

На правах рукописи

НУРИ ЯММА

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА
УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
В ЮЖНОМ АФГАНИСТАНЕ**

Специальность: 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2024

Работа выполнена на кафедре химии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Научный руководитель: **Белопухов Сергей Леонидович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Есаулко Александр Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института агробиологии и природных ресурсов ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»

Аканова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией агрохимии органических, известковых удобрений и химической мелиорации ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

Ведущая организация: ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

Защита состоится «28» августа 2024 г. в 12 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета 35.2.030.05, созданного на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел: 8 (499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета www.timacad.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.030.05,
кандидат биологических наук, доцент

И.М. Митюшев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Пшеница (*Triticum aestivum* L.) относится к трибе *Triticeae* семейства злаковых Poaceae (Gramineae), включающем основные зерновые культуры, и является одним из восьми источников пищи, куда входят пшеница, рис, кукуруза, просо и др., которые обеспечивают 70 - 90% всех калорий и 66 - 90% белка, потребляемого в развивающихся странах. В глобальном масштабе пшеница – это основной продукт питания для 40% населения (Goyal и др., 2010; Peng и др., 2011). Пшеница служит важным источником натуральных и обогащенных макро- и микроэлементами питательных веществ, включая пищевые волокна, белки и незаменимые пищевые минералы (Hefferon, 2015).

Площадь Афганистана составляет 63 млн га, из которых около 7,6 млн га пригодны для земледелия, пшеница занимает 2,2 млн га и на нее приходится 80,2% общей продукции зерновых. Производство пшеницы в Афганистане составляет от 2,6 до 5,2 млн т при средней урожайности 1,96 т/га (Khaliq, Boz, 2018). Этот показатель значительно ниже средней мировой урожайности пшеницы, которая составляет 3,48 т/га. Сегодня Афганистан в значительной степени зависит от импорта пшеницы для удовлетворения внутренних потребностей населения страны, которое составляет 42 млн человек. Министерство сельского хозяйства, ирригации и животноводства Афганистана признало необходимость увеличения внутреннего производства пшеницы для решения потенциальных проблем продовольственной безопасности и достижения целей самообеспеченности страны.

Для решения этих задач важно внедрение оптимизированных методов управления питательными веществами, урожайностью пшеницы и качеством зерна. Применение соответствующих стратегий внесения удобрений и обеспечение сбалансированного внесения питательных веществ может помочь преодолеть в стране дефицит питательных веществ и увеличить урожайность и качество пшеницы в условиях Южного региона Афганистана. Фермерам в Афганистане сегодня не хватает знаний о сбалансированном внесении минеральных удобрений при выращивании озимой пшеницы, что препятствует достижению высокой урожайности и качества зерна.

Влияние минеральных удобрений на рост и урожайность пшеницы является для многих стран хорошо изученным вопросом. Исследования показали, что применение минеральных удобрений в определенных дозах приводит к повышению урожайности пшеницы в среднем на 20-30%. В Афганистане до последнего времени таких полноценных исследований не проводилось. Следовательно, крайне важно определить оптимальный уровень NPK для получения максимальной урожайности и качества пшеницы в полусухом Южном регионе Афганистана. Фермерам страны не хватает знаний о

сбалансированном внесении удобрений при выращивании озимой пшеницы, что препятствует достижению высокой урожайности. Данное исследование направлено на изучение влияния различных уровней минеральных удобрений на урожайность и качество пшеницы в засушливых условиях южного Афганистана.

Степень разработанности темы. Влияние NPK на рост и урожайность пшеницы является для многих стран хорошо изученным вопросом. Исследования показали, что применение минеральных удобрений NPK в оптимальных дозах приводит к повышению урожайности пшеницы в среднем на 20-30%. Исследования влияния NPK на рост и урожайность пшеницы проводятся во всем мире, однако в Афганистане до последнего времени таких полноценных исследований не было проведено. Вот некоторые из наиболее известных исследований в мире за последние годы, касающиеся повышению урожайности:

Исследования, проведенные в России, показали, что применение минеральных удобрений на черноземных, каштановых, дерново-подзолистых, серых лесных почвах в различных агроклиматических регионах страны оказывает влияние на повышение урожайности до 27% и качество зерна. (Зотиков В.И., 2011, Прокина Л.Н., 2015, Ториков В.Е., 2015, Шеуджен А.Х., 2015, Агафонов Е.В., Никитин и др., 2019, Завалин А.А., 2018, Бижан С.П., 2019, Никитин Д.Ю., 2019, Кирпичников Н.А., 2020, Тютюнов С.И., 2020, Есаулко А.Н., 2021, Морозова Т.С., 2021, Шаповалова Н.Н., 2021, Ожередова А.Ю., 2022 и др.).

Исследование, проведенное в 2020 году в США, показало, что применение минеральных удобрений в дозе N110P90K70 привело к повышению урожайности яровой пшеницы на 30% по сравнению с контролем без удобрений. (O'Brien и др. 2020). Другие авторы, которые проводили исследования в регионах с близкими к условиям Афганистана агроклиматическим условиям, большое внимание уделяли оценке влияния разных доз азота, фосфора и калия на качественный состав зерна озимой пшеницы, технологические параметры (Ali A., 2011, 2020; Hefferon K. L., 2015; Noonari, S., 2016; Arif M., 2017; Holik L., 2018; Singh P., 2019; El-Mageed T. A., 2019; Genaev, M.A., 2019; Tabak, M., 2020; Wang, J., 2022; Zhang, X., 2022; Li, J., 2022; Soofizada Q., 2023; Kumar, S., 2024 и др.).

Цель исследования - изучить влияние различных уровней минерального питания на урожай и качество озимой пшеницы сорта Чонт – 01 в Южном регионе Афганистана.

Задачи исследования:

1. Оценить влияние разных уровней минеральных удобрений на урожай и элементы продуктивности, качество озимой пшеницы в условиях Южного региона Афганистана.

2. Оценить влияние разных уровней минеральных удобрений на показатели качества и аминокислотный состав зерна озимой пшеницы в условиях Южного

региона Афганистана.

3. Определить содержание и вынос основных элементов питания с урожаем озимой пшеницы сорта Чонт-01 в зависимости от условий выращивания.

4. Оценить экономическую эффективность различных уровней минерального питания в условиях Южного региона Афганистана.

Научная новизна. Впервые в условиях полузасушливого Южного региона Афганистана проведены научные исследования для оценки действия разных доз минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы сорта Чонт-01, установлена доза минеральных удобрений $N_{140}P_{60}K_{60}$ для получения высокой урожайности озимой пшеницы до 4 т/га и качества зерна. Приоритетно проведена оценка соотношения определенного количества азота, фосфора и калия для максимального эффективного влияния на урожайность пшеницы и качество зерна, соответствующего 3-ему классу товарной классификации.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость исследования по влиянию разных доз минеральных удобрений в условиях Южного региона Афганистана на урожай и качество зерна озимой пшеницы сорта Чонт-01 заключается в том, что оно позволяет оценить влияние различных доз удобрений на урожайность озимой пшеницы и качество продукции. В частности, исследование показало, что комплексное внесение минеральных удобрений (NPK) может значительно повысить урожайность пшеницы в условиях Южного региона Афганистана. Это имеет важное значение для региональной сельскохозяйственной науки, сельхозтоваропроизводителей, поскольку дает возможность повысить продовольственную безопасность в Афганистане. Получены новые знания для региональной сельскохозяйственной науки о взаимодействии между уровнями азота, калия и фосфора на урожайность пшеницы и получение качественного зерна. Такие рекомендации могут помочь фермерам оптимизировать использование удобрений для повышения урожайности озимой пшеницы с высокими показателями качества зерна.

Практическая значимость результатов исследования по применению минеральных удобрений (NPK) на озимой пшенице заключается в том, что они использованы для разработки методических рекомендаций по повышению урожайности этой культуры для сельскохозяйственных предприятий Южного региона Афганистана.

Результаты исследования используются в образовательной деятельности университета, а также могут быть полезны для выведения новых сортов пшеницы, устойчивых к различным факторам стресса, включая засуху.

Методология и методы исследования. Эксперимент проводился на полевой опытной станции Афганского Национального Аграрно-Научного Технологического Университета (Кандагар), расположенной в южной части

Афганистана. Этот регион характеризуется полузасушливым субтропическим климатом с резкими колебаниями температуры. Среднегодовое количество осадков в регионе составляет 190,6 мм.

Почва на экспериментальном участке имела суглинистую супесчаную текстуру и была близка к нейтральной по показателю кислотности (рН 7,24). Почва характеризовалась низким содержанием азота, средним содержанием P_2O_5 и высоким содержанием K_2O . Эксперимент был заложен по рандомизированному блочному плану с 9 комбинациями обработок, включая два уровня азота (N70 и N140), два уровня фосфора (P30 и P60), два уровня калия (K30 и K60) и вариант Контроль (без удобрений) в трехкратной повторности. Более подробное описание представлено в разделе «Материалы и методы исследований» диссертации

Положения, выносимые на защиту

– Использование в условиях Южного региона Афганистана минеральных удобрений с повышенной дозой азота при средних дозах фосфора и калия для повышения урожайности, качественного и количественного состава зерна озимой пшеницы.

– Оценка выноса азота, фосфора, калия с основной и побочной продукцией, с учетом эффективности применения минеральных удобрений.

– Экономическая и энергетическая эффективность изучаемых доз минеральных удобрений под озимую пшеницу в условиях Южного региона Афганистана.

Степень достоверности экспериментальных данных и результатов их обобщения подтверждена использованием рекомендованных методов полевых испытаний, методик агрохимических исследований и ГОСТов, статистическим анализом экспериментальных данных с использованием стандартных процедур, рекомендаций Гомеса К.А. и Гомеса А.А. (1984). Критические значения различий (CD) при $P=0,05$ использовались для определения значительных различий между средними значениями обработок.

Апробация и публикации результатов исследований. Результаты работы заслушаны на расширенном заседании кафедры химии института Агробиотехнологий РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, 2024), Международной научно-практической конференции «Методы синтеза новых биологически активных веществ и их применение в различных отраслях мировой экономики» (Москва, 2023), Международной научно-практической конференции «Информационные технологии как основа прогрессивных научных исследований» (Уфа, 2024), 77-й Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения А.Г. Дояренко (Москва, 2024), Международной научно-практической конференции «Инновационные исследования: опыт, проблемы внедрения результатов и пути решения» (Уфа, 2024).

Материалы диссертации опубликованы в 4 работах, в том числе 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК РФ.

Личный вклад автора. Автор выбрал тему исследования, поставил цели и задачи работы, лично разрабатывал схемы опытов, проводил полевые исследования, производил отбор проб, выполнял агрохимические исследования, проводил анализ растительных и почвенных образцов, определял структуру урожая, проводил учет засорённости, оценивал урожайность, определял показатели качества зерна и экономические показатели, проводил математическую обработку экспериментальных данных, обосновывал и обобщал результаты научного исследования, анализировал и обобщал результаты исследований по озимой пшенице, проведенные в разных странах, готовил к публикации результаты исследований.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы (глава 1), 2 глав экспериментальной части, заключения, предложений производству, списка используемой литературы и 5 приложений. Объем основного текста диссертационной работы – 141 страница. Список литературы включает 204 источников, в том числе 128 иностранных. Диссертационная работа содержит 24 таблицы и 18 рисунков.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена на кафедре химии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». Полевые опыты проведены на полевой опытной станции Афганского Национального Аграрно-Научного Технологического Университета (ANASTU) в Кандагаре в 2020-2023 гг. Южный регион Афганистана находится в полузасушливом субтропическом климате с резкими температурными колебаниями. Средняя годовая температура составляет 26,8°C, среднегодовая относительная влажность – 38%, а годовое количество осадков - около 190,6 мм. В эксперименте использовали сорт озимой пшеницы Чонт-01. Почва опытного участка имела суглинистую текстуру, рН близкий к нейтральному (7,2-7,4), относится к сероземам. Содержание нитратного азота составляет 10,2 мг/кг, нитратного азота – 29,1 мг/кг, подвижного фосфора – 92 мг/кг, подвижного калия – 88 мг/кг. Физико-химические свойства почвы были определены на основе анализов проб, отобранных с глубины 0–15 и 15–30 см. Эксперимент был заложен по рандомизированному блочному дизайну с 9 комбинациями обработок и 3 повторностями. Размер каждой делянки составлял 12 м², учетная площадь - 10 м². Пшеницу высевали в ноябре, убирали в мае. Норма высева 125 кг/га, семена обрабатывали фунгицидом Витавакс 200 ФФ, ВСК (Карбоксин + Тирам 200 + 200 г/л). Комбинации удобрений включали азот (70 и 140 кг/га), фосфор (30 и 60 кг/га)

и калий (30 и 60 кг/га). Все варианты обработки были случайным образом распределены по делянкам. Перед посевом поле было полито водой один раз. Первая вспашка была проведена навесным дисковым плугом FKMDP-3 (FIELDKING), затем проводили обработку почвы – боронование, прикатывание, чтобы обеспечить твердость, рыхлость и ровность почвы, способствуя оптимальному прорастанию семян, с использованием комплекса FKENDHN-26-28. Удобрения вносились в три этапа, поливы проводили семь раз за период роста, а сорняки удаляли вручную. Азотные удобрения в виде мочевины вносили в три приема, фосфор и калий (диаммонийфосфат) - при посеве. Уборку проводили вручную, образцы сушили, взвешивали для определения урожайности. Контролировали высоту растений, количество побегов, густота растений, количество колосьев на квадратный метр, количество зерен и массу 1000 зерен. Анализ качества проводился с использованием физико-химических методов анализа. Оценивали себестоимость выращивания, валовую и чистую прибыль, а также отношение прибыли к затратам. Данные были проанализированы с использованием дисперсионного анализа (ANOVA), а значимость различий проверялась с помощью F-теста.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние уровней минерального питания на ростовые показатели озимой пшеницы. Установлено, что высота растений озимой пшеницы сорта Чонт-01 существенно зависит от применения различных уровней азота, фосфора и калия. Данные о высоте растений пшеницы в фазу восковой спелости под воздействием различных уровней азота, фосфора и калия представлены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние NPK на показатели роста озимой пшеницы в условиях Южного Афганистана.

Вариант	Высота растений (см)			
	2020-21	2021-22	2022-23	Среднее за 3 года
Контроль	65,2	64,8	72,8	67,6
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₀	71,7	72,2	85,8	76,6
N ₇₀ P ₃₀ K ₆₀	75,1	74,1	85,8	78,3
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₀	79,2	76,1	87,4	80,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	79,1	74,8	84,9	79,6
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₃₀	81,2	78,3	85,9	81,8
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₆₀	84,4	80,7	85,1	83,4
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₃₀	84,1	86,2	89,5	86,6
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₆₀	86,2	87,5	90,5	88,1
HCP ₀₅	3,61	3,69	2,72	2,72-3,69

Внесение N₁₄₀P₆₀K₆₀ оказалось наиболее эффективным приемом, что привело к увеличению показателя максимальной средней высоты растений до 88,1

см при уборке урожая за трехлетний период исследования. Эта величина на 30,3% больше, по сравнению с контролем. Варианты с применением N140P60K30, N140P30K60 и N140P30K30 показали среднюю высоту 86,6 см; 83,4 см; 81,8 см соответственно, что превышало контроль на 28,1; 23,4; 21,0% соответственно. В вариантах N70P30K30, N70P30K60 и N70P60K30 также наблюдали прибавку в высоте растений на 13,3; 15,8; 19,7; 17,8% соответственно.

Эти данные коррелируют с результатами, которые наблюдали другие исследователи при изучении влияния азота, фосфора и калия на рост и развитие озимой пшеницы, поскольку азот увеличивает содержание хлорофилла, усиливающего фотосинтез, что проявляется в показателе высота растений. Более высокие дозы азота, как и фосфора и калия, приводят к получению более высоких растений по сравнению с контрольными участками за все периоды исследования. **Действие различных условий минерального питания на урожайность и элементы структуры продуктивности озимой пшеницы в Южном регионе Афганистана.** Данные о влиянии действия минеральных удобрений на количество колосьев на единицу площади представлены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние минеральных удобрений на количество колосьев на 1 м² и на длину колоса, см

Вариант	Количество колосьев на м ²				Длина колоса (см)			
	2020-21	2021-22	2022-23	Средние за 3 года	2020-21	2021-22	2022-23	Средние за 3 года
Контроль	201	207	259	222	7,6	7,3	7,7	7,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₀	288	292	341	307	7,6	7,6	8,5	7,9
N ₇₀ P ₃₀ K ₆₀	306	299	338	315	7,9	7,8	8,6	8,1
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₀	306	302	345	318	8,2	7,2	8,7	8,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	314	312	356	327	8,2	7,0	7,7	7,6
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₃₀	313,3	306	346	322	8,9	8,2	8,1	8,4
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₆₀	326	322	365	338	9,0	9,0	8,5	8,8
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₃₀	343	333	368	348	8,1	8,4	8,6	8,4
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₆₀	351	349	379	359	8,9	9,1	8,9	9,0
HCP ₀₅	14	20	34	14-34	0,91	0,78	0,62	0,62-0,91

Экспериментальные данные показывают значительные различия между вариантами на протяжении трех лет. Вариант обработки N140P60K60 неизменно демонстрировал самую высокую плотность колосьев, в среднем 359 колосьев на квадратный метр, что существенно выше по сравнению с контролем – 222 колосьев на кв.м.

Существенные различия отмечены между вариантами N140P30K30 и N140P60K60, а также вариантами, в которых была использована доза N70. По сравнению с контролем количество колосьев на единицу площади поверхности в

варианте N70P30K30 было выше на 37,9%. В вариантах N70P30K60, N70P60K30 такое превышение над контролем составило 41,4; 42,8; 47,1% соответственно. Повышенные дозы азота в вариантах N140P30K30; N140P30K60; N140P60K30 обеспечили увеличение числа колосьев на единицу площади поверхности на 44,6; 51,8; 56,4% соответственно. Наши результаты согласуются с данными Ураимова (2015) и Каренгиной (2016), Jan Agha (2016), демонстрируя синергетический эффект при внесении азота, фосфора и калия в сбалансированных пропорциях.

Достоверные различия по влиянию разных доз минеральных удобрений на показатель – длина колоса (см) по сравнению с контролем отмечены для вариантов с повышенными дозами азота: N140P30K30; N140P30K60; N140P60K30; N140P60K60, это превышение составило 11,7; 17,1; 11,2 и 19,0%, соответственно.

Количество колосков в колосе (шт./колос) существенно различалось при применении различных уровней азота, фосфора и калия. Анализ экспериментальных данных выявил достоверное различие в количестве колосков между вариантами. Вариант с самым высоким уровнем применения минеральных удобрений N140P60K60 показал образование наибольшего количества колосков в колосе - 20,2 шт./колос, что превышает показатели вариантов с меньшими дозами вносимых удобрений и значительно превосходит контрольный вариант – 16,7. Достоверные различия относительно контроля наблюдали для вариантов с применением N70P30K60, N70P60K60, где превышение было на 8,6 и 13,6% соответственно. При повышенных дозах азота в вариантах N140P30K30, N140P60K30 и N140P60K60 отмечали достоверное увеличение от контроля в количестве колосков в колосе на 13,8; 13,0 и 21,0% соответственно.

Количество зерен в колосе. Данные таблицы 3 демонстрируют влияние азотно-фосфорно-калийного удобрения на количество зерен в колосе пшеницы. Внесение NPK-удобрений в норме N140P60K60 привело к значительно большему количеству зерен в колосе (49,0) по сравнению с другими вариантами.

Достоверные различия по влиянию разных доз минеральных удобрений на длину колоса (см) по сравнению с контролем были отмечены только для вариантов с повышенными дозами азота: N140P30K30; N140P30K60; N140P60K30; N140P60K60, это превышение составило 17,2; 26,5; 27,4 и 35,7 % соответственно.

Данные таблицы 3, демонстрируют достоверные различия в массе 1000 зерен между различными вариантами внесения минеральных удобрений за три сезона выращивания. Внесение NPK в дозе N140P60K60 приводило к самому высокому показателю массы 1000 зерен за три года исследований, самый низкий показатель массы 1000 зерен (34,9 г) был зарегистрирован на контрольном участке. По показателю масса 1000 зерен отмечено положительное влияние по всем вариантам от 7% (N70P30K30) до 22,4% (вариант N140P60K60).

Таблица 3. Влияние минеральных удобрений на количество зерен в колосе и массу 1000 зерен озимой пшеницы сорта Чонт-01

Вариант	Количество зерен в колосе, шт.				Масса 1000 зерен (г)			
	2020-21	2021-22	2022-23	Средние за 3 года	2020-21	2021-22	2022-23	Средние за 3 года
Контроль	34,7	34,3	39,3	36,1	34,4	34,0	36,4	34,9
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₀	40,0	37,3	43,0	40,1	36,1	36,8	38,9	37,3
N ₇₀ P ₃₀ K ₆₀	39,7	37,0	43,0	39,9	37,7	37,3	41,7	38,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₀	41,0	38,3	44,3	41,2	37,9	37,9	39,9	38,6
N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	39,7	36,7	44,7	40,3	37,2	37,9	39,2	38,1
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₃₀	42,0	39,0	46,0	42,3	38,1	39,1	39,2	38,8
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₆₀	45,7	42,7	48,7	45,7	40,2	41,0	42,2	41,1
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₃₀	46,0	43,0	49,0	46,0	41,4	42,3	43,4	42,4
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₆₀	49,0	46,0	52,0	49,0	41,9	42,9	43,5	42,8
НСР ₀₅	5,5	5,7	6,1	5,5-6,1	1,7	1,8	2,0	1,7-2,0

Урожайность зерна как интегральный признак конкретного генотипа отражает взаимодействие различных компонентов, таких как: количество колосьев на единицу площади, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен. Данные таблицы 4 показывают, что различные варианты внесения удобрений оказали существенное влияние на урожайность зерна пшеницы в течение 2020-2021, 2021-2022 и 2022-2023 годов. Среди вариантов применения NPK внесение N140P60K60 привело к достоверно самой высокой урожайности зерна (4,09 т/га), что на 178.4% выше, чем в контроле. Применение N140P60K30 и N140P30K60 обеспечило статистически сопоставимую урожайность зерна: 3,75 и 3,35 т/га в 2020-2021 году, 3,47 и 2,88 т/га в 2021-2022 году и 4,06 и 3,81 т/га в 2022-2023 году, соответственно.

Таблица 4. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна, т/га

Вариант	Урожайность зерна, т/га			
	2020-21	2021-22	2022-23	Средние за 3 года
Контроль	1,46	1,38	1,57	1,47
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₀	2,35	2,38	2,79	2,51
N ₇₀ P ₃₀ K ₆₀	2,42	2,54	2,76	2,58
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₀	2,74	2,70	3,04	2,83
N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	2,78	2,65	2,96	2,80
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₃₀	2,80	2,64	3,10	2,85
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₆₀	3,35	2,88	3,81	3,35
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₃₀	3,70	3,47	4,06	3,75
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₆₀	3,95	3,75	4,58	4,09
НСР ₀₅	0,68	0,66	0,96	0,66-0,96

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют констатировать, что для всех изученных вариантов применения разных доз минеральных удобрений прибавка урожая достоверно выше, по сравнению с контролем, а также между некоторыми вариантами.

Урожайность соломы озимой пшеницы сорта Чонт-01 значительно варьировала по разным вариантам испытаний (таблица 5). Самая высокая урожайность соломы (4,84 т/га) наблюдалась при внесении N140P60K60, ниже в вариантах с применением N140P30K60 и N140P60K30, которые дали сопоставимые показатели, а самая низкая урожайность соломы была в контроле.

Таблица 5. Влияние минеральных удобрений на урожайность соломы озимой пшеницы сорта Чонт-01, т/га

Вариант	Урожайность соломы, т/га			
	2020-21	2021-22	2022-23	Средние за 3 года
Контроль	3,63	3,31	3,99	3,65
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₀	3,55	3,42	3,99	3,65
N ₇₀ P ₃₀ K ₆₀	3,53	3,65	4,06	3,75
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₀	3,50	3,61	3,92	3,68
N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	3,36	3,33	3,65	3,45
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₃₀	3,64	3,35	4,05	3,68
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₆₀	3,61	3,70	4,09	3,80
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₃₀	3,66	3,52	4,07	3,75
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₆₀	4,69	4,59	5,25	4,84
HCP ₀₅	0,36	0,44	0,49	0,36-0,49

Однако, результаты проведенных опытов показывают, что для различных вариантов применения минеральных удобрений разные дозы не оказывают существенного влияния на накопление биомассы в виде соломы, что приводит к изменению соотношения урожайности по зерну и урожайности по соломе.

Результаты исследований показали, что урожай растений пшеницы существенно зависел от уровней внесения азота, фосфора и калия (таблица 6).

В варианте с применением N140P60K60 получен самый высокий урожай растений озимой пшеницы в среднем за три года- 8,93 т/га, показано возрастание массы растений озимой пшеницы в 1,76 раз по сравнению с контролем.

Индекс (коэффициент) сбора урожая (ИСУ), ключевой показатель эффективности урожая и отражает долю биомассы, направляемой на производство зерна. Результаты исследования (рисунок 1) показали существенное положительное влияние применения азота, фосфора и калия на индекс сбора урожая, достигая своего пика (45,8%) при совместном внесении N140P60K30.

Таблица 6. Влияние минеральных удобрений на урожай растений озимой пшеницы сорта Чонт-01, т/га

Вариант	Урожай, т/га			
	2020-21	2021-22	2022-23	Средние за 3 года
Контроль	5,08	4,69	5,57	5,12
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₀	5,90	5,80	6,77	6,16
N ₇₀ P ₃₀ K ₆₀	5,95	6,19	6,82	6,32
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₀	6,23	6,31	6,96	6,50
N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	6,14	5,97	6,61	6,24
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₃₀	6,44	5,99	7,15	6,53
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₆₀	6,96	6,58	7,89	7,15
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₃₀	7,36	6,99	8,13	7,49
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₆₀	8,64	8,34	9,82	8,93
HCP ₀₅	1,05	1,10	1,50	1,05-1,10

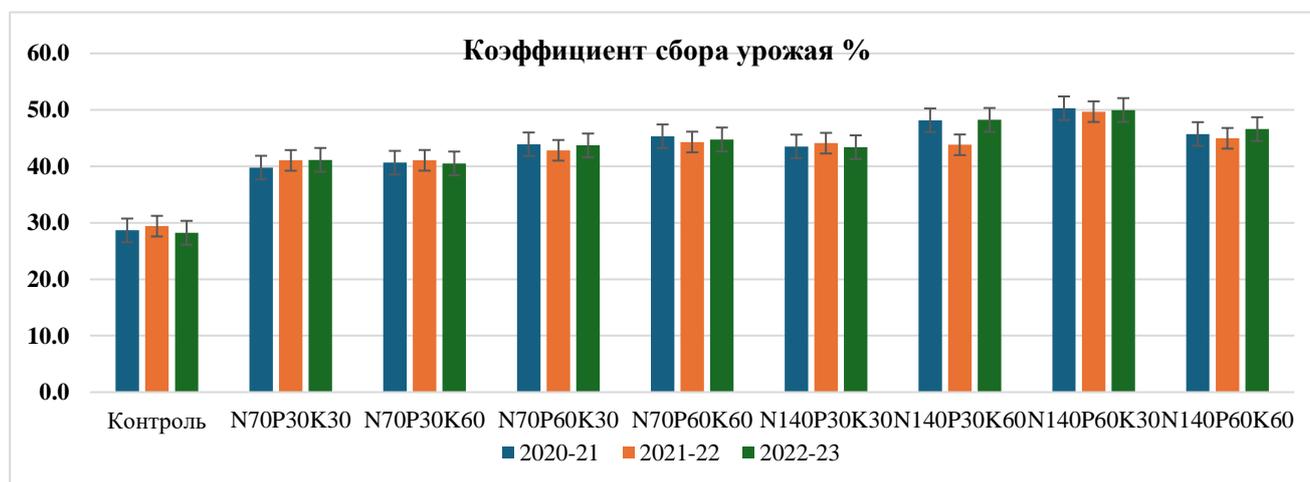


Рисунок 1- Влияние минеральных удобрений на коэффициент сбора урожая, %

Влияние минерального питания на показатели качества озимой пшеницы сорта Чонт-01 в Южном регионе Афганистана

Содержание белка в зернах пшеницы является важнейшим показателем, определяющим ее пригодность для различных пищевых целей, особенно в процессах хлебопечения. Наше исследование показало, что внесение минеральных удобрений в дозе N₁₄₀P₆₀K₆₀ достоверно приводило к самому высокому уровню содержанию белка - 13,0%, самое низкое содержание белка наблюдали в варианте контроль (таблица 7).

В соответствии с требованиями ГОСТ 9353-2016 по показателю - массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, зерно пшеницы, полученное в вариантах N₇₀P₃₀K₃₀; N₇₀P₃₀K₆₀; N₇₀P₆₀K₃₀; N₁₄₀P₃₀K₃₀ соответствует 4 классу. В

вариантах N70P60K60; N140P30K60; N140P60K30; N140P60K60 зерно пшеницы соответствует 3 классу.

Клейковина, как сложная смесь белков, присутствующая в зернах пшеницы, существенно влияет на функциональные характеристики пшеничной муки, особенно при использовании в выпечке хлеба, хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий.

Таблица 7. Влияние минеральных удобрений на содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы сорта Чонт-01, (%)

Вариант	Содержание белка (%)				Содержание клейковины (%)			
	2020-21	2021-22	2022-23	Средние за 3 года	2020-21	2021-22	2022-23	Средние за 3 года
Контроль	9,9	9,1	11,0	10,0	17,0	15,6	17,9	17,1
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₀	11,0	10,0	12,1	11,0	18,7	17,7	20,0	18,8
N ₇₀ P ₃₀ K ₆₀	11,5	10,4	11,8	11,2	19,4	18,5	19,6	19,2
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₀	11,1	10,4	13,3	11,6	18,8	18,9	21,9	20,1
N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	12,1	11,2	13,0	12,1	20,2	19,4	21,0	20,2
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₃₀	11,3	10,5	12,7	11,5	20,1	19,3	21,8	20,4
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₆₀	12,6	11,5	13,7	12,6	22,3	22,1	22,9	22,5
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₃₀	12,9	11,7	13,6	12,8	23,4	20,7	23,3	22,5
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₆₀	13,4	12,1	13,7	13,0	23,5	22,8	24,2	23,5
НСР ₀₅	1,1	0,8	0,8	0,8-1,1	1,6	1,3	2,4	1,3-2,4

Анализ данных о содержании клейковины за трехлетний период выявляет существенные различия между различными вариантами обработки (таблица 7). Можно отметить устойчивую тенденцию к увеличению содержания клейковины при возрастании доз азота, фосфора и калия. В соответствии с требованиями ГОСТ 9353-2016 по показателю – количество клейковины (%), не менее) зерно пшеницы в контрольном варианте соответствует пшенице 5 класса, а полученное в варианте N140P60K60 соответствует пшенице 3 класса. Во всех остальных вариантах зерно пшеницы соответствует показателю 4 класса.

Солома озимой пшеницы представляет собой объемный побочный продукт, является ежегодно возобновляемым растительным отходом, который может служить ценным сырьем для различных отраслей промышленности. Ее сложный химический состав (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, минеральные компоненты, кислотные детергентные волокна и др.) делает ее экономически и коммерчески ценным из-за ее многочисленных областей применения. Отметим только, что содержание фосфора в соломе во всех вариантах было на уровне 0,15-0,17%, а кальция 0,010-0,015%, общего азота 0,3-0,4%, золы 4,1-5,3%.

Внесение различных доз NPK-удобрений существенно повлияло на аминокислотный состав зерен озимой пшеницы, что отражает влияние питательных веществ на синтез и накопление белка. Отмечены заметные изменения в содержании отдельных аминокислот в разных вариантах обработки. Показано, что у большинства аминокислот, как незаменимых (лизин, метионин,

треонин, триптофан, изолейцин, лейцин, валин, фенилаланин), так и заменимых (аргинин, гистидин, глицин, серин, пролин, аланин, аспарагиновая кислота), наблюдалось увеличение их содержания с увеличением доз азота, фосфора и калия при использовании минеральных удобрений.

Содержание лизина, необходимого для синтеза белка, роста и развития растений, увеличивалось с 0,29% до 0,40% с ростом применения NPK. Аналогичным образом, содержание метионина, как аминокислоты, участвующей в синтезе белка и различных метаболических процессах, было максимальным при внесении N140P60K60 (0,22%), что на 1/3 выше, чем варианте контроль. Треонин, необходимый для синтеза белка и здоровья кишечника, демонстрировал заметный рост с увеличением дозы применения NPK-удобрений, достигнув наибольшего содержания (0,40%) на участках, обработанных N140P60K60. Аналогичная тенденция наблюдалась и с триптофаном, участвующим в синтезе белка и выработке серотонина, при этом максимальное содержание (0,16%) было зафиксировано на участках, обработанных самой высокой дозой NPK. Такие аминокислоты, как изолейцин, лейцин, валин и фенилаланин, жизненно важные для различных физиологических функций, также демонстрировали значительные различия в разных группах обработки NPK, при этом их концентрация была наивысшей – 0,47%, 0,92%, 0,59%, 0,32%, 0,61% соответственно на участках, обработанных N140P60K60, и самой низкой на контрольных участках.

Влияние минеральных удобрений на технологические параметры и качество пшеничной муки. В соответствии с требованиями ГОСТ 26574-2016 проведена оценка показателей для пшеничной муки, которые позволили охарактеризовать сорт муки. Как следует из результатов таблицы 8 по показателю зольность в пересчете на сухое вещество (%) во всех вариантах исследования, мука соответствует высшему сорту.

Таблица 8. Влияние минеральных удобрений на качество пшеничной муки

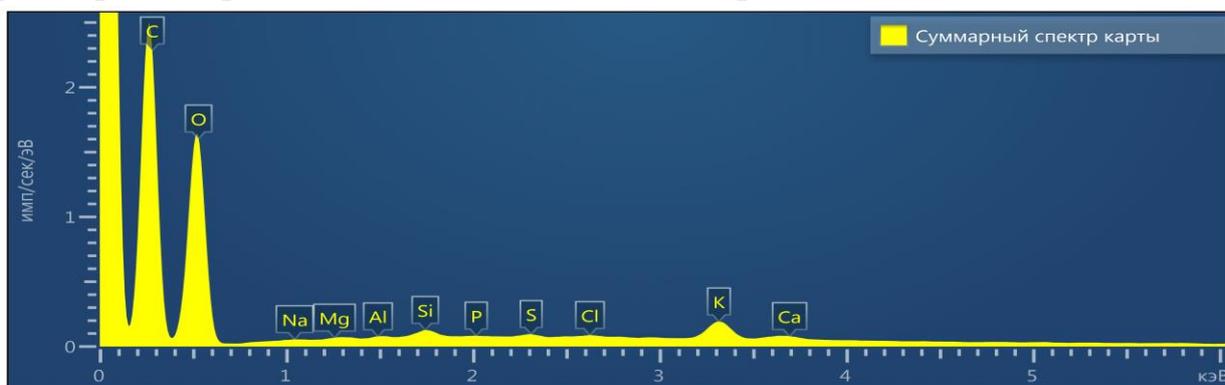
Вариант	Зола, %	Качество клейковины, ед. ИДК	Белизна, усл. ед.	Число падений, с
Контроль	0,34	67	51	440
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₀	0,38	77	52	429
N ₇₀ P ₃₀ K ₆₀	0,35	74	55	474
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₀	0,39	86	50	504
N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	0,41	80	50	443
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₃₀	0,36	76	52	483
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₆₀	0,36	78	53	441
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₃₀	0,38	82	51	458
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₆₀	0,37	78	51	442
HCP ₀₅	0,04	9	4	45

По показателю качество клейковины (ед. ИДК) во всех вариантах исследования мука соответствует также высшему сорту. По показателю белизна (усл. ед.) во всех вариантах исследования мука соответствует первому сорту. По показателю число падений (с.) во всех вариантах исследования мука соответствует высшему сорту.

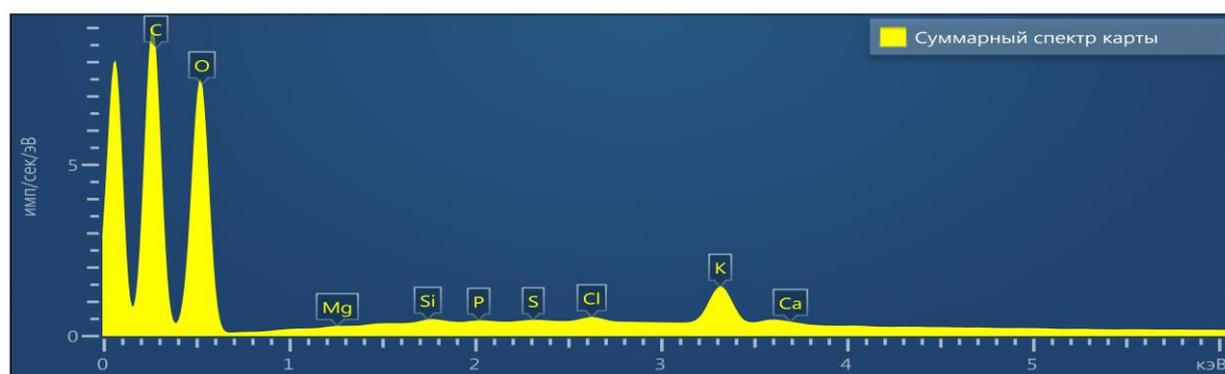
Суммируя экспериментальные данные этой части исследования, необходимо отметить, пшеничная мука соответствует требованиям ГОСТ 26574-2016 и может быть использована в хлебопекарной промышленности для производства соответствующей продукции.

Оценка накопления химических элементов урожаем пшеницы

С применением физико-химических методов анализа проведена оценка выноса некоторых биогенных химических элементов урожаем озимой пшеницы сорта Чонт-01. Для сравнения ниже на рисунке 2 приводятся суммарный спектр карты зерна в варианте N140P60K60 (а) и в контроле (б).



а)



б)

Рисунок 2 - Суммарный спектр карты зерна в варианте N140P60K60 (а), в контроле (б)

Содержание основных химических элементов (масс.%) составляет для варианта (а) N140P60K60 : O – $53,7 \pm 1,0$; C – $44,3 \pm 1,1$; K – $1,8 \pm 0,2$; Si – $0,14 \pm 0,02$; Ca – $0,25 \pm 0,04$; S – $0,12 \pm 0,03$; Al – $0,15 \pm 0,03$; Na – $0,11 \pm 0,02$; Cl – $0,14 \pm 0,03$; Mg –

0,10±0,02; P – 0,11±0,02. Содержание основных химических элементов (масс.%) составляет для контрольного варианта (б): O – 55,2±0,6; C – 42,4±0,7; K – 1,1±0,2; Si – 0,35±0,04; Ca – 0,15±0,02; S – 0,10±0,02; Al – 0,13±0,03; Na – 0,14±0,02; Cl – 0,22±0,04; Mg – 0,12±0,03; P – 0,12±0,02. Необходимо отметить существенные различия в содержании углерода, который в большем количестве концентрируется в зерне пшеницы в варианте с высокими дозами минеральных удобрений.

При этом содержание кислорода больше в варианте контроля. Соотношение углерода к кислороду (C : O) составляет в варианте N140P60K60 1,21; в варианте контроль (C : O) – 1,30. Существенные различия между представленными вариантами отмечены по калию и кальцию: так в варианте с высокими дозами концентрация калия выше в 1,8 раза, по сравнению с контролем, а кальция выше в 1,67 раза. Но соотношение между калием и кальцием (K : Ca), которое в варианте N140P60K60 составляет 7,2; для контроля – 7,3; т.е. является практически одинаковым. Применение высоких доз минеральных удобрений под пшеницу способствует снижению динамики перехода из почвы в зерно кремния. Так для варианта с минеральными удобрениями содержание кремния в зерне составляет 0,14%, для контроля – 0,35%, или в последнем случае выше в 2,5 раза. Для остальных химических элементов, включая: серу, алюминий, натрий, хлор, магний и фосфор существенных различий между вариантами не отмечено.

Таким образом, можно отметить, что применение минеральных удобрений способствует регулированию содержания макро- и микрокомпонентов в зерне, включая элементный состав зерна, а, следовательно, появляется возможность в агротехнологиях выращивания озимой пшеницы получать растениеводческую продукцию с заданными свойствами по компонентному составу.

Содержание основных химических элементов в соломе (масс. %) составляет для варианта N140P60K60 : O – 46,8±1,0; C – 47,0±1,1; K – 0,31±0,04; Ca – 0,25±0,03; S – 0,14±0,02; Al – 0,24±0,05; Na – 0,11±0,02; Cl – 0,23±0,04; Mg – 0,15±0,03; Si – 5,4±0,1. Содержание основных химических элементов (масс. %) составляет для контрольного варианта: O – 47,3±1,3; C – 47,0±1,5; K – 0,22±0,04; Ca – 0,12±0,03; S – 0,11±0,02; Al – 0,30±0,04; Na – 0,12±0,02; Cl – 0,20±0,03; Mg – 0,12±0,03; Si – 4,8±0,1. Для соломы не отмечено существенных отличий по вариантам по таким химическим элементам как: кислород, углерод, сера, алюминий, натрий, хлор, магний. В варианте с применением минеральных удобрений в дозе N140P60K60 отмечается увеличение в соломе концентрации калия в 1,4 раза, концентрации кальция – в 2 раза, концентрации кремния – в 1,13 раза. Полученные данные также подтверждают возможность получения побочной продукции в виде соломы с определенным соотношением макро- и микрокомпонентов, в т.ч. по элементному составу.

Исследования элементного состава пшеницы показывают преобладание кислорода (О) и углерода (С) по массовой доле. Высокое содержание кислорода отражает его роль в дыхании растений и его присутствие в молекулах воды внутри растения. Углерод, являющийся основным компонентом органических молекул, составляет значительную часть элементного состава пшеницы. Он способствует образованию углеводов, белков и жиров, которые важны как для роста растений, так и для питания человека. Эти результаты хорошо согласуются со стандартными процентами, наблюдаемыми в органических веществах, где углерод обычно составляет от 45-50%, а кислород — от 40 до 50%.

Помимо этих основных элементов, анализ выявил другие важные питательные вещества для здоровья растений и потребления человеком. Калий (К), оптимальное содержание которого играет ключевую роль в активации ферментов и поддержании водного баланса в клетках растений. Концентрация калия находится в типичном диапазоне, наблюдаемом у различных растений, в зависимости от конкретного растения и состояния почвы. Анализ также показал наличие таких элементов как: кремний (Si) на уровне 0,3% и кальций (Ca) на уровне 0,2%. Они способствуют структурной целостности, устойчивости к болезням и функции клеточных стенок в растениях. Точно так же были обнаружены сера (S) и магний (Mg) по 0,1% каждый. Эти элементы жизненно важны для синтеза белков и производства хлорофилла соответственно, точно так же, как и фосфор (P), который жизненно важен для передачи энергии в растении.

Наличие этих элементов в количествах, соответствующих типичным диапазонам, свидетельствует о достаточно хорошей динамике роста и развития озимой пшеницы сорта Чонт-01, однако такие данные необходимо учитывать для учета выноса химических элементов урожаем.

Расчет доз и выноса элементов с урожаем продукции

Методом элементарного баланса нами был рассчитан вынос азота (N), фосфора (P_2O_5), калия (K_2O). Расчет проведен на запланированную урожайность в 4 тонны зерна с 1 гектара из предположения, что вынос азота составляет в среднем N – 30 кг на 1 тонну урожая, P_2O_5 – 12 кг на 1 тонну урожая и K_2O – 25 кг на 1 тонну урожая.

Вынос азота незначительно варьировался в зависимости от условий обработки с эквивалентными дозами азота, но различными уровнями фосфора (P) и калия (K). В вариантах от N70P30K30 до N70P60K60 (T1 по T4) вынос азота составлял от 26,10 кг/тонну (N70P30K60) до 26,91 кг/тонну (N70P60K30). Аналогично, в вариантах N140P30K30 до N140P60K60 (T5 по T8) вынос азота варьировался от 26,97 кг/тонну (N140P60K30) до 30,49 кг/тонну (N140P60K60).

Вынос фосфора демонстрировал более последовательную тенденцию по сравнению с выносом азота в различных вариантах. В вариантах N70P30K30 до

N70P60K60 (Т1 по Т4) вынос фосфора варьировался от 5,09 кг/тонну (N70P60K30) до 5,24 кг/тонну (N70P30K60). Для вариантов N140P30K30 до N140P60K60 (Т5 по Т8) вынос фосфора изменялся от 5,13 кг/тонну (N140P60K30) до 5,94 кг/тонну (N140P60K60).

Вынос калия проявил наибольшую вариабельность, особенно в ответ на изменяющиеся уровни калиевого питания. В вариантах от N70P30K30 до N70P60K60 (Т1 по Т4) вынос калия изменялся от 8,15 кг/тонну (N70P30K30) до 12,91 кг/тонну (N70P60K60). Также и в вариантах от N140P30K30 до N140P60K60 (Т5 по Т8) вынос калия варьировал от 12,63 кг/тонну (N140P60K30) до 13,85 кг/тонну (N140P60K60).

Для получения урожайности на уровне 4 тонн необходимо 120 кг азота, 48 кг фосфора (P_2O_5), 100 кг калия (K_2O). Принимая во внимание, что в почве опытного поля содержание азота составляет в среднем 39 мг/кг, фосфора 92 мг/кг, калия 88 мг/кг, т.е. почва относится к 3 классу, азота в почве содержится 117 кг/га, фосфора (P_2O_5) – 276 кг/га, калия (K_2O) – 264 кг/га. Применяя минимальные коэффициенты использования питательных веществ из почвы озимой пшеницей, в среднем азота (N) – 20%, фосфора – 5% (P_2O_5), калия (K_2O) – 9% (в среднем 20%) (Ягодин Б.А, 2016; Шеуджен А.Х., 2006), растения пшеницы из почвы могут получить 23,4 кг азота, 13,8 кг фосфора (P_2O_5), 23,8 кг (52,8 кг) калия (K_2O).

Таким образом, для формирования урожая в 4 тонны/га необходимо дополнительно из минеральных удобрений получить: $120-23,4=96,6$ кг азота, $48-13,8=34,2$ кг фосфора (P_2O_5), $100-23,8=76,2$ кг (или, если брать средний коэффициент на уровне 20%, то $100-52,8=47,2$ кг) калия (K_2O).

Так как в опытах применяли диаммонийфосфат с содержанием азота 18% и фосфора (P_2O_5) 46%, а также карбамид (мочевину) с содержанием азота 46%, то вносимые количества минеральных удобрений были рассчитаны из предыдущего заключения с учетом коэффициентов использования озимой пшеницей азота из удобрений в среднем 25%, фосфора (P_2O_5) – 15%, калия (K_2O) – 50% (Методические указания, 2014).

Экспериментальные данные показывают, что вынос азота урожаем озимой пшеницы сорта Чонт-01, включая зерно и солому составляет для вариантов: контроль, N70P30K30, N70P30K60, N70P60K30, N70P60K60, N140P30K30, N140P30K60, N140P60K30, N140P60K60 – 43,5; 66,9; 67,2; 76,1; 74,9; 77,1; 92,8; 101,0; 124,8 кг/га соответственно. Повышенные дозы азота, как и фосфора и калия способствуют получению высоких урожаев озимой пшеницы при соответствующем выносе макроэлементов с урожаем продукции.

Данные по выносу фосфора (P_2O_5) урожаем озимой пшеницы сорта Чонт-01, включая зерно и солому, составляет для вариантов: контроль, N70P30K30,

N70P30K60, N70P60K30, N70P60K60, N140P30K30, N140P30K60, N140P60K30, N140P60K60 – 11,1; 13,1; 13,5; 14,4; 14,5; 15,7; 17,2; 19,2; 24,3 кг/га соответственно.

Данные по выносу калия (K_2O) урожаем озимой пшеницы сорта Чонт-01, включая зерно и солому составляет для вариантов: контроль, N70P30K30, N70P30K60, N70P60K30, N70P60K60, N140P30K30, N140P30K60, N140P60K30, N140P60K60 – 20,0; 26,4; 30,5; 32,8; 36,1; 37,8; 45,4; 47,8; 56,7 кг/га соответственно.

Применение изученных в нашем опыте разных уровней минерального питания позволило получить прибавку урожайности по зерну (рисунок 3).

Как следует из результатов рисунка 3, во всех вариантах проведенных опытов наблюдается увеличение урожайности озимой пшеницы в среднем за 3 года исследований. Максимальная доза удобрений N140P60K60 обеспечила максимальную прибавку урожая 2,62 тонны с гектара. При этом вынос азота, фосфора и калия также зависел от дозы применения удобрений: чем более высокой была доза, тем большее количество элементов минерального питания переходило в продукцию.

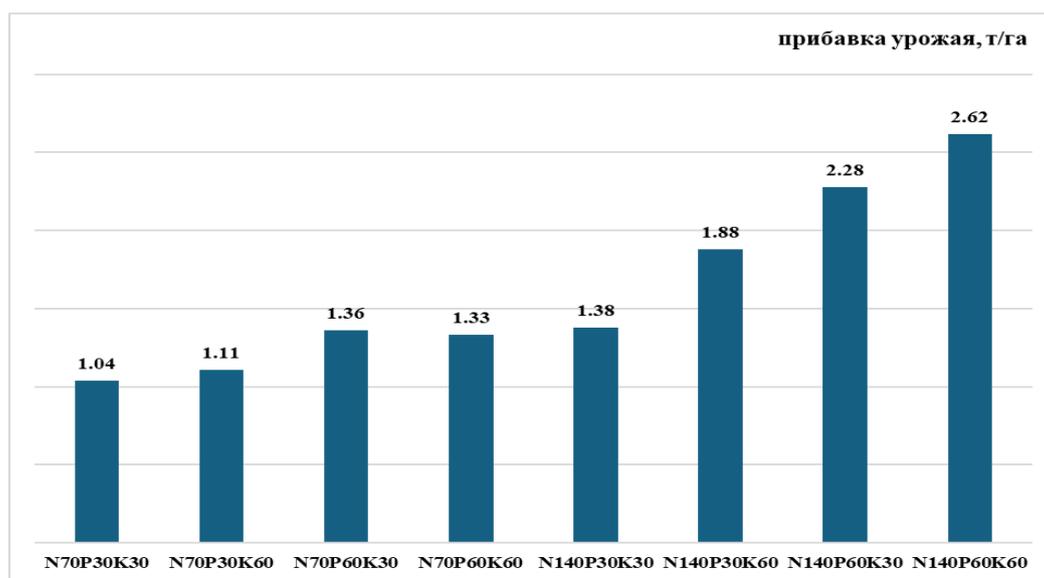


Рисунок 3 – Прибавка урожая озимой пшеницы в опытах, по сравнению с контролем, т/га

Представляет также практический интерес для оценки массопереноса в агрофосфере вынос других биогенных химических элементов с урожаем озимой пшеницы, таких как: кремний, кальций, сера, алюминий, натрий, хлор, магний.

В наших опытах содержание кремния в зерне было в интервале 0,14-0,35% на абсолютно сухое вещество, причем высокая доза минеральных удобрений N140P60K60 (вариант Т8) снижала поступление Si в зерно по сравнению с контролем в 2,5 раза. При этом в солому вынос кремния в варианте Т8 был выше на 12-14%, чем в контроле.

Содержание кальция в зерне и соломе было в интервале 0,12-0,25% на абсолютно сухое вещество, причем более высокое содержание кальция было в варианте Т8. Содержание серы во всех вариантах было стабильным для всех вариантов опыта и находилось в интервале 0,08-0,14% на абсолютно сухое вещество. Более высокая концентрация алюминия (0,24-0,30%) была в соломе, что было в 2,0-2,5 раза выше, чем в зерне. Содержание натрия и магния в образцах зерна и соломы находилось в интервале 0,08-0,14%, хлора - 0,12-0,23% на абсолютно сухое вещество.

Таким образом, по результатам выноса биогенных элементов урожаем озимой пшеницы, можно сделать вывод о том, что суммарный вынос биогенных элементов, как: Si, Ca, S, Al, Na, Cl, Mg составляет в среднем 1,0-1,15% в расчете на абсолютно сухое вещество. Причем использование высоких доз минеральных удобрений снижает поступление таких химических элементов в зерно и солому, что можно объяснить направленностью биосинтеза в растениях на формирование сложных органических веществ и повышением ионной силы почвенного раствора за счет ионов калия, сульфат-ионов и других анионов из минеральных удобрений, что приводит к снижению массопереноса химических элементов из почвы в растение.

Влияние уровней азота, фосфора и калия на экономические показатели производства озимой пшеницы сорт Чонт-01 в Южном Афганистане

Себестоимость выращивания пшеницы зависит от количества применяемых азотных, фосфорных и калийных удобрений, также от рыночной цены, других факторов производства. Данные по экономике в условиях применения различных уровней минерального питания для озимой пшеницы сорта Чонт-01 представлены в таблице 9. Себестоимость выращивания существенно различалась по вариантам из-за применения различных доз азота, фосфора и калия. Цены на удобрения основаны на средних показателях за период исследования. Самая высокая себестоимость выращивания пшеницы (54,2 тыс. афгани/68,3 тыс. руб. на гектар) была зарегистрирована для варианта N140P60K60 (таблица 9). Значения валового дохода существенно различались в зависимости от уровней NPK. Самый высокий валовой доход 192,2 тыс. афгани/га или 242,1 тыс. руб./га был получен при внесении азота в дозе 140 кг/га, а фосфора и калия - по 60 кг/га, тогда как в контрольном варианте валовой доход составил 72,8 тыс. афгани/га или 93,0 тыс. руб./га.

Чистая прибыль от выращивания пшеницы также существенно различалась по вариантам из-за применения различных доз азота, фосфора и калия. Самая высокая чистая прибыль 138 тыс. афгани/га (173,8 тыс. руб./га) была получена при внесении N140P60K60, тогда как самая низкая чистая прибыль 45,9 тыс. афгани/га (57,9 тыс. руб./га) была получена в контрольном варианте.

Таблица 9. Себестоимость выращивания озимой пшеницы сорт Чонт-01

Вариант	Себестоимость выращивания (тыс. афгани/га / тыс. руб./га)			
	2020-21	2021-22	2022-23	Средние за 3 года
Контроль	27,9/35,1	27,9/35,1	27,9/35,1	27,9/35,1
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₀	41,0/51,6	41,0/51,7	41,1/51,8	41,0/51,7
N ₇₀ P ₃₀ K ₆₀	45,5/57,3	45,5/57,4	45,7/57,5	45,6/57,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₀	44,9/56,5	44,8/56,5	45,1/56,8	44,9/56,6
N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	49,4/62,2	49,3/62,2	49,6/62,5	49,5/62,3
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₃₀	45,7/57,6	45,9/57,8	45,8/57,7	45,8/57,7
N ₁₄₀ P ₃₀ K ₆₀	50,2/63,2	50,4/63,5	50,4/63,5	50,3/63,4
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₃₀	49,6/62,5	49,7/62,6	49,8/62,7	49,7/62,6
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₆₀	54,1/68,2	54,2/68,3	54,3/68,5	54,2/68,3

Коэффициент эффективности (Кэ) не показал значительных различий между вариантами на протяжении трех лет исследования. Тем не менее, численно наивысший коэффициент эффективности (Кэ) составил 2,54 в варианте N₁₄₀P₆₀K₆₀, в то время как минимальное значение, равное 1,65, получено в контрольном варианте.

Для каждого варианта была рассчитана рентабельность на основе чистого дохода, что обеспечивает более точную оценку экономической эффективности применения удобрений. Наибольшая рентабельность, составившая 254,4%, была достигнута в варианте N₁₄₀P₆₀K₆₀, что демонстрирует высокую прибыльность и эффективность этого варианта. Наименьшая рентабельность наблюдалась в контрольном варианте и составила 165%, что указывает на низкую экономическую эффективность без применения удобрений.

Таким образом, наибольший коэффициент эффективности и высокая рентабельность подтверждают целесообразность использования комбинации удобрений в дозировке N₁₄₀P₆₀K₆₀ для увеличения доходности и экономической выгоды при выращивании озимой пшеницы. Эти данные подчеркивают важность правильного выбора и применения удобрений для достижения максимальной эффективности и прибыльности сельскохозяйственной культуры. Полученные результаты по эффективности выращивания озимой пшеницы сорта Чонт-01 в Южном регионе Афганистана показывают возможность обеспечения высокой урожайности пшеницы высокого качества для обеспечения продовольственной безопасности Афганистана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных в 2020-2023 гг. полевых исследований по изучению влияния различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество растений озимой пшеницы сорта Чонт-01 в условиях Южного региона

Афганистана, выполнения агрохимических анализов почвы, наблюдений за агроклиматическими условиями, биохимических анализов растений, химического состава продукции, статистической обработки полученных результатов, оценке экономической эффективности сделаны следующие выводы и сформулированы практические предложения производству.

Установлено, что наиболее эффективное действие минерального питания проявилось в варианте $N_{140}P_{60}K_{60}$, где получена наибольшая прибавка урожая озимой пшеницы. В данном варианте выявлено увеличение урожайности озимой пшеницы, которое составило 76 % по сравнению с контрольным вариантом, в среднем за три года.

Показано, что при применении различных уровней минерального питания происходит возрастание количества продуктивных колосьев в расчете на единицу площади. В варианте, где вносили $N_{140}P_{60}K_{60}$, показано формирование наибольшего количества колосьев и элементов продуктивности растений. В среднем за три года было получено увеличение количества колосьев в 1,5 раза, количества колосков – на 25 %, длины колоса – на 19 %, и массы 1000 зерен на 22,4 %, по сравнению с контрольным вариантом, что и обеспечивало максимальную урожайность зерна озимой пшеницы в среднем за три года исследований – 4,1 т/га.

Применение минеральных удобрений при выращивании озимой пшеницы сорт Чонт-01 оказало положительное влияние на показатели качества зерна. Оценка показателей качества полученного зерна озимой пшеницы показала, что при использовании варианта внесения минеральных удобрений $N_{140}P_{60}K_{60}$ зерно пшеницы соответствует 3-ему классу товарной классификации. В данном варианте получены следующие показатели качества зерна: массовая доля белка составила 13,5 %, содержание клейковины – 28 %. В остальных вариантах зерно озимой пшеницы соответствует показателю 4 класса товарной классификации.

При этом оценка аминокислотного состава белка озимой пшеницы сорта Чонт-01 показала, что для большинства аминокислот, как незаменимых (лизин, метионин, треонин, триптофан, изолейцин, лейцин, валин, фенилаланин), так и заменимых (аргинин, гистидин, глицин, серин, пролин, аланин, аспарагиновая кислота), наблюдалось увеличение содержания аминокислот с увеличением доз НРК в среднем на 0,2-0,3% при выращивании озимой пшеницы.

С учетом стоимости минеральных удобрений в Афганистане, региональной агротехнологии выращивания озимой пшеницы самая высокая себестоимость выращивания пшеницы – 54,2 тыс. афгани или 68,3 тыс. руб., была зарегистрирована при внесении азота, фосфора и калия в дозах 140, 60 и 60 кг/га, соответственно. Самая низкая чистая прибыль была получена в контрольном варианте, а самая высокая чистая прибыль в размере 138,0 тыс. афгани или 173,8 тыс. руб./га была получена при внесении $N_{140}P_{60}K_{60}$, что было обусловлено

получением с единицы площади наибольшего сбора зерна с улучшенными показателями качества основной продукции озимой пшеницы.

Предложения производству

В агротехнологиях выращивания озимой пшеницы в условиях Южного региона Афганистана рекомендуется вносить минеральные удобрения в дозе: азота – 140 кг, фосфора – 60 кг, калия – 60 кг на 1 га, для обеспечения высокой урожайности на уровне 4 т/га и высокого качества зерна. При использовании в качестве удобрений, например, мочевины, диаммофоса и сульфата калия необходимо диаммофос, сульфат калия вносить до посева, а мочевину рекомендуется вносить в два этапа: 60% в фазу кущения и 40% в фазу выхода в трубку.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Статьи в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК РФ

1. **Нури, Ямма.** Влияние различных уровней внесения азота, фосфора и калия на урожайность и качество озимой пшеницы в южном регионе Афганистана / Ямма Нури, С.Л. Белопухов, В.А. Седых // Плодородие. – 2024. – № 1. – С. 10-14. DOI: 10.25680/S19948603.2024.136.02.
2. Belopukhov S.L. Wheat Growth and Productivity Depending on Levels of NPK When Grown in Kandahar Conditions in Afghanistan / S.L. Belopukhov, I.I. Seregina, **Y. Nuri** // Journal of Agriculture and Environment. – 2024. – № 3 (43). – URL: <https://jae.cifra.science/archive/3-43-2024-march/10.23649/JAE.2024.43.3> (accessed: 03.05.2024). – DOI: 10.23649/JAE.2024.43.3

Публикации в сборниках и материалах конференций

3. **Нури, Ямма.** Роль информационных технологий в производстве озимой пшеницы в Афганистане / Ямма Нури, С.Л. Белопухов // Информационные технологии как основа прогрессивных научных исследований: сборник статей Международной научно-практической конференции. - Уфа, 2024. - С. 46-47.
4. Белопухов, С.Л. Аналитический контроль состава целлюлозо-содержащих отходов при переработке пшеницы / С.Л. Белопухов, **Ямма Нури** // Инновационные исследования: опыт, проблемы внедрения результатов и пути решения: сборник статей Международной научно-практической конференции. - Уфа, 2024. - С. 41-42.