

На правах рукописи

Джахиш Фрайдун

**УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ
ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА
РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АФГАНИСТАНА**

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

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2025

Работа выполнена на кафедре химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Научный руководитель: **Дмитревская Инна Ивановна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Официальные оппоненты: **Шаfran Станислав Аронович**, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории минерального и биологического азота ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»
Титова Вера Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, заведующая кафедрой «Агрохимия и агроэкология» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л.Я. Флорентьева»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФИЦ «Немчиновка»)

Защита состоится 28 августа 2025 г. в 14-00 на заседании диссертационного совета 35.2.030.05 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 «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент

И.М. Митюшев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Афганистан — это страна, в которой 80 % населения работает в аграрном секторе. Национальная экономика страны основана на сельском хозяйстве, которое составляет около 31% легитимного валового внутреннего продукта Афганистана (Sarwary, 2011). Зерновые культуры являются основным компонентом сельскохозяйственного сектора в Афганистане, генерируя доход и обеспечивая продовольственные потребности для фермеров. Этот сектор, в котором доминируют мелкие фермеры по всей стране, многие из них сталкиваются с многочисленными проблемами, такими как неэффективное использование ресурсов, низкий уровень технологии производства, низкая производительность труда и высокие производственные затраты (Chabot, 2007, Ahmadzai, 2016, Bolton, 2019).

Пшеница (*Triticum aestivum L.*) является основной продовольственной культурой для населения Афганистана. В Афганистане - эта культура считается ключевой для повышения экономического уровня фермеров, обеспечения продовольственной безопасности страны, а также создания рабочих мест людей и, следовательно, улучшения национальной экономики (Goyal, Prasad, 2010; Ghafari et al., 2018). Благодаря своей широкой генетической адаптивности, пшеница выращивается в различных климатических условиях по всему Афганистану, как в весенний, так и в зимний сезоны. Пшеница занимает большую площадь по сравнению с другими культурами, выращиваемые в стране, составляя около 32 % от общей площади, занятой сельскохозяйственными культурами. В 2024 году общая площадь под посевами пшеницы в Афганистане достигла 2,12 млн га, что представляет собой увеличение примерно на 4,7% по сравнению с предыдущим годом. С другой стороны, общий объем производства пшеницы составил 4,83 млн т, что отражает увеличение примерно на 10 %. Однако потребность страны в пшенице составляет около 6,82 млн т, что, учитывая внутреннее производство пшеницы, привело к нехватке 2 млн т по всей стране. Эта нехватка должна быть восполнена за счет импорта из других стран. Средний урожай пшеницы на орошаемых территориях составил около 2,98 т/га, а на богарных — 0,96 т/га по всей стране (MAIL, 2024).

Пшеница обычно выращивается как в орошаемых, так и в богарных условиях и культивируется во всех регионах страны. Сезон выращивания начинается в октябре и продолжается до июня, в зависимости от погодных условий в каждом регионе (MAIL, 2024). Основными ограничениями, выявленными при выращивании пшеницы в Афганистане, являются засуха, наводнения, болезни, такие как ржавчина, низкое качество семенного материала, несбалансированное минеральное питание растений, низкое качество

удобрений на местном рынке и ограниченные знания аграриев о количестве и времени применения удобрений и проведения агротехнологических мероприятий (Chabot, 2007, Soofizada, 2023, Belopukhov, 2024). Таким образом, размеры производства пшеницы не обеспечивают требованиям страны, которые составляют около 7 млн т ежегодно (Sharma, Dreisigacker, 2019).

Степень разработанности темы. Минеральные удобрения и регуляторы роста растений играют ключевую роль в увеличении производства пшеницы, способствуя значительному росту урожайности. Исследования показали, что совместное использование удобрений с регуляторами роста растений может увеличить урожай пшеницы от 20% до 50%, в зависимости от условий выращивания, таких как плодородие почвы, климатические условия и своевременное проведение агротехнических мероприятий. Кроме того, применение регуляторов роста растений, таких как гиббереллиновая кислота и её производные, способствует стимулированию физиологических процессов растений, включая деление клеток, прорастание семян, образование корней, цветение, повышают устойчивость растений к стрессам, включая низкие и высокие температуры воздуха во время вегетации, засуха или переувлажненность, засоленность почв и др. (Зяблов, 2006, Ваке, 2006, Александрова, 2007, Широкова, 2007, Акимова, 2009, Espindula, 2009, Лапа, 2009, 2010, Демиденко, 2010, Malghani, 2010, Kizilgoz, 2010, Зотиков, 2011, Близнюк, 2012, Khan, 2012, Амиров, 2013, Ghanizada, 2013, Прокопенкова, 2014, Chowdhury, 2014, Прокина, 2015, Ториков, 2015, Ati, 2016, Agha, 2016, Косолапова, 2017, Абашев, 2017, Лыскова, 2018, Бобровский, 2018, Ожередова, 2019, Никитин, 2019, Ворончихина, 2020, Dobрева, 2020, Волкова, 2021, Морозова, 2021, Kumari, 2021, Сайдяшева, 2022, Барковская, 2022, Soofizada, 2023, Зайцева, 2023, 2024, Дербунов, 2024, Jahish, 2024, Belopukhov, 2024, Zakharova, 2024, Chinmay, 2024 и др.). Однако в условиях Афганистана при выращивании яровой пшеницы остается малоизученным своевременность проведения агротехнических мероприятий, а также сроки и дозы вносимых под культуру удобрений и применение регуляторов роста растений.

Цель исследований – изучить урожайность и качество зерна яровой пшеницы на фоне применения разных доз минеральных удобрений и гиббереллина во время вегетации растений в условиях северо-востока Афганистана.

Задачи исследования:

1. Изучить действие разных доз минеральных удобрений (NPK) и гиббереллина на рост и развитие яровой пшеницы сорта Кабул в условиях северо-востока Афганистана;
2. Оценить влияние разных доз минеральных удобрений (NPK) и гиббереллина на урожайность яровой пшеницы в условиях северо-востока Афганистана;

3. Определить содержание и вынос основных элементов питания яровой пшеницей. Определить качество зерна пшеницы на фоне применения разных доз минеральных удобрений и гиббереллина;

4. Оценить экономическую эффективность применения минеральных удобрений и регулятора роста растений на яровой пшенице.

Научная новизна. Впервые в условиях северо-востока Афганистана проведена оценка действия разных доз минеральных удобрений (NPK) кг/га: 120-60-30, 160-90-60, 200-120-90 и гиббереллина (г/га): 20, 40 на яровой пшенице сорта Кабул. Установлено, что при применении минеральных удобрений в дозе 160–90-60 кг/га NPK, а также при использовании гиббереллина в дозе 40 г/га оказали наибольший эффект в повышении высоты растений, индекса листовой поверхности (ИЛП) во время вегетации, а также в увеличении урожайности зерна. Полученное зерно можно отнести к 3 классу качества в варианте 160–90-60 кг/га NPK + 40 г/га гиббереллин.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость работы заключается в том, что усовершенствованы элементы технологии выращивания яровой пшеницы в условиях северо-востока Афганистана. Оптимальными дозами вносимых под яровую пшеницу удобрений оказались 160–90-60 кг/га NPK и опрыскивание растений гиббереллином в дозе 40 г/га во время вегетации в фазу выхода в трубку.

В практическом плане результаты исследований могут быть использованы в фермерских хозяйствах северного, северо-западного и северо-восточного регионах Афганистана и других засушливых регионах с засоленными почвами РФ в технологии применения минеральных удобрений и регуляторов роста на яровой пшенице.

Методология и методы исследований. При проведении научных исследований использованы полевые и лабораторные методы. Методы анализа почвы, растений и зерна выполнены классическими агрохимическими методами по ГОСТу, полевые опыты выполнены в условиях северо-востока Афганистана (2022-2024 гг.) на территории полевой станции Университета Альберони (провинция Каписа) по методике полевого опыта (Доспехов, 1985).

Положения, выносимые на защиту:

- В условиях северо-востока Афганистана использование минеральных удобрений и гиббереллина в установленных дозах обеспечивало повышение урожайности зерна яровой пшеницы и качество получаемой продукции;
- Применяемые дозы минеральных удобрений и гиббереллина повышали рентабельность выращивания яровой пшеницы.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты исследований подтверждаются лабораторными и полевыми опытами, выполненные в течение трех лет (2022 – 2024 гг.). Полученные

экспериментальные результаты обоснованы в сравнении с литературными источниками других авторов, достоверность исследований подтверждается статистической обработкой экспериментальных данных с помощью программ Microsoft Excel и Opstat.

Основные результаты исследований были доложены на расширенном заседании кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, на международной научно-практической конференции «Методы синтеза новых биологически активных веществ и их применение в различных отраслях мировой экономики – 2023», (05–06 декабря 2023 г., РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва), на II Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Путохинские чтения» (10-11 декабря 2024 г., ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, г. Кинель), на международной научно-практической конференции «Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований» (15 февраля 2025 г., г. Ижевск).

Личный вклад автора. Автором лично выполнена закладка и проведение полевых опытов, агрохимический анализ почвы, растений и зерна, статистическая обработка экспериментальных данных, а также написание диссертации.

Публикации материалов исследований. По материалам диссертации опубликовано 5 печатных работ, в том числе 1 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 – в изданиях, входящих в МБД, 2 – статьи в сборниках конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 155 страницах печатного текста, состоит из введения, 3 глав: литературный обзор, объекты и методы исследований, экспериментальная часть, заключения, списка литературы, включающего 239 источников, из них 172 иностранных, содержит 37 таблиц, 8 рисунков, 10 приложений.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, профессору кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева Дмитревской И.И. за помощь в научных исследованиях и написании диссертации, а также автор выражает благодарность всему коллективу кафедры химии института Агробиотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В данной главе представлены данные о современном состоянии возделывания зерновых культур в мире и в Афганистане (Chabot, 2007; Martínez, 2009; Kugbei, 2011; Mittal, 2011; Thomas, Elham, 2020; Mughal, 2020; NSIA, 2020;

Samim, 2020; Tiwari, 2020; BusinesStat, 2021; OECD-FAO, 2021; Samim, 2021; MAIL, 2022; FAO, 2023; USDA, 2021; FAO, 2024; World Bank, 2024; Zakharova, 2024; MAIL, 2024 и др.). Рассмотрены биологические и хозяйственные признаки сортов пшеницы в Афганистане (Kugbei, 2006; Kugbei, 2011; Niane, 2011; Pray, 2012; Ghanizada, 2013; Rahimi, 2013; Zhang, 2013; Monostori, 2014; Kendal, 2015; Chhetri, 2017; Tavva, 2017; ARIA, 2018; Obaidi, 2018; Sharma, 2018; Dreisigacker, 2019; Poole, 2022; Folasade, 2023; Нури, 2024 и др.). Агротехнологии выращивания яровой пшеницы в Афганистане (Sameen, 2008; Nazari, 2011; Communication Services, 2016; Ayubi, 2016; USAD, 2022). Виды минеральных удобрений и регуляторов роста растений, применяемые на сельскохозяйственных культурах в Афганистане (Zhu, 2001; Weyers, 2001; Srivastava, 2002; Akinrinde, 2004; Bottini, 2004; Heeb, 2006; Mukhtar, 2006; Espindula, 2009; Maathuis, 2009; Демиденко, 2010; Davies, 2010; Srivastava, 2010; Ramakrishna, 2011; Plaxton, 2011; Близнюк, 2012; Барковская, 2022; USAID, 2022; Dargie, 2022; Sileshi, 2022; Бобровский, 2023; Зайцева, 2023; Soofizada, 2023; Зайцева, 2024 и др.)

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлась яровая пшеница сорта Кабул-013. Данный сорт разработан Международным центром по улучшению кукурузы и пшеницы (CIMMYT) в 2013 году. Полевые опыты заложены в 2022 – 2024 гг. на территории полевой станции университета Альбируни, провинции Каписа, на севере – востоке Афганистана. На поле были разбиты делянки площадью 10 м², повторность вариантов трехкратная, расположение рандомизированное, варианты полевого опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты полевого опыта 2022 – 2024 гг.

№ п/п	Доза минеральных удобрений (NPK) кг/га и гиббереллина (G) г/га
1	Контроль
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$

Почва участка серозем типичный супесчаный, по агрохимической характеристике пахотного горизонта (20 - 22 см) в ней низкое содержание: гумуса – 1,90 %, $N_{\text{общ}}$ – 0,11 %, P_2O_5 – 14,00 мг/кг и K_2O – 95,50 г/кг, слабощелочная реакция среды, $pH_{\text{вод}} = 8,10$.

Удобрения вносили перед посевом фосфорные (диаммонифосфат) и калийные (сульфат калия), азотные (мочевина) вносили в три этапа: первый – перед посевом вместе с другими удобрениями, второй – в период кущения пшеницы, третий – перед цветением в форме подкормки. Семена перед посевом обрабатывали препаратом Витавакс от грибных заболеваний (1,5-2,0 л/т). Посев яровой пшеницы осуществляли в 1 декаду марта, норма высева составила 125 кг/га. Проведена обработка растений двукратно гиббереллином в фазу кущения и выхода в трубку разными концентрациями по вариантам опыта. Уборка яровой пшеницы осуществлялась вручную. В течение вегетационного периода проведен учет биометрических показателей растений, после уборки учет урожая зерна и соломы.

Метеорологические условия вегетационного периода пшеницы (март – июнь) в годы исследований показали, что температура воздуха в среднем была оптимальной для роста и развития культуры. Отмечено низкое количество суммы выпавших осадков: в марте 0,4 – 2,1 мм, в апреле 0,4 – 4,5 мм, в мае 0,3 – 1,1 мм, 0,1 – 0,9 мм. Значения гидротермического коэффициента (ГТК: 2022 – 0,3, 2023 – 0,7, 2024 – 0,7) характеризовали влагообеспеченность вегетационного периода в годы исследований, как очень засушливый и сухой.

В исследованиях агрохимический анализ почвы выполнен: ГОСТ 26423-85 «Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки», ГОСТ Р 58596-2019 «Почвы. Методы определения общего азота», ГОСТ 26205-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО», ГОСТ 26213-2021 «Почвы. Методы определения органического вещества». Химический анализ содержания основных элементов питания (NPK) в зерне и соломе выполнен в соответствии: ГОСТ 13496.4-2019 Азот общий по методу Кьельдаля, ГОСТ 26657-97 Фосфор фотометрическим методом, ГОСТ 30504-97 Калий методом пламенной фотометрии. Показатели качества зерна выполнены методом ближней инфракрасной спектроскопией (БИК) на приборе «SpectraStar 1400 XT-3» в соответствии с ГОСТ ISO 12099-2017 «Корма, зерно и продукты его переработки. Руководство по применению спектроскопии в ближней инфракрасной области». Методом капиллярного электрофореза определены аминокислоты в зерне на приборе «Капель – 205» в соответствии с Методикой М-04-94-2021 «Определение аминокислот в пищевой продукции».

Химический анализ образцов почвы, зерна, соломы выполнены на кафедре химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Закладка и

проведение полевых опытов, статистическая обработка экспериментальных данных осуществлялась по Б.А. Доспехову (1979 г.), с использованием программ Microsoft Excel и OPSTAT.

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Действие минеральных удобрений и регулятора роста на биометрические показатели растений пшеницы

Применение минеральных удобрений и гиббереллина значительно влияли на биометрические показатели растений пшеницы во время вегетации (рисунок 1). Высота растений к концу вегетации изменялась в среднем с 76,6 см в контроле до максимальной 105,7 см в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G. В варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G наблюдалось самое высокое накопление сухого вещества пшеницей – 5,78 г. Относительно контроля по вариантам опыта высота растений увеличивалась на 5,5 – 29,1 см, накопление сухого вещества на 0,16 – 2,19 г.



Рисунок 1 - Влияние минеральных удобрений (NPK) и гиббереллина на высоту растений и накопление сухого вещества яровой пшеницы в среднем за 2022 – 2024 гг., (НСР₀₅ высота растений – 5,2, накопление сухого вещества – 0,2)

При изучении морфологических показателей растений было установлено (таблица 2), что количество продуктивных колосьев на 1 м² по вариантам опыта увеличивалось относительно контроля на 9,4 – 53,3 шт. Этот показатель был выше в вариантах: 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (289,4 шт./ м²), 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G (288,4 шт./ м²), 200-120-90 кг/га NPK + 20 г/га G (277,8 шт./ м²), 160-90-60 кг/га NPK + 20 г/га G (276,8 шт./ м²), которые не имели статистического существенного отличия.

Таблица 2 – Действие минеральных удобрений и гиббереллина на морфологические показатели растений пшеницы (средние значения за 2022 – 2024 гг.)

Вариант	Показатель			
	Количество колосьев шт./м ²	Количество колосков в колосе, шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Длина колоса, см
Контроль	236,1	14,8	32,7	6,7
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	245,5	15,5	35,4	7,4
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	248,2	16,2	36,5	7,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	256,4	18,0	40,2	9,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	259,7	18,4	42,5	9,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	261,1	18,8	44,0	10,0
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	269,0	19,5	45,8	10,7
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	276,8	20,4	47,4	11,0
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	289,4	21,3	48,6	11,5
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	270,4	20,3	47,2	10,7
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	277,8	20,7	48,3	11,1
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	288,4	21,1	48,6	11,4
HCP ₀₅	12,7	0,9	1,8	0,5

Во всех вариантах наблюдалось увеличение количества колосков пшеницы, что было статистически существенно относительно контроля. В вариантах 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (21,3 шт.) и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G (21,1 шт.) этот показатель был выше других вариантов.

Повышение доз минеральных удобрений и применение гиббереллина в среднем увеличило количество зерен в колосе. Относительно контроля по вариантам опыта количество зерен в колосе увеличивалось на 8,3 – 48,6 %.

Относительно контроля во всех вариантах увеличилась длина колоса, максимальной она была в вариантах 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (11,5 см) и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G (11,4 см).

3.2 Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на урожайность яровой пшеницы

В агрономической практике основной целью использование разных технологий выращивания сельскохозяйственных культур (выбор сортов, подбор доз удобрений, регуляторов роста растений, средств защиты растений, агротехнических приемов и т.д.) является получение высоких урожаев и качественной продукции. Результаты многих исследователей подтверждают, что применение минеральных удобрений (NPK) в разных почвенно-климатических зонах позволяет получить высокие и стабильные урожаи пшеницы (Дербунов, 2024, Srivastava, 2010, Singh, 2019, 2022, Patel, 2023 и др.). Урожайность зерна пшеницы (рисунок 2) в среднем за три года исследований при применении минеральных удобрений и гиббереллина повышалась относительно контроля по вариантам опыта на 0,3 – 2,7 т/га. Урожайность зерна была выше в вариантах 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (4,5 т/га) и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G (4,4 т/га).

Побочной продукцией пшеницы является солома, которую используют в разнообразных отраслях промышленности: получение биотоплива, подстилка для животных, кормовая добавка для КРС, разнообразные утеплители, в химической промышленности и других отраслях. В научной статье авторами отмечается, что применение минеральных удобрений и регуляторов роста на пшенице положительно влияет не только на урожай зерна, но и соломы (Гулиева, 2020, Islam, 2014, Leghari, 2016, Jan agha, 2016, Vishwakarma, 2020 и др.). Урожайность соломы пшеницы при применении минеральных удобрений и гиббереллина повышалась относительно контроля по вариантам опыта на 0,3 – 4,8 т/га (рисунок 2).

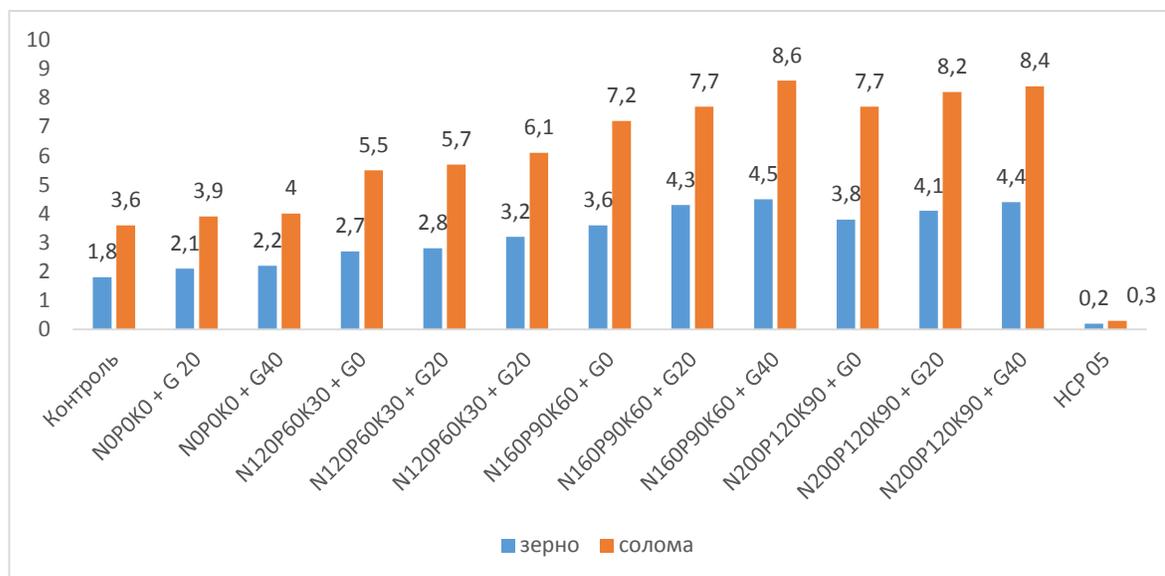


Рисунок 2 – Урожайность яровой пшеницы на фоне применения минеральных удобрений и гиббереллина, средние значения 2022-2024, т/га

3.3 Вынос основных элементов питания с урожаем пшеницей

Общеизвестно, что минеральные удобрения оказывают положительное действие на накопление основных химических элементов (NPK) культурами, однако размер их поглощения растениями во многом зависит от вида, сорта, климатических условий вегетационного периода, типа почв и механического состава, стресс факторов: засуха, заморозки, вредители, болезни растений и т.д., поэтому влияние разных доз применяемых удобрений и биопрепаратов необходимо рассматривать для конкретных условий выращивания и выбранных сортов (Бочарникова, 2021).

Высокие урожаи зерна были при применении 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га, в данных вариантах содержание азота было больше всего 2,08 – 2,42 % в зерне и 0,45 – 0,46 % в соломе (таблица 3). В среднем за три года по вариантам относительно контроля содержание азота увеличивалось на 0,04 – 1,30 % в зерне, 0,02 – 0,24 % в соломе.

Фосфор, как и азот больше накапливается в зерне, является важным элементом питания растений, содержание его влияет на качество получаемого зерна. В среднем максимальное содержание фосфора в зерне яровой пшеницы (2,99%) было при использовании 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G в течение трех лет эксперимента (2022-2024 гг.), что было существенно относительно всех

вариантов. В среднем за три года относительно контроля, содержание фосфора увеличивалось на 0,06 – 1,49 % в зерне, 0,03 – 0,26 % в соломе.

Таблица 3 - Содержание элементов питания (NPK) в зерне и соломе яровой пшеницы при применении минеральных удобрений и гиббереллина *, % средние значения 2022 – 2024 гг.

Вариант	Химические элементы		
	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	1,12/0,22	1,50/0,14	0,31/1,68
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	1,16/0,24	1,56/0,17	0,35/1,70
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	1,20/0,25	1,59/0,19	0,36/1,73
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	1,33/0,31	1,98/0,24	0,40/1,78
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	1,38/0,34	2,02/0,25	0,41/1,84
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	1,42/0,35	2,12/0,28	0,43/1,93
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	1,51/0,39	2,29/0,30	0,45/2,08
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	1,88/0,44	2,45/0,32	0,47/2,29
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	2,42/0,46	2,99/0,40	0,49/2,97
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	1,78/0,42	2,67/0,35	0,45/2,61
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	1,80/0,44	2,69/0,40	0,49/2,69
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	2,08/0,45	2,71/0,38	0,47/2,56
НСР ₀₅	0, 09-0,13		

*содержание элементов в числителе в зерне, в знаменателе в соломе

Калий больше накапливается в соломе, так как содержание калия в молодых побегах, стеблях и листьях больше. В исследованиях (таблица 3) калия больше накапливалась в соломе пшеницы (2,97 %) в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G. В среднем за три года относительно контроля содержание калия в пшенице увеличивалось по вариантам на 0,04 – 0,18 % в зерне, 0,02 – 1,29 % в соломе.

Важным показателем оценки эффективности совместного применения минеральных удобрений и регулятора роста растений — это расчет выноса элементов питания основной и побочной продукцией, которой в дальнейшем может характеризовать баланс элементов питания в системе почва – растение и планирование внесения удобрений (Микулич, 2011), в исследованиях проведен расчет выноса элементов питания пшеницей (таблица 4).

Таблица 4 - Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на вынос элементов питания (азота, фосфора и калия) яровой пшеницей, средние значения 2022 – 2024 гг. *

Вариант	Химические элементы		
	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	28,7/15,9	32,7/18,2	66,4/36,9
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	33,3/15,9	39,0/18,6	72,7/34,6
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	36,7/16,7	43,3/19,7	76,6/34,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	53,9/20,0	67,4/25,0	109,6/40,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	58,2/20,8	71,5/25,5	117,0/41,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	66,2/20,8	84,0/26,3	131,1/41,0
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	81,7/22,7	102,9/28,6	165,8/46,1
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	114,2/26,6	129,5/30,1	196,0/45,6
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	148,5/33,0	168,8/37,5	275,3/61,2
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	99,9/26,3	129,3/34,0	216,9/57,1
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	109,8/26,8	143,0/34,9	239,2/58,3
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	128,4/29,2	149,7/34,3	234,8/53,4
НСР ₀₅	4,3/1,2	4,8/1,3	7,7/2,5

* в числителе хозяйственный вынос (кг/га), в знаменателе удельный вынос (кг/т)

Расчет хозяйственного выноса азота, фосфора и калия основной и побочной продукцией показал в годы исследований 2022 – 2024 гг., что высокий вынос азота был в вариантах с большой урожайностью яровой пшеницы: 160-90-60 кг/га NPK + 40 кг/га G (148,5 кг/га) и 200-120-90 кг/га NPK + 40 кг/га G (128,4 кг/га), что больше на 99,7 – 119,8 кг/га относительно контроля. Установлено, что относительно контроля по всем вариантам полевого опыта за три года исследований вынос азота повышался 4,6 - 119,8 кг/га. Вынос фосфора, как и азота, закономерно повышался с увеличением доз вносимых удобрений под яровую пшеницу, так как растения эффективнее используют элементы питания, увеличивают свою биомассу и в дальнейшем формируют высокий урожай. Установлено, что относительно контроля по всем вариантам полевого опыта вынос фосфора повышался на, 6,3 – 136,1 кг/га. Больше всего вынос фосфора пшеницей был в вариантах 160-90-60 кг/га NPK + 40 кг/га G (168,8 кг/га) и 200-120-90 кг/га NPK + 40 кг/га G (149,7 кг/га).

Вынос калия (таблица 4) по всем вариантам с применением удобрений и регулятора роста был существенно больше относительно контроля и превысил вынос азота и фосфора. На самых эффективных вариантах вынос калия составил в среднем за три года: 275,3 кг/га в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G, 239,2 кг/га в варианте 200-120-90 кг/га NPK + 20 г/га G и 234,8 кг/га в варианте 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G. Можно отметить, что вынос калия имеет такую же зависимость, как и по другим элементам питания растений, который увеличивался с повышением доз вносимых удобрений. Установлено, что относительно контроля по всем вариантам полевого опыта вынос калия повышался на 6,3 - 208,9 кг/га.

Удельный вынос определяет потребность растений в элементах питания, который показал также, как и при расчете общего (хозяйственного) выноса, что самое высокое потребление элементов питания растениями яровой пшеницы происходит в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 кг/га G.

3.4 Оценка качества продукции

Общеизвестно, что в зерне пшеницы содержание белка 11-16,5%, углеводов 60-90%, жира 1,5-2%, макро- и микроэлементов 1,2-3%, её высокая питательная ценность по углеводно-белковому составу сделала ее ведущей зерновой культурой во всем мире (Лапа, 2009, Джахиш, 2025, Mckeivith, 2004, Sarwar, 2013). При увеличении доз минеральных удобрений и применении гиббереллина содержание белка в зерне пшеницы увеличивалось с 4,6 % до 13,8 % в среднем за три года исследований. Относительно контроля по вариантам опытов прибавка белка в зерне составила 0,6 – 9,8 % (рисунок 3).

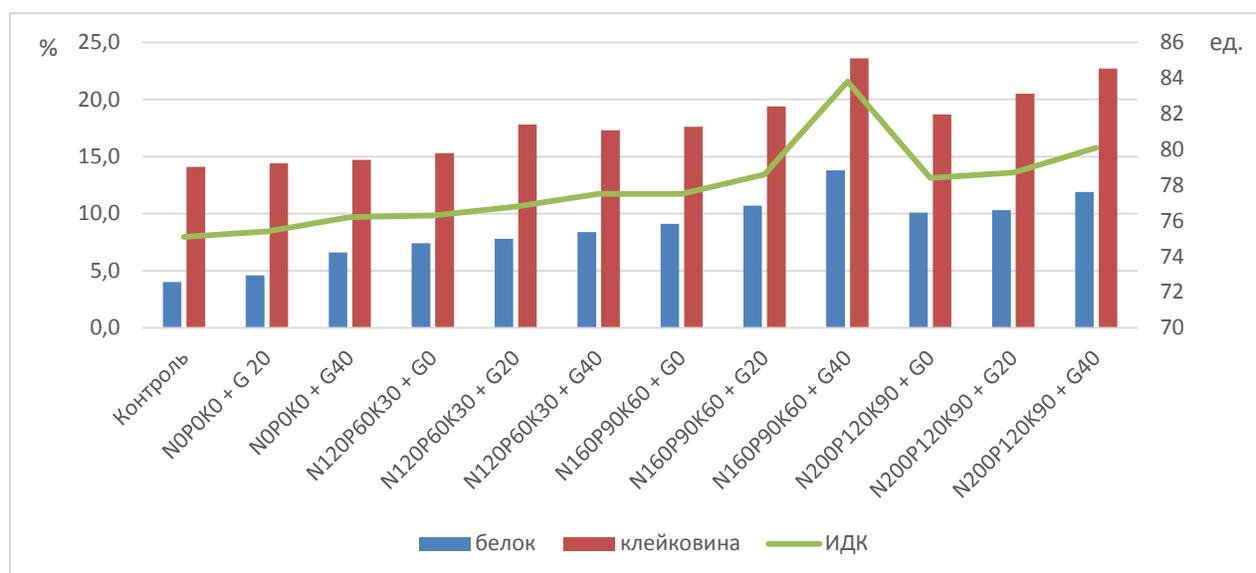


Рисунок 3 – Основные показатели качества пшеницы, средние значения 2022-2024 гг., (НСР₀₅ белок, клейковина – 0,8-1, ИДК – 3,5-3,6)

Однако для того, чтобы оценить возможность использования зерна пшеницы для хлебопекарных целей, необходимо учитывать и другие показатели. Содержание клейковины в зерне за годы исследований менялось по вариантам опыта с значения 14,1 % в контроле, что соответствует очень низкому показателю до 23,6 % в варианте 160-90-60 кг/га NPK + G 40 г/га, что соответствует 3 классу (возможно использования зерна для выпекания хлебобулочных изделий). Относительно контроля по вариантам опытов прибавка клейковины в зерне составила 0,3 – 9,5 % (рисунок 3).

Индекс деформации клейковины (ИДК) значительно увеличился при применении минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста, который повышался относительно контроля на 0,3 – 8,7 ед. В варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 кг/га G данный показатель был самым высоким – 83,8 ед.

В зерне пшеницы содержится больше заменимых аминокислот, чем незаменимых, однако их содержание также влияет на полноценность белка (Biesiekiersk, 2017). Минеральные удобрения и гиббереллин положительно влияли на аминокислотный состав белка зерна пшеницы в годы исследований, повышая их содержание относительно контроля. Установлено, что содержание заменимых аминокислот в белке зерна пшеницы относительно контроля по вариантам повышалось: глутаминовой кислоты на 1,9, - 10,7 %, пролина на 0,9 – 3,4 %, аспарагиновой кислоты 0,6 – 2,5 %, аланина 0,2 – 1,3 %, глицина на 0,2 – 1,6 %, серина на 0,7 % - 2,8 %, тирозина 0,1 % - 0,7 %. Незаменимых аминокислот в белке увеличивалось при применении удобрений и фитогормона: аргинина на 0,2 - 1,7 %, валина на 0,1 – 1,7 %, лейцина на 0,1 – 1,6 % относительно контроля. По остальным изученным аминокислотам прибавка по

вариантам опытов составила 0,1 – 0,6% относительно контроля. Отмечено, что применение минеральных удобрений в дозе 160-90-60 кг/га NPK и гиббереллина 40 кг/га на пшенице оказало наибольшее влияние на увеличение содержания аминокислот в зерне.

Таблица 5 – Содержание аминокислот в белке зерна пшеницы, средние значения 2022-2024 гг. *

Варианты	Глу	Про	Асп	Ала	Гли	Арг	Лей	Вал
Контроль	28,2	8,1	3,2	3,9	3,7	3,0	2,7	0,6
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	30,1	8,1	3,3	4,0	3,9	3,0	2,8	0,7
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	31,1	8,3	3,8	4,0	3,9	3,2	2,9	0,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	33,2	9,0	4,5	4,1	4,3	3,3	3,1	1,0
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	33,5	9,1	4,6	4,5	4,5	3,3	3,2	1,1
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	33,7	9,3	4,8	4,8	4,6	3,5	3,2	1,1
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	36,5	10,5	4,9	4,8	4,7	3,5	3,9	1,5
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	37,7	10,5	5,1	4,9	4,9	3,8	4,1	1,8
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	38,9	11,5	5,7	5,2	5,3	4,7	4,3	2,3
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	33,9	10,0	4,5	4,3	4,8	3,5	3,5	1,9
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	34,5	10,1	4,8	4,3	4,9	3,8	3,6	2,0
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	35,5	10,3	4,8	4,5	5,0	4,0	3,7	2,0
НСР ₀₅	1,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

* Глу — глутаминовая кислота, Про — пролин, Асп — аспарагиновая кислота, Ала — аланин, Гли — глицин, Арг — аргинин, Лей — лейцин, Вал — валин

Применение минеральных удобрений и фиторегулятора влияло на химический состав соломы (таблица 6). в среднем белка содержалось 1,5 % – 5,3 %, которого повышалось на 0,6 – 3,8 % относительно контроля по вариантам опыта. Содержание жира в соломе было 0,9 % – 1,6, которого повышалось на 0,1 – 0,7 % относительно контроля в среднем за три года.

Клетчатка – основной компонент соломы, больше её содержалось в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 G/га – 48,6%, меньше в контроле – 42,3%. Количество клетчатки статистически значимо увеличивалось в вариантах применение минеральных удобрений в дозах 160-90-60 кг/га NPK, 200-120-90 кг/га NPK и гиббереллина 20, 40 г/га на 2,6 – 6,3%.

Таблица 6 – Химический состав соломы яровой пшеницы, % на абсолютно сухое вещество, средние значения 2022-2024 гг.,

Варианты	Белок	Жир	Клетчатка
Контроль	1,5	0,9	42,3
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	2,1	0,9	43,3
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	2,3	1,0	43,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	2,7	1,0	43,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	3,0	1,1	44,0
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	3,3	1,2	44,2
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	4,0	1,2	44,9
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	4,7	1,3	46,5
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	5,3	1,6	48,6
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	4,5	1,3	45,4
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	4,4	1,5	46,6
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	4,8	1,3	47,7
НСП ₀₅	0,2	0,1	2,1

3. 5 Экономическая эффективность применение агрохимикатов на яровой пшенице

Внедрение любого нового технологического приема при выращивании сельскохозяйственных культур требует расчёта его рентабельности. Однако показатель рентабельности зависит не только от конкретной технологии выращивания, он может динамически изменяться от используемых сортов, почвенных, климатических условий выращивания культур и многих других факторов. В исследованиях было установлено, что в среднем за три года в условиях северо – востока Афганистана при выращивании яровой пшеницы применение минеральных удобрений в дозе 160-90-60 кг/га NPK и фолиарная обработка гиббереллином растений в дозе 40 г/га G имела самый высокий уровень рентабельности 202,1 %, что больше контроля (135,8 %) и других вариантов опыта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минеральные удобрения и регуляторы роста растений являются одними из наиболее значимых факторов, влияющими на рост и развитие яровой пшеницы. В настоящее время в условиях Афганистана применяются низкие и несбалансированные дозы удобрений и практически не применяются регуляторы роста растений, что снижает урожайность культур и качество получаемой продукции. В исследованиях для северо-востока Афганистана была разработана технология применения минеральных удобрений и гиббереллина для яровой пшеницы. Установлено, что:

1. В среднем за три года исследований на фоне применения минеральных удобрений и гиббереллина к концу вегетации пшеницы увеличивалось относительно контроля: высота растений на 5,5 – 29,1 см, накопление сухого вещества на 0,16 – 2,19 г, ИЛП на 0,06 – 1,23 м²/м², скорость роста растений на 7,1 – 20,8 г/м²·день, количество колосьев на 9,4 – 53,3 шт./ м², длина колоса на 0,6 – 4,8 см, масса зерна в колосе на 0,18 – 1, 12 г, масса 1000 зерна на 1,3 – 8,9 г. Отмечено, что по многим показателям максимальные значения были в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G.

2. Урожайность пшеницы при применении минеральных удобрений и гиббереллина повышалась относительно контроля зерна на 0,3 – 2,7 т/га, соломы на 0,3 – 4,8 т/га. Самая высокая урожайность пшеницы была в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (4,5 т/га зерна, 8,6 т/га соломы).

3. В среднем за три года исследований по вариантам опыта увеличивалось содержание: азота на 0,04 – 1,30 % в зерне, 0,02 – 0,24 % в соломе, фосфора на 0,06 – 1,49 % в зерне, 0,03 – 0,26 % в соломе, калия на 0,04 – 0,18 % в зерне, 0,02 – 1,29 % в соломе относительно контроля. Больше основных элементов питания (NPK) содержалось в пшенице варианта 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G.

4. Вынос элементов питания основной и побочной продукцией был выше в вариантах с большой урожайностью яровой пшеницы: 160-90-60 кг/га NPK + 40 кг/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 40 кг/га G. В среднем за три года по вариантам опыта относительно контроля вынос повышался, кг/га: азота на 4,6, - 119,8, фосфора на 6,3 - 136,1, калия на 6,3 - 208,9.

5. По вариантам опыта содержание повышалось: белка в зерне на 0,6 – 9,8 %, клейковины на 0,3 – 9,5 %, ИДК на 0,3 – 8,7 ед. относительно контроля. В варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 кг/га G эти показатели были больше, зерно пшеницы соответствовало 3 классу качества.

6. Установлено, что при применении удобрений и фитогормона в белке зерна пшеницы увеличивалось заменимых аминокислот: глутаминовой кислоты на 1,9, - 10,7 %, пролина на 0,9 – 3,4 %, аспарагиновой кислоты 0,6 – 2,5 %, аланина 0,2 – 1,3 %, глицина на 0,2 – 1,6 %, серина на 0,7 % - 2,8 %, тирозина 0,1 % - 0,7 %. Незаменимых аминокислот в белке увеличивалось: аргинина на 0,2 - 1,7 %, валина на 0,1 – 1,7 %, лейцина на 0,1 – 1,6 % относительно контроля. По остальным изученным аминокислотам прибавка по вариантам опытов составила 0,1 – 0,6% относительно контроля.

7. Минеральные удобрения и гиббереллин увеличивали в соломе содержание клетчатки на 2,6 – 6,3 %, белка на 0,6 – 3,8 %, жира на 0,1 – 0,7 %, зольность на 0,1 – 1,7 % относительно контроля.

8. В среднем за три года исследований рентабельность применения минеральных удобрений и гиббереллина на яровой пшенице в условиях Афганистана была

выше в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G – 202,1 % относительно контроля - 135,8 % и других вариантов.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях северо-востока Афганистана при выращивании яровой пшеницы сорта Кабул – 013 на сероземе типичном, легкого механического состава рекомендуется вносить минеральные удобрения из расчета на 1 га азота 160 кг, фосфора 90 кг, калия 60 кг. Азотные удобрения вносить в три этапа: первый - в основную обработку почвы (100 кг), второй - в период кушения пшеницы (30 кг), третий этап - перед цветением пшеницы (30 кг) в форме подкормок. Проводить фолиарную обработку растений гиббереллином двукратно в фазу кушения и выхода в трубку пшеницы с нормой расхода по препарату 40 г/га.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Джахиш Фрайдун Зависимость урожайности яровой пшеницы и качества зерна от уровня минерального питания и применения фитогормона при выращивании в условиях Афганистана / Джахиш Фрайдун, И.И. Дмитревская, О.А. Жарких // *Агрехимический вестник*. – 2025. - № 1. – С. 33-36.

Публикации в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных

2. Jahish Fraidoon Effect of different levels of NPK fertilizers and gibberellin on growth and yield productivity of spring wheat under grown condition of Kapisa, Afghanistan / Jahish Fraidoon, I.I. Dmitrevskaya, O.A. Zharkikh // *Journal of Agriculture and Environment*. – 2025. - № 2 (54) – 5. – <https://jae.cifra.science/archive/2-54-2025-february/10.60797/JAE.2025.54.9>

3. Jahish Fraidoon Yield of spring wheat depending on the level of mineral nutrition and the use of biologically active substances under condition grown of Afghanistan / Jahish Fraidoon, I. I. Dmitrivskaya // *BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference «Methods for synthesis of new biologically active substances and their application in various industries of the world economy – 2023» (MSNBAS2023)*. Les Ulis, 2024. – P. 01005. – https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/pdf/2024/01/bioconf_msnbas2024_01005.pdf

Публикации в сборниках и материалах конференций

4. Джахиш Фрайдун Влияние разного фона удобрений и фиторегулятора на урожайность яровой пшеницы при выращивании в условиях северо-востока Афганистана / Джахиш Фрайдун, И.И. Дмитревская // В сборнике трудов II международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Путохинские чтения» (10-11 декабря 2024 г.). – ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, г. Кинель, 2025. – С. 262 - 266.
5. Джахиш Фрайдун Система удобрений и продуктивность яровой пшеницы в условиях Афганистана / Джахиш Фрайдун // В сборнике научных трудов II международной научно-практической конференции «Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований». – (15 февраля 2025 г.) – г. Ижевск, 2025. – С. 40 – 42.