

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ-
МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

На правах рукописи

Джахиш Фрайдун

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

Шифр и наименование научной специальности:
4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Дмитревская Инна Ивановна

Москва – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Литературный обзор.....	11
1.1 Современное состояние возделывания зерновых культур в мире и в Афганистане.....	11
1.2 Биологические и хозяйственные признаки сортов пшеницы в Афганистане.....	24
1.3 Агротехнологии выращивания яровой пшеницы в Афганистане.....	30
1.4 Виды минеральных удобрений и регуляторов роста растений, применяемые на сельскохозяйственных культурах в Афганистане.....	34
Глава 2. Объекты и методы исследований.....	41
2.1 Сорт яровой пшеницы, используемый в исследованиях.....	41
2.2 Закладка и проведение полевого опыта.....	41
2.3 Метеорологические условия полевого опыта 2022 -2024 гг.....	44
2.4 Методы исследований качества продукции.....	48
Глава 3. Экспериментальная часть.....	51
3.1 Действие минеральных удобрений и регулятора роста на биометрические показатели растений пшеницы.....	51
3.2 Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на урожайность яровой пшеницы.....	75
3.3 Вынос основных элементов питания с урожаем пшеницы.....	79
3.4 Оценка качества продукции.....	88

3.5 Экономическая эффективность применение агрохимикатов на яровой пшенице.....	104
Заключение.....	111
Список литературы.....	114
Приложения.....	146

ВВЕДЕНИЕ

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 является одной из первых возделываемых продовольственных культур, существующая уже около 8000 лет, и до сих пор используется как одна из основных злаковых культур в Европе, Азии и Африке (Curtis, 2002). Основной возделываемый вид пшеницы известен как «обыкновенная» или «хлебная» (*Triticum aestivum*) (Shewry, Hey, 2015). Пшеница является широко адаптированной культурой, которая растет в умеренных и холодных регионах и может развиваться как в орошаемых, так и в засушливых условиях (Acevedo et al., 2002). Она содержит много углеводов и других питательных веществ, таких как витамины, минералы, липиды и некоторые незаменимые аминокислоты, которые можно считать частью здорового рациона питания человека. Важно отметить, что она содержит больше белка (12,6 г), чем рис (7,9 г) и кукуруза (9,4 г), причем этот белок в основном является глютенем (75-80% белка в пшенице). Пшеница также является хорошим источником пищевых волокон, в 100 г

пшеницы содержится 327 калорий, 0,41 г сахара, 29 мг кальция, 3,19 мг железа, 126 мг магния, 2,65 мг цинка, 3,99 мг марганца и другие питательные вещества. (Shewry, 2009; Shewry, Hey, 2015). По сравнению с другими злаками, она содержит более высокие уровни фосфора (P), цинка (Zn), меди (Cu), марганца (Mn), селена (Se), витамина В3 и витамина Е. Из пшеничной муки производятся различные кондитерские изделия. Внешняя оболочка зерна также используется в качестве корма для домашних животных и птиц. Ее побочный продукт — солома может использоваться как подстилка для животных, а также для производства энергии и биотоплива.

Пшеница (*Triticum aestivum* L.) является основным 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. 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, Baque, 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, Belorukhov, 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.

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 Агrobiотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Современное состояние возделывания зерновых культур в мире и в Афганистане

По оценкам ФАО общий годовой объем производства зерновых в мире составляет около 2500 млн т, на пшеницу, кукурузу и рис вместе взятые приходится более трех четвертей всего мирового производства зерна. В 2024 году по данным ФАО мировое производство зерновых культур составляет 2848 млн т, что меньше (на 0,4 %), чем в предыдущем году, хотя является вторым по величине за всю историю наблюдений. Этот рост в значительной степени обусловлен увеличением производства в Азии за счет расширения площадей, благоприятных погодных условий, которые способствовали получению хороших урожаев и компенсировали значительное снижение у ключевых европейских производителей (FAO, 2024).

При этом в мировом масштабе наблюдается устойчивый рост валового производства зерна пшеницы (755,0 млн т) на 43,565 млн т каждые 5 лет. Около 80% мирового производства зерна пшеницы приходится на Европу (34%) и Азию (44%). Лидирующие позиции по валовому сбору зерна занимают Китай (133,2 млн т), Индия (98,6 млн т) и Россия (76,5 млн т). Ежегодный объем экспорта зерна пшеницы в мире находится на уровне 170 млн т, что составляет около 1/5 от его валового производства. Рост валового сбора зерна в значительной степени обусловлен увеличением урожайности пшеницы (3,48 т/га) на 0,202 т/га каждые 5 лет. Самая высокая урожайность пшеницы была достигнута в Европе 4,16 т/га, лидирующие позиции среди стран мира по урожайности занимают Ирландия 9,37 т/га, Новая Зеландия 9,21 т/га и Нидерланды 8,77 т/га (Zakharova, Zakharov, 2024).

В развитых странах зерновые культуры повсеместно собирают машинным способом, как правило, с помощью зерноуборочного комбайна, который режет солому, обмолачивает и просеивает зерно за один проход по полю. Во многих промышленно развитых странах, особенно в Соединенных Штатах Америки и Канаде, фермеры обычно доставляют свежесобранное зерно на элеватор или складское помещение, где собирается урожай многих фермеров. В развивающихся странах при выращивании зерновых культур используются различные методы сбора урожая, в зависимости от стоимости рабочей силы, от небольших комбайнов до ручных инструментов, таких как коса. Выращивание зерновых культур в разных странах широко варьируется и частично зависит от развития экономики. Производство зависит от типа почвы, климатических условий, орошения, качества семян и агротехнологии выращивания (World Bank, 2024).

По прогнозам, мировое производство зерновых увеличится с нынешнего уровня до 3,1 млрд т к 2032 году. Ожидается, что увеличение произойдет в основном в азиатских странах, на долю которых придется около 45% мирового роста. Прогнозируется, что Африка, где кукуруза и другие зерновые будут основными факторами роста, внесет больший вклад в глобальный рост производства зерновых, чем за последнее десятилетие. Латинская Америка и Карибский бассейн также обеспечат значительную долю прироста, в основном за счет кукурузы (Thomas, 2011, Maclean, 2013, Ahmadzai, 2017, Noori, 2018, Tiwari, 2020, Hashimi. 2020, Ahmadzai, 2020; Elham, 2020).

По прогнозам Азия сохранит свои позиции крупнейшего в мире региона-экспортера риса, в то время как страны Латинской Америки и Карибского бассейна будут в основном импортировать пшеницу и экспортировать кукурузу. Ожидается, что в течение следующего десятилетия

многие страны Африки и Азии станут в большей степени зависеть от импорта зерновых. По прогнозам, к 2032 году объем мировой торговли зерновыми увеличится на 11% и составит 530 млн т. На долю пшеницы придется 43% этого прироста, в то время как остальная часть приходится на кукурузу (34%), рис (20%) и другие грубые зерновые культуры (3%). По прогнозам Российская Федерация останется крупнейшим экспортером пшеницы, на долю которой в 2032 году придется 23% мирового экспорта. Соединенные Штаты останутся ведущим экспортером кукурузы, за ними последует Бразилия, в то время как Европейский союз останется основным экспортером других зерновых. Индия, Таиланд и Вьетнам по-прежнему будут ведущими экспортерами риса, а Камбоджа и Мьянма будут играть все более значительную экспортную роль. Как и в прошлые годы, спрос на корма в Китае, как ожидается, будет ключевым фактором на рынках зерновых. Согласно прогнозам, китайский импорт кукурузы и пшеницы останется ниже недавних максимумов и достигнет 19 млн т и 7,5 млн т соответственно к 2032 году (FAO, 2023).

В течение следующих десяти лет более высокая доля мирового производства зерновых будет обеспечиваться за счет роста урожайности, поскольку расширение посевных площадей, как ожидается, станет более ограниченным. Предполагается, что повышение урожайности будет обусловлено несколькими факторами: улучшенными и более доступными сортами семян, повышением эффективности использования ресурсов и более совершенными методами ведения сельского хозяйства. Однако определенные факторы, такие как возросшие экологические проблемы, ограниченный доступ к новым технологиям и недостаток инвестиций, могут сдерживать рост производства. По прогнозам, средний рост урожайности зерновых в мире составит около 1% в год. Ожидается, что в течение следующего

десятилетия производство зерновых увеличится на 336 млн т, что отражает успехи, достигнутые в основных странах-производителях зерна. Более 50% мирового прироста производства пшеницы будет приходиться на Индию, Российскую Федерацию. Что касается кукурузы, то на долю Соединенных Штатов Америки, Китая и Бразилии придется более половины ожидаемого увеличения производства. Что касается других фуражных зерновых (ячменя, овса, ржи, сорго, проса и других злаковых культур), то ожидается, что Россия, Украина, Эфиопия и Индия будут ключевыми производителями, которые увеличат производство, в то время как Индия, Китай и Таиланд внесут основной вклад в увеличение мирового производства риса (OECD-FAO, 2021).

В среднесрочной перспективе рост спроса на зерновые должен быть умеренным по сравнению с предыдущим десятилетием по трем причинам. Во-первых, рост спроса на корма по прогнозам замедлится; во-вторых, увеличение спроса на зерновые для производства биотоплива и других промышленных целей по прогнозам снизится в течение ближайшего десятилетия; и, в-третьих, прямое потребление большинства зерновых на душу населения во многих странах достигло уровня насыщения. Тем не менее, рост населения приведет к увеличению мирового потребления зерновых продуктов питания в некоторых регионах; ожидается, что пшеница и рис, в частности, останутся важными компонентами рациона питания в Азии, в то время как просо, сорго и кукуруза останутся основными продуктами питания в Африке. Рис будет играть все более важную роль в рационе африканцев. Во всем мире около 17% производимых зерновых продается на международном рынке, при этом доля отдельных видов сырья колеблется от 9% для риса до 25% для пшеницы. По прогнозам, к 2030 году доля зерновых в общем объеме производства возрастет до 18%, в основном

за счет расширения торговли рисом. Рис, тем не менее, останется малорентабельным товаром. Однако для отдельных товаров эти закономерности различаются. Например, азиатские страны имеют большой избыток риса, а Латинская Америка экспортирует большую долю кукурузы, но импортирует больше пшеницы. По прогнозам, мировая торговля зерновыми увеличится на 21% и достигнет 542 млн т к 2030 году. В 2016 году Россия обогнала Европейский союз, став крупнейшим экспортером пшеницы, и, как ожидается, увеличит свое лидерство в течение всего прогнозируемого периода, составив к 2030 году 22% мирового экспорта. Что касается кукурузы, то ведущим экспортером останутся Соединенные Штаты Америки, за которыми следуют Бразилия, Украина, Аргентина и Россия. Ожидается, что Европейский союз, Австралия и Черноморский регион по-прежнему будут основными экспортерами других фуражных зерновых. Индия, Вьетнам и Таиланд продолжают лидировать в мировой торговле рисом, но ожидается, что Камбоджа и Мьянма будут играть все более важную роль в мировом экспорте риса, в то время как экспорт Китая останется выше уровней, наблюдавшихся в период с 2010 по 2016 год (OECD-FAO, 2021).

Российская федерация увеличила объем производства зерна, так что в 2017 году объем производства превысил 135 млн т. Россия, обладающая обширными территориями пахотных земель, в частности черноземных почв, располагает значительными запасами зерновых культур для увеличения объемов производства зерна, что пользуется большим спросом на мировых рынках (Ленточкин, 2019). По данным союза экспортеров зерна, российский экспорт зерна в 2024 г. достиг 38,5 млн т, что на 23% больше, чем за аналогичный период прошлого года. Турция является основным импортером зерна и пшеницы из России, а Иран, Египет, Бангладеш и Саудовская Аравия

входят в пятерку крупнейших импортеров зерна (Центр Агроаналитики, 2024).

По оценкам BusinesStat в 2017-2021 гг. продажи зерновых культур в России увеличились на 6,4% с 51,6 до 54,9 млн т. Рост продаж обеспечивался преимущественно увеличением потребностей производителей комбикормов. За пять лет продажи зерновых для производства кормовой продукции выросли на 13,9% с 28,4 до 32,4 млн т. Основную поддержку сектору оказывал растущий спрос со стороны животноводческих хозяйств и птицефабрик. Продажи зерна для производства муки и крупы оставались на уровне 19,1-20,2 млн т. Наибольшую долю в структуре продаж зерна в России традиционно занимает пшеница. Пшеница закупается для производства муки, крупы, макаронных изделий, крахмала и спирта. Кроме того, зерно пшеницы, отруби и солома служат кормом для животных. В России 70% ячменя используется на кормовые цели. Третье место по продажам заняла кукуруза, на ее долю пришлось 14,9% всех продаж зерновых (BusinesStat, 2017-2021).

Злаковые являются одной из групп культурных растений в Афганистане, которые имеют большое значение. К этой группе растений относятся пшеница, рис, кукуруза, ячмень и просо, которые имеют большую питательную ценность по сравнению с другими злаками, и по этой причине в стране больше их посевных площадей. Чуть меньше выращивают кукурузу, которая имеет двойное назначение, которую выращивают для питания население страны и в качестве корма животным. Ячмень и просо, как правило, используются в качестве корма для скота и птиц. Площадь под зерновыми культурами в 2022 году составила около 2,1 млн га, которая сократилось примерно на 7,5 % по сравнению с 2021 годом. Причиной такого сокращения является нехватка оросительной воды на полях страны. Следует

отметить, что площади посева пшеницы и ячменя на неорошаемых полях увеличились по сравнению с прошлым годом. Общий объем производства зерна в 2022 году составил 4,6 млн т, что на 3,2 % меньше, чем в 2021 году. Таким образом, потребность Афганистана в зерне, с учетом использования его в качестве питания населения, семенного материала, кормов для животных около 7 млн т, а внутреннее производство последние годы не превышает 2,9 млн т (MAIL, 2022).

В последние десятилетия одной из целей продовольственной политики правительства Афганистана является достижение самообеспеченности зерновыми продовольственными культурами в связи с их важностью с точки зрения потребления и объемов производства. Из-за низкой эффективности сельскохозяйственной отрасли в целом по стране уровень самообеспечения основными продовольственными культурами не достигает 50 %. Объем производства в Афганистане меньше, чем спрос, и, по всей видимости, к 2030 году его по-прежнему будет недостаточно. Таким образом, статистический анализ показал, что за последние четыре десятилетия уровень самообеспеченности Афганистана в целом снизился с 90 % до 54 %. Более того, результаты прогнозирования показали, что уровень самообеспеченности будет постепенно снижаться, производство зерновых может хватить не более 49,8% населения. Кроме того, производство зерновых на душу населения сократится с 120,8 кг на человека в год (2018 г.) до 95,4 кг на человека в год к 2030 году. Отсутствие продовольственной безопасности остается серьезной проблемой в Афганистане, требующей срочного внимания правительства, принятия мер политики и программ.

Для повышения уровня продовольственной безопасности ключевым фактором является удовлетворение спроса на зерно. Необходимо увеличить производство зерна. С этой целью также рекомендуется, чтобы в

Афганистане постоянно увеличивалось выращивание зерновых культур, и проводилась политика, направленная на достижение высокой урожайности, внедрение современных агротехнологий (Samim, 2021).

Продовольственная безопасность Афганистана зависит от трех зерновых культур: пшеницы, риса и кукурузы. На долю пшеницы приходится 82% от общего объема потребления зерновых и более 89% населения Афганистана предпочитают эту культуру.

Афганистан остается одной из стран с самым низким уровнем продовольственной безопасности в мире. Зерновые составляют более 91% от общего объема производства сельскохозяйственных культур в Афганистане. Тем не менее, Афганистан является страной с дефицитом зерновых, и потребление зерновых быстро растет с течением времени, что приводит к растущему дефициту между внутренним потреблением и внутренним производством. За последние 40 лет возможности Афганистана удовлетворять потребности своего населения в продовольственных культурах снизились. Таким образом, в связи с низкой урожайностью основных зерновых культур (пшеница, рис и кукуруза), двух десятилетий гражданской войны и политических потрясений, продолжительной засухой (с 1998 по 2002 гг.), неразвитой сельскохозяйственной инфраструктурой количество производимых зерновых сократилось за последние десятилетия в Афганистане (Samim, Zhiquan, 2020; Chabot, Dorosh, 2007; Mughal, Fontan 2020; Zanello et al., 2019; Gohar, Ward, Amer, 2013).

Уровень самообеспеченности производством и потреблением зерновых культур снизился с 93 % в 1979 году до 54 % к 2018 году (табл.1). Во время военных действий 1987-1998 гг. в Афганистане уровень самообеспеченности упал почти до нуля. По-видимому, степень самообеспеченности зерном от года к году отличается из-за разницы в уровне производства и потребления

продовольствия. Неуклонно растущее население, медленный рост урожайности и сокращение площадей под зерновыми усугубили дисбаланс между производством и потреблением в Афганистане (Persaud, 2012, Poole, 2018, Sharma, 2018, USDA, 2021, Samim, 2021).

Таблица 1- Производство, потребление и самообеспеченность зерновыми в Афганистане (1970-2018 гг.), (Samim et al., 2021)

Период, гг.	Производство, (млн т)	Потребление (млн т)	Уровень Самообеспеченности, (%)
1979-1980	7579	8150	93,0
1981-1982	6979	8648	80,7
1983-1984	6431	8529	75,4
1985-1986	5803	8354	69,5
1987-1988	5875	5648	4,0
1989-1990	5041	4825	4,5
1991-1992	4731	4633	2,1
1993-1994	5602	5604	100,0
1995-1996	6020	6001	0,3
1997-1998	7025	6993	0,5
1999-2000	4863	5920	82,1

Продолжение таблицы 1

Период, гг.	Производство, (млн т)	Потребление (млн т)	Уровень Самообеспеченности, (%)
2001-2002	5371	7108	75,6
2003-2004	7377	8844	83,4
2005-2006	9328	10740	86,9
2007-2008	8991	13438	66,9
2009-2010	11514	14183	81,2
2011-2012	10220,1	13140	77,8
2013-2014	12216,6	15449	79,1
2015-2016	10622,4	17212	61,7
2017-2018	8865,3	16342	54,2

Кроме того, прогноз показывает, что соотношение производства и потребления продолжит снижаться к 2030 году (таблица 2). Таким образом, при нынешней тенденции роста производства и потребления Афганистан не сможет достичь самообеспеченности зерном к 2030 году (Samim et al., 2021).

Пшеница выращивается в Афганистане, как на орошаемых, так и на богарных землях. Около 52% посевных площадей отведено под орошаемую пшеницу, что составляет 91% от общего объема производства пшеницы.

Таблица 2 - Прогнозируемое производство, потребление зерновых и уровень самообеспеченности (2019-2030 гг.), (Samim et al., 2021)

Год	Производство (млн т)	Потребление (млн т)	Самодостаточность (%)
2019	4562,76	8231,8	55,43
2020	4631,87	8335,7	55,57
2021	4696,68	8439,6	55,65
2022	4757,82	8543,8	55,69
2023	4815,83	8648,0	55,69
2024	4871,17	8752,3	55,66
2025	4924,24	8857,6	55,60
2026	4975,36	8961,15	55,52
2027	5024,82	9065,65	55,43
2028	5072,87	9170,15	55,32
2029	5119,72	9274,65	55,20
2030	5165,55	9379,25	55,07

Несмотря на то, что пшеница является основной зерновой культурой Афганистана, ее производство не удовлетворяет внутренний спрос. Для удовлетворения внутренних потребностей ежегодно импортируется около 1 млн т пшеницы, что составляет 25% от необходимого объема производства

(Chabot, 2007, Martínez, 2009, Mittal, 2011, Macauley, 2015, Tavva, 2017, NSIA, 2020). Следовательно, Афганистан является одним из основных импортеров пшеницы в мире.

В 1960-х и 1970-х годах внутреннее производство пшеницы было более чем достаточно для удовлетворения спроса. За годы внутренних потрясений и разрушений производство пшеницы резко сократилось, и Афганистан стал зависеть от крупномасштабного коммерческого импорта и продовольственной помощи для удовлетворения спроса на пшеничное зерно и муку. С 2002 года производство пшеницы возросло благодаря хорошо организованной международной помощи в восстановлении ирригационной инфраструктуры, возобновлении сельскохозяйственных исследований, обновлении систем снабжения и возрождении семеноводческого сектора, которое инициировали Европейский союз и Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО). Но рост внутреннего производства по-прежнему отстает от растущего спроса на пшеницу, и зависимость от импорта все еще сохраняется. Очевидно, что такая ситуация не способствует укреплению продовольственной безопасности Афганистана, в частности, не позволяет стране достичь целей в области развития, сформулированных в Декларации тысячелетия, по искоренению нищеты и голода (MAIL, 2013, 2022).

Засуха, наводнения, а также ржавчина, черная головня, саранча являются основными негативными факторами, которые повреждают пшеницу и снижают ее урожайность в Афганистане. В 2024 году общая площадь посевов пшеницы в Афганистане достигла 2,12 млн га, что примерно на 4,7% больше по сравнению с предыдущим годом. С другой стороны, общий объем производства пшеницы составил 4,83 млн т, что примерно на 10 % больше по сравнению с предыдущим годом. В то время

как потребность страны в пшенице составляла около 6,82 млн т, что, учитывая внутреннее производство пшеницы, привело к нехватке 2 млн т пшеницы по всей стране, которая должна быть импортирована из-за рубежа для удовлетворения потребностей страны. Средняя урожайность пшеницы на орошаемых полях составила около 2,98 т/га, а на богарных - 0,96 т/га по всей стране (MAIL, 2024).

За последнее десятилетие производство пшеницы в Афганистане составило от 2,6 до 5,2 млн т. Однако население Афганистана неуклонно растет и за последнее десятилетие увеличилось примерно на 9 млн человек, достигнув в настоящее время примерно 35 млн. Афганистан зависит от соседних стран, таких как Пакистан, Казахстан, Иран и др., в плане удовлетворения своих потребностей в пшенице. Страна ежегодно импортирует пшеницу, тратя огромные средства в иностранной валюте (Sharma, Nang, 2018; Kugbei, 2011).

Министерство сельского хозяйства, ирригации и животноводства Афганистана (MAIL) подсчитало, что стране потребуется около 7-8 млн т пшеницы для достижения самообеспеченности. Перспективы увеличения производства пшеницы на два миллиона тонн выглядят мрачными при нынешнем сценарии, когда орошается только 45% посевных площадей, которые являются основным источником производства пшеницы в стране. Для достижения самообеспеченности в производстве пшеницы необходима многоцелевая стратегия, предусматривающая более широкое использование качественных семян, удобрений и эффективную систему агротехнологических мероприятий (Waziri, 2013, MAIL, 2014).

1.2 Биологические и хозяйственные признаки сортов пшеницы в Афганистане

Пшеница является стратегическим растением в Афганистане, это основной продукт питания большинства жителей страны. В последние десятилетия были проведены комплексные исследования растений пшеницы с целью выведения улучшенных, высокоурожайных и устойчивых сортов. В результате всесторонних усилий сельскохозяйственных экспертов и исследователей Сельскохозяйственного научно-исследовательского института (ARIA) было получено более 30 улучшенных сортов пшеницы в стране. В реестр Комитета Национального совета по семеноводству Афганистана были внесены 28 сортов пшеницы, а активно используемых на сегодняшний день являются 21 сорт: Даралман- 07, Дрохшан-08, Шешам баг-08, Могвайм-09, Баглан- 09, Кушан- 09, Чонт-01, Лалми-4, Кабул- 013, Сулх-02, Мазари- 99, Герат- 99, Гюль-96, Лалми -2, Лалми-3, Парва- 2, Зарин Лалми, Дехдади-013, Кохистан-Лалми, Амири, Дарем-1. Большинство, используемых для посева сортов пшеницы являются факультативными (таблица 3).

Ежегодно Сельскохозяйственный научно-исследовательский институт (ARIA) производит материнские семена факультативных сортов пшеницы и предоставляет их в семеноводческие предприятия и частным семеноводческим компаниям для воспроизводства (ARIA, 2018, Poole et al., 2022). Существующая в стране исследовательская программа по пшенице в первую очередь ориентирована на получение элитных сортов, выведенных извне, при международной поддержке (CIMMYT/ICARDA/USDA/USAID/JICA), оценку интродуцированных

Таблица 3 - Характеристика сортов пшеницы в Афганистане
(Нури, 2024, Popal, 2019, 2024, Niane, 2011, Obaidi, 2018, Sharma, 2018, Dreisigacker, 2019)

№	название сорта	сезонный тип	зона возделывания	потенциальная урожайность, т/га	дата введения	условия выращивания
1	Даруламан-07	факультативный	все зоны страны	4,8	2007	орошаемый
2	Дрохшан-08	факультативный	все зоны страны	4,6	2008	орошаемый
3	Шешамбаг-08	факультативный	все зоны страны	4,6	2008	орошаемый
4	Могвайм-09	факультативный	все зоны страны	5,9	2009	орошаемый
5	Баглан-09	факультативный	все зоны страны	4,5	2009	орошаемый
6	Кошан-09	факультативный	все зоны страны	6,8	2009	орошаемый
7	Чонт- 01	факультативный	все зоны страны	5,5	2010	орошаемый
8	Лалми-4	факультативный	все зоны страны	4,0	2013	богарный
9	Кабул-013	яровой	все зоны страны	5,3	2013	орошаемый
10	Солх-02	озимый	северная и центральная	5,7	2002	орошаемый
11	Мазари-99	факультативный	все зоны страны	5,9	1999	орошаемый

Продолжение таблицы 3

№	название сорта	сезонный тип	зона возделывания	потенциальная урожайность, т/га	дата введения	условия выращивания
12	Герат-99	факультативный	все зоны страны	5,4	1999	орошаемый
13	Гюль-96	озимый	северная и центральная зоны	4,3	1996	орошаемый
14	Лалми-2	факультативный	все зоны страны	5,8	2002	богарный
15	Лалми-3	факультативный	все зоны страны	5,1	2002	богарный
16	Парва-2	факультативный	все зоны страны	4,6	2002	орошаемый
17	Зарин-Лалми	факультативный	все зоны страны	2,0	2013	Богарный
18	Дехдади-013	факультативный	все зоны страны	4,5	2013	орошаемый
19	Кохистан-Лалми	факультативный	все зоны страны	2,0	2013	богарный
20	Дарем-1	озимый	центральная и северо-восточная зоны	6,2	2014	орошаемый
21	Амири	озимый	центральная, западная и северо-восточная зоны	4,8	2013	орошаемый

Продолжение таблицы 3

№	название сорта	сезонный тип	зона возделывания	потенциальная урожайность, т/га	дата введения	условия выращивания
22	Дарем-2	озимый	центральная и северо-восточная зона	6,1		орошаемый
23	Памир-94	озимый	-	4,2	-	-
24	Газна-97	озимый	-	3,9	-	-
25	Бахтавар-92	яровой	-	5,0	-	-
26	Гори-96	яровой	-	5,9	-	-
27	PBW-154	яровой	-	4,6	-	-
28	Рана-96	факультативный	-	5,3	-	-
29	Аму-99	факультативный	-	6,4	-	-
30	Кабул-2000	факультативный	-	5,4	-	-
Недавно выведенные сорта, которые размножаются на небольших площадях для получения семян						
1	Вахдат-15	факультативный	все зоны страны	5,5	2015	орошаемый
2	Афганец-15	факультативный	все зоны страны	5,5	2015	орошаемый
3	Вафля-15	факультативный	все зоны страны	5,6	2015	орошаемый
4	Эльхам-15	зима	центральная и северная зоны	5,5	2015	орошаемый
5	Бахар-15	Весна	все зоны страны	3,5	2015	орошаемый
6	Лалми-15	факультативный	все зоны страны	4,0	2015	богарный

генотипов в ходе многоцентровых испытаний, выведение наиболее урожайных и устойчивых к болезням сортов. В 2011-2012 гг. была начата программа селекции с выявлением доноров по компонентам урожайности, адаптации и устойчивости к болезням и проведением более 200 скрещиваний (Ghanizada, 2013).

Внедрение новых сортов оказало заметное влияние на производство пшеницы в Афганистане. Средняя урожайность пшеницы по стране увеличилась с 1,54 т/га в 2002 году до 1,99 т/га в 2012 году. Урожайность пшеницы на орошаемом поле, составившая 2,96 т/га, собранная в 2012 году, приблизилась к среднемировому показателю и составила около 3,0 т/га, но урожайность пшеницы на богарном поле значительно отставала и составила 1,18 т/га. В 2011 году урожайность пшеницы на орошаемых землях упала до 2,65 т/га, но в богарных районах снижение урожайности из-за засухи было наиболее серьезным, средняя урожайность составила всего 0,3 т/га. Это свидетельствует об уязвимости выращивания богарной пшеницы к неблагоприятным погодным условиям, которые имели место в период сбора урожая 2011 года. Комитет по распространению сортов (VRC), связанный с Национальным советом по семеноводству, является органом, который решает, какие сорта следует сохранить или исключить из официального списка сортов (Monostori, 2014, Dreisigacker, 2019).

Основными препятствиями в исследованиях пшеницы и разработки новых сортов являются: нехватка персонала и производственных мощностей, неэффективная инфраструктурная и материальная поддержка, чрезмерная зависимость от элитных сортов других стран, ограниченное количество качественных сортов внутри страны, пригодных для выращивания во влажных и засушливых условиях, отсутствие координации в поэтапном размножении сортов, задержка сертификации семян, отсутствию карантина

растений на границе страны и нехватке кредитов для производства семян (Rahimi, 2013, Folasade, 2023, World Bank, 2024).

Исследования, проведенные в Афганистане, показали, что использование только улучшенных сортов пшеницы может повысить урожайность на 33% в условиях орошения, в то время как использование качественных семян в богарных условиях может повысить урожайность на 28%. Производство собственных семян пшеницы в Афганистане не обеспечивает фермеров в целом по всей стране. Ежегодно объем афганского рынка семян пшеницы оценивается примерно в 73 тыс. тонн, что эквивалентно примерно 25 млн долларов США. Сельскохозяйственный научно-исследовательский институт Афганистана (ARIA) совместно с другим государственным учреждением, а именно Improved Seed Enterprise (ISE), и несколькими семеноводческими компаниями, работающими в различных частях страны, которые в совокупности называются частными семеноводческими предприятиями (PSE), отвечают за производство различных сортов семян. В течение 2010-2011 гг. эта система произвела около 23911 тонн сертифицированных семян (CS), в 2014-2015 гг. этот показатель снизился до 6295 тонн. Предполагается, что основной причиной таких низких показателей является искусственный рынок, подпитываемый неопределенностью и непоследовательностью субсидий, предоставляемых при поддержке иностранной помощи. В настоящее время MAIL предприняла несколько шагов, в том числе разрешила ISE производить CS и поставлять семена с полной маркировкой Truth (TL), чтобы стимулировать рост семеноводческой отрасли в стране, ориентированной на реальный спрос. Предпринятые шаги дают результаты, и плановый объем производства в 2017-2018 гг. вырос до 15 тыс. тонн, а в 2018-2019 гг. до 30 тыс. тонн (Zhang, 2013; Kugbei, 2011; Kugbei, 2006; Sharma, Nang, 2018).

Исследования и инновации имеют решающее значение для ускорения роста сельского хозяйства и растениеводства. Хотя ARIA, Национальная система сельскохозяйственных исследований Афганистана, не проводит селекционных исследований на собственном опыте, но при поддержке Консультативной группы по международным сельскохозяйственным исследованиям (КТМСХИ), Международного центра улучшения качества кукурузы и пшеницы (CIMMYT) и Международного центра сельскохозяйственных исследований в засушливых районах (ICARDA), страна смогла вывести новые высокоурожайные и устойчивые к болезням сорта. Эти новые сорта также все чаще используются в системе семеноводства (Kendal, Sener, 2015; Ghanizada, 2013; Sharma, Nang 2018).

В Афганистане не столько внешние, сколько системные проблемы приводят к неспособности организаций производить достаточное количество семян хорошего качества для фермеров. Также предлагается использовать банки семян, чтобы компенсировать сезонные колебания в производстве семян, особенно в регионах, зависящих от количества осадков, для успешного выращивания сельскохозяйственных культур. В Афганистане, как и в соседних странах региона, существуют огромные возможности для частных инвестиций в исследования и разработки в области растениеводства и семеноводства (Tavva et al., 2017; Chhetri, Agarwal, 2017; Pray, Nagarajan, 2012).

1.3 Агротехнологии выращивания яровой пшеницы в Афганистане

Основные районы выращивания пшеницы в Афганистане сосредоточены в северных, северо-восточных, северо-западных и юго-западных регионах страны. В среднем за период 2005-2012 гг. на северные районы приходилось 35,9%, северо-восточные - 23,3%, северо-западные - 14,4% и юго-западные -

8,4% от общей площади посевов пшеницы. Площади орошаемой пшеницы были в большей степени сосредоточены в северном регионе, на долю которого приходилось 45,9%, а северо-восточного 29,5% от общей площади орошаемой пшеницы. Из всех площадей под пшеницей в Афганистане 45% орошаются, а 55% - богарно. Однако посевные площади под пшеницей ежегодно сильно колеблются в зависимости от количества и сроков выпадения осадков в стране. Производство пшеницы в Афганистане остается чрезвычайно чувствительным к колебаниям количества осадков, и совокупное годовое производство пшеницы в любой конкретный год зависит от урожайности богарной культуры. Хотя ожидается, что пшеница, выращиваемая на орошаемых почвах, даст приемлемый урожай, судьба богарной культуры полностью зависит от количества осадков и воздействия экстремальных температур на критических стадиях роста.

В Афганистане выращивают как озимую, так и яровую пшеницу. Сев озимой пшеницы обычно проводят осенью (сентябрь-декабрь), а сбор урожая - с конца весны до начала лета (май-июнь). Яровую пшеницу сеют весной (март и апрель) и собирают летом (июнь-июль). На долю яровой пшеницы приходится около 80% посевных площадей, в то время как остальная часть приходится на озимую пшеницу.

Период вегетации яровой пшеницы от 100 до 130 дней. Во время вегетационного периода пшеница по-разному нуждается в тепле. Зерно пшеницы может прорасти при температуре $+1 - +2^{\circ}\text{C}$, оптимальная температура для прорастания $+14 - +16^{\circ}\text{C}$, для кущения - $+10 - +12^{\circ}\text{C}$, для дальнейшего роста и развития $+18 - +24^{\circ}\text{C}$. Рост вегетативных органов и колосьев пшеницы в период всходов и колошения лучше протекает при температуре воздуха $+15 - +20^{\circ}\text{C}$. Высокая температура и недостаток влаги в этот период подавляют рост междоузлий, особенно верхних, уменьшая

размер листьев, высоту растения и длину колоса. Во время цветения необходимы умеренные температуры воздуха $+18 - +20^{\circ}\text{C}$. В период созревания зерна низкая температура, особенно на фоне избытка влаги, задерживает этот процесс. Наиболее благоприятными условиями для формирования зерен пшеницы являются температура воздуха $+18 - +22^{\circ}\text{C}$ в период колошения - восковой спелости. Яровая пшеница довольно жаростойкая и засухоустойчивая культура. Однако при слишком высокой температуре (более $+40^{\circ}\text{C}$) или недостатке влаги нарушается нормальный процесс фотосинтеза, замедляется рост растений, что препятствует хорошему наливу зерна (Домас, 2019, Monostori, 2014). Идеальный климат для посева пшеницы можно охарактеризовать как прохладный и влажный в начале вегетации, за которым следует теплый сухой сезон для сбора урожая – конец вегетации. Такой климат в Афганистане в основном наблюдается с конца зимы (февраль - март) и весенний период и начало лета (май - июнь) (Nazari, 2011, Communication Services, 2016).

Выращивание пшеницы возможно на разных типах почвах, однако потери урожая на 50 % и более возможно на засоленной, болотистой, кислой почвах легкого механического состава с низкой влагообеспеченностью или наоборот тяжелого механического состава – глинах с переизбытком влаги. Почвы с большим гумусовым горизонтом легкосуглинистые и супесчаные являются оптимальными для выращивания пшеницы и в целом для всех зерновых культур. Подходящий уровень pH почвы для пшеницы составляет 6-7,5.

Яровую пшеницу в Афганистане можно выращивать в засушливых районах на глинистых почвах и во влажных районах на песчаных почвах (Баги, 2012). Пшенице требуется хорошо дренированная плодородная почва от суглинистой до супесчаной. Температура почвы ниже 5°C не подходит

для прорастания семян. Пшеница чувствительна к очень высокой засоленности, которая может возникнуть при орошении, а некоторые сильно засоленные почвы непригодны для выращивания. Почвы Афганистана формируются в засушливых и полузасушливых климатических условиях и классифицируются в основном как глинисто-суглинистые и супесчаные. Почвы региона богаты карбонатом кальция, имеют щелочное значение pH и низкое содержание органического вещества от 0,2 до 2,5%. Влагоудерживающая способность почвы низкая, в то время как проницаемость и уровень инфильтрации высоки. Как правило, засоление почвы не всегда является проблемой получения хороших урожаев пшеницы при соблюдении своевременных агротехнологических мероприятий, однако в целом по стране нет надлежащего уровня ведения сельского хозяйства, исследования показали, что почвы имеют низкий уровень содержания азота, различные уровни фосфора и калия (Ayubi, 2016; Sameen, Zaghard, 2008; Communication Services, 2016).

Важным фактором агротехнологии выращивания пшеницы в Афганистане является доступ растений к влаге. Многие сорта, используемые для посева, нуждаются в обязательном искусственном орошении во время вегетации. Соответственно, для выращивания пшеницы очень важны этапы орошения (Nazari, 2011):

1. Первый полив проводят через 25-20 дней после появления всходов. Глубина полива не более 5 см. Этот полив играет важную роль в формировании корневой системы растений;
2. Второй полив проводят в фазу кущения пшеницы;
3. Третий полив проводится в фазу выхода в трубку;
4. Четвертый полив в фазу цветения и формирования семян пшеницы;
5. Пятое орошение в фазу созревания – молочная спелость.

Следует отметить, что среди 5 этапов орошения очень важны три: первое орошение, третье орошение и четвертое орошение (Nazari, 2011).

Своевременное орошение посевов пшеницы является важным фактором роста сельскохозяйственных культур и эффективного использования питательных веществ растениями. Полив пшеницы на критических этапах роста способствует повышению урожайности и качества, получаемого зерна. Избыток воды может вызвать полегание пшеницы и создать более благоприятные условия для вредителей и болезней, что значительно влияет на урожайность. Агрономические исследования показали, что для северо-восточной зоны земледелия Афганистана, как правило, осуществляется 5 этапов полива, а также иногда полив перед посевом для обеспечения надлежащего прорастания семян (USAD, 2022).

1.4 Виды минеральных удобрений и регуляторов роста растений, применяемые на сельскохозяйственных культурах в Афганистане

Минеральные удобрения являются источником питания растений, повышают плодородие почвы, применение их способно на 40-50% увеличить урожайность зерновых культур. Удобрения являются основным фактором в организации питательного режима почвы, которые положительно влияют на качество продукции: например, на содержание белка в зерне, крахмала и витаминов. Повышение урожайности зерновых культур за счет постоянного внесения органических и неорганических удобрений является сегодня одним из основных факторов повышения производительности отрасли (Караванова, Иванчик, 2019; Матюк, 2014; Зяблов, 2006).

Основные виды удобрений, применяемых в Афганистане – это минеральные: азотные и фосфорные. Применение калийных удобрений колеблется в зависимости от конкретного региона и местности, так как

засушливые климатические условия страны часто способствуют накоплению калия в почвах.

Согласно отчету ФАО среднее значение использования минеральных удобрений в Афганистане с 1961 по 2022 год составило 5 кг/га (рисунок 1), с минимумом 0,1 кг/га в 1961 году и максимумом 20,5 кг/га в 2017 году. Для сравнения, глобальное среднее значение в 2022 году для 182 стран составляет 133,2 кг/га. Таким образом, использование минеральных удобрений в Афганистане очень низкое по сравнению с другими странами.

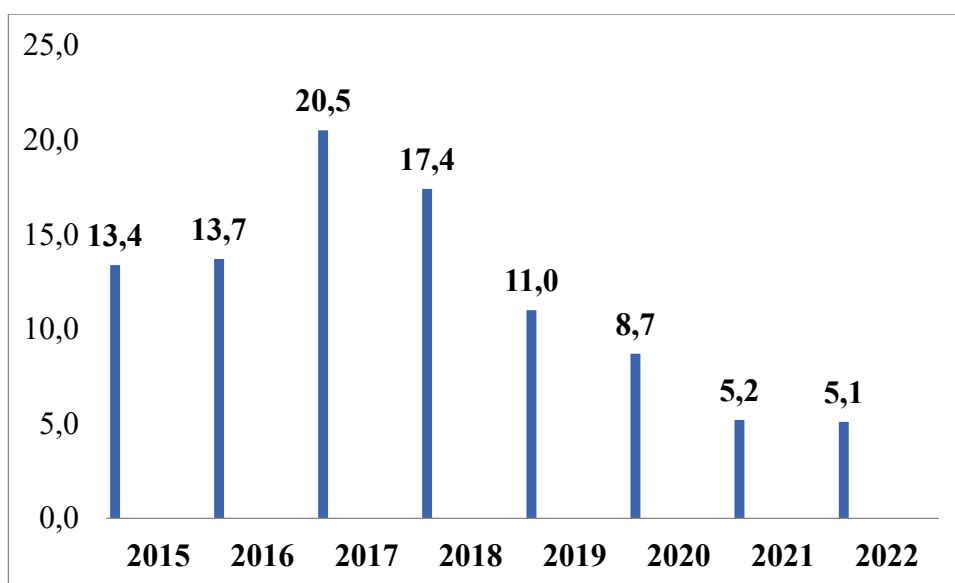


Рисунок 1 – Применение удобрений в Афганистане, кг/га

Одним из основных факторов нормального роста и развития растений является применение удобрений (Neeb et al., 2006). Минеральные удобрения используются в Афганистане в качестве государственной субсидии на производство пшеницы. Однако количество применяемых удобрений недостаточно для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и для сохранения почвенного плодородия (Tadesse et al., 2013; Akinrinde, 2004). На почвах с низким плодородием внесение минеральных и органических удобрений имеет определяющий фактор, влияя на многие физические и

химические процессы, способствуют улучшению структуры и количества доступных питательных веществ для растений (Yagioka et al., 2014, Arai et al., 2014, Hashimi et al., 2019; Lal, 2015).

В Афганистане в северном и центральном регионах страны внесение удобрений дает наилучшие результаты на трех основных этапах: фосфор в виде диаммонийфосфата следует вносить из расчета 70-90 мг/га до посева или во время цветения растений. Диаммонийфосфат служит в качестве исходного источника азота и фосфора. Азот в виде мочевины вносят из расчета 140-180 мг/га, который применяют перед посевом, в фазу кущения и цветения (Maathuis, 2009, Plaxton, 2011, Mussarat, 2021, USAID, 2022).

Как правило, для оптимального роста растений пшеницы достаточно 160-190 кг/га азота (N), 50-70 кг/га фосфора (P) и 30-50 кг/га калия (K). Основное удобрение необходимо вносить в почву после основной обработки почвы. Подкормку обычно применяют в один прием через 14-21 день после появления всходов на тяжелых почвах и в два приема в равных количествах через 14 и 35 дней после появления всходов на песчаных почвах. Подкормки необходимы для хорошего роста листьев и растений в целом и, в конечном счете, для повышения урожайности и белка в зерне. Минимальное требование к содержанию белка в пшенице «Премиум» (хорошего качества) составляет 11%. Это один из факторов, влияющих на сортировку пшеницы и ее цену. Достижение высокого уровня содержания белка также зависит от выбора сорта и общего ухода. Подкормка азотом после цветения также может повысить содержание белка в зерне пшеницы (Wheat growers guide, 2021).

Министерство сельского хозяйства, ирригации и животноводства Афганистана рекомендовало фермерам вносить под улучшенные сорта пшеницы 115 кг /га (N) и 92 кг /га (P_2O_5), внесение фосфора может быть

снижено до 46 кг /га (P_2O_5), если фосфорные удобрения экономически недоступны. Хотя многими авторами отмечается, что в стране с севера на юг и с запада на восток изменяется тип почв, их механический состав, климатические условия, что в целом влияет на агрохимическую характеристику почв и требует детально рассматривать применение удобрений для конкретного региона страны (Soofizada, 2023, Dargie, 2022, Sileshi, 2022, Agha, 2016, Obaid, 2019).

Яровая пшеница, по сравнению с озимой, имеет слаборазвитую корневую систему, с меньшей способностью усваивать питательные вещества из почвы. В засуху пшеница больше страдает от недостатка влаги, поэтому создание оптимальных условий для питания пшеницы путем разработки системы удобрений является важным условием повышения урожайности и улучшения качества зерна. Оптимальные дозы азотных удобрений в сочетании с фосфорными и калийными удобрениями при выращивании яровой пшеницы обеспечивают повышение содержания белка в зерне. Цель внесения минеральных удобрений - ускорение роста и развития растений, при формировании урожайности зерна и соломы (Пискунова, Федорова, 2018, Maurya, 2015).

Для получения высокого урожая пшеницы и зерна хорошего качества необходимо ежегодно вносить удобрения в соответствии с результатами ежегодной диагностики почвы. При изучении влияния удобрений на основные качественные показатели зерна пшеницы было выявлено, что различные комбинации азотных с фосфорными и калийными удобрениями влияют на содержание белка и клейковины в зерне (Демиденко, Котенева, 2010, Абашев, 2017, Бобровский, 2018, Клименко, Абрамова, Кузнецова, 2019, Федюшкин, Парамонов, Пасько, 2020, Ворончихина, 2020, Дзюин,

2021, Волкова, 2021, Сержанова, Биктагирова, 2022, Зайцева, Ряскова, Ледовских, 2023).

В последние годы на рынке агрохимикатов появилось большое разнообразие комплексных удобрений, которые в своем составе содержат не только основные (NPK) элементы питания растений, но и микроэлементы. Применение таких полиудобрений способствует увеличению урожайности культур и качества получаемой продукции. Сочетание средств защиты растений и применение в комплексе минеральных удобрений позволяет повысить урожай и сохранить плодородие почв (Лапа, 2010, Близнюк, Вечер, 2012, Шелехова, 2012, Самсонова, Антонова, Шупинская, 2016, Косолапова, Возжаев, Лейних, 2017, Пинаева, Михайлова, Акманаева, 2018, Захаров, 2019, Панфилова, 2019, Исайчев, Андреев, Мударисов, 2021, Сайдяшева, Зайцева, 2022, Барковская, Гладышева, Кокорева, 2022, Бобровский и др., 2023, Зайцева, Ряскова, Бабайцева, 2024).

Регуляторы роста растений — это вещества, которые естественным образом вырабатываются тканями растений и усиливают их собственный рост и развитие. Эти вещества, которые, как правило, активны в очень низких концентрациях, известны как растительные гормоны или фитогормоны. Они действуют, контролируя, изменяя или регулируя процессы роста растений, такие как формирование листьев и цветов, удлинение стеблей, развитие и созревание плодов и т.д. Растительные гормоны влияют на экспрессию генов и уровни транскрипции, клеточное деление и рост. Они естественным образом вырабатываются растениями, хотя очень похожие химические вещества вырабатываются грибами и бактериями, которые также могут влиять на рост и развитие растений (Weyers, 2001, Espindula, 2009, Wani, 2016, Singh, 2021, Серегина, 2022).

Применение регуляторов роста растений в сельском хозяйстве началось еще в 1930-х годах в США. Чуть позже были синтезированы аналоги природным фитогормонам синтетические вещества, которые в современном сельском хозяйстве используются во всем мире (Singh et al., 2021; Zhu, 2001; Ramakrishna, Ravishankar, 2011).

В последнее время большое внимание уделяется использованию экологически чистых природных стимуляторов для усиления роста растений. Кроме того, известно, что обработка растений с использованием регуляторов роста растений (фитогормонов) является одним из передовых методов увеличения их продуктивности. Фитогормоны также контролируют рост и развитие различных частей растений, воздействие их не ограничивается на метаболические процессы, но также распространяется на многие специализированные физиологические процессы (Weyers, 2001, Davies, 2010, Srivastava, 2010, Ahemad, 2014).

Среди различных существующих фитогормонов исследователи наиболее широко применяют гиббереллиновую кислоту. Гиббереллиновая кислота (GA) известна как гиббереллин A₃, GA или GA₃. Это гормон, вырабатываемый растениями и грибами. Ее химическая формула - C₁₉H₂₂O₆. Впервые GA получена в Японии в 1926 году у возбудителя *Gibberella fujikuroi*, который вызывает болезнь риса (Silva et al., 2013; Camara et al., 2018). Гиббереллиновая кислота оказывает значительное влияние на рост и развитие растений, длину побегов, количество листьев и ветвей, влияет на цветение, прорастание семян, способствует делению клеток, может замедлить старение листьев и плодов (Bottini, 2004, Mukhtar, 2006, Eskandari, 2015, Aparna, 2018, Iftikhar, 2019).

В ходе экспериментов у сортов пшеницы наблюдалось увеличение высоты растений под действием экзогенного гиббереллина. Усиление роста

растений было отмечено на седьмой день после опрыскивания. Высота растений пшеницы увеличилась на 12% по сравнению с контролем (Широкова, 2007). Благодаря применению биорегулятора получен самый высокий урожай зерна (2,67 т/га) с содержанием белка 11,63%, клейковины 28,7% (Александрова, Веселова, Лебедева, 2007, Кузьминых, Долгушева, 2020).

В Афганистане регуляторы роста растений применяются очень мало. В последние два десятилетия они использовались в небольших количествах и в основном в садоводстве, в посадках винограда, яблонь, вишни и т.п. Благодаря их хорошей эффективности в улучшении качества получаемой продукции, спрос на регуляторы роста растет с каждым годом. В стране фермеры в небольших количествах применяют гиббереллиновую кислоту и используют ее в основном для улучшения качества плодов. Вторым типом регулятора роста растений, который обычно используется в стране, является ауксин, его используют для укоренения черенков растений. Основной причиной, по которой регуляторы роста широко не используются в Афганистане, является их недоступность на местном рынке, высокая цена и отсутствие знаний об их влиянии на культуры (Rademacher, 2015; Srivastava, 2002).

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Сорт яровой пшеницы, используемый в исследованиях

Кабул-013 — это высокоурожайный сорт яровой пшеницы, который выращивается в Афганистане весной. Этот сорт был разработан Международным центром по улучшению кукурузы и пшеницы (CIMMYT) в 2013 году. Цвет зерна — янтарный, вес 1000 зерен составляет 45 г. Тип роста — прямостоячий, период от прорастания до цветения составляет от 60 до 90 дней. Средняя высота растения составляет около 105 см, количество колосков в колосе 21 шт., длина колосков короткая. Цвет соломы белый, урожайность сорта составляет 5,3 т/га (Obaidi, 2015, 2017; Popal, 2024; Нури, 2024; Sharma, Nang, 2018).

2.2 Закладка и проведение полевого опыта

Полевой опыт был заложен в 2022 – 2024 гг. на территории полевой станции университета Альбируни, провинции Каписа, на северо-востоке Афганистана. Почва экспериментального участка серозем типичный супесчаный, агрохимическая характеристика пахотного горизонта 20-22 см до посева пшеницы и после уборки культуры представлена в таблице 4.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы показала, что содержание подвижного калия и фосфора — низкое, общего азота — низкое, гумуса — очень низкое, почва характеризовалась слабощелочной реакцией среды. Низкое количество выпадение осадков в течение всего года приводит к накоплению солей в почвах Афганистана и их засолению. Анализ почвы выполнен по стандартным методикам агрохимического анализа засоленных почв на кафедре химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

**Таблица 4 – Агрохимическая характеристика почвы (20 – 22 см),
средние значения 2022 – 2024 гг.**

№ п/п	Показатель	значение
1	pH _{вод.} до посева, ед. pH	8,10
2	pH _{вод.} после уборки, ед. pH	8,35
3	Гумус до посева (по Тюрину), %	1,90
4	Гумус после уборки (по Тюрину), %	1,82
5	N _{общ.} перед посевом, %	0,11
6	N _{общ.} после уборки, %	0,07
7	P ₂ O ₅ посевом (по Мачигину), мг/кг	14,00
8	P ₂ O ₅ после уборки (по Мачигину), мг/кг	13,35
9	K ₂ O перед посевом (по Мачигину), мг/кг	95,50
10	K ₂ O после уборки (по Мачигину), мг/кг	85,30

Перед посевом проведена основная обработка почвы отвальным плугом, далее культивация после вспашки и перед посевом. На поле были разбиты делянки площадью 10 м², повторность вариантов трехкратная, расположение рандомизированное. Варианты полевого опыта представлены в таблице 5.

Удобрения вносили перед посевом, фосфор в форме диаммонийфосфата, калий в форме сульфат калия. Азотное удобрение в форме мочевины было внесено в три этапа. Первый этап перед посевом - вместе с другими удобрениями, второй этап - в период кушения пшеницы, третий этап - перед цветением в форме подкормки.

Таблица 5 – 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	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$

Посев яровой пшеницы сорта Кабул- 013 осуществляли в 1 декаду марта, с нормой высева 125 кг/га. Семена перед посевом обрабатывали препаратом Витавакс от грибных заболеваний (1,5-2,0 л/т), проведена обработка растений двукратно гиббереллином в фазу кущения и выхода в трубку разными концентрациями. В течение всего периода вегетации яровой пшеницы было проведено пять поливов на разных стадиях роста культуры. Первый полив был проведен в первой декаде мая; остальные поливы

проводились с интервалом в 12 дней в зависимости от потребности культуры в воде, влажности почвы и погодных условий.

Уборка яровой пшеницы была проведена вручную поделаячно в 3 декаде июня. Во время вегетационного периода был проведен учет морфологических показателей растений: высота пшеницы и рассчитана скорость роста растений, площадь листьев и рассчитан индекс листовой поверхности, кущение, длина колоса, количество колосков, количество зерен, масса 1000 зерен. После уборки был проведен учет урожая зерна и соломы, все фенологические наблюдения и учет урожая произведен по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1989 г.) и рекомендациям Министерство сельского хозяйства, ирригации и животноводства Афганистана (MAIL).

2.3 Метеорологические условия полевого опыта 2022 -2024 гг.

Провинция Каписа, расположена в северо-восточной части Афганистана между 69°- 70° восточной долготы и 35 ° - 36 ° северной широте, отличается теплым летом и умеренным климатом весной и осенью. Этот регион расположен на высоте 1746 м над уровнем моря, среднегодовое количество осадков оценивается примерно не более 400 мм, большая часть осадков выпадает зимой и весной, летом температура колеблется от +25 C⁰ до +40 C⁰. Данные, по количеству выпадение осадков и температуре воздуха, которые были зафиксированы в течение вегетационного периода яровой пшеницы в годы исследований, представлены на рисунках 2 и 3.

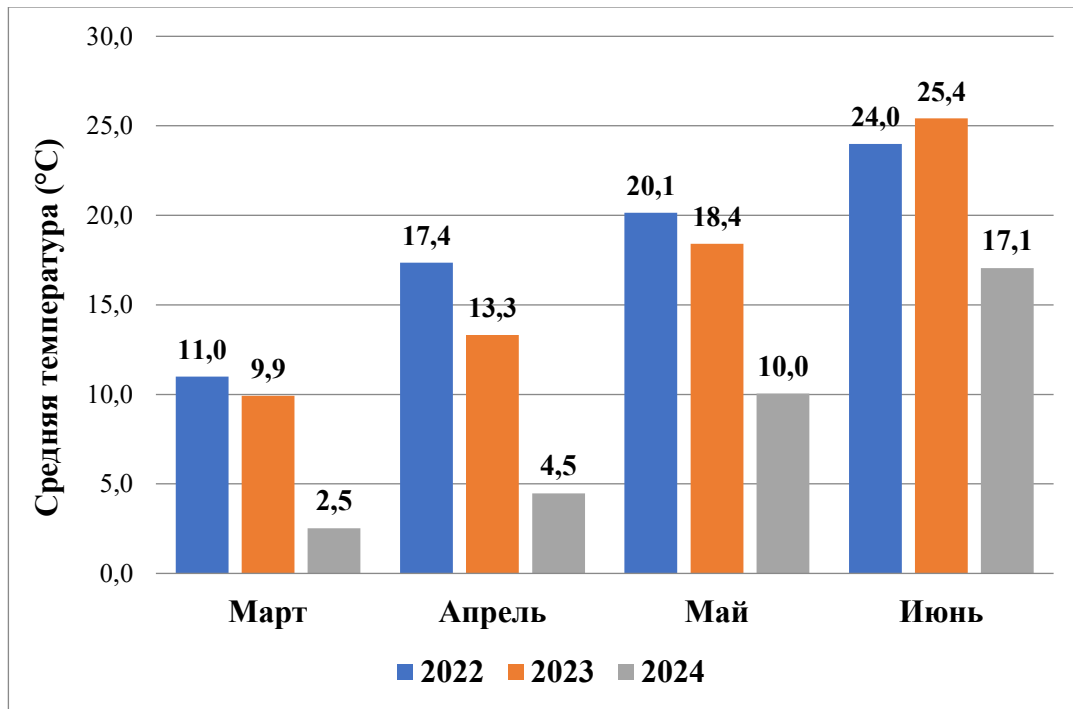


Рисунок 2 – Средняя температура воздуха во время вегетационного периода яровой пшеницы в 2022-2024 гг., провинция Каписа, Афганистан

Температура воздуха в марте составила в среднем $+9,9 - +11\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 2022 – 2023 гг., что было оптимальным для посева пшеницы и несколько ниже в 2024 г, которая составила $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$, поэтому в этот год всходы появились на неделю позже. В апреле и мае средняя температура воздуха в 2022 – 2023 гг. составила $+13,3 - +20,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, что благоприятно влияло на рост и развитие пшеницы, и наступление основных фенологических фаз развития: кущение, выход в трубку, колошение и цветение. В 2024 г. температура воздуха в этот период была ниже и составила в среднем $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в апреле и $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в мае, поэтому основные фенологические фазы развития растений наступили на 7 – 10 дней позже, чем в предыдущие два года. В июне средняя температура за

три года наблюдений составила $+17,1 - +25,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, что благоприятно повлияло на формирование колоса и созревание зерна.

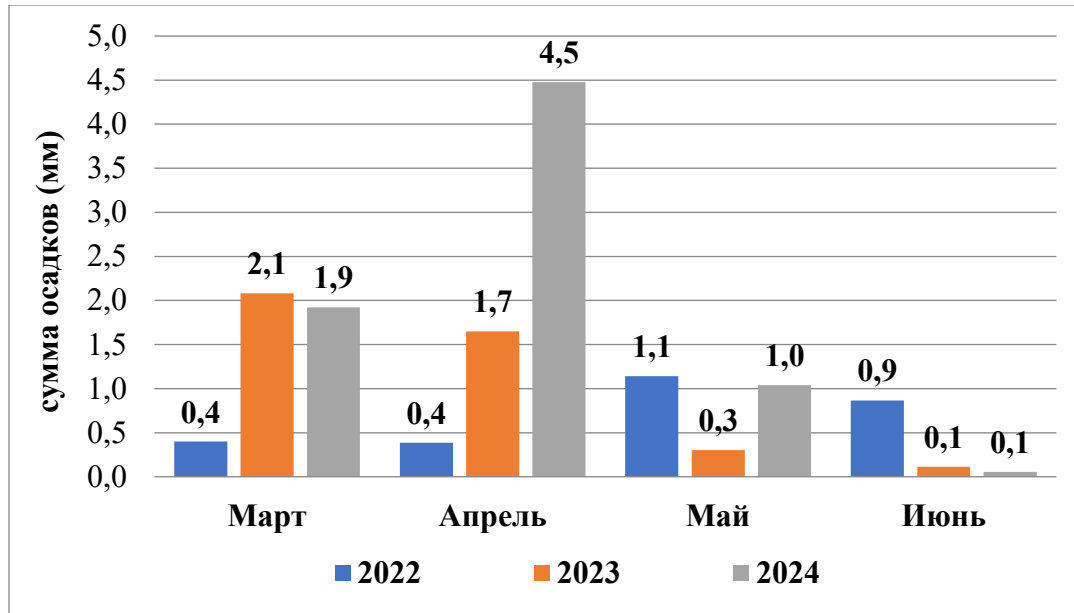


Рисунок 3 - Сумма выпадения осадков во время вегетационного периода яровой пшеницы в 2022-2024 гг., провинция Каписа, Афганистан, мм

Афганистан характеризуется континентальным климатом, с малым выпадением осадком в течение всего года, поэтому для получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур обязательно применяют полив во время вегетации растений.

Оптимальное количество осадков при возделывании яровой пшеницы за вегетацию варьирует в пределах 250–300 мм. При наличии достаточного количества влаги продолжительность межфазных периодов определяется комплексом факторов, среди которых большое влияние оказывают температурный режим и интенсивность солнечного света. Рост растений сильнее всего коррелирует с температурой. Для пшеницы физиологический оптимум находится в пределах $+16 - +20^{\circ}\text{C}$. Пониженные температуры

увеличивают продолжительность межфазных периодов, повышенные – сокращают. Однако повышение температуры воздуха с +25 и более +30°C угнетает ростовые процессы. Также дополнительное угнетающее действие оказывают яркий солнечный свет и недостаток воды в почве. Стрессовые факторы: засуха, повышенная температура, яркое солнечное освещение, вызывают у пшеницы неспецифическую реакцию – ускорение развития. При этом тормозится линейный рост органов, засыхают уже заложившиеся зачатки колосков и цветков, происходит снижение общей интенсивности фотосинтеза, в итоге снижается урожайность (Рубец, 2021).

В годы исследований отмечено низкое количество суммы выпавших осадков во время вегетации пшеницы: 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 (рисунок 2), поэтому во время всего периода роста и развития растений проводился обязательный полив.

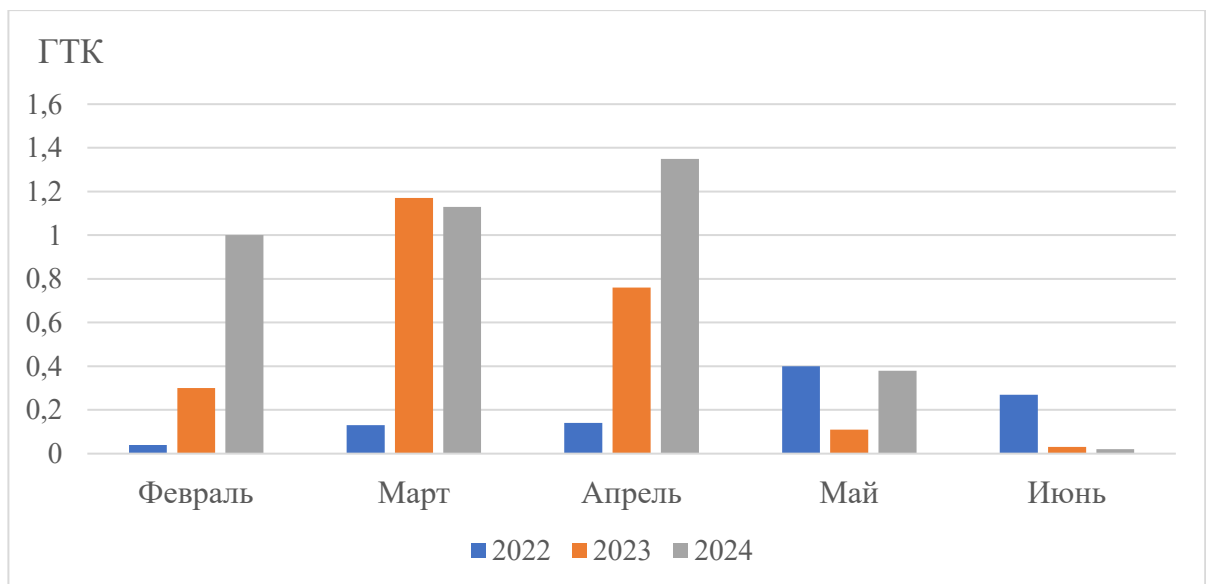


Рисунок 4 - Значения ГТК за вегетационный период яровой пшеницы (2022-2024 гг.)

Первый полив был проведен в первой декаде мая, остальные поливы проводились с интервалом в 12 дней в зависимости от потребности культуры в воде, влажности почвы и погодных условий.

Значения гидротермического коэффициента (ГТК), рассчитанного по методике Г.Т. Селянинова (рисунок 4), в целом характеризуют влагообеспеченность вегетационного периода в годы исследований, как очень засушливый и сухой, отмечено, что только в 2024 году значение ГТК с февраля по апрель можно характеризовать, как достаточного увлажнения.

2.4 Методы исследований

Агрохимический анализ почвы в слое 0 – 22 см (пахотный горизонт) проведены по методикам:

- 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 ХТ-3» в соответствии с ГОСТ ISO 12099-2017 «Корма, зерно и продукты его переработки. Руководство по применению спектрометрии 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».

Фенологические наблюдения за растениями, подсчет морфологических показателей растений и урожайные данные выполнены в соответствии с ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия», по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1989 г.) и рекомендациям Министерство сельского хозяйства, ирригации и животноводства Афганистана (MAIL).

Химический анализ образцов почвы, зерна, соломы выполнены на кафедре химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена по Б.А. Доспехову (1979 г.) и с использованием компьютерной программы OPSTAT.

В ходе исследований были рассчитаны показатели:

Индекс листовой поверхности (ИЛП) - определялся как общая площадь листьев растений (м^2), занимающих 1 м^2 посева (Marshall, 1968, Abdalla, 2021).

$$\text{Индекс листовой поверхности (ИЛП)} = \frac{\text{Площадь листьев (м)}^2}{\text{Площадь посева (м)}^2}$$

Скорость роста растений (AGR), $\text{г/м}^2 \cdot \text{день}$ - скорость роста растений рассчитывали по следующей формуле (Vishwakarma, 2023):

$$AGR = \frac{\Delta W}{\Delta T}$$

ΔW_1 — изменение сухой массы растений на определенной площади посева за период времени (г/м²)
 ΔT — период времени (в днях)

Экономические показатели рассчитывали, (Singh, 2019):

Валовый доход (AFN/га, руб. /га) – рассчитан с учетом цен на зерно, соломы в Афганистане в AFN (афгани) и пересчетом на рубли, и полученной урожайностью зерна, соломы по годам на фоне применения удобрений и регулятора роста растений.

$$\text{Валовый доход} = \text{урожай} \times \text{рыночная цена продукции}$$

Чистый доход – для получения чистого дохода стоимость выращивания была вычтена из валового дохода.

$$\text{Чистый доход} = \text{Валовый доход} - \text{стоимость выращивания}$$

Рентабельность (%) – была рассчитана по следующей формуле:

$$\text{Рентабельность} = \frac{\text{Чистый доход}}{\text{Стоимость выращивания}} \times 100$$

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

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

Высота растений - один из основных показателей биометрии, по которому можно характеризовать влияние изучаемых факторов. Она коррелирует с продолжительностью жизни растений и является фактором, определяющим способность вида конкурировать за свет. Высота растения пшеницы – показатель, который влияет на урожайность и устойчивость к полеганию (Moles et al., 2009; Захарова, Захаров, Гаранин, 2020).

Данные о высоте пшеницы в течение вегетации растений на фоне применения различных уровней минеральных удобрений и регулятора роста в 2022 г. представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Влияние минеральных удобрений (NPK) и гиббереллина на высоту растений яровой пшеницы в 2022 г., см

№ п/п	Вариант	Период вегетации растений, дни			
		30	60	90	120
1	Контроль	22,3	61,7	73,6	74,6
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	24,1	64,7	80,3	82,1
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	25,5	67,4	84,1	86,0
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	31,7	76,1	87,7	90,7
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	32,1	76,5	89,2	93,0
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	32,6	77,3	90,8	96,2
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	33,8	78,8	94,3	97,4

Продолжение таблицы 6

№ п/п	Вариант	Период вегетации растений, дни			
		30	30	30	30
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	33,9	80,8	99,5	100,2
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	34,6	81,4	100,7	100,9
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	33,9	80,4	98,2	98,6
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	34,4	81,2	100,2	102,8
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	34,7	81,0	99,9	100,8
НСР ₀₅		1,5	3,8	4,2	5,1

Высота растений яровой пшеницы через 30 день после посева показала значительные изменения на фоне применения различных уровней минеральных удобрений (NPK) и гиббереллина по сравнению с контролем. Максимальная высота растений (34,7 см) была при применении 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G, что больше чем в контроле и вариантах с 2 по 6, но различия оставались незначительными в вариантах 7 - 12. По сравнению с контрольным вариантом на 30-й день после посева пшеницы высота растений по вариантам опытов с 2 по 12 была больше на, %: 8,1, 14,3, 42,2, 43,9, 46,2, 51,6, 52,0, 55,2, 52,0, 54,3 и 55,6 соответственно благодаря применению различных уровней минеральных удобрений (NPK) и (гиббереллина).

Максимальная высота растений яровой пшеницы на 60 день после посева (81,4 см) была при использовании минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) в дозе 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G. Не было статистического различия с 7 по 12 варианты. По сравнению с

контролем на 60-й день после посева пшеницы высота растений по вариантам опытов с 2 по 12 была больше на, %: 4,9, 9,2, 23,3, 24,0, 25,3, 27,7, 31,0, 31,9, 30,3, 31,6 и 31,3.

Применение 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G привело к значительному увеличению высоты растений (100,7 см) на 90 день после посева, по сравнению с контролем, где высота растений составила 73,6 см. Не имели существенного различия в высоте растений варианты полевого опыта (8 – 12): 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (100,7 см), 160-90-60 кг/га NPK + 20 г/га G (99,5 см), 200-120-90 кг/га NPK + G0 (98,2 см), 200-120-90 кг/га NPK + 20 г/га G (100,2 см) и 200-120-90 кг/га NPK + 20 г/га G (99,9 см).

Аналогично, применение удобрений NPK и гиббереллина оказало значительное влияние на высоту растений яровой пшеницы после уборки (фаза полного созревания, 120 дней). Самые высокие растения (102,8 см) были при применении 200-120-90 кг/га NPK + 20 г/га G, что не имело существенного различия с вариантами 8, 9, 10, 12. По сравнению с контрольным вариантом после уборки пшеницы высота растений по вариантам опытов с 2 по 12 была больше на, %: 10,1, 15,3, 21,6, 24,7, 29,0, 30,6, 34,3, 35,3, 32,2, 37,8 и 35,1.

Полученные нами результаты подтверждаются данными других исследователей о влиянии минеральных удобрений и гиббереллина на пшеницу. Так Ullah и другие (2024) описали, что применение удобрений NPK в дозе 150-112-75 кг/га обеспечивало наибольшую высоту растений (98,2 см и 96,9 см) по сравнению с более низкими дозами NPK в течение двух лет исследований. Применение минеральных удобрений (NPK) в оптимальные сроки играет важную роль на рост и развитие яровой пшеницы. Максимальная высота растений (98 см) была получена при применении NPK в дозе 200-150-125 кг/га (Malghani et al., 2010; Ramnath, Verma, 2024).

Наибольшая высота растений пшеницы (88 и 89,2 см) была получена при внесении азота и калия в дозах 150 и 120 кг/га. (Adnan et al., 2016). Максимальная высота растений пшеницы (100 см) была при внесении 90 кг фосфора (Noonari et al., 2016). Применение гиббереллина влияло на увеличение высоты растений пшеницы (Islam et al., 2014).

Данные о влиянии минеральных удобрений и гиббереллина на высоту растений пшеницы в 2023 году представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Влияние минеральных удобрений (NPK) и гиббереллина на высоту растений яровой пшеницы в 2023 г., см

№ п/п	Вариант	Период вегетации растений, дни			
		30	60	90	120
1	Контроль	20,4	61,5	75,9	76,4
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	24,5	66,0	79,0	82,1
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	26,3	68,5	81,3	85,2
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	31,8	76,2	87,5	91,1
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	32,6	77,6	88,5	93,6
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	33,2	77,9	90,3	96,2
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	34,0	79,7	92,1	98,1
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	34,1	82,0	98,7	102,9
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	35,5	83,8	104,4	105,3
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	33,9	81,3	101,5	104,5
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	34,3	82,6	103,3	104,9
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	35,7	83,4	104,6	106,6
НСР ₀₅		1,8	3,7	4,6	5,0

Наибольшая высота растений на 30 день после посева (35,7 см) была при применении 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G, чуть меньше высота растений (35,5 см) была при применении 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G, что было статистически не существенно применению 160-90-60 кг/га NPK + G₀, 160-90-60 кг/га NPK + 20 г/га G, 200-120-90 кг/га NPK + G₀ и 200-120-90 кг/га NPK + 20 г/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G. Однако во всех данных вариантах высота была больше, чем в контроле (20,4 см), а также по сравнению с другими вариантами.

Отмечено, что высота растений яровой пшеницы на 60 день после посева имела наибольшие значения (83,8 и 83,4 см) при применении 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G. Она была статистически одинаковой (не имела существенного различия) с 160-90-60 кг/га NPK + 20 г/га G, 200-120-90 кг/га NPK + G₀, 200-120-90 кг/га NPK + 20 г/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G, но была значительно выше контроля (61,5 см), а также других вариантов.

Высота растений яровой пшеницы на 90 день после посева и на 120 день значительно различалась в зависимости от использования различных количеств минеральных удобрений и регулятора роста. Наибольшая высота растений (104,6 и 106,6 см) была при применении минеральных удобрений и регулятора роста в дозе 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G. Это было статистически одинаковым (не имела существенного различия) относительно применения доз удобрений в вариантах 9 - 11, но значительно выше, чем в контроле и других вариантах. Наименьшая высота растений (75,9 и 76,4 см на 90 день после посева и на этапе уборки – 120 день) была отмечена в контроле. По сравнению с контрольным вариантом на 120 день высота растений по вариантам опытов с 2 по 12 была больше на, %: 7,5, 11,5, 19,2, 22,5, 25,9, 28,4, 34,7, 37,8, 36,8, 37,3 и 39,5.

Эти результаты согласуются с выводами Vishwakarma (2020), что наибольшая высота растений пшеницы (87,92 см) была при применении удобрений NPK в дозе 180-90-60 кг/га. А также данными (Malghani et al., 2010; Ramnath, Verma, 2024), что максимальная высота растений (98 см) была достигнута при применении NPK в дозе 200-150-125 кг/га, в то время как минимальная высота растений была в варианте, где удобрения не применялись. Наблюдения за высотой растений яровой пшеницы на различных стадиях роста (30, 60, 90 и 120 дней после посева) показывают, что применение удобрений NPK в дозе 120-60-50 кг/га приводит к большему увеличению высоты растений, составляя 22,8 см, 47,8 см, 96,7 см и 100,7 см соответственно. Максимальная высота растения пшеницы была достигнута при применении удобрений NPK в дозе 150-75-50 кг/га (Singh et al., 2016).

Результаты исследований высоты растений пшеницы в 2024 году на фоне применения минеральных удобрений и гиббереллина представлены в таблице 8. Наибольшая высота растений (35,1 см, 82,9 см, 108,2 см и 111,5 см на 30, 60, 90, 120 день после посева) была при применении 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G. Это вариант был статистически одинаковым (нет существенного различия) с вариантами 8 -11, но больше по сравнению с контролем и другими вариантами. Минимальная высота растений (16,7 см, 57,6 см, 74,0 см и 78,7 см) на всех стадиях роста яровой пшеницы были в контрольном варианте. По сравнению с контрольным вариантом после уборки пшеницы высота растений по вариантам опытов с 2 по 12 была больше на, %: 4,3, 10,2, 13,1, 17,3, 21,2, 27,2, 32,4, 40,9, 35,3, 38,1 и 41,7 благодаря применению минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин).

Таблица 8 - Влияние минеральных удобрений (NPK) и гиббереллина на высоту растений яровой пшеницы в 2024 г., см

№ п/п	Вариант	Период вегетации растений, дни			
		30	60	90	120
1	Контроль	16,7	57,6	74,0	78,7
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	17,7	63,4	81,6	82,1
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	21,4	66,4	86,9	86,7
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	28,3	72,3	89,7	89,0
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	31,6	75,0	93,1	92,3
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	32,2	78,2	94,5	95,4
7	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	32,3	79,2	98,1	100,1
8	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	33,0	80,2	104,1	104,2
9	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	34,4	82,4	108,2	110,9
10	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	33,5	81,2	106,8	106,5
11	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	34,4	81,9	107,1	108,7
12	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	35,1	82,9	108,2	111,5
НСР ₀₅		1,4	3,8	4,4	5,4

Результаты, полученные при изучении действия минеральных удобрений и гиббереллина на высоту растений в разных климатических зонах и на разных типах почв, описаны многими учеными. Отмечено, что применение NPK в дозах 100-80-80 и 110-90-70 кг/га значительно улучшило высоту растений пшеницы (Дзанагов и др., 2019). Применение 140 + 60 + 60

кг/га NPK была получена максимальная высота растений пшеницы (Нури, 2024; Velopukhov, 2024). Высота растений яровой пшеницы постепенно увеличивалась с повышением доз азота и калия. Максимальная высота растения была при внесении 150 кг/га азота и 90 кг/га калия (Adnan et al., 2016). Наибольшая высота растений пшеницы была при использовании минеральных удобрений (NPK) в дозе 90-90-90 кг/га (Акимова, 2009). Гиббереллин — это самый широко используемый регулятор роста растений, который увеличивает высоту растений и урожай у различных культур (Akter et al., 2007, Emongor 2007, Ferdows et al., 2017).

В наших исследованиях было изучено накопление сухого вещества растениями в течение вегетации (30, 60 и 90 день). В 2022 году (таблица 9) отмечено, что наибольшее накопление сухого вещества растениями яровой пшеницы (0,37 г) на 30-й день после посева было при применении 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G, 200-120-90 кг/га NPK + 20 г/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G. За исключением контроля, 20 г/га G и 40 г/га G, результаты остались статистически незначительными с другими дозами минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин). По сравнению с контрольным вариантом на 30 день выращивания пшеницы накопление сухого вещества по вариантам опытов с 2 по 12 была больше на 8,3 - 54,2 %.

Использование минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) значительно увеличило массу сухого вещества яровой пшеницы на 60 и 90 день после посева, а также на 120 день, по сравнению с контролем. Максимальная масса сухого вещества (3,17 г, 4,86 г и 5,77 г на 60 день, 90 день и 120 день после посева соответственно) была отмечена при применении 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G, чуть меньше в варианте 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G, (3,15 г, 4,84 г и 5,72 г на 60 день, 90 день и 120

Таблица 9 - Влияние различных доз минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) на накопление сухого вещества растениями яровой пшеницы в 2022 г., г

№ п/п	Вариант	Период вегетации растений, дни			
		30	60	90	120
1	Контроль	0,24	2,21	3,24	3,62
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	0,26	2,28	3,51	3,75
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	0,27	2,35	3,64	4,06
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	0,34	2,63	4,02	4,77
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	0,34	2,60	4,13	4,87
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	0,34	2,71	4,19	4,99
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	0,35	2,93	4,42	5,25
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	0,36	3,01	4,58	5,38
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	0,37	3,17	4,86	5,77
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	0,36	3,02	4,43	5,27
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	0,37	3,11	4,61	5,42
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	0,37	3,15	4,84	5,72
HCP ₀₅		0,04	0,14	0,19	0,20

день соответственно). Не имели статистического различия в данном показателе варианты 9 - 12. Наименьшая масса сухого вещества (2,21 г, 3,24 г и 3,62 г на 60 день, 90 день и 120 день) была в контрольном варианте. По сравнению с контрольным вариантом накопление сухого вещества растениями пшеницы на 120 день после посева по вариантам опытов с 2 по 12 была больше на 3,6, - 58 % благодаря использованию различных доз удобрений NPK и гиббереллина.

Полученные результаты соотносятся с данными других исследователей, которые показали, что максимальная масса сухого вещества яровой пшеницы была при использовании 160 кг/га N, 108 кг/га P_2O_5 и 90 кг/га K_2O (Jiang, 2006, Siddiqui, 2008, Manzoor, 2018,). Высокое накопление сухого вещества пшеницей наблюдалось при использовании 100 кг/га P_2O_5 2,51, 3,69, 5,55 и 9,21 т/га на 30, 60, 90 дней после посева и при уборке соответственно (Shams, 2018). При сборе урожая наибольшая масса сухого вещества (192,3 г/м²) была при применении полного комплекса минеральных удобрений (Gulati, 2021). Использование гиббереллиновой кислоты в концентрации 200 мг/л на пшенице показало хорошие результаты в улучшении роста растений и на накопление сухого вещества (AL-Huqail, 2023). Наибольшая масса сухого вещества пшеницы была при применении 100 ppm гиббереллиновой кислоты (Moumita, 2017).

В 2023 году при оценке накопления сухого вещества растениями пшеницы наблюдалась похожая зависимость, как и в 2022 году по вариантам опытов (таблица 10). Наибольшая масса сухого вещества (0,38 г на 30-й день после посева) была при использовании 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G, 200-120-90 кг/га NPK + 20 г/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G. Это было статистически существенно по сравнению с контролем, 20 г/га G, 40 г/га, но существенных различий с остальными вариантами не было. Отмечено, что

большее накопление сухого вещества яровой пшеницей (3,24 г и 4,88 г) на 60 и 90-й день после посева было в варианте 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G, чуть меньше, но сопоставимо в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (3,22 г и 4,87 г). Эти значения были значительно выше, чем в контроле и не имели существенного различия вариантов 9 - 12. После уборки (120 день) накопление сухого вещества было больше при применении 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (5,78 г), что статистически существенно по сравнению с контролем и другими вариантами, за исключением варианта 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G (5,76 г). По сравнению с контрольным вариантом накопление сухого вещества растениями после уборки пшеницы по вариантам опытов с 2 по 12 была больше на, %: 6,6, 20,2, 32,4, 33,8, 36,6, 46,0, 47,9, 60,1, 46,8, 49,9 и 59,6.

Подобные результаты по накоплению сухого вещества растениями отмечены разными исследователями. Комплексное применение удобрений (NPK) способствует большему накоплению сухого вещества, относительно контроля и низких, несбалансированных доз удобрений (Siddiqui, 2008; Manzoor et al., 2018; Jiang et al., 2006, Kizilgoz, Sakin, 2013; Kizilgoz, Sakin, 2010). Установлено, что увеличение доз азотных удобрений до 100 кг/га, способствует увеличению биомассы растений и, соответственно, способствует накоплению сухого вещества (Alemu, 2018). Применение высокого уровня калийных удобрений (312 кг/га) увеличило накопление сухого вещества растениями пшеницы по сравнению с низкими уровнями калия (39 кг/га) на 78% (Baque et al., 2006). Наибольшее накопление сухого вещества пшеницей было получено при внесении 150 и 180 кг/га азота (Duan, et al., 2014). Наивысшее содержание сухого вещества в растениях яровой пшеницы (8,53 г, 15,0 г, 21,44 г и 26,83 г) было при применении 100-200 ppm гиббереллина (Islam, 2013, Moumita, 2017).

Таблица 10 - Влияние различных доз минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) на накопление сухого вещества растениями яровой пшеницы в 2023 г., г

№ п/п	Вариант	Период вегетации растений, дни			
		30	60	90	120
1	Контроль	0,23	2,20	3,23	3,61
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	0,25	2,29	3,69	3,85
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	0,27	2,35	3,83	4,34
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	0,35	2,69	4,14	4,78
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	0,36	2,71	4,20	4,83
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	0,36	2,73	4,28	4,93
7	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	0,37	2,92	4,45	5,27
8	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	0,37	3,06	4,69	5,34
9	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	0,38	3,22	4,87	5,78
10	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	0,37	2,94	4,49	5,30
11	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	0,38	3,09	4,63	5,41
12	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	0,38	3,24	4,88	5,76
НСР ₀₅		0,05	0,15	0,20	0,21

Влияние минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) на накопление сухого вещества растениями пшеницы в 2024 г. представлено в таблице 11. Аналогично, как и 2022 – 2023 гг. в варианте

160-90-60 кг/га NPK + 40 г/кг G была наибольшей масса сухого вещества, которая изменялась с 0,38 г на 30 день до 5,79 г на 120 день.

Таблица 11 - Влияние различных доз минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) на накопление сухого вещества растениями яровой пшеницы в 2024 г., г

№ п/п	Вариант	Период вегетации растений, дни			
		30	60	90	120
1	Контроль	0,21	2,15	3,17	3,55
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	0,23	2,28	3,34	3,65
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	0,26	2,36	3,45	3,78
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	0,30	2,46	3,57	3,94
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	0,31	2,49	3,59	4,14
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	0,33	2,57	3,65	4,24
7	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	0,36	2,89	4,12	5,16
8	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	0,36	2,96	4,47	5,42
9	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	0,38	3,19	4,79	5,79
10	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	0,36	3,10	4,46	5,38
11	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	0,37	3,13	4,59	5,43
12	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	0,37	3,17	4,71	5,78
HCP ₀₅		0,04	0,15	0,18	0,20

Отмечено, что накопление сухого вещества не имело статистического различия в вариантах 9 – 12. По сравнению с контрольным вариантом накопление сухого вещества растениями после уборки пшеницы в 2024 г. по вариантам опытов с 2 по 12 была больше на 2,8 - 63,1 % благодаря применению минеральных удобрений и регулятора роста.

Для оценки фотосинтетической детальности растений и изучаемых факторов (минеральные удобрения и гиббереллин) в наших опытах была исследована площадь листьев пшеницы в течение вегетационного периода и рассчитан индекс листовой поверхности (ИЛП), который отражает суммарную поверхность всех листьев на определенной площади ($\text{м}^2/\text{м}^2$). Многие авторы отмечают, что минеральные удобрения и регуляторы роста положительно влияют на увеличения ИЛП. Установлено, что применение NPK в дозе 150-112-75 кг/га значительно увеличило площадь листа (23 и 20,5 см^2) и индекса листовой поверхности пшеницы (3,3) по сравнению с более низкими дозами удобрений NPK (Ullah et al., 2024). Наибольшая площадь листьев была обнаружена при использовании удобрений NPK в дозе 184-92-41,5 кг/га (Burhan, AL-Hassan, 2019). Максимальный индекса листовой поверхности пшеницы (2,50) был зафиксирован при использовании 80-60-30 кг/га NPK, в то время как минимальный индекс площади листьев (2,23) был при низком уровне 40-30-30 кг/га NPK (Rehman et al., 2010), такую же зависимость действия минеральных ударений на ИЛП отмечают Ullah (2013), Терехова, Скородинский, (2024). Применение гиббереллиновой кислоты в концентрации 450 мг/л положительно влияло на увеличении ИЛП пшеницы в течение двух сезонов исследования (Alhaidary, Ahmed, 2017).

В ходе исследований было установлено, что в 2022 – 2023 гг. ИЛП имели общую похожую зависимость действия минеральных удобрений и

регулятора роста по вариантам опыта, данные представлены в приложении А и Б.

Таблица 12 - Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на ИЛП яровой пшеницы в 2024 г., м²/м²

№ п/п	Вариант	Период вегетации растений, дни		
		30	60	90
1	Контроль	0,80	1,71	2,82
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	0,87	1,77	2,91
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	0,89	1,85	2,95
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	0,97	2,11	3,37
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	1,00	2,14	3,42
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	1,01	2,15	3,46
7	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	1,03	2,17	3,66
8	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	1,04	2,20	3,91
9	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	1,06	2,26	4,08
10	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	1,05	2,18	3,97
11	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	1,05	2,21	4,01
12	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	1,06	2,26	4,09
НСР ₀₅		0,05	0,08	0,18

В 2024 г. было больше выпадение осадков, лучшая увлажненность почвы и растений во время вегетации, поэтому значения ИЛП у пшеницы было несколько больше, хотя сохранил такую же зависимость, как 2022 г. и 2023 г. Данные, полученные во время полевого опыта 2024 г., по изучению ИЛП представлены в таблице 12.

ИЛП увеличивался по мере увеличения доз минеральных удобрений в вариантах опыта. В вариантах 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G и 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га значение показателя было выше относительно других вариантов с удобрениями и контролем, который составил на 30-й –1,06, на 60-й –2,26 и на 90-й –4,09. Однако существенных различий не было отмечено в вариантах 8 - 12 на 60-й и 90-й день после посева. Повышение ИЛП по вариантам опыта с 2 по 12 относительно контроля на 90-й день после посева составил, %: 3,2, 4,6, 19,5, 21,3, 22,7, 29,8, 38,7, 44,7, 40,8, 42,2 и 45,0.

В наших исследованиях была оценена скорость роста растений (AGR), которая характеризует изменение накопление сухой массы растениями (сухого вещества) с определенной площади посева за период времени, (г/м²·день). Скорость роста растений играет важную роль в развитие сельскохозяйственных культур, на нее сильно влияют температура воздуха, свет, обеспечение питательными веществами растений и стрессовые факторы окружающей среды: засоленность или повышенная кислотность почв, переувлажненность вегетационного периода или засуха и другие.

Многие исследователями отмечено, что применение различных комбинации минеральных удобрений и регуляторов роста влияет на скорость роста растений (Samimi, Thomas, 2016, Bangre, 2020, Verma, 2022,). Установлено, что применение удобрений NPK в дозе 150-120-90 кг/га значительно увеличило скорость роста растений пшеницы на 90-й день 31,64 - 40,96 г/ м²·день (Nadim, 2016). На 50-60 день после посева наибольшая

скорость роста растений (6,47 -6,34 г/ м²·день) была при использовании 20-40 г/га гиббереллиновой кислоты (Islam, 2013, 2014, Alharby, 2021).

Данные о скорости роста яровой пшеницы, на которую влияли различные дозы минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) в течение трех лет эксперимента с 2022 по 2024 гг., представлены в таблице 13.

В 2022 г. все дозы минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста значительно влияли на скорость роста растений по сравнению с контролем на ранних стадиях роста растений, т.е. в период с 30 до 60 день после посева, и на более поздних стадиях роста, т.е. с 60 до 90 день после посева. В эти периоды максимальная скорость роста растений (9,30 и 56,33 г/м²·день) была при использовании 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G. Эти варианты и также 160-90-60 кг/га NPK + 20 г/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 20 г/га G, были значительно выше по сравнению с контролем и всеми другими дозами минеральных удобрений и регулятора роста. Относительно контроля по вариантам опыта с 2 по 12 скорость роста растений пшеницы увеличивалась на 60-90 день после посева, %: 20,6, 26,5, 35,3, 50,0, 44,1, 47,1, 52,9, 64,7, 38,2, 47,1 и 64,7.

В 2023 и 2024 гг. по данным таблицы 13, скорость роста растений имела похожую зависимость действия разных доз минеральных удобрений и гиббереллина. Все варианты имели существенное различие относительно контроля, самыми эффективными оказались варианты 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G. Относительно контроля по вариантам опыта с 2 по 12 скорость роста растений пшеницы увеличивалась на 60-90 день после посева в 2024 г., %: 5,2, 7,4, 9,6, 9,8, 7,8, 21,8, 47,0, 57,0, 32,2, 43,6 и 50,8.

Таблица 13 - Влияние различных доз минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста на скорость роста растений яровой пшеницы в 2022 - 2024 гг., г/м²·день

Вариант	2022 г.		2023 г.		2024 г.	
	Период вегетации растений, дни					
	30-60	60-90	30-60	60-90	30-60	60-90
Контроль	6,60	34,10	6,68	34,77	6,50	34,12
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	6,72	41,12	6,89	47,15	6,83	35,89
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	6,92	43,18	6,91	49,55	7,0	36,65
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	7,71	46,27	7,85	49,78	7,25	37,38
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	7,52	51,26	7,97	49,97	7,31	37,46
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	7,95	49,43	7,98	52,0	7,55	36,77
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	8,60	50,22	8,55	51,0	8,47	41,55
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	8,81	52,21	9,0	54,37	8,75	50,15
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	9,30	56,33	9,46	55,55	9,43	53,56
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	8,92	47,24	8,68	52,18	9,15	45,10
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	9,10	50,14	9,10	52,16	9,24	49,0
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	9,30	56,15	9,55	55,29	9,30	51,45
НСП ₀₅	0,42	2,06	0,45	2,18	0,47	2,15

Кущение определяет количество колосьев на растении, что является важной агрономической характеристикой для урожайности зерна. Исследователи отмечают, что минеральные удобрения способствуют увеличению кущения растений пшеницы (Niamatullah, 2011, Vishwakarma et al., 2020), в статье Malghani (2010) установлено повышение кущения при применении 175-150-125 кг/га NPK, которое составило 467 шт./м², при применении 150-125-100 и 200-150-125 кг/га NPK кущение составило 459 и 442 шт./м².

В наших исследованиях количество продуктивных побегов (кущение) яровой пшеницы на фоне применения минеральных удобрений и гиббереллина, представлено в таблице 14. В среднем за три года исследований отмечено, что

Таблица 14 - Влияние различных доз минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста на количество продуктивных побегов (кущение) яровой пшеницы, шт./ м²

№ п/п	Вариант	годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	315,7	319,7	303,7	313,0
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	326,7	326,3	327,0	326,7
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	331,3	330,3	332,3	331,3
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	339,7	341,7	335,0	338,8
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	339,8	342,3	336,7	339,6
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	342,7	343,7	337,0	341,1

Продолжение таблицы 14

№ п/п	Вариант	годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	344,3	346,0	347,0	345,8
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	350,0	348,0	352,0	350,0
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	362,0	355,3	360,3	359,2
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	351,3	353,7	353,7	352,9
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	354,7	354,0	355,3	354,7
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	362,3	359,0	361,0	360,8
НСР ₀₅		14,2	14,2	14,0	14,1

количество кущение пшеницы во всех вариантах полевого опыта было больше относительно контроля, кроме варианта применения только гиббереллина в дозе 20 г/га (вариант 2). Это показатель был выше в вариантах 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G (362,3, 359,0, 361,0 шт./ м² соответственно 2022-2024 гг.) и 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (362,0, 355,3, 360,3 шт./ м² соответственно 2022-2024 гг.) относительно контроля. Однако статистической существенной разницы между этими вариантами не было. Можно отметить, что относительно контроля по вариантам с 2 по 12 данный показатель увеличивался в среднем за три года исследований, %: 4,4, 5,8, 8,2, 8,5, 8,9, 10,5, 11,8, 14,8, 12,7, 13,3, 15,3.

После уборки урожая были произведены подсчеты морфологических показателей растений пшеницы в годы исследований: количество колосьев на 1 м², количество колосков в колосе, шт., количество зерен в колосе, шт., длина

колоса, см, а также масса зерна в колосе и масса 1000 зерен, г, в таблице 15, 16 представлены средние значения за три года исследований, приложениях В – 3 по каждому году отдельно.

Таблица 15 – Действие минеральных удобрений и гиббереллина на морфологические показатели растений пшеницы, средние значения 2022 – 2024 гг.

№ п/п	Вариант	Показатель			
		Количество колосьев шт./м ²	Количество колосков в колосе, шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Длина колоса, см
1	Контроль	236,1	14,8	32,7	6,7
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	245,5	15,5	35,4	7,4
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	248,2	16,2	36,5	7,9
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	256,4	18,0	40,2	9,6
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	259,7	18,4	42,5	9,7
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	261,1	18,8	44,0	10,0
7	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	269,0	19,5	45,8	10,7
8	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	276,8	20,4	47,4	11,0
9	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	289,4	21,3	48,6	11,5
10	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	270,4	20,3	47,2	10,7
11	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	277,8	20,7	48,3	11,1
12	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

Результаты многочисленных исследований подтверждают положительное влияние минеральных удобрений на морфологические показатели растений, дозы рекомендуемых удобрений варьируют в зависимости от типа почв и климатических условий конкретного региона выращивания пшеницы (Семенова, 2018, Жеруков, 2019, Барковская, 2022, Hossain, 2002, 2009, Malghani, 2010, Ati, 2012, 2016, Pearce, 2013, Motmainna, 2014, Mandic, 2015, Maurya, 2015, Jan Agha, 2016, Laghari, 2016, Jaddoa, 2017, Shams, 2018, Stefanova-Dobrev, Muhova, 2020, Abdalla, 2021, Sultanov, 2021, Chinmay, 2024, Ramnath, 2024, Ullah, 2024).

В наших исследованиях установлено, что количество колосьев на 1 м² положительно увеличилось благодаря применению различных доз минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) относительно контроля. По средним данным за три года этот показатель был больше в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (289,4 шт./ м²), чуть меньше значение было в вариантах 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), что статистически не существенно. Остальные варианты существенно отличались от данных вариантов и контроля.

Подсчет количества колосков в колосе пшеницы показало похожий результат, что и количество колосьев на растении. Во всех вариантах наблюдалась увеличение количества колосков пшеницы, что было статистически существенных 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.

Количество зерен в колосе может принимать различные значения в зависимости от сорта, густоты посева и применяемой технологии выращивания. Повышение доз минеральных удобрений и применение гиббереллина в среднем увеличило значение данного показателя. Относительно контроля по вариантам

опыта с 2 по 12 количество зерен в колосе повысилось на, %: 8,3, 11,6, 22,9, 30,0, 34,6, 40,1, 45,0, 48,6, 44,0, 47,7, 48,6.

Длина колоса пшеницы может варьировать у разных сортов культуры, однако она значительно может меняться в зависимости от технологии выращивания и погодных условий. В годы исследований в Афганистане наблюдалась засуха, однако своевременный полив растений, применение полного комплекса минеральных удобрений и обработка растений гиббереллином оказала положительный эффект на данный показатель. 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).

Масса зерна в колосе является важной структурой морфологических показателей растений, которая характеризует урожайность культуры. Показатель масса 1000 зерен, определяет качество посевного материала и возможность дальнейшего использования зерна. В наших исследованиях (таблица 16) отмечено, что относительно контроля масса зерен в колосе была больше на 0,17 – 1,11 г по вариантам опытов, большее значение показателя было в вариантах 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (2,73 г) и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G (2,70 г). Масса 1000 семян варьировала с 37,5 до 47,1 г. Относительно контроля она увеличивалась по вариантам на 1,3 – 9,6 г, следовательно, увеличение доз применяемых удобрений, значительно влияло на данный показатель. Варианты 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (47,1 г) и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G (46,4 г) имели наибольшие значения массы 1000 семян пшеницы.

Таблица 16 – Действие минеральных удобрений и гиббереллина на массу зерна пшеницы, средние значения 2022 – 2024 гг.

№ п/п	Вариант	Показатель	
		Масса зерна в колосе, г	Масса 1000 зерен, г
1	Контроль	1,62	37,5
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	1,79	38,8
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	1,83	40,0
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	2,01	42,7
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	2,10	43,8
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	2,13	44,8
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	2,23	45,3
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	2,55	46,4
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	2,73	47,1
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	2,35	45,7
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	2,56	46,4
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	2,70	46,4
НСР ₀₅		0,08	1,74

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 комбинаций применяемых удобрений, регуляторов роста растений, средств защиты растений, агротехнических приемов и т.д.) является получение высоких урожаев и качественной продукции. Результаты исследователей подтверждают, что применение комплекса минеральных удобрений (NPK) в разных почвенно-климатических зонах позволяет получить высокие и стабильные урожаи пшеницы (Амиров, 2013, Дербунов, 2024, Srivastava, 2010, Singh, 2019, 2022, Patel, 2023).

Ожередоваи, Есаулко, (2019) сообщают, что самый высокий урожай пшеницы (7,5 т/га) был получен при использовании 186-95-45 кг/га NPK. Использование минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ значительно увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 0,35-0,46 т/га для всех изученных сортов яровой пшеницы по сравнению с контрольным вариантом (Прокопенкова, Никифоров, 2014). В южных регионах Афганистана высокий урожай озимой пшеницы (4093 кг/га) был получен при использовании удобрений NPK в дозе 140-60-60 кг/га (Belorukhov, Seregina, Nuri, 2024).

В наших исследованиях был произведен подсчет урожайности зерна (таблица 17, рисунок 5), соломы (таблица 18, рисунок 5) и общий урожай растений (приложение И).

В 2022 году отмечена наибольшая урожайность яровой пшеницы в вариантах 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G – 4,2 т/га. Эти варианты были статистически схожи, но значительно превосходили контроль и другие варианты.

Таблица 17 - Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на урожайность зерна яровой пшеницы, т/га

№ п/п	Вариант	Годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	1,8	1,9	1,8	1,8
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	2,1	2,1	2,1	2,1
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	2,2	2,2	2,3	2,2
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	2,7	2,7	2,8	2,7
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	2,8	2,8	2,8	2,8
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	3,1	3,2	3,2	3,2
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	3,2	3,6	3,9	3,6
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	4,1	4,3	4,4	4,3
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	4,2	4,6	4,7	4,5
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	3,7	3,7	4,2	3,8
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	4,1	3,8	4,4	4,1
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	4,2	4,3	4,7	4,4
НСР ₀₅		0,2	0,2	0,1	0,2

В 2023 году в целом на полевом опыте урожайность зерна на разных вариантах была больше, чем 2022 году, сохранилась та же зависимость, более

эффективные оказались 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (4,6 т/га) и 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G (4,3 т/га). В 2024 году в тех же вариантах урожайность зерна была выше контроля и других делянок: 4,7 т/га в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G и в варианте 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G.

В среднем за три года исследований по вариантам с 2 по 12 опыта относительно контроля урожайность зерна увеличивалась на, т/га: 0,3, 0,4, 0,9, 1,0, 1,4, 1,8, 2,5, 2,7, 2,0, 2,3, 2,5.

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 в целом положительно влияет не только на урожай зерна, но и соломы (Гулиева, 2020, Islam, 2014, Leghari, 2016, Jan agha, 2016, Vishwakarma, 2020, Trivedi, 2020, Kumari, 2021). Применение минеральных удобрений (NPK) в дозах 200-140-100 и 250-175-125 кг/га обеспечило максимальный урожай соломы яровой пшеницы (Кадиров, 2022). Наивысший урожай соломы пшеницы был при использовании 150% рекомендованной дозы NPK и регулятора роста (Ramnath, Verma, 2024).

За три года исследований можно отметить, что урожайность соломы, как и зерна, увеличивалась с повышением доз минеральных удобрений и гиббереллина (таблица 18). В среднем с 2022 по 2024 гг. относительно контроля по вариантам полевого опыта с 2 по 12 урожайность соломы увеличивалась на, т/га: 0,3, 0,4, 1,9, 2,1, 2,5, 3,6, 4,1, 5, 4,1, 4,6, 4,8. Самая высокая урожайность соломы была в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G (8,6 т/га).

Таблица 18 - Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на урожайность побочной продукции (соломы) яровой пшеницы, т/га

№ п/п	Вариант	Годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	3,7	3,7	3,4	3,6
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	3,9	3,8	3,9	3,9
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	4,0	4,0	4,0	4,0
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	6,5	5,7	4,4	5,5
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	6,6	5,8	4,8	5,7
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	7,0	5,9	5,3	6,1
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	7,3	7,1	7,2	7,2
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	7,6	7,6	7,8	7,7
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	8,5	8,6	8,6	8,6
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	7,7	7,1	8,2	7,7
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	8,2	7,9	8,4	8,2
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	8,3	8,2	8,6	8,4
НСР ₀₅		0,3	0,3	0,3	0,3

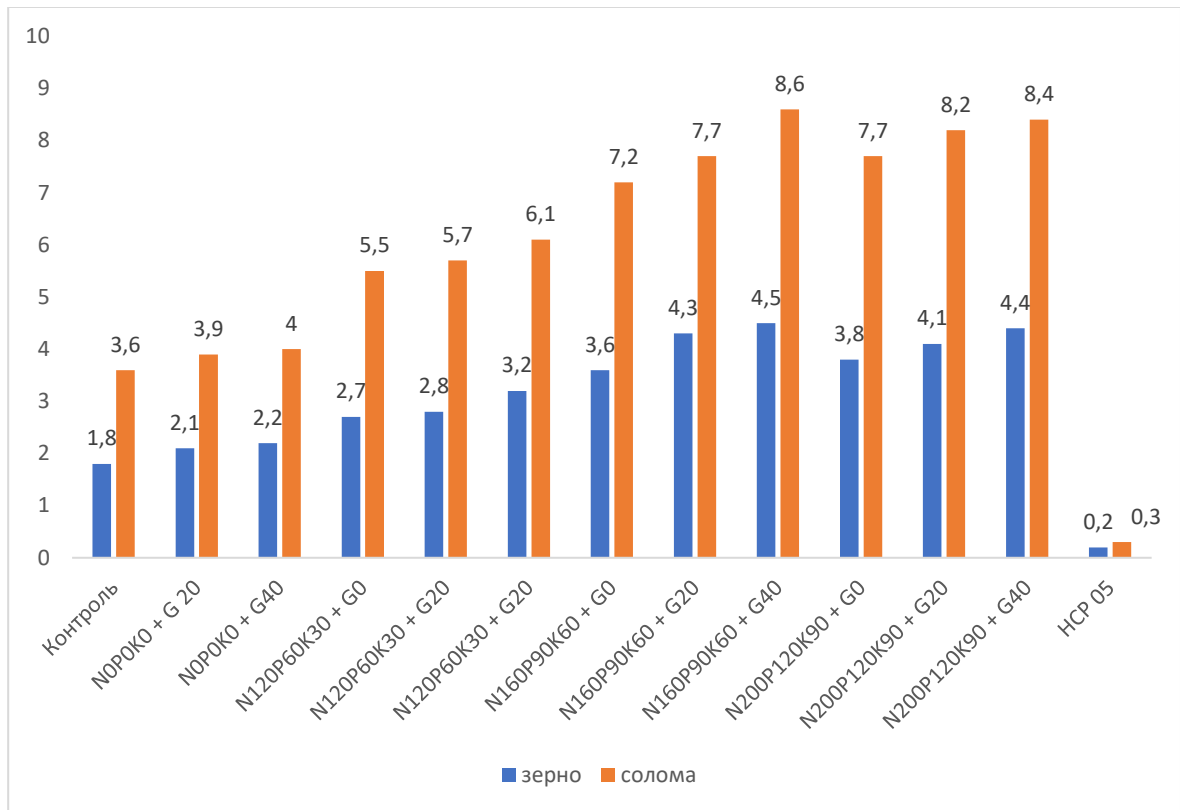


Рисунок 5 – Урожайность яровой пшеницы на фоне применения минеральных удобрений и гиббереллина, средние значения 2022-2024 гг., т/га

3.3 Содержание и вынос основных элементов питания с урожаем пшеницей

Общеизвестно, что минеральные удобрения оказывают положительное действие на накопление основных химических элементов (NPK) растениями. Однако поглощение основных элементов питания культурами во многом зависит от вида, сорта, климатических условий вегетационного периода, типа и механического состава почв, стресс факторов: засуха, заморозки, вредители и 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 G, в данных вариантах накопление азота было больше всего: 2,08 – 2,44 % в зерне и 0,45 – 0,46 % в соломе (таблица 19).

Таблица 19 -Содержание азота в зерне и соломе яровой пшеницы при применении минеральных удобрений и гиббереллина *, %

№ п/п	Вариант	годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	1,14/0,25	1,09/0,22	1,12/0,20	1,12/0,22
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	1,16/0,27	1,17/0,23	1,14/0,22	1,16/0,24
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	1,19/0,26	1,21/0,25	1,19/0,24	1,20/0,25
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	1,35/0,34	1,33/0,31	1,31/0,29	1,33/0,31
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	1,37/0,35	1,39/0,33	1,38/0,33	1,38/0,34
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	1,38/0,37	1,44/0,35	1,42/0,34	1,42/0,35
7	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	1,52/0,41	1,51/0,39	1,49/0,38	1,51/0,39
8	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	1,87/0,46	1,88/0,44	1,88/0,43	1,88/0,44
9	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	2,41/0,48	2,40/0,46	2,44/0,45	2,42/0,46
10	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	1,77/0,42	1,78/0,41	1,78/0,42	1,78/0,42
11	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	1,80/0,44	1,80/0,44	1,80/0,43	1,80/0,44
12	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	2,07/0,47	2,08/0,45	2,08/0,44	2,08/0,45
НСР ₀₅		0, 09-0,10			

*В числителе содержание азота в зерне, в знаменателе содержание азота в соломе

Увеличение доз вносимых удобрений способствовало накоплению азота в зерне и соломе, а совместное применение гиббереллина и удобрений в

большинстве вариантах не имело существенного различия. В среднем за три года с варианта 2 по 12 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. Анализ данных по содержанию фосфора в зерне пшеницы (таблица 20)

Таблица 20 -Содержание фосфора в зерне и соломе яровой пшеницы при применении минеральных удобрений и гиббереллина *, %

№ п/п	Вариант	годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	1,74/0,15	1,40/0,14	1,35/0,13	1,50/0,14
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	1,78/0,19	1,52/0,17	1,37/0,16	1,56/0,17
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	1,80/0,21	1,59/0,18	1,38/0,19	1,59/0,19
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	2,13/0,24	1,95/0,24	1,87/0,23	1,98/0,24
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	2,15/0,27	1,99/0,24	1,93/0,24	2,02/0,25
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	2,16/0,29	2,08/0,28	2,11/0,27	2,12/0,28
7	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	2,34/0,32	2,27/0,29	2,26/0,30	2,29/0,30
8	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	2,42/0,34	2,48/0,32	2,45/0,31	2,45/0,32
9	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	2,77/0,42	3,22/0,39	2,97/0,38	2,99/0,40
10	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	2,66/0,38	2,68/0,34	2,66/0,35	2,67/0,35
11	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	2,74/0,41	2,75/0,40	2,59/0,38	2,69/0,40
12	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	2,69/0,41	2,77/0,33	2,68/0,39	2,71/0,38
НСР ₀₅		0,10 – 0,12			

*В числителе содержание фосфора в зерне, в знаменателе содержание фосфора в соломе

при применении различных доз минеральных удобрений и регулятора роста показал значительные колебания. Максимальное содержание фосфора в зерне яровой пшеницы (2,77%, 3,22% и 2,97%) 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 с варианта 2 по 12 относительно контроля, содержание фосфора увеличивалось на 0,06-1,49 % в зерне, 0,03-0,26 % в соломе.

Калий – элемент, который не менее важен, чем азот и фосфор. В почвах запасы данного элемента обычно больше, чем других элементов, однако при нарушении калийного питания растений нарушается рост растений, происходит плохое развитие корневой системы, в конечном счете, влияет на качество получаемой продукции культур (Кулеш, 2023). Калий больше накапливается в соломе, так как содержание калия в молодых побегах, стеблях и листьях больше. В наших исследованиях (таблица 21) калия больше накапливалась в зерне (0,49 %) и соломе (2,97 %) пшеницы в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G.

Таблица 21 -Содержание калия в зерне и соломе яровой пшеницы при применении минеральных удобрений и гиббереллина *, %

№ п/п	Вариант	годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	0,32/1,73	0,32/1,66	0,29/1,64	0,31/1,68
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	0,39/1,74	0,33/1,68	0,32/1,69	0,35/1,70
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	0,40/1,77	0,35/1,71	0,33/1,70	0,36/1,73
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	0,42/1,84	0,39/1,76	0,38/1,73	0,40/1,78
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	0,43/1,88	0,41/1,81	0,40/1,82	0,41/1,84

Продолжение таблицы 21

№ п/п	Вариант	годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	0,45/1,94	0,43/1,92	0,42/1,93	0,43/1,93
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	0,47/2,11	0,45/2,08	0,43/2,06	0,45/2,08
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	0,48/2,28	0,47/2,24	0,45/2,36	0,47/2,29
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	0,51/3,57	0,49/2,67	0,48/2,66	0,49/2,97
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	0,46/2,66	0,46/2,57	0,44/2,59	0,45/2,61
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	0,49/2,76	0,50/2,66	0,47/2,64	0,49/2,69
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	0,48/2,40	0,47/2,64	0,46/2,65	0,47/2,56
НСР ₀₅		0,12 – 0,13			

*В числителе содержание калия в зерне, в знаменателе содержание калия в соломе

В среднем за три года с варианта 2 по 12 относительно контроля содержание калия увеличивалось на 0,04 – 0,18 % в зерне, 0,02 – 1,29 % в соломе. В варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G накопление калия было больше остальных вариантов и относительно контроля выше на 1,29 % в соломе, 0,18 % в зерне.

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).

Расчет выноса азота основной и побочной продукцией показал в годы исследований 2022 – 2024 гг. (таблица 22), что наиболее высокий вынос был в

**Таблица 22 - Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на
вынос азота яровой пшеницей, кг/га**

№ п/п	Вариант	годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	30,3	28,3	27,4	28,7
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	34,5	32,9	32,3	33,3
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	37,0	36,9	36,3	36,7
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	58,6	54,0	49,1	53,9
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	61,9	58,0	54,8	58,2
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	68,3	66,5	64,0	66,2
7	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	78,0	81,6	85,5	81,7
8	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	112,4	113,5	116,7	114,2
9	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	141,0	150,5	154,0	148,5
10	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	97,0	94,1	108,0	99,9
11	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	109,9	103,7	115,8	109,8
12	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	124,7	125,8	134,6	128,4
НСП ₀₅		4,3	4,4	4,4	4,4

вариантах с большой урожайностью яровой пшеницы: 160-90-60 кг/га NPK + 40 кг/га G (141, 150,5 и 154 кг/га) и 200-120-90 кг/га NPK + 40 кг/га G (124,7, 125,8

и 134,6 кг/га), что больше на 96-112,3 кг/га в 2022 г., на 97,1 – 121,8 кг /га в 2023 г. и 105,9 – 125,3 кг/га в 2024 г. относительно контроля. Установлено, что относительно контроля по всем вариантам полевого опыта с 2 по 12 за три года исследований вынос азота повышался на, кг/га: 4,6, 8,0, 25,2, 29,6, 37,6, 53,0, 85,5, 119,8, 71,2, 81,1, 99,7.

Вынос фосфора, как и азота, закономерно повышается с увеличением доз вносимых удобрений под яровую пшеницу (таблица 23), 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 с 2 по 12 за три года исследований вынос фосфора повышался на, кг/га: 6,3, 10,6, 34,7, 38,8, 51,3, 70,2, 96,8, 136,1, 96,6, 110,3, 117. Больше всего вынос фосфора 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).

Таблица 23 - Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на вынос фосфора яровой пшеницей, кг/га

№ п/п	Вариант	годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	37,6	31,1	29,3	32,7
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	44,3	37,8	34,8	39,0
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	48,7	42,6	38,6	43,3
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	73,2	67,0	62,0	67,4
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	78,6	69,7	66,1	71,5
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	86,6	82,7	82,5	84,0

Продолжение таблицы 23

№ п/п	Вариант	годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	97,4	101,5	109,9	102,9
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	126,1	129,9	132,5	129,5
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	150,8	182,4	173,1	168,8
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	126,5	122,0	139,3	129,3
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	146,1	137,0	145,9	143,0
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	145,5	145,4	158,2	149,7
НСР ₀₅		4,5	4,7	4,8	4,7

Вынос калия (таблица 24) по всем вариантам с применением удобрений и регулятора роста был существенно больше относительно контроля (кроме варианта с применением только гиббереллина в дозе 20 г/га) 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 кг/га G и 234,8 кг/га в варианте 200-120-90 кг/га NPK + 40 кг/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 с 2 по 12 за три года исследований вынос калия повышался на, кг/га: 6,3, 10,2, 43,2, 50,6, 64,7, 99,4, 129,6, 208,9, 150,5, 172,8, 168,4.

В наших исследованиях также был рассчитан удельный вынос, который определяет потребность растений в элементах питания, данные по нему

представлены в приложении К, по которым также как и при расчете общего (хозяйственного) выноса видно, что самое высокое потребление элементов питания растениями яровой пшеницы происходит в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 кг/га G.

Таблица 24 - Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на вынос калия яровой пшеницей, кг/га

№ п/п	Вариант	годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	70,1	67,7	61,4	66,4
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	75,1	71,3	71,8	72,7
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	79,2	75,5	74,9	76,6
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	131,3	110,3	87,2	109,6
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	137,0	115,6	98,3	117,0
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	149,8	127,1	116,2	131,1
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	168,3	164,3	164,7	165,8
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	193,4	190,0	204,4	196,0
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	324,0	251,0	250,9	275,3
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	221,1	199,5	230,2	216,9
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	245,4	229,6	242,7	239,2
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	218,2	237,1	249,3	234,8
НСР ₀₅		8,1	7,6	7,7	7,8

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). Для определения качества зерна пшеницы существует много различных показателей от простейшей оценки по ГОСТ Р 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия», по которому определяют посевное и сортное качество до более сложной оценки по ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия». По данному ГОСТу устанавливают продовольственное качество зерна: массовая доля белка (%), содержание клейковины (%), качество клейковины (ИКД), число падения (с), стекловидность (%), натура (г/л) и др. Для мукомольного производства и пекарного дела самым важным показателем является содержание клейковины. Все показатели по данному ГОСТу определяют класс зерна и возможность использования его в пищевой промышленности (Санаев, 2022).

По данным исследований содержание белка в зерне пшеницы значительно изменялось при применении удобрений и гиббереллина относительно контроля (таблица 25). При увеличении доз, вносимых под культуру удобрений и применения гиббереллина, этот показатель увеличивался 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 %. При применении удобрений в дозе 160-90-60 кг/га NPK и гиббереллина 40 г/га отмечено самое высокое содержание белка 11,3% - 15,2 % (среднее 13,8 %). Другие варианты значительно уступали по содержанию белка в зерне, в вариантах с 1 по 7 – 4- 9,1 %, что можно

характеризовать очень низкое содержание, в вариантах 8, 10, 11, 12 – 10,1- 11,9 % возможно использование для хлебопекарных целей с добавлением в муку более «сильных» сортов пшеницы. Однако для того, чтобы оценить возможность использования зерна пшеницы для хлебопекарных целей, необходимо учитывать и другие показатели.

Таблица 25 – Содержание белка в зерне пшеницы, % на абсолютно сухое вещество

№ п/п	Вариант	годы исследований				
		2022	2023	2024	Среднее	прибавка относительно контроля
1	Контроль	4,1	4,0	4,0	4,0	-
2	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	4,5	4,6	4,6	4,6	0,6
3	N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	6,7	7,4	5,7	6,6	2,6
4	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	7,9	7,5	6,7	7,4	3,4
5	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	8,2	7,5	7,8	7,8	3,5
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	8,5	8,2	8,6	8,4	4,4
7	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	10,1	8,4	8,7	9,1	5,1
8	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	12,7	10,5	9,0	10,7	6,7
9	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	15,2	11,3	14,8	13,8	9,8
10	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	11,8	9,1	9,4	10,1	6,1
11	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	12,4	9,2	9,4	10,3	6,3
12	N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	12,0	11,3	12,6	11,9	7,9
НСР ₀₅		0,8 – 1,0				-

Клейковина или «gluten» (глютен) пшеницы характеризует главным образом пекарные свойства, белки этой группы (проламины и глутелины) обладают хорошей вязкостью, эластичностью, клейкими свойствами, что способствует увеличению в объеме теста, сохранению формы хлеба (Малкандуев, 2022).

Содержание клейковины в зерне (таблица 26) за три года исследований

Таблица 26 - Содержание клейковины в зерне пшеницы, % на абсолютно сухое вещество

№ п/п	Вариант	Годы исследований				
		2022	2023	2024	Среднее	прибавка относительно контроля
1	Контроль	13,8	14,1	14,4	14,1	-
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	14,1	14,4	14,6	14,4	0,3
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	14,6	14,6	14,8	14,7	0,6
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	15,3	15,3	15,4	15,3	1,2
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	17,8	17,8	17,9	17,8	3,7
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	17,1	17,4	17,4	17,3	3,2
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	17,4	17,6	17,8	17,6	3,5
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	19,3	19,4	19,4	19,4	5,3
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	23,5	23,6	23,7	23,6	9,5
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	18,7	18,7	18,8	18,7	4,6
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	20,5	20,5	20,6	20,5	6,4
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	22,5	22,7	22,8	22,7	8,6
НСР ₀₅		0,9 – 1,0				-

менялось по вариантам опыта с значения 14,1 % в контроле, что соответствует очень низкому показателю не более 5 класса зерна, и 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). В зерне содержание клейковины, как и белка постепенно увеличивалось с повышением доз удобрений. Применение гиббереллина положительно влияло на данный показатель, отмечено, что в контроле (без удобрений) с применением гиббереллина увеличивалось клейковины на 0,3 – 0,6 %, а уже на фоне удобрений и фитогормона этот показатель повышался на 2 – 6 % относительно вариантов только с удобрениями. Таким образом, совместное применение регуляторов роста растений и минеральных удобрений повышает эффективность в увеличении качества зерна, а также в целом положительное влияние на урожайность пшеницы.

Индекс деформации клейковины (ИДК), определяющий качество клейковины, является вторым важным показателем хлебопекарных свойств пшеничной муки. ИДК значительно увеличился благодаря различным дозам применяемых минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллина) (таблица 27). Высокий показатель ИДК в 2022 по 2024 гг. (89,9, 83,3 и 78,2), пшеницы был зафиксирован при использовании минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллина) в дозе 160-90-60 кг/га NPK + 40 кг/га G, что соответствует 3 классу качества, самый низкий ИДК (79,3, 75,4 и 70,7) был в контрольном варианте. Влияние удобрений и фитогормона на ИДК был на 0,3 – 8,7 ед. относительно контроля.

Зольность характеризует общее количество минеральных веществ, которое содержится в зерне. Общеизвестно, что мука высшего сорта содержит меньше макро- и микроэлементов, так как высока ее очистка от примесей. Мука, второй категории обычно имеет большую зольность.

Таблица 27 – Качество клейковины пшеницы (ИДК), ед. ИДК

№ п/п	Вариант	годы исследований				
		2022	2023	2024	Среднее	прибавка относительно контроля
1	Контроль	79,3	75,4	70,7	75,1	-
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	79,2	76,0	70,9	75,4	0,3
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	79,5	76,2	72,9	76,2	1,1
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	79,6	76,3	73,1	76,3	1,2
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	79,8	76,9	73,6	76,8	1,7
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	80,3	78,4	73,7	77,5	2,4
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	80,2	78,4	74,0	77,5	2,4
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	81,7	78,4	75,6	78,6	3,5
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	89,9	83,3	78,2	83,8	8,7
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	80,2	78,6	76,6	78,4	3,3
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	80,3	78,7	77,0	78,7	3,6
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	82,0	82,3	76,1	80,1	5,0
НСР ₀₅		3,5 – 3,6				-

В наших исследованиях мы определяли общую зольность зерна и влияние на этот показатель применяемых нами технологии выращивания яровой пшеницы (таблица 28).

Таблица 28 - Содержание золы в зерне яровой пшеницы, % на абсолютно сухое вещество

№ п/п	Вариант	Годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	1,7	1,8	1,7	1,7
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	1,8	1,8	1,7	1,8
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	1,8	1,8	1,8	1,8
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	1,8	1,8	1,8	1,8
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	1,8	1,8	1,8	1,8
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	1,8	1,8	1,8	1,8
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	1,8	1,8	1,8	1,8
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	1,9	1,8	1,8	1,8
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	1,9	1,8	1,8	1,8
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	1,8	1,8	1,8	1,8
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	1,8	1,9	1,8	1,8
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	1,9	1,8	1,8	1,8
НСР ₀₅		0,1			

Отмечено, что в среднем данный показатель был 1,7 – 1,8 %, не отмечено существенного влияние удобрений и фитогормона на зольность зерна.

Аминокислотный состав белковой части зерна пшеницы изучен многими учеными (Зенькова, 2019, Shewry, 2007, Konvalina, 2011, Laze, 2019). Орловская и др. (2023) отмечают, что проламины и глютелины - основные белки зерна пшеницы имеют в своем составе много глутаминовой кислоты и пролина. Эти аминокислоты относятся к заменимым, которые могут синтезироваться в организме человека самостоятельно, а вот незаменимых аминокислот в пшенице мало – это триптофан, треонин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, валин и фенилаланин. Многие авторы отмечают, что аминокислотный состав белка пшеницы сбалансирован только на 42 -45 % от состава «идеального» белка (Biesiekiersk, 2017).

Установлено, что минеральные удобрения и гиббереллин положительно влияли на аминокислотный состав белка зерна пшеницы (таблица 29, 30). Содержание основных заменимых аминокислот составило: глутаминовой кислоты 28,2% – 38,9 % и пролина 8,1 % – 11,5 % в среднем по всем делянкам. Относительно контроля повышалось глутаминовой кислоты в вариантах с 2 по 12 на, %: 1,9, 2,9, 5,0, 5,3, 5,5, 8,3, 9,5, 10,7, 5,7, 6,3, 7,3. Внесение удобрений значительно увеличило содержание пролина в зерне по вариантам опытов, внесение 120-60-30 кг/га NPK повысило этой кислоты на 0,9 %, внесение 160-90-60 кг/га NPK на 2,4 %, 200-120-90 кг/га NPK на 1,9 %. Аспарагиновой кислоты составило в среднем 3,2 % – 5,7 %, ее увеличивалось относительно контроля по всем вариантам опыта и составило с 2 по 12 на, %: 0,2, 0,6, 1,3, 1,4, 1,6, 1,7, 1,9, 2,5, 1,3, 1,6, 1,6. Содержание аланина в зерне имело близкие значения, что и аспарагиновой кислоты в среднем 3,9 % – 5,2 %, минеральные удобрения и гиббереллин повышали аланин на 0,2 % – 1,3 % относительно контроля. Содержание глицина в зерне было близкое с аспарагиновой кислотой и

аланином в среднем 3,7 – 5,3 %, минеральные удобрения и гиббереллин повышали глицина на 0,2 – 1,6 % относительно контроля. Содержание серина в среднем составило 2,8 – 5,6 %, в вариантах с минеральными удобрениями и гиббереллином составило на 0,7 % - 2,8 % больше относительно контроля. Содержание тирозина в среднем составило 1,9 – 2,6 %, в вариантах с минеральными удобрениями и гиббереллином составило на 0,1 % - 0,7 % больше относительно контроля. Внесение удобрений увеличило содержание цистина в зерне по вариантам опытов, внесение 120-60-30 кг/га NPK повысило на 0,1 %, внесение 160-90-60 кг/га NPK на 0,3 %, 200-120-90 кг/га NPK на 0,2 % относительно контроля.

Таблица 29 - Содержание заменимых аминокислот в зерне яровой пшеницы, среднее значения 2022-2024 гг., % *

Вариант	Аминокислоты							
	Глу	Про	Асп	Ала	Гли	Сер	Тир	Цис
Контроль	28,2	8,1	3,2	3,9	3,7	2,8	1,9	0,2
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	30,1	8,1	3,3	4,0	3,9	2,8	1,9	0,2
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	31,1	8,3	3,8	4,0	3,9	2,9	1,9	0,2
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	33,2	9,0	4,5	4,1	4,3	3,5	2,0	0,3
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	33,5	9,1	4,6	4,5	4,5	3,8	2,1	0,3
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	33,7	9,3	4,8	4,8	4,6	3,9	2,2	0,3

Продолжение таблицы 29

Вариант	Аминокислоты							
	Глу	Про	Асп	Ала	Гли	Сер	Тир	Цис
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	36,5	10,5	4,9	4,8	4,7	4,0	2,5	0,5
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	37,7	10,5	5,1	4,9	4,9	4,5	2,5	0,5
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	38,9	11,5	5,7	5,2	5,3	5,6	2,6	0,5
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	33,9	10,0	4,5	4,3	4,8	5,0	2,3	0,3
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	34,5	10,1	4,8	4,3	4,9	5,1	2,3	0,4
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	35,5	10,3	4,8	4,5	5,0	5,1	2,4	0,4
НСР ₀₅	1,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,01

*Ала — аланин, Асп — аспарагиновая кислота, Гли — глицин, Глу — глутаминовая кислота, Про — пролин, Сер — серин, Тир — тирозин, Цис — цистин.

Незаменимых аминокислот в белке зерна пшеницы в среднем не больше 10 %. Нами было определено 9 незаменимых аминокислот, больше содержалось аргинина (3 – 4,7 %), лейцина (2,7 – 4,3 %) и валина (0,6 – 2,3 %), меньше фенилаланина (0,3 – 0,9 %), гистидина (0,1 – 0,2 %), изолейцина (0,1 – 0,2 %), лизина (0,1 – 0,5 %), метионина (0,1 %) и треонина (0,1 – 0,2 %) (Таблица 30). Минеральные удобрения по вариантам опыта положительно влияли на содержание незаменимых аминокислот в зерне: аргинина на 0,2 - 1,7 %, валина на 0,1 – 1,7 %, лейцина на 0,1 – 1,6 % относительно контроля. По остальным изученным кислотам 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 содержание аминокислот в зерне.

Таблица 30 - Содержание незаменимых аминокислот в зерне яровой пшеницы, среднее значения 2022-2024 гг., % *

Вариант	Аминокислоты								
	Арг	Вал	Гис	Лей	Иле	Лиз	Мет	Тре	Фен
	3,0	0,6	0,1	2,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	3,0	0,7	0,1	2,8	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	3,2	0,7	0,1	2,9	0,1	0,2	0,1	0,2	0,5
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	3,3	1,0	0,1	3,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	3,3	1,1	0,1	3,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	3,5	1,1	0,1	3,2	0,1	0,4	0,1	0,2	0,7
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	3,5	1,5	0,2	3,9	0,1	0,5	0,1	0,2	0,8
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	3,8	1,8	0,2	4,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,8
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	4,7	2,3	0,2	4,3	0,2	0,5	0,1	0,2	0,9
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	3,5	1,9	0,2	3,5	0,1	0,4	0,1	0,2	0,6
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	3,8	2,0	0,2	3,6	0,1	0,4	0,1	0,2	0,8
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	4,0	2,0	0,2	3,7	0,1	0,4	0,1	0,2	0,8
НСР ₀₅	0,1	0,1	0,01	0,1	0,01				

Арг — аргинин, Вал — валин, Гис — гистидин, Лей — лейцин, Иле — изолейцин, Лиз — лизин, Мет — метионин, Тре — треонин, Фен — фенилаланин.

Побочный продукт пшеницы – солома, востребована в разных отраслях промышленности. Глубокая переработка целлюлозосодержащих отходов в химической промышленности служит источником получения разнообразных продуктов – бумага, вата, пороха, упаковочные изделия, разнообразные биопластики, композитные материалы и др. (Жарких, 2022, Waziri, 2016).

Солома содержит много целлюлозы, мало питательных веществ, ее активно применяют для подстилки животных, так как она мягкая, влагоемкая, без запаха, обладает хорошей сорбцией органических веществ, поэтому имеет ценность, как удобрение. Килограмм соломы зерновых культур способен поглотить 3 кг жидких экскрементов, причем резаная солома больше пригодна для этого, чем целая. Основные химические вещества соломы: целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза и пентозаны являются углеродным энергетическим субстратом почвенных микроорганизмов, которые далее формируют плодородный (гумусовой) горизонт почвы. Установлено, что при запахивании 20 – 40 ц соломы в почву, она формирует 0,3 до 2,7 т гумуса на 1 га. Зольность соломы намного больше (от 3% до 10 %), чем зерна, поэтому при минерализации ее в почве доступные макро- и микроэлементы становятся питательными веществами для растений. Также используют солому в качестве мульчи, которая сохраняет почвенную влагу. Отмечено, что при внесении ежегодно в почву соломы уже через 3 – 4 года увеличивается количество водопрочных агрегатов (более 0,25 мм), улучшается водопроницаемость (Сорокин, 2004).

Солома, как корм животных мало используется в хозяйствах в связи с низким содержанием в ней питательных элементов (NPK) и веществ (белка, жиров и др.). Однако на полях ежегодно остается сотни тонн побочной продукции - соломы, которую необходимо перерабатывать, также в животноводстве в настоящее время стоит проблема нехватки кормов, поэтому

источником углеводного корма – клетчатки, в качестве кормовой добавки может служить солома (Лазаревич, 2016).

Анализ содержания белка в соломе показал (таблица 31), что в среднем его
Таблица 31 - Содержание белка в соломе яровой пшеницы, % на абсолютно сухое вещество

Вариант	Годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	2,4	1,4	0,8	1,5
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	2,5	1,9	1,9	2,1
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	2,7	2,0	2,1	2,3
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	2,8	2,7	2,4	2,7
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	3,2	3,3	2,6	3,0
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	3,7	3,4	2,7	3,3
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	4,6	3,5	3,9	4,0
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	5,2	4,6	4,2	4,7
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	6,4	5,3	4,3	5,3
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	5,6	4,1	3,9	4,5
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	5,7	4,5	3,0	4,4
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	6,3	4,6	3,5	4,8
НСР ₀₅	0,1 -0,2			

составило 1,5 % – 5,3 %, применение удобрений и гиббереллина значительно увеличивало белка по вариантам опыта. Применение только гиббереллина повышало белка в соломе на 0,6 – 0,8 %, сочетание удобрений и фитогормона увеличивало белка на 1,5 % – 3,8 % в среднем за 3 года исследований относительно контроля.

Содержание жира в соломе по вариантам опытов в среднем в годы исследований было от 0,9 % до 1,6 %. Применение удобрений увеличивало этот показатель на 0,1 % – 0,4 %, совместное применение удобрений и гиббереллина повысило жира в соломе на 0,3 % - 0,7 % относительно контроля в среднем за три года (таблица 32).

Таблица 32 - Содержание жира в соломе яровой пшеницы, % на абсолютно сухое вещество

Вариант	Годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	0,9	1,2	0,6	0,9
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	0,9	1,2	0,7	0,9
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	0,9	1,3	0,7	1,0
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	0,9	1,3	0,9	1,0
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	1,0	1,4	0,9	1,1
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	1,1	1,5	0,9	1,2
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	1,3	1,5	1,0	1,2

Продолжение таблицы 32

Вариант	Годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	1,4	1,5	1,1	1,3
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	1,7	1,9	1,1	1,6
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	1,5	1,5	1,0	1,3
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	1,6	1,6	1,2	1,5
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	1,4	1,6	1,0	1,3
НСР ₀₅	0,09 – 0,1			

Клетчатка – основной компонент соломы, по нашим данным была зафиксирована значительная вариация содержания клетчатки в зависимости от различных уровней минеральных удобрений и регулятора роста от 39,5 % до 55,6 % в годы исследований (таблица 33). В 2022 году больше содержалось клетчатки (55,6%) в варианте с использованием 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G, в то время как в 2023 году больше содержалось клетчатки в соломе (45,2%) при применении 200-120-90 кг/га NPK + 40 г/га G. Аналогично, в 2024 году больше содержалось клетчатки в соломе (45,2%) при использовании 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G, относительно контроля, в котором содержание клетчатки в соломе пшеницы (44,8%, 39,5% и 42,5%) за три года исследования было меньше всего. В среднем количество клетчатки статистически существенно увеличивалось по вариантам опытов с 7 по 12 на, %: 2,6, 4,2, 6,3, 3,1, 4,3, 5,4.

Таблица 33 – Содержание клетчатки в соломе яровой пшеницы, % на абсолютно сухое вещество

№ п/п	Вариант	Годы исследований			
		2022	2023	2024	Среднее
1	Контроль	44,8	39,5	42,5	42,3
2	$N_0P_0K_0 + G_{20}$	44,8	42,4	42,6	43,3
3	$N_0P_0K_0 + G_{40}$	45,0	42,8	43,1	43,6
4	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	45,1	42,9	43,4	43,8
5	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	45,6	42,9	43,5	44,0
6	$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	46,0	43,0	43,7	44,2
7	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	47,7	43,1	43,7	44,9
8	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	51,3	44,2	44,1	46,5
9	$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	55,6	45,0	45,2	48,6
10	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	48,2	43,9	44,1	45,4
11	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	50,4	44,2	45,2	46,6
12	$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	53,7	45,2	44,3	47,7
НСР ₀₅		2,0 – 2,1			

Минеральную составляющую часть соломы характеризует общая зольность (таблица 34).

Таблица 34 – Содержание золы в соломе яровой пшеницы, % на абсолютно сухое вещество

Вариант	Годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	4,1	4,4	5,6	4,7
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	4,2	4,5	5,7	4,8
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	4,4	4,8	5,9	5,0
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	4,5	5,0	6,1	5,2
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	4,5	5,2	6,2	5,3
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	4,7	5,2	6,2	5,4
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	5,8	6,0	6,6	6,1
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	5,4	6,5	6,6	6,2
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	5,6	6,5	6,9	6,4
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	5,1	5,3	6,7	5,7
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	5,3	5,4	6,8	5,8
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	5,3	5,8	6,8	6,0
НСР ₀₅	0,1 – 0,2			

Максимальное содержание золы в соломе яровой пшеницы (5,6%, 6,5% и 6,9 %) было при применении минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) в дозе 160-90-60 кг/га NPK +40 г/га G. Соответственно, минимальное содержание золы в соломе яровой пшеницы (4,12%, 4,35% и 5,55%) было в контрольном варианте. Все варианты с применением фитогормона и удобрений имели существенное отличие от контроля, которое составило по этому показателю на 0,1 % – 1,7 % больше (таблица 34). Увеличение зольности у соломы при применении удобрений и регулятора роста связано с более интенсивным ростом и развитием растений пшеницы во время вегетации, которое было за счет эффективного потребления питательных веществ из почвы.

3. 5 Экономическая эффективность применение агрохимикатов на яровой пшенице

При подсчете экономической эффективности применяемых удобрений и регулятора роста растений на яровой пшенице нами были рассчитаны показатели: валовый доход, чистый доход и рентабельность. Валовый доход рассчитан с учетом урожайности зерна, соломы в годы исследований и цен на зерно и соломы пшеницы в Афганистане в денежной единице AFN (афгани) и пересчетом на рубли.

Валовой доход значительно увеличился благодаря применению минеральных удобрений и регулятора роста в течение трех лет исследований (таблица 35, рисунок 6). В среднем за три года исследований установлено, что в варианте 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G валовый доход был самым высоким (249,3 тыс. руб./га), что было статистически существенно относительно контроля и других вариантов.

**Таблица 35 – Валовый доход при применении агрохимикатов на
яровой пшенице ***

Вариант	Годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	77,5/103,3	77,7/103,7	75,8/101,1	77,1/102,8
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	85,4/113,8	84,8/113,1	85,9/114,6	85,6/114,2
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	91,0/121,3	90,8/121,0	91,2/121,7	90,9/121,2
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	120,0/160,0	116,1/154,8	109,6/146,1	115,1/153,4
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	124,4/165,8	118,7/158,2	113,6/151,4	119,1/158,9
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	134,3/179,0	130,9/174,5	128,9/171,9	131,4/175,2
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	138,8/185,1	149,7/199,6	160,5/213,9	149,8/199,7
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	169,8/226,5	173,4/231,2	179,4/239,3	174,9/233,3
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	175,7/234,2	190,1/253,5	193,4/257,8	187,0/249,3
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	155,8/207,7	152,1/202,7	174,0/232,0	161,6/215,4
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	172,4/229,8	162,3/216,3	182,4/243,3	172,6/230,2
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	174,1/232,1	177,4/236,6	191,2/254,9	182,3/243,1
НСР ₀₅	7,0	7,2	3,4	3,9

*В знаменателе тыс. AFN/ га, в числителе тыс. руб./га

Подобные результаты получены другими авторами при изучении применения минеральных удобрений и подсчета экономических показателей (Niamatullah, 2011, Muchhadiya, 2021). Авторами Patrick и другие (2024) установлено, что максимальные валовые доходы пшеницы были при применении 150-60-60 кг/га удобрений NPK относительно варианта без удобрений. Наивысшие экономические показатели пшеницы были зафиксированы при применении удобрений NPK в дозах 100-50-40 кг/га (Khan et al., 2012). Наивысшие валовые доходы яровой пшеницы были зафиксированы при применении удобрений NPK в дозе 125-50-75 кг/га относительно контроля (Kajang et al., 2024).

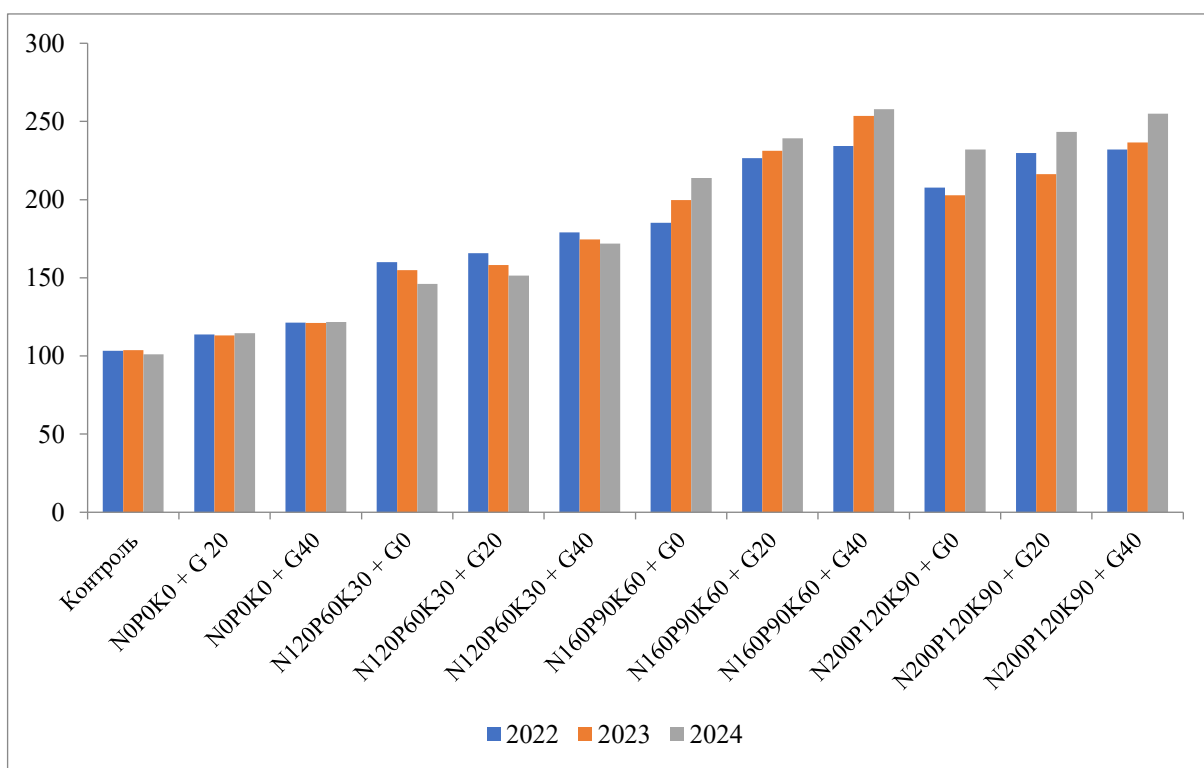


Рисунок 6 - Влияние минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) на валовый доход, тыс. руб./га

Чистый доход, полученный от применяемой нами технологии выращивания яровой пшеницы, показал почти ту же зависимость, что и валовый доход (таблица 36, рисунок 7).

Таблица 36 - Чистый доход при применении агрохимикатов на яровой пшенице *

Вариант	Годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	39,3/52,4	39,6/52,8	37,7/50,2	38,9/51,8
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	47,1/62,8	46,6/62,1	47,7/63,6	47,1/62,8
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	52,7/70,2	52,4/69,9	52,9/70,5	52,7/70,2
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	65,1/86,7	61,1/81,5	54,6/72,8	60,3/80,4
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	69,3/92,4	63,6/84,8	58,5/78,0	63,8/85,1
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	79,1/105,5	75,7/101,0	73,8/98,4	76,2/101,6
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	65,0/86,6	75,8/101,1	86,6/115,4	75,8/101,1
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	95,9/127,8	99,4/132,6	105,5/140,6	100,3/133,7
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	101,6/135,4	116,0/154,7	119,3/159,0	112,3/149,7
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	63,0/83,9	59,3/79,0	81,2/108,3	67,8/90,4
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	79,4/105,9	69,4/92,5	89,5/119,4	79,4/105,9
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	81,1/108,1	84,4/112,6	98,2/130,9	87,9/117,2
НСР ₀₅	7,0	7,2	3,4	4,7

*В знаменателе тыс. AFN/ га, в числителе тыс. руб./га

Высокий чистый доход (135,4, 154,7 и 159,1 тыс. руб./га) был получен при применении минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) в дозе 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/кг G в течение трех лет эксперимента с 2022 по 2024 годы. В этом варианте чистый доход был статистически значимым относительно контроля и всеми остальными вариантами минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин). В среднем, с 2022 по 2024 гг., при применении минеральных удобрений и фитогормона, относительно контроля чистый доход повышался с варианта 2 по вариант 12 на, %: 21,3%, 35,5%, 55,1%, 64,3%, 96,2%, 95,1%, 158,0%, 189,0%, 74,5%, 104,5% и 126,2%.

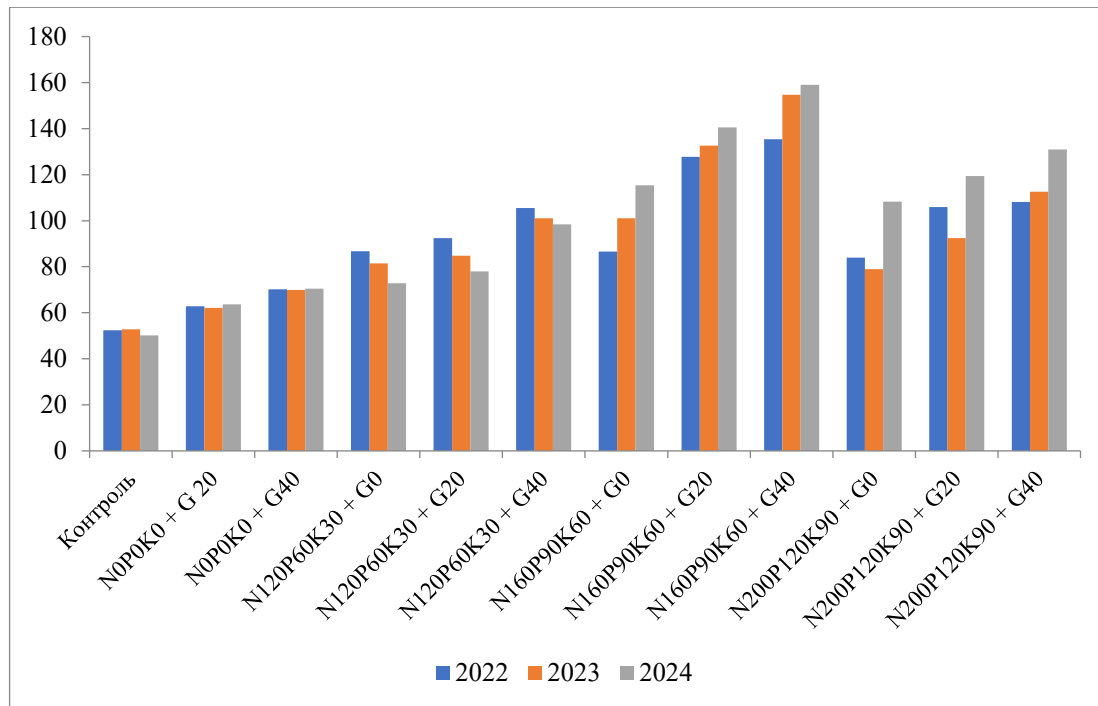


Рисунок 7 - Влияние минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) на чистый доход, тыс. руб./га

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 наших исследованиях был произведен расчет этого показателя по всем вариантам, применяемых доз минеральных удобрений и гиббереллина на яровой пшенице в условиях Афганистана (таблица 37, рисунок 8).

Таблица 37 - Влияние различных доз минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) на рентабельность выращивания яровой пшеницы, % *

Вариант	Годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	103,1/137,4	103,8/138,4	98,7/131,6	101,9/135,8
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	123,2/164,3	121,8/162,4	124,7/166,2	123,2/164,3
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	137,3/183,1	136,7/182,3	137,9/183,9	137,3/183,1
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	118,4/157,9	111,3/148,4	99,4/132,5	109,7/146,3
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	125,9/167,9	115,6/154,1	106,3/141,7	116,0/154,6
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{40}$	143,5/191,3	137,3/183,1	133,8/178,4	138,2/184,3
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	87,9/117,3	102,6/136,9	117,2/156,3	102,6/136,8
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	129,6/172,8	134,4/179,2	142,6/190,1	135,5/180,7
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	137,1/182,9	156,6/208,8	161,0/214,7	151,6/202,1
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	67,8/90,5	63,9/85,1	87,5/116,7	73,1/97,4
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	85,5/114,0	74,7/99,5	96,4/128,5	85,5/114,0
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	87,2/116,2	90,8/121,1	105,6/140,8	94,5/126,0
НСР ₀₅	8,6	11,6	6,3	6,1

*В знаменателе AFN, в числителе руб.

Рентабельность значительно повысилась благодаря использованию различных доз минеральных удобрений и регулятора роста. В 2022 году самой высокой рентабельностью выращивания яровой пшеницы (191,3%) была в варианте 120-60-30 кг/га NPK + 40 г/га G, что статистически не имела разницы с вариантом 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G, но значительно больше контроля и всех других вариантов. В 2023 и 2024 годах рентабельность была больше (208,8% и 214,7%) при применении минеральных удобрений и регулятора роста в дозе 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G. Эти результаты были значительно выше, чем в контроле и в других вариантах. В среднем за три года рентабельность была выше контроля (135,8 %) в вариантах: применение только фитогормона 20 г/га – 164,3 % и 40 г/га – 183,1 %, 120-60-30 кг/га NPK – 146,3 %, 120-60-30 кг/га NPK + 20 г/га G – 154,6 %, 120-60-30 кг/га NPK + 40 г/га G – 184,3 %, 160-90-60 кг/га NPK – 136,8 %, 160-90-60 кг/га NPK + 20 г/га G – 180,7 %, 160-90-60 кг/га NPK + 40 г/га G – 202,1 %.

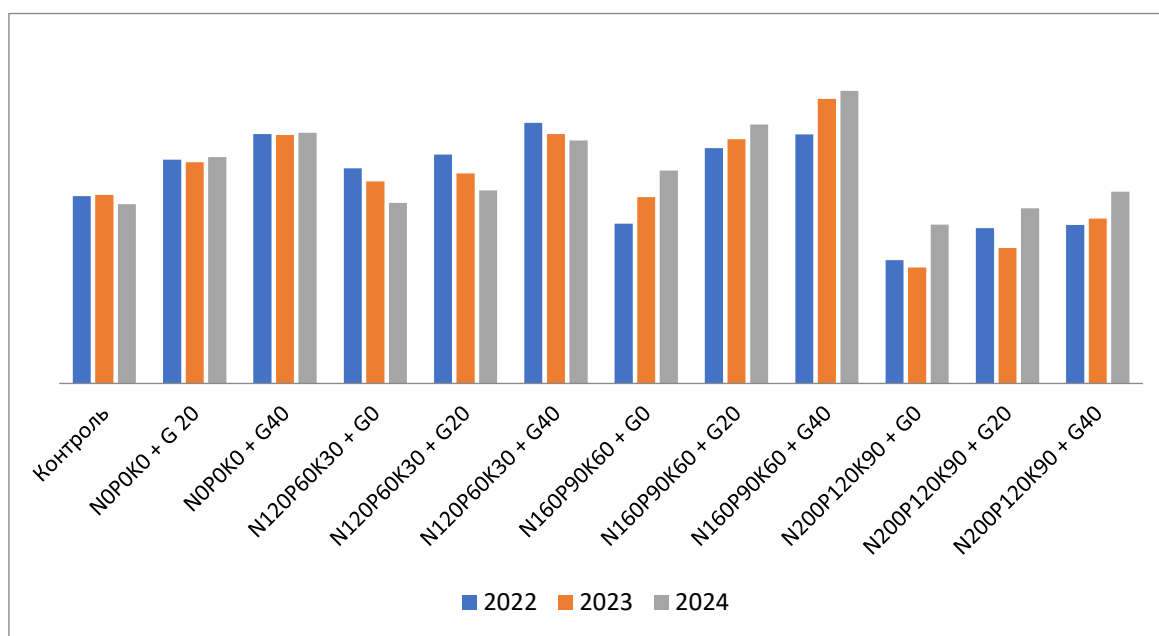


Рисунок 8 - Влияние различных доз минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) на рентабельность яровой пшеницы, %

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 кущения пшеницы (30 кг), третий этап - перед цветением пшеницы (30 кг) в форме подкормок. Проводить фолиарную обработку растений гиббереллином двукратно в фазу кущения и выхода в трубку пшеницы с нормой расхода по препарату 40 г/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абашев, В. Д. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы / В. Д. Абашев, Ф. А. Попов, Е. Н. Носкова, С. Н. Жук // Пермский аграрный вестник. – 2017. - № 1 (17). - С. 7–11.
2. Акимова, О. И. Формирование биометрических показателей и урожайность зерна озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений / О. И. Акимова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2009. - № 11 (61). - С. 15–20.
3. Александрова, И. Ф. Влияние гипертермии и экзогенной гиббереллиновой кислоты на активность амилаз в прорастающих зерновках пшеницы / И. Ф. Александрова, А. А. Веселова, А. С. Лебедева // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2007. - № 5. - С. 65–67.
4. Амиров, М.Ф. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой твердой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья / М.Ф. Амиров // Вестник Казанского ГАУ. – 2013. - № 3 (29). - С. 84 – 87.
5. Барковская, Т. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья / Т. А. Барковская, О. В. Гладышева, В. Г. Кокорева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. - № 23 (2). - С. 239 – 247.
6. Близнюк, Н. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Н. А. Близнюк, Н. Н. Вечер // Материалы международной научно-практической конференции «Научное обеспечение агропромышленного производства, 2012». – 2013. - С. 296-298.
7. Бобровский, А. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях красноярской лесостепи / А. В.

Бобровский, Л. В. Плеханова, А. А. Крючков, Т. А. Сныткова, Н. С. Герасимова // Достижения науки и техники АПК. - 2018. - № 5 (32). - С. 23 – 25.

8. Бобровский, А. В. Влияние минеральных удобрений и средств защиты растений на структуру урожая и урожайность яровой пшеницы / А. В. Бобровский, Н.С. Козулина, А. В. Василенко, А. А. Крючков // Сборник научно-производственной конференции с международным участием «IX Сибирские Прянишниковские Агрохимические Чтения». - Красноярск: 2023. – С. 297–302.

9. Бочарникова, Е.Г. Вынос элементов питания урожаем различных сортов озимой пшеницы / Е.Г. Бочарникова, Н.С. Беспалова / Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2021. - № 2 (100) – С. 30 - 38

10. Волкова, Е. В. Влияние минеральных удобрений на густоту всходов и сохранность растений яровой твердой пшеницы на дерново-подзолистой почве / Е.В. Волкова, Ю. А. Соловьева, А. В. Соловьев // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. - № 36 (41). - С. 6–13.

11. Ворончихина И. Н. Влияние минеральных подкормок на урожайность и качество зерна линии яровой пшеницы 281h-9б в условиях ЦРНЗ / И. Н. Ворончихина, В. В. Ворончихин, В. С. Рубец, Т. И. Хупацария, Ю. Н. Котенко, В. А. Коробкова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. - №. 4. - С. 20–29.

12. Гулиева, Р. Х. Влияние удобрений на прирост соломы озимой пшеницы в гянджа-казахском массиве / Р. Х. Гулиева // Бюллетень науки и практики. – 2020. - № 10. С. 164 – 168.

13. Демиденко, Г. А. Влияние азотных удобрений на качество зерна и урожайность яровой пшеницы (на примере учхоза «миндерлинское» красноярского края) / Г.А. Демиденко, Е.В. Котенева, // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2010. - № 5. – С. 41–45.

14. Дербунов, М. С. Подкормки минеральными удобрениями яровой пшеницы сорта «Гранни», их влияние на качество и количество урожая / М.С. Дербунов // Научный Аспект. – 2024. - № 3 (5). - С. 357 – 363.

15. Джахиш, Ф Зависимость урожайности яровой пшеницы и качества зерна от уровня минерального питания и применения фитогормона при выращивании в условиях Афганистана / Ф. Джахиш, И.И. Дмитриевская, О.А. Жарких // Агрохимический вестник. – 2025 - № 1. – 34 – 36.

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

17. Дзюин А. Г. Влияние минеральных удобрений и погодных условий на урожайность яровой пшеницы и окупаемость удобрений в длительном стационарном опыте / А. Г. Дзюин // Агрохимия. – 2021. - № 7. С. 36–46.

18. Домась, А. С. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур: электронное учебное издание / А. С. Домась - Брест. Гос. ун-т имени А.С. Пушкина, Брест.: БрГУ, 2019. – 75-78 с.–
<https://rep.brsu.by/handle/123456789/4888?show=full>

19. Жарких, О.А. К вопросу о глубокой переработки отходов лубяных культур в различных отраслях промышленности /О.А. Жарких, И.И. Дмитриевская // В сборнике II Всероссийской (национальной) конференции «Рациональное использование природных ресурсов: теория, практика и региональные проблемы». - Омск, 2022. - С. 69-72.

20. Жеруков, Т.Б. Роста растений на технологические показатели качества зерна озимой пшеницы / Т. Б. Жеруков, А. Ю. Кишев, Д. А. Тутукова // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 12 (2). - С. 211-217.

21. Зайцева, Г. А. Влияние минеральных удобрений на свойства почвы и урожайность яровой пшеницы / Г. А. Зайцева, О. М. Ряскова, Д. А. Ледовских // Наука и образование. - 2023. - № 6 (1). - С. 78.

22. Зайцева, Г. А. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество яровой пшеницы сорта «Дарья» / Г. А. Зайцева, О. М. Ряскова, М. Е. Бабайцева // Наука и образование. - 2024. - № 7 (1). - <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/6397/6461>

23. Захаров, Н. Г. Влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / Н. Г. Захаров, А. А. Родионова, Г. В. Орлова, А. М. Залалов, А. А. Пятова // Перспективы развития науки в современном мире. – 2019. – С. 83–89.

24. Захарова Н. Н. Высота растений озимой мягкой пшеницы в связи с ее урожайностью и устойчивостью к полеганию в лесостепи Среднего Поволжья / Н. Н. Захарова, Н. Г. Захаров, М. Н. Гаранин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №. 1 (49). – С. 51-59.

25. Зенькова, М. Л. Исследование минерального и аминокислотного состава пророщенного и консервированного зерна пшеницы / М. Л. Зенькова // Техника и технология пищевых производств. – 2019 –Т. 49, № 4 – С. 513–521.

26. Зотиков, В. И. Урожай и качество зерна различных сортов озимой пшеницы в зависимости от технологических приемов / В. И. Зотиков, З. И. Глазова, А. А. Уланов // Аграрная Россия. - 2011. - № 3. - С. 23-26.

27. Зяблов Е. С. Экономическая эффективность применения удобрений при производстве зерна / Е. С. Зяблов // Вестник сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2006. – №. 4 (11). – С. 83-86.

28. Иванчик, В. А. Влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность и качественные показатели яровой пшеницы в условиях

Костромской области / В. А. Иванчик // Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства. – 2018. – С. 82-86.

29. Исайчев, В. А. Влияние жидких минеральных удобрений на продукционные процессы яровой пшеницы / В. А. Исайчев, Н. Н. Андреев, Ф.А. Мударисов // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2021. - № 2 (35). - С. 15-20.

30. Кадилов О. С. Влияние норм минеральных удобрений и режима полива на урожайность соломы и зерна озимой твердой пшеницы / О. С. Кадилов // Universum: технические науки. – 2022. - № 5-6 (98). - С. 66 – 69.

31. Кулеш, О. Г. Калийное питание яровой пшеницы на высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / О. Г. Кулеш, Е. Г. Мезенцева, О. В. Симанков // Почвоведение и агрохимия. – 2023 - № 1(70) – С. 89 -99

32. Клименко, Н. Н. Влияние минеральных удобрений на показатели качества зерна яровой пшеницы в условиях Иркутского района / Н. Н. Клименко, И. Н. Абрамова, Е. Н. Кузнецова // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. ВР Филиппова. – 2019. - № 1 (54). С. 36–43.

33. Косолапова, А. И. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от применения минеральных удобрений / А. И. Косолапова, В. И. Возжаев, П. А. Лейних // Пермский аграрный вестник. – 2017. - № 3 (19). С. 76–80.

34. Кузьминых, А. Н. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / А. Н. Кузьминых, И. Я. Долгушева // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2020. - № 2 (22). С. 175-179.

35. Лазаревич А.Н. Солома в рационах сельскохозяйственных животных: рекомендации / А.Н. Лазаревич, А.П. Леснов. - ФГБНУ Красноярский НИИЖ. – Красноярск, 2016. – 90 с.

36. Лапа, В. В. Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от применения минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве/ В. В. Лапа, М. М. Ломонос, О. Г. Кулеш, Е. С. Малей, Е. И. Шпока // Почвоведение и агрохимия. -2009. - № 1. - С. 82–89.

37. Лапа, В. В. Эффективность комплексного применения минеральных удобрений и средств химизации при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах / В. В. Лапа, Н. Н. Ивахненко, М. М. Ломонос, О. Г. Кулеш, А. А. Грачева // Почвоведение и агрохимия. – 2010. - № 1. - С. 123–139.

38. Ленточкин, А. М. Оценка состояния посевных площадей зерновых культур / А. М. Ленточкин // Пермский аграрный вестник. – 2019 - № 1 (25). - С. 55–62.

39. Лыскова, И. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорта ирень / И. В. Лыскова, Т. В. Лыскова, С. В. Мазурова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. - № 4 (28). - С. 141 – 147.

40. Малкандуев, Х. А. Понятие и требования к качеству зерна пшеницы / Х. А. Малкандуев, Р. И. Шамурзаев, А. Х. Малкандуева // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН № 6(110). – С. 203 -216

41. Матюк Н. С. Экологическое земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник (2-е изд, испр,)/ Н. С. Матюк, А. И. Беленков, М. А. Мазиров // Спб,: Лань. -2014. - С. 224.

42. Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры – М.: «Госсорткомиссия». – 1989. – 197 с.

43. Микулич, В.А. Состав и вынос элементов питания урожаем яровой пшеницы при различной обеспеченности фосфором дерново-подзолистой супесчаной почвы / В.А. Микулич // Почвоведение и агрохимия. – 2011. - №1(46) – С. 135 – 145.

44. Морозова, Т. С. Содержание и вынос элементов питания растениями озимой пшеницы в зависимости от применения удобрений / Т. С. Морозова, С. Д. Лицуков А. В. Ширяев // Вестник аграрной науки. -2021. - № 2 (89). - С. 40-49.

45. Никитин, Д. Ю. Реакция озимой и яровой пшеницы на азотно-фосфорно-калийное удобрение в условиях Средневолжского региона / Д. Ю. Никитин, А. В. Гусев, А. И. Шаповалов // Почвоведение. – 2019. – № 2. – С. 186-191.

46. Нури, Я. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество озимой пшеницы в южном Афганистане: автореф. дис... канд. сельскохозяйственных наук: / Ямма Нури – М., 2024. – 22 с.

47. Ожередова А. Ю. Влияние минеральных удобрений на содержание элементов питания в растениях и урожайность зерна озимой пшеницы / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко // Плодородие. – 2019. - № 4 (109). - С. 6 – 8.

48. Орловская, О. А. Аминокислотный состав зерна линий мягкой пшеницы с интрогрессиями генетического материала видов рода *Triticum* / О. А. Орловская, С. И. Вакула, Л. В. Хотылёва, А. В. Кильчевский// Молекулярная и прикладная генетика. – 2023. - Том 34. – С. 17 – 27.

49. Панфилова, Е. Г. Влияние системы лесных полос и минеральных удобрений на урожайность и качество яровой мягкой пшеницы / Е. Г.

Панфилова, В.Г. Попов, А. Н. Кшникаткина, А. В. Розанов, К. М. Доронин // Безопасность и качество товаров. – 2019. - С. 193-196.

50. Пинаева, М. И. Эффективность применения минеральных удобрений и соломы на яровой пшенице в звене севооборота / М. И. Пинаева, Л. А. Михайлова, Ю. А. Акманаева // Пермский аграрный вестник. – 2018. - № 1 (21). - С. 81–87.

51. Пискунова, Х. А. Влияние азотного удобрения на урожайность и качество продовольственного зерна яровой пшеницы / Х. А. Пискунова, А. В. Федорова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2018. - № 3. – С. 43.

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

53. Прокопенкова, Р. Н. Влияние доз минеральных удобрений на урожайность сортов яровой пшеницы / Р. Н. Прокопенкова, В. М. Никифоров // Материалы XI международной научной конференции «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск, 2014. - С. 337-339.

54. Рубец, В.С. Влияние метеорологических условий на качество зерна яровой пшеницы (*Triticum L.*) / В.С. Рубец, И.Н. Ворончихина, В.В. Пыльнев, В.В. Ворончихин, А.Г. Маренкова // Известия ТСХА - выпуск 5, 2021- С. 89 - 108

55. Сайдяшева, Г. В. Влияние применения минеральных, биоминеральных удобрений и биопрепарата БисолбиФит на биологическую активность почвы и урожайность яровой пшеницы / Г. В. Сайдяшева, К. Г. Зайцева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2022. - № 1. - С. 101–107.

56. Самсонова, Н. Е. Влияние цеолита и минеральных удобрений на водный режим растений и урожайность яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / Н. Е. Самсонова, Н. А. Антонова, И. А. Шупинская // Агрохимия. – 2016. - № 10. - С. 48–55.

57. Санаев, Э.Ш. Определение класса зерна по анализу зерна пшеницы / Э.Ш. Санаев, Ф.Н. Сарболаев, Х. Норов // *Universon: технические науки: электрон. научн. журн.* – 2022. – 5(98). – URL: <https://7universon.com/ru/tech/archive/item/13746>

58. Семенова, Е. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы в условиях серых лесных почв Свердловской области / Е. А. Семенова // Материалы 52-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 200-летию со дня рождения профессора Ярослава Альбертовича Линовского «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства». – Москва, 2018. - С. 174-176.

59. Серегина, И. И. Влияние регуляторов роста на активность амилолитических ферментов в зерне яровой пшеницы / И. И. Серегина, М. Анка, С. Л. Белопухов, И. И. Дмитриевская // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2022. - № 4 (40). - С. 24-35.

60. Сержанова, А. Р. Удобрение яровой пшеницы в условиях серых лесных почв предкамья республики татарстан / А. Р. Сержанова, Э. И. Биктагирова // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. – 2022. - № 2. - С. 33.

61. Сорокин, И.Б. Применение соломы зерновых культур на удобрение в Томской области /И.Б. Сорокин, Э.В. Титова, Л.В. Касимова, А.В. Кравец, Н.А. Щедрухина, Н.Н. Терещенко, М.С. Калиниченко // Рекомендации. - ГНУ

СибНИИТ СО РАСХН. Департамент социально-экономического развития села Томской области. – Томск, 2004. – 10 с.

62. Терехова С. С. Скородинский Р. Н. Влияние минеральных удобрений и регуляторов роста на площадь листьев и продуктивность озимой пшеницы / С. С. Терехова, Р. Н. Скородинский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – №. 195. – С. 198-208.

63. Ториков, В. Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В. Е. Ториков, А. А. Осипов //Агрохимический вестник. – 2015. – № 5. – С. 7-9.

64. ФГБУ «Центр Агроаналитики». Дайджест «Зерновые»: в России. Выпуск № 96. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://static.specagro.ru/cdn/ff/GdyuqO_edZtY6RqbZPZkoiyR95ACAA7SW3kHHz6wV7t0/1707735807/public/2024-02/daydzhest_rynok-zernovykh_96_red.pdf/. – Дата обращения 20.01.2025.

65. Федюшкин, А. В. Влияние минеральных удобрений и гидротермических условий периода вегетации на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / А. В. Федюшкин, А. В. Парамонов, С. В. Пасько // Мелиорация и гидротехника. - 2020. - № 4 (40). С. 227–240.

66. Шелехова, И. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы / И. В. Шелехова // Сборник научных трудов «Повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий в условиях Алтая и Казахстана». – Барнаул, 2012. - С. 86–89.

67. Широкова, Н. П. Влияние гибберелловой кислоты на темпы роста и продуктивность растений двух сортов яровой мягкой пшеницы / Широкова, Н. П. // Вестник Томского государственного университета. – 2007. – №. 302. – С. 231-232.

68. Aakash Goyal A. G. Some important fungal diseases and their impact on wheat production / A. G. Aakash Goyal, R. P. Rajib Prasad // Management of fungal plant pathogens. – Wallingford UK: CABI, 2010. – P. 362-373.

69. Abdalla, S. A. M. Effect of NPK fertilizer levels on growth and grain yield of some wheat (*triticum aestivum* l.) cultivars, gezira state, Sudan. M.Sc. thesis / Abdalla, Salih Adam Mohammedain – Sudan., 2021. - 49-60 p.

70. Acevedo, E. Wheat growth and physiology / E. Acevedo, P. Silva, H. Silva // Bread wheat, improvement and production. – 2002. – № 30. - P. 39-70.

71. Adnan, M. Yield response of wheat to nitrogen and potassium fertilization // M. Adnan, Z. Shah, Hidayatullah, B. khan, M. Arshad, I. A. Mian, G. A. khan, M. Alam, A. Basir, I. U. Rahman, M. Ali, W. U. khan // Pure and applied biology. – 2016. - № 5 (4). - P. 868–875.

72. Agha, J. Influence of varying nitrogen levels on performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) under semi-arid hot climate of Kandahar, Afghanistan / J. Agha, A. Dass, G. A. Rajanna, S. K. Sarkar, K. S. Rana // Annual of Agricultural Research. – 2016. № 37 (4). -P. 347–352.

73. Ahemad, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective / M. Ahemad, M. Kibret // Journal of King Saud University – Science. -2014. - № 26. -P. 1-20.

74. Ahmadzai, H. Crop diversification and technical efficiency in Afghanistan: Stochastic frontier analysis / H. Ahmadzai // Credit Research Paper. – 2017. - № 17(4). - P. 1-48.

75. Ahmadzai, N. Cereal Crop Farm Planning for Profit Maximization in Afghanistan / N. Ahmadzai, T. Nanseki, Y. Chomei // Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University. – 2016. - № 61 (2). - P. 401–406.

76. Ahmadzai, N. Technical Efficiency of Improved and Traditional Wheat Varieties in Paktia, Afghanistan: A Comparative Stochastic Frontier Production

Function Analysis / N. Ahmadzai, Y. M. Heydayat // International Journal of Sciences and Research Publication. - 2020. - № 10 (9). - P. 917-925.

77. Akinrinde, E. A. Soils: Nature, Fertility Conservation and Management / E. A. Akinrinde // AMS Publishing, Ibadan. – 2004. – P. 78.

78. Akula Ramakrishna A. R. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants / A. R. Akula Ramakrishna, G. A. Ravishankar // Plant Signaling and Behavior. – 2011. - № 6 (11). - P. 1720-1731.

79. Alemu, S. The Effect of Nitrogen on the Growth and Dry Matter Accumulation of Wheat (*T. aestivum* L.) at Hawassa University College of Agriculture Farm / S. Alemu // International journal of advanced multidisciplinary research. – 2018. - № 5 (3). - P. 13-19.

80. Alhaidary, H. K. Effect of water salinity and gibberellic acid on leaf area and component of wheat yield / H. K. Alhaidary, H. T. Ahmed // Diyala agricultural sciences journal. -2017. - № 9 (2). - P. 146-157.

81. Alharby H. F. Effect of gibberellic acid and titanium dioxide nanoparticles on growth, antioxidant defense system and mineral nutrient uptake in wheat / H. F. Alharby, M. Rizwan, Iftikhar, K. M. Hussaini, M. Z. Rehman, A. A. Bamagoos, B. M. Alharbi, M. Asrar, T. Yasmeen, S. Ali // Ecotoxicology and Environmental. – 2021. - № 221. – P. 112436.

82. AL-Huqail, A. A. The effect of gibberellic acid on wheat growth and nutrient uptake under combined stress of cerium, zinc and titanium dioxide nanoparticles / A. A. AL-Huqail, D. Alshehri, R. Nawaz, M. A. Irshad, A. Iftikhar, K. M. Hussaini, M. Rizwan, S. M.S. Alghanem, A.H.A. Abeed // Chemosphere. – 2023. - № 336. - P. 139-199.

83. Ali, A. How wheat responses to nitrogen in the field? A review / A. Ali, T. Khaliq, A. Ahmad, S. Ahmad, A. Malik, F. Rasul // Crop and environment. 2012. - № 3 (1-2). - P. 71-76.

84. Aparna, V. Effect of gibberellic acid on plant growth and flowering of chrysanthemum cv. Thai chen queen under short day planting conditions / V. Aparna, K. Prakash, M. Neema, A. Ajay, N. P. Kumar, M. C. Singh // International Journal of Agriculture Sciences. – 2018. - № 10 (11). - P. 6274-6278.

85. Arai, M. Changes in water stable aggregate and soil carbon accumulation in a no-tillage with weed mulch management site after conversion from conventional management practices / M. Arai, Y. Minamiya, H. Tsuzura, Y. Watanabe, A. Yagioka, N. Kaneko // Geoderma. – 2014. – P. 50–60.

86. ARIA «Agricultural Research Institute of Afghanistan», Improved varieties of wheat. Kabul, Afghanistan. – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.facebook.com/www.aria.gov.af/>. – Дата обращения: 10.01.2025.

87. Ati, A. S. Effect of water stress and NPK fertilization on growth, yield of wheat and water use efficiency / A. S. Ati, A. Hassan, M. Mohammed // Journal of Agriculture and Veterinary Science. - 2016. - № 9 (12). - P. 21-26.

88. Ayubi, A.G. Principle of Irrigation and Drainage / A.G. Ayubi – Afghanistan: Aazem Publication Kabul, 2016. - P. 174.

89. Bangre, J. Wheat physiological parameters under long term fertilizer and manure application in a vertisol / J. Bangre, A. K. Dwivedi, M. Mohanty, B. S. Dwivedi, S. K. Dwivedi, N. K. Sinha, H. L. Sharma, Subhash, S. Jakhar // International journal of current microbiology and applied sciences. – 2020. - № 9 (7). - P. 3511-3520.

90. Baque, M. A. Effect of fertilizer potassium on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum durum* L.) under the water stress conditions // M. A. Baque, M. A. Karim, A. Hamid, H. Tetsushi // South pacific studies. – 2006. - № 7 (1). - P. 25-35.

91. 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). - P. 1-7.

92. Biesiekiersk, J. R. What is gluten / J.R. Biesiekiersk// *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. - 2017. - № 32. (1) – P. 78–81.

93. Bolton, L. Agriculture in Afghanistan – Economic sustainability and sub-sector viability / L. Bolton // *Knowledge Evidence and Learning for Development, Help Desk Report*. – 2019. – P. 1-13.

94. Bottini, R. Gibberellin production by bacteria and its involvement in plant growth promotion and yield increase / R. Bottini, F. Cassán, P. Piccoli // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2004. - № 65 (5). -P. 497-503.

95. Burhan, M. G. Impact of Nano NPK fertilizers to correlation between productivity, quality and flag leaf of some bread wheat varieties / M. G. Burhan, S. A. AL-Hassan // *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*. – 2019. - № 50. -P. 1- 7.

96. Businest State, «Анализ рынка зерновых культур в России в 2017-2021» -[Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://businessstat.ru/images/demo/crops_russia_demo_businessstat.pdf. – Дата обращения: 05.01.2025.

97. Camara, M. C. Current advances in gibberellic acid (GA3) production, patented technologies and potential applications / M. C. Camara, P. S. Luciana, V. berghe, C. Rodrigues, J. D. Oliveira, C. Faulds, E. Bertrand, C. R. Soccol // *Planta An International Journal of Plant Biology*. - 2018. - № 248 (5). -P. 1049-1062.

98. CEIC «Afghanistan Land under Cereal Production». World Bank 1961-2022. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.ceicdata.com/en/afghanistan/agricultural-production-and-consumption/af-land-under-cereal-production>. – Дата обращения: 28.12.2024.

99. Chabot, P. Wheat markets, food aid and food security in Afghanistan / P. Chabot, P. A. Dorosh // *Food Policy*. – 2007. - № 32 (3). - P. 334-353.

100. Chhetri, A. K. Assessment of large seed bank requirements for drought risk management in South Asia / A. K. Chhetri, P. K. Agarwal // Sustainability. – 2017. - № 9 (11). - P. 1-15.
101. Chinmay, J. The Effect of Commercial NPK Consortia (Ami NPK) On Wheat Productivity and Nutrient Uptake / J. Chinmay, Z. Viren, P. Amit, Z. Harpal, Z. Vibhakshi, Z. Prakasha T Nidhi // Acta Scientific Microbiology. – 2024. - № 7 (11). - P. 62-69.
102. Chowdhury, M. S. Yield response of wheat as affected by irrigation and potassium fertilizer: M.Sc. thesis / Chowdhury MD. Samsujjoha. - Dhaka., 2014. – 37-40 p.
103. Communication Services, «Production guideline for wheat». Agriculture, forestry and fisheries. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<https://old.dalrrd.gov.za/Portals/0/Brochures%20and%20Production%20guidelines/Wheat%20-%20Production%20Guideline.pdf>. – Дата обращения: 15.01.2025.
104. Curtis, B. C. Bread wheat improvement and production / B. C. Curtis // Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2002. – № 30. - P. 129-231.
105. Dargie, S. Balanced fertilization increases wheat yield response on different soils and agroecological zones in Ethiopia / S. Dargie, T. Girma, T. Chibsa, S. Kassa, S. Boke, A. Abera, B. Haileselassie, S. Addisie, S. Amsalu, M. Haileselassie, S. Soboka, W. Abera, S. G. // Weldesemayat Experimental Agriculture. – 2022. - № 58 (23). - P. 1-13.
106. Davies, P. J. The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions / P. J. Davies // Plant Biology. – 2010. – P. 1-15.
107. Dreisigacker, S. Tracking the adoption of bread wheat varieties in Afghanistan using DNA fingerprinting / S. Dreisigacker, R. K. Sharma, E. Huttner, A.

Karimov, M. Q. Obaidi, P. K. Singh, C. Sansaloni, R. Shrestha, K. Sonder, H. J. Braun // BMC Genomics. – 2019. – P. 1-13.

108. Duan, W. Effects of nitrogen application on biomass accumulation, remobilization, and soil water contents in a rainfed wheat field / W. Duan, Z. Yu, Y. Zhang, D. Wang, Y. Shi1, Z. Xu // Turkish journal of field crops. – 2014. - № 19 (1). -P. 25-34.

109. Elham, H. Economic Analysis of Smallholder Maize Producers: Empirical Evidence from Helmand, Afghanistan / H. Elham, J. Zhou, M. F. Diallo, S. Ahmad, D. Zhou // Journal of Agricultural Science. – 2020. - № 12 (3). - P. 153-164.

110. Espindula, M. C. Use of growth retardants in wheat / M. C. Espindula, V. S. Rocha, J. A. S. Grossi, M. A. Souza, L.T. Souza, L. F. Favarato // Planta Daninha. – 2009. - № 27 (2). -P. 379-387.

111. FAO, «Cereals». Agricultural Outlook, 2023-2032. -[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e382400d-0c5d-4411-984b-3f9e37ad49d1/content/>. – Дата обращения: 22.12.2024.

112. FAO, «GIEWS Country Brief the Islamic Republic of Afghanistan» - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [file:///C:/Users/DELL/Downloads/AFG%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/AFG%20(1).pdf). – Дата обращения: 24.12.2024.

113. FAO, «Release of Food Outlook November 2024». -[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.fao.org/markets-and-trade/news-and-events/events-detail/food-outlook-november-2024/en>. – Дата обращения: 17.12.2024.

114. Ghafari, S. R. Yield, efficiency indices and economics of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties as influenced by variable row spacing / S. R. Ghafari, M. Q. Mangal, M. N. Jalali, A. DASS // Editorial Board. – 2018. - № 16 (1). - P. 1–8.

115. Ghanizada G. Multilocation response of Afghanistan's seed chain wheat varieties to yellow rust under natural conditions during 2012 to 2013 / G. Ghanizada, A. Zamarai, M. Q. Obaidi, E. Mohmand, A. Qayum, R. K. Sharma // *Journal of Cereals and Oilseeds*. – 2013. - № 4 (9). -P. 106-108.
116. Gohar, A. A. Economic performance of water storage capacity expansion for food security / A. A. Gohar, F. Ward, S. Amer // *Journal of Hydrology*. – 2013. - P. 16-25.
117. Gulati, D. Effect of different treatments of NPK and FYM on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) / D. Gulati, V. Sharma, M. Kaundal // *International Journal of Botany Studies*. - 2021. - № 6 (5). 2021, P. 657-661.
118. Hashimi, R. Effects of Cultivating Rice and Wheat with and without Organic Fertilizer Application on Greenhouse Gas Emissions and Soil Quality in Khost, Afghanistan / R. Hashimi, E. Matsuura, M. Komatsuzaki // *Sustainability*. - 2020. - № 12 (16). - P. 6508.
119. Hashimi, R. Effect of land-use change on water-stable aggregates and soil chemical properties within of two cultivated fields in Khost province, Afghanistan / R. Hashimi, A. K. Afghani, I. Borhan, M. I. Moqbal, Hashimi, M.H. // *International Journal of Development Research*. – 2019. - № 9 (10). - P. 30187–30192.
120. Heeb, A. Impact of organic and inorganic fertilizers on yield, taste, and nutritional quality of tomatoes / A. Heeb, B. Lundegardh, G. P. Savage, T. J. Ericsson // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2006. - № 169 (4). -P. 535–541.
121. Hossain, M. Growth and yield of wheat as influenced by time of irrigation and split application of nitrogen: M.Sc. thesis / Hossain Mosaref – Dhaka., 2009. - 45 p.
122. Hussain, M. I. Growth, yield and quality response of three Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties to different Levels of N, P and K / M. I. Hussain, S.

H. SHAH, S. Hussain, K. Iqbal // International Journal of Agriculture and Biology. – 2002. - № 4 (3). - P. 362 – 364.

123. Iftikhar, A. Effect of gibberellic acid on growth, photosynthesis and antioxidant defense system of wheat under zinc oxide nanoparticle stress / A. Iftikhar, S. Ali, T. Yasmeen, M. S. Arif, M. Zubair, M. Rizwan, H. A. S. Alhaithloul, A. A. M. Alayafi // Environmental Pollution. – 2019. – P. 113109.

124. Islam S. Growth and yield of wheat as influenced by irrigation levels and gibberellic acid: M.Sc. thesis. – Department of Agronomy / Islam Samidul – Dhaka., 2013. - 46 P.

125. Islam, S. Growth and Yield of Wheat as Influenced by GA3 Concentrations / S. Islam, S. Chakraborty, M. J. Uddin, H. Mehraj, A. F. M. J. Uddin // International journal of business social and scientific research. – 2014. – 2 (1). - P. 74-78.

126. Jaddoa, K. A. Effect of gibberellin and ethephon on growth and yield of bread wheat grown in different sowing dates / K. A. Jaddoa, A. H. AL-Maeini, R. A. AL-Zobiady // International journal of applied agricultural sciences. – 2017. - № 3 (5). – P.136-142.

127. Jahish, F. Yield of spring wheat depending on the level of mineral nutrition and the use of biologically active substances under condition grown of Afghanistan / F. Jahish, 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». – Moscow, 2023. — 2024 – 82 – 01005.

128. Jan Agha, Effect of variable rates of nitrogen fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity and profitability: M.Sc. thesis / Jah Agha – Afghanistan., 2016. - 37 – 40 p.

129. Jiang, Z. Effects of phosphorus application on dry matter production and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) / Z. Jiang, F. C. Nian, H. L. Lian, G. W. Shan, Z. X. Kai, P. Y. Xin // *Plant Nutrition and Fertilizer*. – 2006. - № 12 (5). - P. 628-634.
130. Kajang, J. B. Efficacy of Various Combinations of NPK Fertilizer Sources on Economics and Yield Quality of Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Rainfed Condition on Obudu Highlands, Cross River State, Nigeria / J. B. Kajang, A. Ali, O. F. Olatunji // *Asian Journal of Plant and Soil Sciences*. – 2024. - № 9 (1). - P. 112 – 121.
131. Kendal, E. Examination of genotype $\times$ environment interactions by GGE biplot analysis in spring durum wheat / E. Kendal, O. Sener // *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. – 2015. - № 75 (3). - P. 341-348.
132. Konvalina, P. Composition of essential amino acids in emmer wheat landraces, old and modern varieties of bread wheat / P. Konvalina [et al.]. – *J. Food Agric. Environ.* – 2011. – Vol. 9. – P. 193–197.
133. Khan, M. Effect of different rates of NPK on the yield contributing traits and economics of wheat in rod kahi area of dera ismail khan division / M. Khan, M. Q. Khan, S. Rehman, M. Niamatullah, K.-U. Zaman, M. Sadiq // *Sarhad Journal of Agriculture*. – 2012. - № 28 (2).- P. 159 – 164.
134. Kizilgoz, I. The effects of increased phosphorus application on shoot dry matter, shoot P and Zn concentrations in wheat (*Triticum durum* L.) and maize (*Zea mays* L.) grown in a calcareous soil / I. Kizilgoz, E. Sakin // *African Journal of Biochemistry*. – 2010. - № 9 (36). -P. 5893-5896.
135. Kizilgoz, I. The effects of phosphorus application on shoot dry matter and uptake of phosphorus, calcium and zinc in two wheat cultivars grown in a high clay soil / I. Kizilgoz, E. Sakin // *Bulgarian journal of agricultural science*. – 2013. - № 19 (4) - P. 675-678.

136. Kugbei, S. Efficiency of wheat seed production and crop diversification in Afghanistan / S. Kugbei // Journal of Crop Improvement. - 2011. - № 25. - P. 191-201.
137. Kugbei, S. Estimating the wheat seed market in Afghanistan / S. Kugbei // Journal of New Seeds. – 2006. - № 8(2). -P. 45-56.
138. Kumari, V. Effect of different nutrient levels on yield and yield attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties under late sown condition / V. Kumari, Chandini, S. S. Prajapati, G. Singh, Sarita, A. Kumar, D. Kumar // The Pharma Innovation Journal. – 2021. - № 10 (10). -P. 498-501.
139. Laghari, A. H. Effect of NPK and boron on growth and yield of wheat variety tj-83: M.Sc. thesis / Laghari Abdul Hafeez – Sindh Agriculture University Tandojam., 2016. - 32 – 40 p.
140. Lal, R. Soil carbon sequestration and aggregation by cover cropping / R. Lal // Journal of Soil and Water Conservation. – 2015. – № 70 (6).-P. 329–339.
141. Laze, A. Chemical composition and amino acid content in different genotypes of wheat flour / A. Laze [et al.]. – Periodica Polytechnica Chemical Engineering. – 2019. – Vol. 63, № 4. – P. 618–628.
142. Maathuis, F. J. Physiological functions of mineral macronutrients / F. J. Maathuis // Current Opinion in Plant Biology. – 2009. - № 12 (3). -P. 250–258.
143. Macauley, H. Cereal Crops: Rice, Maize, Millet, Sorghum, Wheat / H. Macauley // Feeding Africa. - 2015. - P. 1-31.
144. Maclean, J. Rice Almanac: most important economic activities on earth / J. Maclean, B. Hardy, G. Hettel // International Rice Research Institute. – 2013. - P. 160-169.

145. MAIL, FAO. Wheat Sector Development Program of Afghanistan. FAO: Rome, Italy. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/afg190110.pdf>. – Дата обращения: 25.01.2025.
146. MAIL. Agricultural Prospects Report. Kabul, Afghanistan. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12825541120990/all_apr_may_10_v1_1.pdf. – Дата обращения: 28.01.2025.
147. MAIL. Annual Agricultural Report 2022. – Дата обновления: 20.12.2022 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.mail.gov.af/sites/default/files/pdf>. – Дата обращения: 06. 01. 2025.
148. MAIL. Wheat production report 2023. Дата обновления: 24.11.2023 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.mail.gov.af/dr/node/11740>. – Дата обращения: 24.12.2024.
149. MAIL. Wheat production report 2024. Дата обновления: 15.09.2024 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.mail.gov.af/dr/node/15271>. – Дата обращения: 14.12.2024.
150. Malghani, A. L. Response of growth and yield of wheat to NPK fertilizer / A. L. Malghani, A. U. Malik, A. Sattar, F. Hussain, G. Abbas, J. Hussain // Science international-(Lahore). – 2010. - 24 (2). -P. 185-189.
151. Mandic, V. Nitrogen fertilizer influence on wheat yield and use efficiency under different environmental conditions / V. Mandic, V. Krnjaja, Z. Tomic, Z. Bijelic, A. Simic, D. R. Muslic, M. Gogic // Chilean journal of agricultural research. – 2015. - № 75 (1). -P. 92-97.
152. Manzoor. Impact of potassium levels and application timing on dry matter partitioning of wheat crop in Peshawar valley Pure / Manzoor, A. Sohail, S. Ali, M. O. Khan, S. Anwar, H. Nawaz, F. Ahmad, J. Ahmad, M. W. Abbas and M. Kefayatullah // Pure and applied biology. – 2018. № 8 (1). - P. 9-15.

153. Martínez, B. Vegetation dynamics from NDVI time series analysis using the wavelet transform / B. Martínez, M. Gilabert // Remote sensing of environment. – 2009. - № 113 (9). – P. 1823 -1842.
154. Maurya, S. P. Effect of potassium levels on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties / S. P. Maurya, M. P. Yadav, D. D. Yadav, S. K. Verma, S. Kumar, S. Bahadur // Environment and ecology. – 2015. - № 33 (2). - P. 726 – 729.
155. Mckevith, B. Nutritional aspects of cereals / B. Mckevith // Nutrition Bulletin. - (2004). - № 29 (2). - P. 111-142.
156. Marshall, J. K. Methods for leaf area measurement of large and small leaf samples / J. K. Marshall // Journal of Photosynthetica. - 1968. - № 2. – P. 41-47.
157. Mittal, S. Policy Options to Achieve Food Security in South Asia / S. Mittal, D. Sethi // (No Title). – 2011. - P. 206-236.
158. Moles, A. T. Global patterns in plant height / A. T. Moles, D. I. Warton, L. Warman, N. G. Swenson, S. W. Laffan, A. E. Zanne, A. Pitman, F. A. Hemmings, M. R. Leishman // Journal of Ecology. – 2009. - № 97 (5). - P. 923–932.
159. Monostori, T. Crop production / T. Monostori – Hungary.: University of Szeged faculty of agriculture, 2014. –26-27 P. <https://core.ac.uk/download/pdf/35347192.pdf>
160. Motmainna, M. Yield response of wheat to the application of lime and phosphorous: M.Sc. thesis. – Department of Agronomy / Motmainna Mahmuda – Dhaka, 2014. - 60 – 62 p.
161. Moumita, Effect of drought stress and gibberellic acid on morphophysiological parameters and yield of wheat: M.Sc. thesis. – Department of Agronomy / Moumita – Dhaka, 2017. – 68 p.

162. Muchhadiya, R. M. Effect of NPK levels along with city compost on growth, yield and economics of wheat (*Triticum aestivum* L.) under system of wheat intensification (SWI) / R. M. Muchhadiya, R. B. Thanki, H. L. Sakarvadia, P. M. Muchhadiya // *The Pharma Innovation Journal*. – 2021. - № 10 (11). -P. 1254-1259.
163. Mughal, M. Cereal production, undernourishment, and food insecurity in South Asia / M. Mughal, S. C. Fontan // *Review of Development Economics*. – 2020. - № 24 (2). - P. 524-545.
164. Mukhtar, F. B. Influence of photoperiod and gibberellic acid on the growth and flowering of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) / F. B. Mukhtar, B. B. Sing // *Journal of Food, Agriculture and Environment*. - 2006. - № 4. -P. 201-203.
165. Mussarat, M. Accentuating the role of nitrogen to phosphorus ratio on the growth and yield of wheat crop / M. Mussarat, M. Shair, D. Muhammad, I. A. Mian, S. Khan, M. Adnan, S. Fahad, E. S. Dessoky // *Sustainability*. – 2021. - № 13 (4). - P. 2253.
166. Nadeem M. A. Integration of Organic, Synthetic Fertilizers and Micronutrients for Higher Growth and Yield of Wheat / M. A. Nadeem, M. S. Baloch, E. A. Khan, A. A. Khakwani, K. Waseem // *Sarhad journal of agriculture*. – 2016. - № 32 (1). -P. 9-16.
167. Nazari, E. Wheat cultivation / E. Nazari // *Agriculture or fight against hunger*. – 2011. – P. 1-5.
168. Niamatullah, M. Impact of NPK applications on the number of productive tillers and cost benefit analysis of wheat in hill-torrent irrigated area of d. I. Khan division, khyber pakhtoonkhwa / M. Niamatullah, M. Khan, M. Q. Khan, M. Sadiq, K. U. Zaman, C. S. Hayat, S. Rehman // *The Journal of Animal and Plant Sciences*. – 2011. - № 21 (2). - P. 211-214.

169. Niane, A. A. National catalogue of wheat varieties in Afghanistan / A. A. Niane, Z. Bishaw, S. Kugbei, A. Z. Aria, A. Wahed, F. Sherzad, G. Ahmad, Z. A. Zadda // Rome, Italy: FAO. – 2011. - P. 1-82.
170. Noonari, S. Effect of different levels of phosphorus and method of application on the growth and yield of wheat / S. Noonari, S. A. Kalhor, A. Ali, A. Mahar, S. Raza, M. Ahmed, S. F. A. Shah, S. U. Baloch // Natural Science. -2016. - № 8 (7). - P. 305-314.
171. Noori, Z. Physicochemical properties and morphological observations of selected local rice varieties in northern Afghanistan / Z. Noori, M. W. Mujadidi, M. W. Amin // International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences. – 2018. - № 2 (3). - P. 99-103.
172. NSIA, Afghanistan Statistical yearbook 2019-2020. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://nsia.gov.af/library>. – Дата обращения 21.12.2024.
173. Obaid, H. Effect of different levels of phosphorus on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*, L.) in Kandahar region of Afghanistan / H. Obaid, A. Khalili, S. Sharifi, S. Dhar, Annal of Agricultural Research. – 2019. – № 40 (1). - P. 20–24.
174. Obaidi, M. Q. Catalogue of Wheat Varieties in Afghanistan / M. Q. Obaidi, Q. Soofizada, M. Nang, N. G. Shahidzoi, A. B. Habibi, A. Z. Aria, I. Hamkar, A. S. Nabizada, A. S. Ahmadi, H. Sabiry, Z. A. Zadda, M. Maqsodi // Agricultural Research Institute of Afghanistan. - 2017. - P. 1-31.
175. Obaidi, M.Q. Kabul 13: A New Ug99 Resistant Wheat Variety for Afghanistan / M. Q. Obaidi, M. H. Azmatyar. A. Zamarai, A. Qayum, E. Mohmand, R. Sharma // Journal of Agriculture and Veterinary Science. – 2015. – № 8 (2). - P. 16–17.

176. OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030. – Дата обновления: 05.07.2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030_19428846-en.html. – Дата обращения 15.12.2024.
177. OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030. – Дата обновления: 08.07.2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1787/1720ba60-en/>. – Дата обращения 25.12.2024.
178. Patel, V. Influence of NPK levels and method of sowing on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) Prayagraj condition / V. Patel, L. K. Sanodiya, A. Kumar, S. N. Singh, A. K. Singh, S. Dubey // *The Pharma Innovation Journal*. – 2023. – № 12 (8). – P. 616-619.
179. Patrick, D. Effect of different nutrient management on yield and economics of wheat (*Triticum aestivum* L.) / D. Patrick, I. Singh, M. K. Rana, D. Singh, R. K. Behl, O. P. Mehla // *International Journal of Research in Agronomy*. – 2024. – № 7 (6). – P. 231-235.
180. Pearce, S. Exogenous gibberellins induce wheat spike development under short days only in the presence of vernalization / S. Pearce, L. S. Vanzetti, J. Dubcovsky // *Plant Physiology*. – 2013. – № 163 (3). – P. 1433–1445.
181. Persaud, S. Long term growth prospects for wheat production in Afghanistan / S. Persaud // *United States Department of Agriculture Economic Research Service*. – 2012. – P. 1-33.
182. Plaxton, W. C. Metabolic adaptations of phosphate-starved plants / W. C. Plaxton, H. T. Tran // *Plant Physiology*. – 2011. – 156 (3). – P. 1006–1015.
183. Poole, N. Are agriculture and nutrition policies and practice coherent? Stakeholder evidence from Afghanistan / N. Poole, C. Echavez, D. Rowland // *Food Security*. – 2018. – № 10 (6). – P. 1577–1601.

184. Poole, N. Sowing the wheat seeds of Afghanistan's future / N. Poole, R. Sharma, O.A. Nemat, R. Trenchard, A. Scanlon, C. Davy, N. Ataei, J. Donovan, A.R. Bentley // *Plants, People, Planet.* – 2022 - № 4 (5). – P. 423–431.
185. Popal, K. Wheat and research on wheat in Afghanistan / K. Popal // *Afghan German online.* - 2019. – P. 6.
186. Popal, K. Wheat farming in Afghanistan; wheat varieties in different regions of Afghanistan / Kalang, Denmark. – 2024. – P. 1-67.
187. Pray, C. E. (2012). Innovation and research by private agribusiness in India / C. E. Pray, L. Nagarajan // *IIFPRI, WA, USA.* – 2012. - № 1181. - P. 43.
188. Rademacher, W. Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production / W. Rademacher // *Journal of Plant Growth Regulation.* – 2015. - № 34. - P. 845-872.
189. Rahimi, M. A. National wheat policy / M. A. Rahimi // *Ministry of Agriculture, irrigation and livestock, Afghanistan.* – 2013. – P. 1-18.
190. Ramnath, Effect of NPK and Growth Regulators on Yield Attributes of Wheat (*Triticum aestivum* L.) / Ramnath, N. K. Verma // *International journal of plant and soil science.* – 2024. - № 36 (6). - P. 86 - 90.
191. Rehman, S. Phenology, leaf area index and grain yield of rainfed wheat influenced by organic and inorganic fertilizer / S. Rehman, S. K. Khalil, F. Muhammad, A. Rehman, A. Z. Khan, Amanullah, A. R. Saljoki, M. Zubair, I. H. Khalil // *Pakistan journal of botany.* – 2010. - № 42 (5). - P. 3671-3685.
192. Sameen, A. Q. Soil Chemistry and Plant Nutrients / A. Q. Sameen, M.A. Zaghard // *World Bank, Kabul, Afghanistan.* – 2008. - P. 58–295.
193. Samim, S. A. Assessment of Food security situation in Afghanistan / S. A. Samim, H. Zhiquan // *SVU-International Journal of Agricultural Sciences.* - 2020. - № 2 (2). - P. 356-377.

194. Samim, S. Assessment of cereal self-sufficiency and food balance projection in Afghanistan / S. Samim, H. Zhiquan, Y. Wen, S. Y. Amini, M. Eliw // Asian Journal of Agricultural Extension, Economics and Sociology. – 2021 - № 39. (3) - P. 38-51.
195. Samimi, A. S. Effect of different levels of NPK on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) / A. S. Samimi, T. Thomas // International journal of multidisciplinary research and development. – 2016. - № 3 (5). - P. 228-231.
196. Sarwar, M. H. The importance of cereals (Poaceae: Gramineae) nutrition in human health: A review/ M. H. Sarwar, M. F. Sarwar, M. Sarwar, N. A. Qadri, M. Safia // Journal of Cereals and Oilseeds. - 2013. - №. 4(3). - P. 32-35.
197. Sarwary, A. Opportunities for economic growth in Afghanistan / A. Sarwary // Kabul: Centre for Peace and Conflict Studies. – 2012. - P. 1–4.
198. Shams, S. Studies on the effects of phosphorus levels on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in semi-arid region of Kandahar Afghanistan / S. Shams, D. S. Rana, R. Nazarian, M. N. Jalali // International Journal of Applied Research. – 2018. - № 4 (11). - P. 96-100.
199. Sharma, R. Afghanistan wheat seed scenario: Status and imperatives / R. Sharma, M. Nang // International Journal of Agricultural Policy and Research. – 2018. - № 6 (5). - P. 71-75.
200. Shewry, P. R. The contribution of wheat to human diet and health / P. R. Shewry, S. J. Hey // Food and energy security. – 2015. - № 4 (3). - P. 178-202.
201. Shewry, P. R. Improving the protein content and composition of cereal grain / P. R. Shewry. – Journal of Cereal Science. – 2007. – Vol. 46, № 3. – P. 239–250
202. Shewry, P. R. Wheat / P. R. Shewry // Journal of Experimental Botany. -2009. - № 6 (6). P. 1537–1553.

203. Siddiqui, A. S. Influence of nitrogen levels on growth and yield of different varieties of wheat: дис. Department of Agriculture, Sher-e-Bangla Agricultural University / Siddiqui Abu Nadir Shahab Uddin Ahmed – Dhaka, 2008. – 36-37 p.
204. Sileshi, G. w. Dose-response models to guide site-specific nutrient management and lessons for fertiliser trial design in sub-Saharan Africa / G. w. Sileshi // *Experimental Agriculture*. – 2022. - № 58 (2). - P. 1–18.
205. Silva, A. L. L. Gibberellic acid fermented extract obtained by solid-state fermentation using citric pulp by *Fusarium moniliforme*: Influence on *Lavandula angustifolia* Mill cultivated in vitro / A. L. L. Silva, C. Rodrigues, J. L. Costa, M. P. Machado, R. O. Penha, L. A. Biasi, L. P. S. Vandenberghe, C. R. Soccol, // *Pakistan Journal of Botany*. – 2013. - № 45 (6). - P. 2057–2064.
206. Singh, M. Effect of plant growth regulators on growth and physiological parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) under late sown condition / M. Singh, S. P. Kushwaha, S. Shahi, A. P. Tiwari // *The Pharma Innovation Journal*. – 2022. - № 11 (10). - P. 801-810.
207. Singh, M. P. Effect of NPK with bio fertilizers on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*triticum aestivum* l.) In western Uttar Pradesh condition / M. P. Singh, P. Kumar, A. Kumar, R. Kumar, A. Diwedi, S. Gangwar, V. Kumar, N. Sepat // *Progressive agriculture*. -2016. - № 16 (1). - P. 83-87.
208. Singh, S. Effect of planting geometry and NPK levels with phosphorus solubilising bacteria on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) / S. Singh, V. Singh, A. Singh // *Annals of Agricultural Research*. – 2019. - № 40 (3). - P. 239-247.
209. Singh, V. Plant Growth Regulators and Their Use in Plant Growth and Development / V. Singh, R. Patel, S. Kumar, M. P. Sahu, A. Ahirwal // *Agriculture and environment*. - 2021. - № 2 (4). - P. 26-28.

210. Somayeh, E. Effect of different gibberellic acid hormone levels on yield and yield components of wheat cultivars / E. Somayeh, S. Alireza // *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*. – 2015. – №. 2. – P. 1476-1483.
211. Soofizada, Q. Evaluation of Nitrogen and Phosphorus Responses on Yield, Quality and Economic Advantage of Winter Wheat (*Triticum aestivum*, L.) under Four Different Agro-Climatic Zones in Afghanistan / Q. Soofizada, A. Pescatore, R. Atefi, C. Grassi, O. Orlandini, M. Napoli // *Agronomy*. – 2023. - № 13 (2). - P. 345.
212. Srivastava, L. M. Plant growth and development: Hormones and environment / L. M. Srivastava // Elsevier 2002. - P. 140.
213. Srivastava, M. Response of growth regulators on some physiological traits and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) / M. Srivastava, P. Singh // *Progressive Agriculture*. – 2010. - № 10 (2). - P. 387-388.
214. Stefanova-Dobrevs S. Influence of NPK fertilization on grain yield and some components of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) / S. Stefanova-Dobrevs, A. Muhova // *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. – 2020. – T. 63. – №. 2. - P. 214 – 220.
215. Sultanov, F. S. Impact of mineral fertilizers on yield and grain quality of spring wheat cultivar Marsianka / F. S. Sultanov, A. A. Yudin, O. B. Gabdrakhimov // *Earth and Environmental Science*. – 2021. – № 848 (1). - P. 12231.
216. Tadesse, T. Effects of farmyard manure and inorganic fertilizer application on soil physico-chemical properties and nutrient balance in rain-fed lowland rice ecosystem / T. Tadesse, N. Dechassa, W. Bayu, S. Gebeyehu, // *American Journal of Plant Science*. – 2013. - № 4 (02). - P. 309–316.
217. Tavva, S. Technical efficiency of wheat farmers and options for minimizing yield gaps in Afghanistan / S. Tavva, A. A. Hassan, Y. S. Saharawat // *Outlook on Agriculture*. – 2017. - № 46 (1). - P. 13-19.

218. TheGlobalEconomy.com— [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://ru.theglobaleconomy.com/Afghanistan/fertilizer_use/. – Дата обращения 25.02.2025.
219. Thomas, V. SRI contributions to rice production dealing with water management constraints in northeastern Afghanistan / V. Thomas, A. M. Ramzi // *Paddy and Water Environment*. – 2011. - № 9. (1). - P. 101-109.
220. Tiwari, V. Wheat Area Mapping in Afghanistan Based on Optical and SAR Time-Series Images in Google Earth Engine Cloud Environment / V. Tiwari, M. Matin, F. Qamer, W. Ellenburg, B. Bajracharya, K. Vadrevu, B. R. Rushi, W. Yusafi // *Frontiers in Environmental Science*. – 2020. - № 8. - P. 78.
221. Trivedi, V. K. Effect of balanced use of nutrients on yield attributes, yield and protein content of wheat (*Triticum aestivum*) / V. K. Trivedi, M. B. Raza, S. Dimree, A. K. Verma, A. B. Pawar, D. P. Upadhyay // *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. -2020. - № 90 (12). - P. 2369–2372.
222. Ullah, B. Optimizing NPK Fertilization for Enhanced Performance of Chinese Wheat Hybrids under Agro-Climatic Condition of Peshawar Valley /B. Ullah, H. Lou, M. Arif, S. Zhang, H. A. Khan, K. N. Sadozai, M. Khan, M. M. Anjum // *Agronomy*. – 2024. - № 14 (9). - P. 1904.
223. Ullah, G. Wheat Response to Application Methods and Levels of Nitrogen Fertilizer: I. Phenology, Growth Indices and Protein Content / G. Ullah, E. A. Khan, I. U. Awan, M. A. Khan, A. A. Khakwani, M. S. Baloch, Q. U. Khan, M. S. Jilani, K. Wasim, S. Javeria, G. Jilani // *Pakistan journal of nutrition*. – 2013. - № 12 (4). - P. 365-370.
224. USAID-CIMMYT, Best Practices in Wheat Production. – [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://www.cimmyt.org/content/uploads/2022/09/Zone-Specific-Recommendations-for-Central-Region.pdf>. – Дата обращения 29.12.2024.

225. USDA, Foreign Agricultural Service: An Overview. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47836/4>. – Дата обращения: 11.01.2025.

226. Verma, S. Effect of new generation fertilizers with conventional fertilizer on nutrient use efficiency, growth and development of wheat (*Triticum aestivum* L.) / S. Verma, N. S. Rana, V. Singh, M. Rastogi, S. K. Maurya, P. K. Yadav // *The pharma innovation journal*. – 2022. - № 11 (6). - P. 434-437.

227. Vishwakarma, M. Effect of different sources of nutrient and NPK levels on growth, yield attributes and productivity of wheat (*Triticum aestivum*) in a vertisol / M. Vishwakarma, P. S. Kulhare, G. S. Tagore, R. K. Sahu // *International journal of current microbiology and applied sciences*. – 2020. - № 9 (10). - P. 2625-2632.

228. Vishwakarma, M. Growth response of wheat as affected by different nutrient sources and NPK levels under vertisols / M. Vishwakarma, P. S. Kulhare, G. S. Tagore, A. S. Gontia // *International Journal of Plant & Soil Science*. – 2023 – Volume 35, Issue 21 – P. 835-845.

229. Wani, S. H. Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants / S. H. Wani, V. Kumar, V. Shriram, S. K. Sahd // *The crop journal*. – 2016. – № 4 (3). P. 162-176.

230. Waziri, A. K. Wheat / A. K. Waziri // *The great dictionary of Afghanistan*. – 2016. - P. 1-3.

231. Waziri, A. Making Afghanistan wheat secure by 2022 / A. Waziri, A. Habibi, A. R Manan, H. Rabbani, H. Kamalzai, K. S. J. Alawi, M. Osmanzai, M. A. Dost, N. Bakhtani, R. Sharma // *Wheat Inf. Ser.* – 2013. - № 116. – P. 12-14.

232. Weyers, J. D. B. Plant hormones and the control of physiological processes / J. D. B. Weyers, N. W. Paterson // *New Phytologist*. – 2001. - № 152 (3). - P. 375-407.
233. WHEAT GROWERS GUIDE. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.seedcogroup.com/zw/fieldcrops/wpcontent/uploads/2021/09/Wheat-Growers-Guide.pdf>. – Дата обращения: 12.12.2024.
234. World Bank, Cereal production. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/AG.PRD.CREL.MT>. – Дата обращения: 24.12.2024.
235. Yagioka, A. The effect of minimum tillage with weed covers mulching on organic daikon (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus* cv. *Taibyousoufutori*) yield and quality and on soil carbon and nitrogen dynamics / A. Yagioka, M. Komatsuzaki, N. Kaneko // *Biological Agriculture and Horticulture*. – 2014. - № 30 (4). - P. 228–242.
236. Zakharova, N. N. Wheat grain production in the world and its dynamics / N. N. Zakharova, N. G. Zakharov // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences. – 2024. – № 380. - P. 03001.
237. Zanello, G. Agricultural production diversity, markets and dietary diversity in Afghanistan / G. Zanello, B. Shankar, N. Poole // *Food Policy*. – 2019. - № 87. - P. 101731.
238. Zhang X. Contribution of cultivar, fertilizer and weather to yield variation of winter wheat over three decades: a case study in the North China Plain / X. Zhang, S. Wang, H. Sun, X. Liu // *European Journal of Agronomy*. – 2013. - № 50. - P. 52-59.
239. Zhu, J. K. Plant salt tolerance / J. K. Zhu // *Trends in plant science*. – 2021. - № 6 (2). - P. 66-71.

Приложение – А

**Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на ИЛП яровой пшеницы
в 2022 г., м²/м²**

Вариант	Период вегетации растений, дни		
	30 дней после посева	60 дней после посева	90 дней после посева
Контроль	0,82	1,71	2,84
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	0,86	1,76	2,89
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	0,88	1,81	2,93
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	0,95	2,06	3,33
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	0,96	2,11	3,40
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	0,97	2,08	3,48
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	0,97	2,08	3,52
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	1,00	2,18	3,84
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	1,02	2,19	4,03
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	0,99	2,12	3,68
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	1,02	2,19	3,90
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	1,03	2,19	4,03
НСР ₀₅	0,04	0,07	0,15

Приложение – Б

**Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на ИЛП яровой пшеницы
в 2023 г., м²/м²**

Вариант	Период вегетации растений, дни		
	30 дней после посева	60 дней после посева	90 дней после посева
Контроль	0,81	1,69	2,83
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	0,85	1,74	2,88
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	0,87	1,78	2,91
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	0,96	2,07	3,34
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	0,97	2,08	3,37
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	0,98	2,09	3,42
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	0,99	2,11	3,54
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	1,00	2,17	3,77
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	1,03	2,23	4,04
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	1,00	2,13	3,71
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	1,02	2,18	3,79
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	1,04	2,24	4,05
НСР _{0,05}	0,03	0,08	0,15

Приложение – В

**Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на количество колосьев
пшеницы, шт./м²**

Вариант	годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	233,3	235,7	239,3	236,1
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	245,5	243,3	247,7	245,5
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	248,2	248,0	248,3	248,2
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	254,3	256,3	258,7	256,4
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	259,7	259,3	260,0	259,7
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	257,7	263,3	262,3	261,1
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	265,7	268,3	273,0	269,0
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	276,8	275,0	278,7	276,8
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	287,3	288,3	292,7	289,4
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	266,7	271,3	273,3	270,4
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	277,8	274,7	281,0	277,8
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	287,7	284,7	293,0	288,4
НСР ₀₅	12,8	12,7	12,7	12,7

Приложение – Г

**Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на количество колосков в
колосе пшеницы, шт.**

Вариант	годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	15,0	14,8	14,5	14,8
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	15,3	15,5	15,8	15,5
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	16,2	16,2	16,3	16,2
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	18,0	18,0	18,1	18,0
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	18,3	18,4	18,5	18,4
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	18,7	18,9	18,9	18,8
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	19,3	19,5	19,6	19,5
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	20,3	20,4	20,4	20,4
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	21,2	21,3	21,3	21,3
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	20,2	20,4	20,4	20,3
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	20,7	20,6	20,8	20,7
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	21,2	20,8	21,2	21,1
НСР ₀₅	0,9	0,9	0,9	0,9

Приложение – Д

Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на количество зерен в колосе пшеницы, шт.

Вариант	годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	34,0	33,4	30,8	32,7
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	35,4	36,0	34,8	35,4
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	36,5	36,4	36,6	36,5
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	38,9	39,5	42,2	40,2
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	42,5	41,3	43,8	42,5
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	43,5	43,7	44,7	44,0
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	44,6	45,7	47,1	45,8
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	47,4	46,8	48,1	47,4
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	47,9	48,5	49,5	48,6
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	46,1	46,2	49,2	47,2
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	48,3	46,7	49,8	48,3
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	47,4	48,4	50,1	48,6
НСР ₀₅	1,8	1,8	1,8	1,8

Приложение – Е

Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на длину колоса яровой пшеницы, см

Вариант	годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	7,0	6,9	6,3	6,7
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	7,4	7,4	7,4	7,4
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	7,9	7,8	8,0	7,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	10,0	10,0	8,7	9,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	9,8	10,1	9,1	9,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	10,2	10,2	9,5	10,0
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	10,6	10,6	10,9	10,7
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	11,0	10,8	11,2	11,0
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	11,4	11,5	11,5	11,5
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	10,5	10,6	11,1	10,7
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	11,1	10,9	11,4	11,1
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	11,4	11,3	11,4	11,4
НСП ₀₅	0,5	0,5	0,5	0,5

Приложение – Ж

Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на массу зерна в колосе, г

Вариант	годы исследований			
	2022	2023	2024	Средний
Контроль	1,78	1,66	1,40	1,61
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	1,80	1,77	1,79	1,79
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	1,83	1,81	1,83	1,82
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	2,05	2,08	1,90	2,01
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	2,09	2,10	2,12	2,10
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	2,11	2,12	2,15	2,13
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	2,22	2,16	2,32	2,23
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	2,55	2,51	2,58	2,55
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	2,70	2,73	2,76	2,73
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	2,28	2,30	2,47	2,35
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	2,58	2,47	2,62	2,56
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	2,71	2,66	2,73	2,70
НСР ₀₅	0,09	0,09	0,08	0,09

Приложение – И

Влияние минеральных удобрений и гиббереллина на массу 1000 зерна, г

Вариант	годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	37,9	36,5	38,0	37,5
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	38,8	37,5	40,1	38,8
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	40,0	38,3	41,7	40,0
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	42,5	42,1	43,4	42,7
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	43,0	43,7	44,8	43,8
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	43,7	44,8	45,9	44,8
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	44,1	45,7	46,1	45,3
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	46,4	46,1	46,7	46,4
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	47,0	47,2	47,2	47,1
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	44,9	45,5	46,8	45,7
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	46,4	45,7	47,1	46,4
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	45,5	46,4	47,1	46,4
НСР ₀₅	1,9	1,9	1,9	1,9

Приложение – К

**Влияние различных доз минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста
(гиббереллин) на урожай растений яровой пшеницы, т/га**

Вариант	годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	5,6	5,6	5,3	5,5
$N_0P_0K_0 + G_{20}$	5,9	5,9	6,0	5,9
$N_0P_0K_0 + G_{40}$	6,2	6,2	6,2	6,2
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_0$	9,2	8,4	7,2	8,3
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	9,5	8,6	7,6	8,5
$N_{120}P_{60}K_{30} + G_{20}$	10,1	9,1	8,6	9,2
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_0$	10,5	10,7	11,1	10,7
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{20}$	11,8	11,9	12,2	11,9
$N_{160}P_{90}K_{60} + G_{40}$	12,6	13,2	13,3	13,0
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_0$	11,3	10,8	12,4	11,5
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{20}$	12,3	11,7	12,8	12,3
$N_{200}P_{120}K_{90} + G_{40}$	12,4	12,5	13,3	12,7
НСР ₀₅	0,6	0,5	0,6	0,6

Приложение – Л

Влияние различных доз минеральных удобрений (NPK) и регулятора роста (гиббереллин) на удельный вынос яровой пшеницей, кг/т, средние значения 2022 – 2024 гг.

Вариант	Удельный вынос элементов питания		
	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	15,9	18,2	36,9
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₂₀	15,9	18,6	34,6
N ₀ P ₀ K ₀ + G ₄₀	16,7	19,7	34,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₀	20,0	25,0	40,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₂₀	20,8	25,5	41,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀ + G ₄₀	20,8	26,3	41,0
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₀	22,7	28,6	46,1
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₂₀	26,6	30,1	45,6
N ₁₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + G ₄₀	33,0	37,5	61,2
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₀	26,3	34,0	57,1
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₂₀	26,8	34,9	58,3
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + G ₄₀	29,2	34,3	53,4
НСР ₀₅	1,2	1,3	2,5