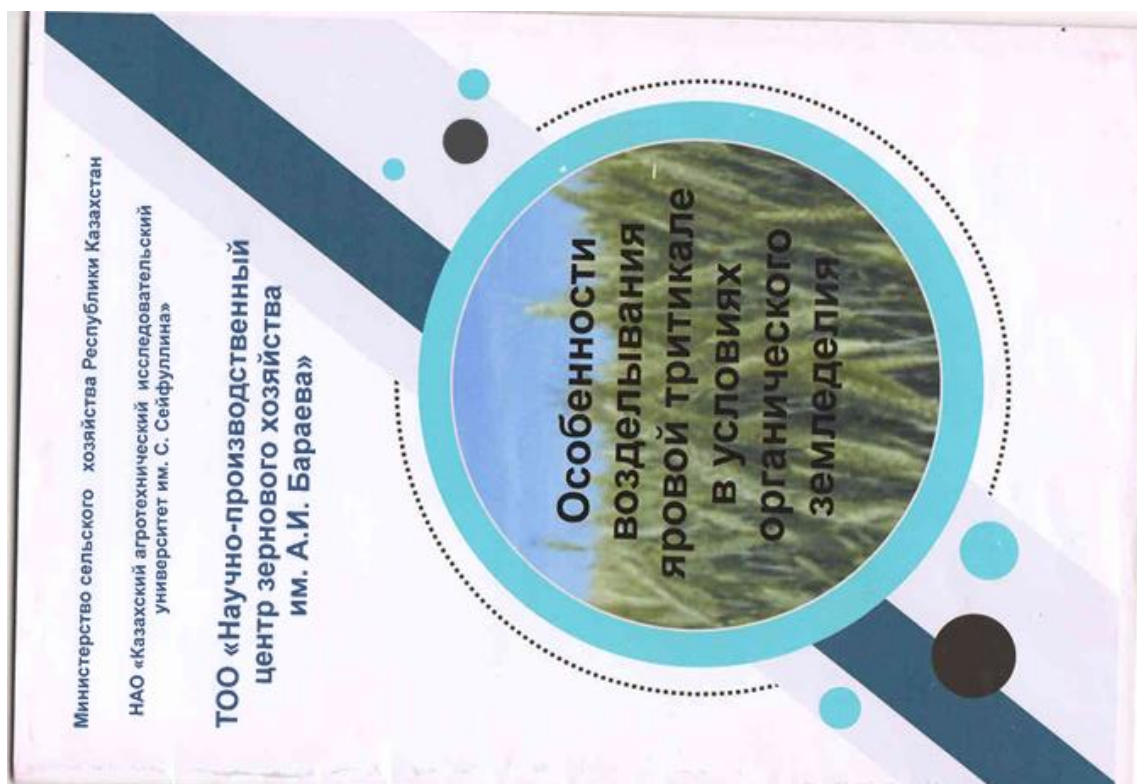
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Опубликованные рекомендации

1. Рекомендации по производству экологически безопасного зерна с высоким качеством, предотвращающего неблагоприятные эффекты для здоровья населения и окружающей среды. / Рекомендация. – Шортанды-1: НПЦЗХ им. А. И. Бараева, 2020. – 30 с. ISBN 978-601-7341-90-9.



2. Особенности возделывания яровой тритикале в условиях органического земледелия. / Рекомендация. – Научный: НПЦЗХ им. А. И. Бараева, 2023. – 24 с. ISBN 978-601-7648-45-9



3. Возделывание яровой тритикале в интенсивном земледелии. /
Рекомендация. – Научный: НПЦЗХ им. А. И. Бараева, 2023. – 28 с. ISBN 978-
601-7648-44-2.

Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан
НАО «Казахский агротехнический исследовательский
университет им. С. Сейфуллина»

ТОО «Научно-производственный центр
зернового хозяйства им. А.И. Бараева»

Возделывание яровой тритикале в интенсивном земледелии

Рекомендации

Научный 2023

УДК 633.1
ББК 42.112
В 64

Рекомендации подготовили: Назрачев Я.П., Заболотских В.В.,
Назарова П.Е., Мамыкин Е.В., Журик С.А., Вернер А.В.

В 64 Возделывание яровой тритикале в интенсивном земледелии:
Рекомендации. - Научный: НПЦЗХ им. А.И. Бараева, 2023. - 28 с.

ISBN 978-601-7648-44-2

В работе рассмотрено возделывание яровой тритикале в условиях интенсив-
фикации земледелия. Показано влияние данной системы на запасы продуктив-
ной влаги, содержание элементов питания в почве. Представлены требования по
выполнению ряда технологических операций в процессе возделывания тритика-
ле. Выявлено влияние предшественников и минеральных удобрений на урожай-
ность и качество зерна яровой тритикале. Проведен расчет баланса элементов
питания новой зерновой культуры в трехпольном севообороте. Представлена
экономическая эффективность возделывания тритикале.

Рекомендации предназначены для фермеров, руководителей и специалистов
сельхозформирований Акмолинской области.

*Рекомендации подготовлены в рамках НТП BR10764908 «Разработать систему зем-
леделия возделывания сельскохозяйственных культур (зерновых, зернобобовых, масличных и
технических культур) с применением элементов технологий возделывания, дифференциро-
ванного питания, средств защиты растений и техники для рентабельного производства на
основе сравнительного исследования различных технологий возделывания для регионов Ка-
захстана».*

Рекомендации утверждены Ученым советом ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева» (прото-
кол № 7 от 23.08.2023 г.)

УДК 633.1
ББК 42.112

ISBN 978-601-7648-44-2

© НПЦЗХ им. А.И. Бараева, 2023

Авторские свидетельства

1. Удостоверение автора № 109487. Способ возделывания яровой тритикале при органическом земледелии с внесением надземной биомассы многолетних трав



2. Удостоверение автора № 109651. Способ возделывания яровой тритикале по паровому предшественнику с внесением фосфорного удобрения

