

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

На правах рукописи

Алемьяр Саид Алем

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И
ГИББЕРЕЛЛИНА НА ФАСОЛЬ ОБЫКНОВЕННУЮ ПРИ
ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА
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.....	10
1.1 Современное состояние возделывания зернобобовых культур в мире и Афганистане.....	10
1.2 Агротехнические приемы выращивания фасоли в Афганистане.....	16
1.3 Биологические особенности видов и сортов фасоли в Афганистане.....	22
1.4 Агрохимикаты и регуляторы роста растений, применяемые на посевах зернобобовых культур в Афганистане.....	26
Глава 2. Объекты и методы исследований.....	30
2.1 Сорт фасоли, используемый в исследованиях.....	30
2.2 Закладка и проведение полевого опыта 2022 -2024 гг.....	31
2.3 Метеорологические условия полевого опыта 2022 -2024 гг.	33
2.4 Методы исследований	37
Глава 3. Экспериментальная часть	40
3.1 Действие минеральных удобрений и регулятора роста на биометрические показатели растений фасоли в полевом опыте.....	40
3.2 Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на урожайность фасоли.....	58
3.3 Содержание и вынос основных элементов питания урожаем фасоли.....	68
3.4 Оценка качества продукции.....	82
3.5 Экономическая эффективность применение минеральных удобрений и регулятора роста на посевах фасоли.....	98
Заключение.....	103

Список литературы.....	106
Приложения.....	123

Введение

Актуальность. Более 300 миллионов человек во всем мире в ежедневном рационе питания используют бобовые культуры, так как они являются основным источником растительного белка. Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) имеет большое распространение среди других бобовых, посевные площади которой составляют около 27 – 30 млн га ежегодно, что соответствует второму месту после сои. Азия лидирует в производстве фасоли – 43%, Америка —29% и Африка — 26% мирового производства. Европа и Океания вносят около 2% от общего объема производства (FAO, 2022, Авраменко, 2018, Алемьяр, 2024, Nigam, 2021).

Фасоль - ценная высокобелковая культура, в ее зрелых семенах содержание белка 15 % – 40 %, крахмала 50 % – 60 %, жира 0,7 % – 4 %, клетчатки 5 % – 8 %. Она содержит много макроэлементов: фосфор, калий, железо, кальций и магний, а также витаминов группы В и незаменимых аминокислот: цистеин, аргинин, триптофан, гистидин, лизин, метионин и др., поэтому ее широко используют в пищевой промышленности, в медицине для получения чистого белка и в других отраслях (Авраменко, 2023, Алемьяр, 2024, Didinger, 2022). Эффективность переваривания белка фасоли составляет 86%, этот показатель выше коэффициента перевариваемости гороха и чечевицы (Базулева, 2023).

Большое значение бобовых культур, в том числе и фасоли в земледелии, так как они являются азотофиксаторами, которые способны обеспечивать себя азотом во время роста и развития, а также насыщать почву этим элементом, в целом бобовые имеют меньший углеродный след по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Одним из главных преимуществ бобовых является то, что они не требуют энергоемких технологий, связанных с применением высоких доз азотных удобрений, как другие культуры (Gan, 2011, Reinprecht, 2020).

В Афганистане бобовые культуры занимают второе место среди выращиваемых сельскохозяйственных культур после зерновых. Самыми

распространенными являются горох (*Pisum sativum*), чечевица (*Lens culinaris*), маш (*Vigna radiata*), фасоль (*Phaseolus vulgaris* L.) и конские бобы (*Vicia faba*). Важно отметить, что бобовые в Афганистане выращивают в два периода года: с июня по октябрь (теплый и дождливый период) и с октября по апрель (сухой и прохладный период). Фасоль и маш, как более теплолюбивые культуры, выращивают в теплый период, а горох и чечевицу в холодный период (Алемьер, 2024, Belorukhov, 2024).

Фасоль, теплолюбивая и влаголюбивая культура, оптимальная температура воздуха во время вегетации растений + 20 - +25 °С, повышение или понижение температуры воздуха снижает азотфиксацию, вызывает опадение цветков, слабое формирование бобов (Козлова, 2020, 2024). Требовательность к влажности почвы у фасоли высокая, поэтому в условиях Афганистана обязательным приемом является полив растений. Фасоль требовательна к минеральному питанию, особенно по фосфору и калию в 1,5 – 2 раза больше по сравнению с зерновыми, азотные удобрения для нее важны в ранние фазы вегетации (Склярова, 2018).

Почвы Афганистана бедны основными элементами питания, обладают плохой структурой, щелочной реакцией среды, засолены, поэтому они требуют комплексного подхода в изучении агрохимических свойств конкретного региона страны и создание систем агрохимических мероприятий для повышения плодородия почв и улучшения их мелиорации, так как засушливые климатические условия в стране (низкое количество выпадение осадков, высокая температура воздуха) создают неблагоприятные условия для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

В целом, по стране при выращивании сельскохозяйственных культур используют низкие и несбалансированные дозы минеральных удобрений, устарелые агротехнологии выращивания, практически не применяют фиторегуляторы (Алемьер, 2025).

Степень разработанности темы. Фасоль обыкновенная является популярной бобовой овощной культурой. Исследования ее производства

проводятся во всем мире по изучению влияния различных доз минеральных (NPK), органических, комплексных удобрений и регуляторов роста растений, которые положительно влияют на урожайность и качество продукции (Босак, 2016, Ермохин, 2017, 2018, Просев, 2018, Халимуллина, 2019, Абылканова, 2019, Волобуева, 2020, Афанасьева, 2022, Авраменко, 2023, Алемьяр, 2024, Roy, 2011, Mishra, 2016, Vandemark, 2017, Shaban, 2021, Küçük, 2022, Aram, 2024, Named, 2024, и др.). В условиях северо – востока Афганистана нет полной информации о формах, сроках и дозах вносимых под фасоль минеральных удобрений, не установлены сроки применения и дозы регуляторов роста.

Цель исследования – в условиях северо – востока Афганистана изучить урожайность и качество семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) сорта Rosescoco (GLP2) при применении разных доз минеральных удобрений и гиббереллина.

Задачи исследования:

- Изучить действие минеральных удобрений (NPK) и гиббереллина на рост и развитие фасоли сорта Rosescoco в условиях Афганистана;
- Установить действие разных уровней минерального питания и фиторегулятора на урожайность фасоли;
- Оценить содержание и вынос основных элементов питания (NPK) урожаем фасоли. Определить химический состав семян и побочной продукции;
- Установить экономическую эффективность применения минеральных удобрений и гиббереллина при выращивании фасоли в условиях Афганистана.

Научная новизна. Впервые в природно-климатических условиях северо-востока Афганистан при выращивании фасоли обыкновенной (сорт Rosescoco (GLP2)) установлены эффективные дозы минеральных удобрений (NPK) и гиббереллина (GA), которые положительно влияли на рост растений, накопление сухой биомассы, фотосинтетические и морфологические

показатели растений, урожайность основной и побочной продукции, а также повышали качество получаемых семян. Применение минеральных удобрений в дозе N60P60K30 кг/га и гиббереллина 60 г/га способствовало повышению урожайности семян фасоли до 2,0 т/га, содержание белка в зерне до 25,8 %.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость исследований заключается в том, что в условиях Афганистана изучено влияние применения разных доз минеральных удобрений и гиббереллина при выращивании фасоли. Проведена оценка действия изучаемых факторов на рост, развития растений и продуктивность культуры.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты исследований могут быть использованы в технологии выращивания фасоли обыкновенной, а эффективные дозы вносимых под культуру минеральных удобрений N60P60K30 и применение во время вегетации растений гиббереллина 60 г/га могут быть использованы в хозяйствах Афганистана, а также в южных регионах при засушливом климате на засоленных почвах на территории России.

Методология и методы исследования. В ходе исследований было проведено 3 полевых опыта в течение трех лет (2022 – 2024 гг.) на полевой опытной станции института Альберони (Афганистан), методологические подходы были разработаны с учетом рекомендаций Министерство сельского хозяйства, ирригации и животноводства Афганистана (MAIL) и с учетом методики полевого опыта по Доспехову (1985 г.). Все лабораторные и агрохимические анализы почвы и растений выполнены по ГОСТам на кафедре химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Действие разных доз минеральных удобрений и гиббереллина на динамику роста, накопление сухой биомассы, фотосинтетические и морфометрические показатели растений фасоли в условиях северо – востока Афганистана.

- Особенности урожайности фасоли сорта Rosescoco при применении удобрений и гиббереллина. Содержание и вынос основных элементов питания урожаем фасоли. Химический состав продукции.
- Обоснование экономической эффективности применение минеральных удобрений и гиббереллина на фасоли в условиях северо-востока Афганистана.

Степень достоверности и апробация результатов. Все полученные результаты исследований подтверждены многолетними опытами, проведенные в течение трех лет. Установлено совпадение полученных экспериментальных данных с другими авторами в научных статьях. Статистический анализ данных выполнен с помощью программ Microsoft Excel и Opstat.

Результаты исследований по теме диссертации 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. При выполнении научной работы по теме диссертации автором лично выполнены все полевые и лабораторные опыты, статистическая обработка полученных данных и 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 133 страницах печатного текста, состоит из введения, 3 глав: литературный обзор, объекты и методы исследований, экспериментальная часть, заключения, списка литературы, включающего 138 источников, из них 67 иностранных, приложений 11 штук.

Глава 1. Литературный обзор

1.1 Современное состояние возделывания зернобобовых культур в мире и Афганистане

С учетом быстрого роста населения мира по оценкам многих исследователей к 2050 году потребуется на 70% больше продовольствия для удовлетворения потребностей населения в 9,6 млрд человек, и этот спрос на сельскохозяйственную продукцию будет в основном со стороны развивающихся стран, таких как Афганистан (Alexandratos, 2012). Чтобы преодолеть эту проблему, необходимо увеличить производство всех сельскохозяйственных культур во всем мире (Beebe, 2012). По данным Росстата за период с 2009 по 2022 гг. общий мировой объем производства зерновых и зернобобовых культур вырос почти на 22 %. Лидерство в производстве зерновых и зернобобовых культур держится последние десятилетия за Китаем (около 20 %), на втором месте США (около 15 %), далее страны Европейского союза (13 %), Индия (13 %), Россия (4 %), Бразилия (4%) и другие государства в сумме около 25 % (Широков, 2024).

Бобовые являются основным источником растительного белка и опорой систем сельскохозяйственного производства, играя жизненно важную роль в рационе питания людей и системах земледелия развивающихся стран (Желеуова, 2024, Akibode, 2012, Yeken, 2018). Бобовые являются главным источниками белков для вегетарианцев и дополняют злаки в рационе питания белками, незаменимыми аминокислотами, витаминами и минералами. Они содержат 20–30% белка, что почти вдвое больше чем в пшенице и втрое больше чем в рисе. Бобовые обеспечивают значительную питательную и оздоровительную пользу и, как известно, снижают риск заболеваний, таких как рак толстой кишки и сердечно-сосудистые заболевания (Тоймбаева, 2024, Yude, 1993, Jukanti, 2012).

Соя – культура, которая выделяется среди других бобовых культур, в ней содержание белка может достигать до 40 % и более, жира (масла) до 25 – 30 %, углеводов до 30 %. Соевой белок полноценен по аминокислотному

составу, из сои производят большой ассортимент пищевой продукции и используют для корма животных (Поморова, 2023).

За десятилетний период (2011 – 2021 гг.) посевные площади в мире этой культуры повысились почти на 30 % и составили в 2022 г. около 130 млн га. Лидеры в мировом производстве являются (данные за 2021 – 2022 гг.): Бразилия (36 %), США (34 %), Аргентина (12,3 %), Китай (5 %), Индия (3,4 %), Россия (1,4 %) и другие страны. Спрос на сою растет, как источника полноценного белка и масла, в 2021 году мировой спрос составил 365 млн тонн. По общему объему потребления этой культурой выделяются страны: Китай около 105 -110 млн тонн, страны южной Америки около 100 млн тонн, США около 64 – 65 млн тонн, Россия занимает только 8 место в данном списке. Страны, употребляющие в большом количестве сою, удовлетворяют свои потребности собственным производством, кроме Китая, который ежегодно экспортирует сою из стран лидеров производства на 50 – 60 % (ФАНУ «Восточный центр государственного планирования», 2022)

Горох — это популярная бобовая культура в Азии, и она является третьей по величине производимой пищевой бобовой культурой в мире после фасоли и сои. Горох выращивают в более чем 50 странах мира, с учетом данных 2020 года посевные площади в мире составили около 8 млн га, основные страны производители сухого гороха: Канада, Россия, Индия, Китай и Украина. Несколько отличается лидерство в производстве зеленого горошка: Индия, Китай, США, Франция и Египет (ФАО, 2020). В 2023-2024 гг. Россия заняла первое место в мире по экспорту этой культуры (Гурьев, 2024).

Маш (бобы мунг) — это культура, родина которой Индия. Помимо того, что это важная продовольственная и экономическая культура в системах земледелия Южной и Юго-Восточной Азии, ее также выращивают в других странах мира (Курьянович, 2022). Средний урожай, маша составляет 721 кг/га, в мире его посевные площади составляют около 7,3 млн га, причем 5,3 млн тонн производимой в мире продукции этой культуры делится между

Индией и Мьянмой. Другими значительными производителями маша являются Китай, Индонезия, Таиланд, Кения и Танзания (Лоскутова, 2020; Курьянович, 2019). Посевы маша в Индии в 2022 году составило 5,5 млн га, что дало 3,17 млн тонн при урожайности 570 кг/га. На маш приходится 10% производства и 16% посевных площадей среди всех бобовых. Доминирующими регионами выращивания маша, с точки зрения площади и производства, в Индии являются: Раджастан (46% и 45% соответственно), Мадхья-Прадеш (9% и 14%), Махараштра (9% и 8%), Карнатака (9% и 6%), Одиша (5% и 4%), Бихар (4% и 5%), Тамилнад (4% и 3%), Гуджарат (3% и 4%), Андхра-Прадеш (3% для обоих) и Телангана (2% для обоих), (AICRPR, Kharif, 2022-2023). Рынок маша сегментирован на четыре вида продукции, включая сухие зерна (много в Южной Азии и Кении), ростки (популярны в Восточной и Юго-Восточной Азии), лапша и крахмал (высокий спрос в Восточной и Юго-Восточной Азии), и паста (предпочтительна в Восточной Азии). В 2021 году глобальный рынок бобов мунг зафиксировал доход приблизительно в 3787,83 млн долларов США, и, по прогнозам, он продемонстрирует среднегодовой темп прироста (CAGR) более 3,31% с 2021 по 2028 год, достигнув приблизительно 4 757,59 млн долларов США к 2028 году. Более того, совокупная возможность роста, предоставляемая глобальным рынком бобов мунг, оценивается примерно в 30,25 млрд долларов США в период с 2022 по 2028 год. Маш имеет разнообразное применение в разных регионах, где могут потребоваться определенные сорта. Наиболее распространенным использованием маша во всем мире является его сухое зерно, применяемое в кулинарии. В Южной Азии (Индия, Пакистан, Бангладеш и Непал) зерна маша обычно употребляются в виде дала, который представляет собой рагу, приготовленное из сушеных бобов. В других странах зерна маша готовятся разными способами, например, варятся с рисом, подслащиваются для приготовления десертного супа (например, в Китае) или жарятся для закуски. Особенно хорошо они подходят для проращивания, что является распространенной практикой в Восточной Азии

и Юго-Восточной Азии. Основными странами, вносящими вклад в импорт маша (96% от общего объема), являются Кения (30%), за ней следует Мозамбик (24%), Танзания (18%), Бразилия (11%), ОАЭ (4%), Австралия (3%), Южная Африка (2%), Уганда (2%) и Венесуэла (2%). Что касается направлений экспорта маша, то ключевыми странами являются США (24%), Непал (18%), Великобритания (18%), Канада (10%), Бангладеш (6%), Катар (4%), Нидерланды (4%), Австралия (2%), ОАЭ (2%) и Малайзия (2%). Средняя мировая урожайность зерна маша относительно низкая и составляет 0,73 т/га, что указывает на значительный потенциал для разработки более производительных сортов.

Чечевица – культура богатая белком (28 – 33 %), по прогнозу ФАО к 2030 году спрос на нее увеличится на 20 – 30 %, популярность чечевицы растет среди людей, как источника здорового питания. Больше потребляют в питании эту культуру в Азии, африканских и арабских странах.

Лидерами по выращиванию чечевицы являются (2022 – 2023 гг.), млн тонн: Канада (2,8), Индия (1,3), Австралия (0,9), чуть меньше Россия (0,5), Турция (0,4). В России производство этой культуры увеличивается ежегодно, в 2022 – 2023 гг. страна заняла четвертое место после стран лидеров (Агроэкспорт, 2025).

По данным IGC производство чечевицы в 2017 – 2021 гг. было около 7 млн тонн и несколько снизилось до 6,8 млн тонн в 2021-2022 гг. из-за уменьшения валового сбора у лидера производства – Канады, в связи с плохими погодными условиями вегетационного периода. Однако в следующие года страна нарастила свое производство на 20 – 30 % и в 2022 – 2023 гг. мировой сбор составил 6,97 млн тонн.

Высокое потребление чечевицы в азиатских странах связано культурно-историческими традициями, а также спрос на нее сформировался за счет Индии, одной из стран лидеров производства. В этом регионе большими производителями чечевицы являются также Непал, Китай и Бангладеш. Однако Индия и ближайшие к ней страны не обеспечивают свои потребности

в этой культуре, поэтому ежегодно импорт чечевицы в этом регионе составляет около 1,5 млн тонн. В экспорте чечевицы лидирует Канада - ежегодно 2 – 2,5 млн тонн, Австралия 0,6 – 0,8 млн тонн, Россия заняла 6 место по экспорту чечевицы 2022 – 2023 гг. (Агроэкспорт, 2025).

Фасоль обыкновенная – имеет большое количество разновидностей и сортов, по популярности в мире эта культура занимает второе место после сои. По данным ФАО и ВТО мировое производство фасоли за последние годы выросло до 30 млн тонн в год. Основные производители этой культуры за последние пять лет являются Индия (6 млн тонн, 30 % мирового производства), Бразилия (3,9 млн тонн, 12 %), Мексика (2 млн тонн, 7 %), Китай (1,5 млн тонн, 5%) и США (1,3 млн тонн, 4 %).

Главные экспортеры фасоли – Канада, США, Мексика, Китай и Бразилия, мировой экспорт достигает 3 млрд долларов США в год. Крупные импортеры культуры – США, Индия и страны Европейского союза (Агроэксперт, 2025).

В последние годы рынок фасоли динамично развивается, в первую очередь, это связано с увеличением спроса на растительный белок во всем мире, повышением интереса населения стран Европейского союза и США к здоровому питанию, увеличением спроса на фасоль у развивающихся стран, таких как Афганистан, как источника недорого растительного белка, относительно недешёвого животного. Большинство стран с большим потреблением фасоли не удовлетворяют свои потребности за счет своего внутреннего производства, поэтому ежегодно увеличивают импорт, к таким относятся страны Азии, Южной Америки и Африки (Агроэксперт, 2025).

Статистические данные Министерства сельского хозяйства, ирригации и животноводства Афганистана показали, что за 2018 г. производство «сухой» фасоли составило 20 257 тонн, выращивание ее производится в большинстве провинций страны. Но качество и вкус фасоли зависят от климатических условий конкретного региона выращивания, несколько провинций славятся качеством и вкусом фасоли (Ван, 2022; Hughes, 2022).

В 2024 г департамент сельского хозяйства провинции Кундуз объявил об увеличении производства белой фасоли, заявив, что в этом году было произведено 910 тонн с 650 га посевов. Согласно этой статистике, урожайность белой фасоли увеличилась на 20%. Районы Имам Сахеп, Голтепех, Алиабад и Кундуз являются основными производителями белой фасоли в этой провинции. Белая фасоль Кундуза экспортируется в соседние провинции и Пакистан. Белая фасоль богата белком и имеет высокую пищевую ценность.

Департамент сельского хозяйства провинции Баглан объявил об увеличении урожайности фасоли в 2024 г. относительно 2023 г., которая составила на 15% больше. Посевная площадь составила 3153 га, а производство 6306 тонн. Больше всего фасоли производится в округах Доши, Нахрин, Дехне Гори, Андраб, Ханджан, Пул Комри и в центре провинции Баглан. Баглан — одна из провинций, в которой выращивают фасоль больше всего.

Департамент сельского хозяйства провинции Герат объявил об увеличении урожайности фасоли в 2024 г. на 5% относительно 2023 г. Посевная площадь составила 420 га и валовый сбор 955 тонн. В округах Гузре, Паштун Заргхун и Убех выращивают два вида фасоли белая и красная. Фасоль в основном потребляется внутри Герата, но небольшое количество экспортируется в соседние провинции.

Департамент сельского хозяйства Бадахшана объявил о 700 га земли в 2024 г. засеянной фасолью и о производстве около 1240 тонн зерна (Agram, 2024).

Фасоль в Афганистане употребляют как в зеленом, так и в сухом виде, предпочтение населения отдает белой и красной фасоли, из которых изготавливают большое разнообразие блюд (Sadid, 2022).

1.2 Агротехнические приемы выращивания фасоли в Афганистане

Фасоль — короткодневная и теплолюбивая культура. Оптимальная температура воздуха для нормального роста и развития фасоли составляет от $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$ днем и от $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ночью. Температура более $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к опадению цветов и образованию пустых бобов, а температура менее $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ замедляет рост. (Юлдашева, 2023). Таким образом, природно – климатические условия Афганистана благоприятны для выращивания этой культуры.

Фасоль чувствительна к резкому изменению температурного режима, поэтому ее посев в Афганистане должен быть выбран таким образом, чтобы чувствительные фазы развития, особенно цветение, не столкнулись с жарой и сухостью лета. Также на получения урожая фасоли не должны повлиять осенние холода. Даты посева в провинциях страны, где выращивают фасоль, разнообразны, выращивание культуры производится с начала апреля до конца июля (некоторые центральные регионы). Согласно исследованиям, проведенным в регионе Кабула, подходящей датой посева является период с 20 мая по 15 июня, а лучшей датой посева является первая неделя июня. Во время посева фасоли температура воздуха должна быть не менее $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура почвы должна быть между $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$, при более низкой температуре она может не прорасти, а семена загнить. Чем выше температура во время посева (до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$), тем раньше прорастает фасоль, которое занимает около 10 дней при температуре $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$, а при повышении температуры до $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ этот период сокращается до 4 дней. Однако, важной проблемой в Афганистане остается полив посевов, что является обязательным приемом, так как время сева этой культуры часто совпадает с выращиванием других культур, которые нуждаются тоже в поливе, а количество поливной воды всегда ограничено, поэтому сроки посева иногда смещаются на более поздние, что приводит к снижению урожайности культуры (Peshbean, 2020; Сачивко, 2022).

Орошение посевов в Афганистане является одним из главных агротехнологических приемов, без которого невозможно получить стабильные и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур. Фасоль очень чувствительна к недостатку влаги, время и количество полива для нее зависят от типа почвы, запаса влаги в ней, климатических и сезонных условий, а также стадии роста растений (Kochky, 2022). Почвы легкого и среднего механического состава обладают большой проницаемостью и быстрым испарением в сухом климате Афганистана, поэтому на таких почвах количество поливов увеличивается в двое.

В научных статьях отмечается, что в Афганистане очень важны первые два полива при выращивании фасоли. Первый полив зависит от механического состава почвы, он может быть обильным на легких почвах, а на тяжелых почвах всегда остается запас влаги и тогда при посеве почва может быть достаточно влажной, в течение этого периода семена фасоли набухают, прорастают и достигают фазы двух настоящих листьев (наступает через 15-25 дней после посева). Второй полив – обычно через 8-10 дней после посева, последующие поливы проводятся каждые 4-8 дней, которые зависят от температуры воздуха и механического состава почвы. Легкие почвы требуют полива через 3-4 дня, а тяжелые почвы - 5-8 дней. Фасоль чувствительна к водному стрессу от начала цветения до формирования бобов. Недостаток влаги в этот период наносит большой ущерб фасоли, поэтому в это период необходимо контролировать состояние посевов каждый день и при необходимости осуществлять орошение. Последний полив следует выбирать таким образом, чтобы около 25% бобов фасоли созрели (Pirasta, 2016; Yazdi, 2022).

Правильное соблюдение чередование культур в севообороте способствует повышению их урожайности, увеличению запасов органического вещества почвы, эффективному использованию питательных веществ почвы, снижению ущерба от эрозии, более эффективному использованию минеральных и органических удобрений растениями,

снижению количества сорняков, вредителей и болезней культур (Скорина, 2023). В Афганистане в севооборотах фасоль сеют после пшеницы или ячменя, иногда после пара, которые считаются одни из лучших предшественников (Sharifi, 2024).

Подходящая почва в Афганистане, которая способна сохранять влагу для выращивания фасоли — легкий и тяжелый суглинок. Фасоль относится к растениям чувствительным к засолению и выдерживает pH до 8, но оптимальный pH для ее роста составляет от 6,5 до 7,5.

Подготовка почвы к посеву фасоли в Афганистане может несколько изменяться в различных хозяйствах страны, она зависит от использования механизированной или ручной подготовки, от типа севооборота и структуры почвы. Осенняя вспашка предпочтительнее весенней, потому что сохраняется больше влаги в почве, иногда вносятся сорбенты для дополнительного удержания влаги (Kurbanov, 2024). Рыхление вручную или культивация осуществляется непосредственно перед посевом. Перед севом необходимо внесение удобрений, дозы которых рассчитываются по рекомендациям для данного региона (Тураева, 2024).

Норма высева семян фасоли очень зависит от их размера и массы, а они очень разнообразны у разных сортов. По литературным данным различают нормы высева для этой культуры: для крупносеменных — 100 – 140 кг/га, среднесеменных — 80 – 100 кг/га и мелкосеменных — 60 – 90 кг/га. Глубина посева семян также очень разнообразна, так как этой культуре нужно больше влаги для набухания и прорастания, чем большинству зерновым и зависит от массы семени и влажности почвы, может быть от 2 см до 5 см (Bakri, 2019; Коцюбинская, 2020; Казыдуб, 2020). Семена перед посевом обрабатывают от грибковых заболеваний.

Согласно научным исследованиям в разных регионах Афганистана оптимальный способ посева фасоли является широкорядный с междурядьем 50 см и расстоянием между растениями в ряду 5 см, густота посева в среднем 40 растений на 1 м². Этот способ создает оптимальные условия питания

растений и смыкания ветвей фасоли во время роста способствует сокращению сорняков на поле. В южных регионах страны фасоль возделывают весной, глубина посева семян составляет 2-3 см, расстояние между двумя рядами составляет 10 см, а расстояние между двумя линиями посева около 90 см. У высокостебельных сортов расстояние между двумя рядами составляет 30-40 см, а расстояние между двумя линиями посева составляет около 90 см (Rastgar, 2021).

Однако по стране возможно встретить разные посевы: квадратно-гнездовой способ, ленточный способ и смешанный тип. В Афганистане выделяют категории выращивания фасоли А и В. А – в чистом виде – фасоль является основным растением и все операции выполняются для ее выращивания, в категории А рассматривают:

1- Метод посева семян вручную: ручной посев является одним из самых неэффективных, при котором семена разбрасываются по почве без какого-либо порядка.

2- Метод посева с учетом нормы высева вручную: в этом типе соблюдается норма высева для данного сорта и прикатываются семена ручными агрегатами.

3- Метод рядового посева: в этом методе семена высеваются рядами, образуя параллельные линии, которые размещены на определенном расстоянии. Расстояние между параллельными линиями 90 см, между каждым рядом — 15–40 см, глубина посева — 2,5–7,5 см. Такой метод посева считается самым оптимальным, так как позволяет проводить регулярное орошение, а также проводить операции по подкорме растений и обработке регуляторами роста растений и химическими средствами защиты.

Категория В – смешанное выращивание. Обычно фасоль высевается вместе с такими растениями, как кукуруза, картофель, кофе и другими бобовыми. Конкуренция между этими растениями различается в зависимости от их периода вегетации и разными сроками посева. Рассматриваются три метода:

1- Метод рядового промежуточного выращивания: в этой системе фасоль выращивается в определенных рядах с различной степенью конкуренции с другими растениями (картофель, другие бобовые) в соответствии с порядком рядов и разными датами посева.

2- Метод эстафетного выращивания: это система, при которой обычно получают два урожая бобовых. Второй посев осуществляют, когда на первом посеве у растений образуются цветы.

3- Метод смешанного выращивания: в этой системе растения разных видов выращиваются в смеси и не выращиваются в определенных рядах. При этом способе посева обычно высеваются более двух растений, таких как кукуруза, бобовые разных видов, в том числе и фасоль.

Различие в продолжительности вегетационного периода и наступление фенологических фаз сельскохозяйственных культур определяют систему комбинированных посевов. Так, например, на прохладной высоте жарких регионов рост и развитие фасоли происходит медленно, и ей требуется длительный вегетационный период. Продолжительность вегетационного периода кормовых бобов короче, поэтому существует тенденция к системам одиночных или промежуточных культур с временным интервалом.

После посева фасоли обеспечивается ее обязательное рыхление после поливов, так как на почве образуется корка. Первое рыхление проводится в междурядьях после посева и первого полива, второе рыхление обеспечивается при образовании первых листьев и далее при появлении уплотнённой почвы, рыхление проводится ручными агрегатами.

Многие факторы влияют на рост, развитие и урожайность фасоли, одним из которых является правильное питание, и его секрет заключается в сбалансированности минеральными элементами во время вегетации растений. Растениям для роста и развития нужны элементы с высоким потреблением, макроэлементы: азот, фосфор, калий, магний, кальций, сера и элементы с низким потреблением, микроэлементы: железо, цинк, марганец, медь, бор, молибден и другие. Элементы с низким потреблением, как и

элементы с высоким потреблением, важны для нормального роста и развития растений (Azar, 2016; Набиев, 2023). Основные элемента питания (NPK) применяют на фасоли непосредственно перед посев, дозы удобрений зависят от агрохимической характеристики почвы конкретной провинции Афганистана и вносятся по рекомендациям MAiL, однако в целом по стране внесение удобрений под сельскохозяйственные культуры очень ограничено и несбалансированно по элементам питания, в наших исследованиях виды и дозы удобрений, используемые в посевах фасоли будут рассмотрены в разделе 1.4 «Агрохимикаты и регуляторы роста растений, применяемые на посевах зернобобовых культур в Афганистане».

Во время роста и развитие растений фасоли проводят борьбу с сорняками разными способами. По стране распространен механический-ручной способ, когда сорняки пропалываются вручную с использованием ручных агрегатов. Биологический способ – используется достаточно мало. Фермеры применяют правильное ведение севооборотов и своевременную обработку почвы с подсевом культур, которые приводят к гибели сорняков, а иногда используют насекомых, птиц, способствующих уменьшению сорных растений. Химический способ - применение химических препаратов, как наиболее эффективного метода борьбы с сорняками, является в Афганистане предпочтительным, но мало используется из-за дороговизны и мало доступности препаратов.

В Афганистане используется препарат «Трефлан» (относится к классу динитроанилины, против однодольных и двудольных злаков, избирательного действия) перед посевом, как почвенный гербицид. До того, как прорастет фасоль, также используют препараты с действующим веществом 4,6-динитро-о-крезол — применяют для борьбы с комплексом вредителей (ДНОК, ДИНОК, ДНЦ, динозал, дитрол и другие). В настоящее время нет препаратов для борьбы с сорняками бобовых после прорастания, которые обладали бы избирательным действием (Kochky, 2022).

Уборка урожая фасоли – это важный агротехнологический прием, для которого главным является своевременность и сохранения урожая. Бобы фасоли во время уборки часто очень ломкие и возможны большие потери при обсыпании зерна из открытых створок бобов. Обычно уборку проводят через 15 – 20 дней после цветения, происходит подсушивание стеблей и опадение листьев, влажность бобов составляет 18 – 20 % (иногда меньше при высокой засухе). Обмолот бобов проводят после уборки урожая и далее подсушивание зерна до влажности не более 14 % (Paiwast, 2014; Коцюбинская, 2020).

1.3 Биологические особенности видов и сортов фасоли в Афганистане

На протяжении десятилетий в Афганистане продвижением и внедрением в производство сортов сельскохозяйственных культур осуществлялся разными международными организациями, особенно это касается зернобобовых культур, хотя на сегодняшний день фасоль очень востребована как у фермеров, так и в питании афганцев. Наиболее распространенные разновидности фасоли, выращиваемые на полях в Афганистане в последние несколько лет экспортируется из разных стран: Африки, Индии, Южной Америки и других. Можно выделить самые популярные из них:

Фасоль пинто (*Phaseolus vulgaris*), зерновая фасоль, которая имеет пестрые семена, образует кусты и полувьющие формы, высотой от 60 до 100 см, засухоустойчивая. Фасоль пинто обычно собирают через 90-150 дней после посадки, в зависимости от сорта и условий выращивания (Hussaini, 2021).

Черная фасоль (*Phaseolus vulgaris*), зерновая фасоль, имеет кустовые и вьющиеся сорта. Кустовые сорта более компактны, в то время как вьющимся сортам могут потребоваться опорные конструкции. Кустовая черная фасоль обычно вырастает от 30 до 60 см, в то время как вьющиеся сорта могут достигать более 1 метра в высоту. Эта фасоль чувствительна к недостатку влаги, поэтому в условиях Афганистана она требует интенсивный полив.

Период вегетации черной фасоли обычно составляет от 70 до 90 дней, в зависимости от сорта и условий выращивания. Черная фасоль восприимчива к различным вредителям, таким как тля, паутинный клещ и корневая нематода, а также болезням: ржавчина, антракноз и обычная бактериальная гниль. Для снижения этих рисков рекомендуется комплексная борьба с вредителями и болезнями (Ahmadi, 2023).

Фасоль кинди (*Phaseolus vulgaris*) - красная фасоль, зерновая, кустистая. Эта разновидность обыкновенной фасоли очень популярна во всем мире, имеет большие бобы и семена. Высота большинства сортов до 60 см, срок созревания 80 – 100 дней, устойчива к многим болезням (Sarhadi, 2015).

Фасоль неви (*Phaseolus vulgaris*) – белая фасоль, зерновая, вьющийся, одна из популярных форм белой фасоли многих стран. Семена мелкие, отличается повышенной стойкостью растения к заболеваниям, осыпанию и полеганию (Jiménez, 2019).

Черноглазая фасоль (*Vigna unguiculata*), относится к семейству бобовых (*Fabaceae*). Это богатое разнообразие семейства. Как правило, эти бобы имеют густую листву, высота которой колеблется от 30 до 90 сантиметров. Их разрастающийся вид позволяет им покрывать всю землю, снижая конкуренцию с сорняками. Черноглазая фасоль прекрасно растет в теплом климате, предпочитая температуру от +20°C до +30°C. Она хорошо переносит различные типы почв, но лучше всего растет на хорошо дренированных супесчаных почвах с pH от 6,0 до 7,5. Она может быть восприимчива к таким вредителям, как тля и белокрылка, а также к таким болезням, как корневая гниль и бактериальный фитофтороз. Как правило, эти бобы готовы к сбору через 70-90 дней после посадки, в зависимости от сорта и условий выращивания. При оптимальных условиях урожайность может составлять от 0,8 до 2,5 т/га (Hussaini, 2021).

Зеленая (овощная) фасоль (*Phaseolus vulgaris*) – это популярная разновидность фасоли, которая отличается нежными съедобными бобами.

Большое разнообразие этой фасоли приводит к варьированию высоты от 30 до 180 см в зависимости от сорта и кустовой или вьющейся формы. Бобы, как правило, длинные и тонкие, их размер варьируется от 10 до 20 см в длину. Они могут быть гладкими или слегка ребристыми. Наиболее распространенный цвет - зеленый, но есть также желтые и фиолетовые разновидности. Семена плоские и овальные (Khaleeq, 2023).

Широкая фасоль (*Vicia faba*) – относится к семейству бобовых (*Fabaceae*), высота растений варьируется от 30 до 180 см. У этого растения хорошо развитый стержневой корень. У основания растения может быть от 1 до 7 ветвей. Листья с листочками расположены вдоль стебля и заканчиваются коротким заострением. Всего 2-6 листочков. Они имеют длину 5-10 см. Цветки расположены в пазухах листьев, на стебле по 1-6 цветков. Цветки белые с черными пятнами. У полевых сортов длина бобов составляет 5-10 см, а у садовых до 30 см. Семена могут сильно различаться по форме и размеру. Они могут быть плоскими или округлыми, белыми, зелеными, коричневыми, фиолетовыми или черными. Их длина составляет 1-2,6 см. Это растение морозоустойчиво и устойчиво к засухе и засолению (Zong, 2019, Ahmadi, 2023).

Самые популярные сорта фасоли, которые выращивают в Афганистане представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Сорта фасоли, которые выращивают на территории Афганистана

Сорта фасоли	Страна производитель (экспортер)	Характеристика	
		Высота растения (см)	60-65
COS16	Бразилия		

Продолжение таблицы 1

Сорта фасоли	Страна производитель (экспортер)	Характеристика	
COS16	Бразилия	Вес 100(г)	37
		Уборка (день)	90-100
		Урожай (т/га)	2-3
White Darsa 867	Индия	Высота растения (см)	75
		Вес 100(г)	32
		Уборка (день)	70-100
		Урожай (кг/га)	3410
Red flower	Южная Америка	Высота растения (см)	30-90
		Вес 100(г)	26
		Уборка (день)	90-120
		Урожай (кг/га)	3400
Pinto Kosha (ks21193)	Индия	Высота растения (см)	60-68
		Вес 100(г)	27
		Уборка (день)	90-100
		Урожай (т/га)	1,5 - 2,5
Pinto Sadri (CI4088)	Индия	Высота растения (см)	90-95
		Вес 100(г)	40
		Уборка (день)	104
		Урожай (кг/га)	3180
Red (KS31169)	Индия	Высота растения (см)	70
		Вес 100(г)	26

Продолжение таблицы 1

Сорта фасоли	Страна производитель (экспортер)	Характеристика	
		Уборка (день)	95
Red (KS31169)	Индия	Урожай (кг/га)	3400
Rosecoco (GLP2)	Бразилия и Кения	Высота растения (см)	45-60
		Вес 100(г)	35
		Уборка (день)	75-90
		Урожай (т/га)	1,5 - 2,5
White (KS41110)	Индия	Высота растения (см)	78
		Вес 100(г)	31,5
		Уборка (день)	103
		Урожай (кг/га)	3647

1.4 Агрохимикаты и регуляторы роста растений, применяемые на посевах зернобобовых культур в Афганистане

Минеральные удобрения – это основной источник питания сельскохозяйственных культур. Применение органических удобрений не менее важно, они создают пролонгирование действия для питания растений и повышают плодородие почв. По данным ФАО применение минеральных удобрений (NPK) в Афганистане за период с 1961 по 2022 гг. составило в среднем не более 5,0 кг/га (с минимальным значением 0,1 кг/га и максимальным значением 20,5 кг/га), за период 2015 – 2022 гг. – 11,8 кг/га, что очень мало (рисунок 1), (GlobalEconomy, 2025).

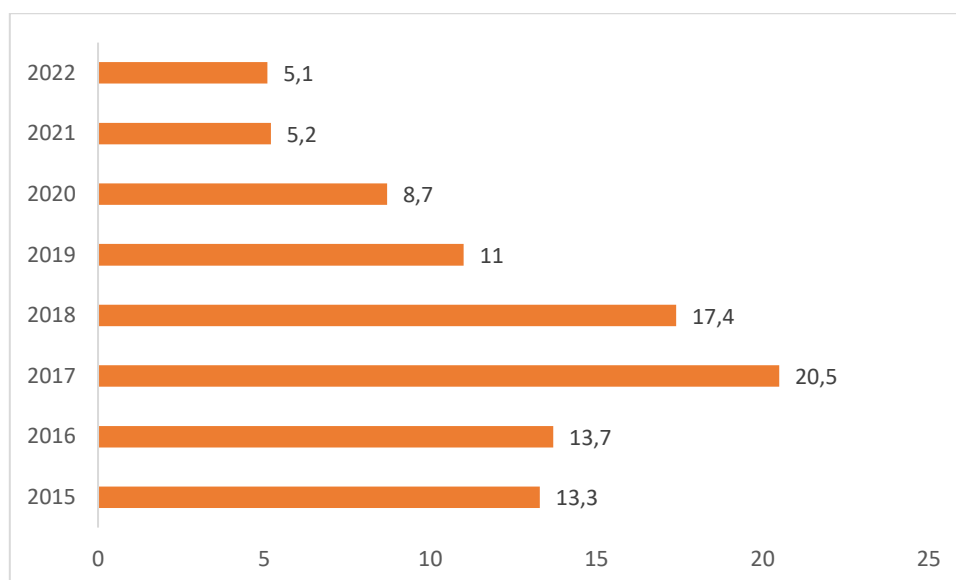


Рисунок 1 – Применение минеральных удобрений в Афганистане, кг/га (GlobalEconomy, ФАО, 2025).

Дозы и сроки, вносимых удобрений под многие сельскохозяйственные культуры, в целом по стране практически не определены. Некоторые авторы отмечают, что количество минеральных удобрений для короткостебельных сортов фасоли составляет 40 кг/га по азоту, 60 кг/га по фосфору, 120 кг/га по калию. Для длинностебельных сортов фасоли количество азота чуть больше 80 кг/га, также фосфора 80 кг/га и 160 кг/га калия, однако эти дозы могут значительно варьировать по стране, так как почвы Афганистана сформировалась с учётом большого количества горных и предгорных районов и резким изменением климатических условий с севера на юг, а также большим недостатком выпадение осадков в течение года (Rastgar, 2021).

Коцюбинская О. А., отмечает, что под фасоль калий и фосфор лучше вносить осенью, а азот перед посевом при выращивании на черноземах выщелоченных, лесных почвах, дерново-подзолистых почвах и применять дозы из расчёта N60P60K60, но уже на черноземах типичных дозы фосфорных и калийных удобрений снижаются до P30K30. Основные дозы удобрений (70-80 %) необходимо вносить в основную обработку почвы и обязательным приемом для фасоли является внесение около 20 % удобрений в подкормку (локально), что улучшает рост растений и формирует высокий

урожай. Высокая чувствительность к недостатку микроэлементов у фасоли: бор, молибден и марганец. Все бобовые культуры являются азотфиксаторами, что позволяет снизить дозы применяемых азотных удобрений. Однако, активное использование азота, который накапливается от симбиоза с клубеньковыми бактериями, начинается у фасоли только с фазы образования семян, поэтому применение азотных удобрений в виде мочевины или аммиачной селитры в подкормках перед посевом, а также в ранние фазы развития растений особенно эффективно на почвах с низким содержанием этого элемента в дозе 100 – 150 кг/га (Коцюбинская, 2020).

В исследованиях Хохоевой Н.Т. и Тедеевой А.А., проведенные в условиях Северо-Кавказского горного и предгорного районов Республики Северная Осетия – Алания, отмечается, что из трех вариантов удобрений: Р30 К30, Р60 К30 и N60 Р60 К30, только применение полного комплекса минеральных удобрений дал максимальный урожай зерна 1,55 – 2,03 т/га, установлен положительный эффект в увеличении высоты растений и количества бобов при применении азотных удобрений совместно с калийными и фосфорными (Хохоева, 2017).

Регуляторы роста растений используются для стимулирования физиологических процессов растений, что влияет на их рост и развитие. На эффективность использования РРР действует множество факторов: внешние условия окружающей среды (низкая и высокая температура воздуха, количество выпадения осадков), различная видовая способность растений к их поглощению, разная восприимчивость к РРР по фенологическим фазам развития растений, что обязательно необходимо учитывать для конкретной сельскохозяйственной культуры и региона ее выращивания.

Гиббереллины, цитокинины, ауксины, этилены и абсцизовая кислота являются основными растительными гормонами. Салицилаты, полиамины, жасмонаты, стероиды, олигосахариды, брассиностероиды, тургорин, системин и т. д. являются агентами роста с фитогормональными свойствами (Давидянц, 2023, Чумикина, 2021).

Гиббереллины (GA) поддерживают прорастание семян, удлинение клеток, рост побегов, корней, формирование листьев, развитие цветков, плодов. Использование гиббереллина может изменить морфологические параметры растений и урожайность культур. Они также влияют на абиотические стрессы растений, например повышают устойчивость к засухе (Темрешев, 2018, Чумикина, 2021, Gupta, 2010, Sumathi, 2018, Босак, 2022).

На многочисленных бобовых культурах были изучены благоприятные эффекты регуляторов роста растений (Павлюченко, 2024; Yadav, 2016, Maharjan, 2019). При использовании в качестве опрыскивания фитогормонов, они значительно увеличивали урожайность культур и качество продукции (Nayat, 2010). Многие исследователи отмечают, что опрыскивание несколькими регуляторами роста растений может в некоторой степени уменьшить опадание цветов и плодов у бобовых, а также может улучшить показатели качества зерна (Zohaib, Ali. 2014). Установлено, что комбинация абсцизовой кислоты (ABA) и гиббереллиновой кислоты (GA₃) применяется для стимуляции начала закладки цветочных почек и цветения у бобовых (Vagner, 2013). Урожайность бобовых повышаются за счет регуляторной функции фенольных соединений, ингибирующих опадение бобов (Akshata, 2015). Цитокинин контролирует развитие цветка и боба сои (Mishra, 2016). Ауксины могут увеличивать количество листьев на растении, высоту растения и образование семян гороха (Udensi, 2013). Для повышения урожайности сои применялось опрыскивание растений гиббереллином, что увеличило урожай зерна на 20 % (Dubey, 2017). В исследованиях отмечалось, что салициловая кислота, имеет важное значение для повышение устойчивости растений к высокой температуре воздуха, засоленности почв и засухе (Bora, 2006, Leite, 2003).

В условиях Афганистана на зернобобовых культурах мало изучено применение регуляторов роста растений, не установлены концентрации и сроки использования фитогормонов, в научном плане ведутся исследования действия гиббереллина и ауксина.

Глава 2. Объекты и методы исследований

2.1 Сорт фасоли, используемый в исследованиях

В мировом земледелии фасоль обыкновенная занимает доминирующее место среди продовольственных зернобобовых культур и отличается наибольшим полиморфизмом признаков и свойств. Особенно велико ее разнообразие по величине, форме и окраске семян. Наблюдаются различия по архитектонике растений: высоте, типу роста, форме и плотности куста, по уровню расположения бобов на стеблях, продолжительности периода вегетации. Во всех странах, где ведут селекционную работу по фасоли, имеются коллекции образцов этой культуры. Задачи селекции фасоли всех направлений получить сорта: с высокой продуктивностью зрелых семян, коротким вегетационным периодом, высокорослыми растениями (55–70 см) кустового типа, пригодных для механизированной уборки, обладающих устойчивостью к пониженным температурам, невосприимчивых к грибным и бактериальным болезням, обладающих высокими кулинарными, вкусовыми и питательными свойствами. Современные сорта должны быть нейтральными к длине дня и обладать высокой симбиотической активностью. Сегодня требования рынка – повышенное содержание белка в семенах фасоли и окраска кожуры красного или белого цвета для перерабатывающей промышленности. Основная трудность распространения таких сортов в том, что выведенные в иной зоне и показавшие там высокую продуктивность они оказываются непригодными для других зон, поэтому каждая зона возделывания должна иметь свой сортовой состав, адаптированный к местным почвенно-климатическим условиям и устойчивый к основным вредоносным заболеваниям (Давидович Е. А., 2004).

Фасоль Rosecoco (GLP2) — данный сорт фасоли был использован в наших исследованиях. Производством этого сорта и распространением на рынке сбыта занимается компания «Simlaw Seeds Company Limited» (Кенийская компания, Африка). Этот сорт положительно зарекомендовал себя на территории Афганистана. «Rosecoco» – это раннеспелый (60 – 90

дней), детерминантный, длина стебля по данным многих исследований может достигать 75 – 100 см, кустистый сорт, адаптированный к разным климатическим зонам. Цвет зерна пятнистый: бело-розово-красный, масса 1000 зерна в среднем составляет 350 г, урожайность зерна может достигать от 1,5 – 2,5 т/га. Этот сорт устойчивый к болезням: антракнозу и вирусной мозаики бобовых. Цвести фасоль начинает уже на 30-40 день после посева, а уже через 60 дней образовавшиеся бобы начинают краснеть. При хороших и благоприятных условиях выращивания урожай этой фасоли возможно получить через 60 дней, а при недостатке тепла и переизбытке влаги (или недостатке - засуха) возможно удлинение вегетационного периода до 90 дней (Obanyı, 2017; Kimani, 2019; Triki, 2025).

2.2 Закладка и проведение полевого опыта 2022 -2024 гг.

Исследования проводилось в полевых условиях в течение летне-осеннего сезона (1 декада июня – 2 декада сентября) 2022-2024 гг. на полевой станции сельскохозяйственного факультета Университета Альберуни, расположенного в провинции Каписа в Афганистане (северо-восточный регион) (Алемьер, 2024).

При составлении полевых исследований были сделаны делянки площадь каждой 10 м², расположение рандомизированное, трехкратная повторность по каждому варианту, всего 16 вариантов, 48 делянок. Посев осуществляли широкорядным способом, с междурядьями 50 см, расстояние между растениями 5 см, посев осуществлен вручную. Норма высева семян составила 150 кг/га, который осуществляли в 3 декаде июня (Алемьер, 2024).

Перед посевом вносили азотные удобрения (мочевина), фосфорные удобрения (диаммофос) и калийные удобрения (сульфат калия) в разных нормах расхода, во время вегетации в фазу бутонизации проведено опрыскивание растений фасоли гиббереллином (GA) из расчета 20 г/га, 40 и

60 г/га, расход рабочей жидкости 200 л/га (Алемьер, 2024). Схема полевого опыта представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Схема полевого опыта, 2022 – 2024 гг.

Номер варианта	Вариант	Дозы вносимых удобрений (NPK, кг/га) и применения гиббереллина (GA, г/га)
A1	N0P0K0 + GA0	контроль
A2	N1P1K1 + GA0	N 30, P 20, K10
A3	N1P1K1 + GA1	N 30, P 20, K 10 + G 20
A4	N1P1K1 + GA2	N 30, P 20, K 10 + G 40
A5	N1P1K1 + GA3	N 30, P 20, K 10 + G 60
A6	N2P2K2 + GA0	N 45, P 40, K 20
A7	N2P2K2 + GA1	N 45, P 40, K 20 + G 20
A8	N2P2K2 + GA2	N 45, P 40, K 20 + G 40
A9	N2P2K2 + GA3	N 45, P 40, K 20 + G 60
A10	N3P3K3 + GA0	N 60, P 60, K 30
A11	N3P3K3 + GA1	N 60, P 60, K 30+ G 20
A12	N3P3K3 + GA2	N 60, P 60, K 30+ G 40
A13	N3P3K3 + GA3	N 60, P 60, K 30+ G 60
A14	GA1	GA 20
A15	GA2	GA 40
A16	GA3	GA 60

В течение вегетационного периода проводили обязательный полив растений. Первый полив осуществлен сразу после посева, второй полив через 8 дней, далее поливы осуществляли по погодным условиям и влажности почвы, в июне через 3 – 4 дня, в августе 4 – 5 дней.

Почва полевого опыта – серозем типичный супесчаный с низким содержанием основных элементов питания, гумуса и слабощелочной реакцией среды (Алемьер, 2024). Данные по агрохимическому анализу почвы до посева и после уборки фасоли представлено в таблице 3. По данным агрохимического обследования пахотного горизонта (22 см) было установлено, что содержание основных элементов питания: азота, фосфора и калия – низкое, содержание гумуса – очень низкое. Значение pH водного

раствора почвы относится к слабо щелочной реакции среды, что характерно для почв данного региона, где выпадает мало осадков в течение года – засуха, которая приводит к накоплению солей, обладающие щелочной реакцией. Отмечено, что содержание основных элементов в среднем уменьшилось в почве после уборки фасоли: $N_{\text{общ.}}$ на 0,02 %, P_2O_5 на 1,22 мг/кг, K_2O на 5,78 мг/кг, гумуса на 0,2 % и значение pH увеличилось на 0,42.

Таблица 3 – Агрохимический анализ почвы на полевом опыте, средние значения 2022 – 2024 гг.

Показатели	Значение до посева	Значение после уборки культуры
pH водный, ед. pH	8,10	8,52
Гумус (по Тюрину)	1,95 %	1,75 %
Азот общий	0,10 %	0,08 %
Фосфор (P_2O_5 по Мачигину)	13,55 мг/кг	12,32 мг/кг
Калий (K_2O по Мачигину)	96,33 мг/кг	90,55 мг/кг

В течение вегетационного периода проведено исследование действие минеральных удобрений и гиббереллина на биометрические и фотосинтетические показатели растений. После уборки урожая проводили подсчет морфологических параметров растений, урожайности основной (семян) и побочной продукции (стебли, бобы). В ходи исследований использовали рекомендации Министерства сельского хозяйства, ирригации и животноводства (MAIL) по выращиванию фасоли на территории Афганистана, а также использовали методические рекомендации «Перспективная ресурсосберегающая технология производства фасоли» (Минсельхоз России, 2010).

2.3 Метеорологические условия полевого опыта 2022 – 2024 гг.

В Афганистане с севера на юг происходит резкое изменение климатических условий, которое связано с большим количеством горной местности на территории страны и малом количеством выпадения осадков. Провинция Каписа находится между 35° северной широты, 69° восточной

долготы, что относится к северо-восточной части страны, на высоте 1746 м над уровнем моря.

Самым жарким месяцем провинции является июль со средней температурой $+34^{\circ}\text{C}$, тогда как температура самого холодного месяца января может опускаться до -3°C . Среднемесячная температура в провинции Каписа колеблется в пределах $+27,8^{\circ}\text{C}$. Среднесуточные колебания (диапазон) температуры составляют $15,7^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая относительная влажность воздуха достигает не более 40,25%, а среднемесячная может изменяться от 26% в июне до 59% в феврале. Среднее годовое количество осадков составляет около 400 мм или 33,33 мм в месяц. В среднем в году бывает 29 дней с количеством осадков не более 0,1 мм или 2,4 дня с выпадением осадков (дождя, снега) в месяц. Самая сухая погода в июне, в котором количество выпадающих осадков приравнивается к 0 мм, а февраль - самый влажный месяц в году со средним количеством осадков 50,21 мм (World-weather.ru, 2025).

Таким образом, климат провинции Каписа можно характеризовать, как изменяющейся от полузасушливого и засушливого до субтропического с экстремально холодными и жаркими условиями. Для составления плана полевых работ по выращиванию сельскохозяйственных культур необходимо учитывать резкоизменяющиеся климатические условия региона и низкое выпадения осадков (Haleem, 2023, Sarwary, 2021).

Фасоль – теплолюбивая культура, сумма активных температур для её нормального роста должна быть не менее 1400 – 1900 C^0 , оптимальная температура для роста и развития $+18 - +22 \text{ C}^0$ («Перспективная ресурсосберегающая технология производства фасоли», 2010).

Она чувствительна к недостатку влаги, в период от посева до всходов ей необходимо 25 – 30 мм осадков, в период от цветения до созревания плодов около 80 -90 мм (Паркина, 2003), поэтому в засушливом климате Афганистана обязательным является своевременный полив фасоли в среднем

каждые 3 – 5 дней. Климатические условия в годы исследований представлены на рисунках 3, 4, 5, а также в приложениях А, Б, В.

В 2022 году во время вегетационного периода температура воздуха была в среднем благоприятной: $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ в июне, $+26,52\text{ }^{\circ}\text{C}$ в июле, $+22,71\text{ }^{\circ}\text{C}$ в августе, $+21,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сентябре. Сумма выпавших осадков была недостаточной: 0,87 мм в июне, 0,06 мм в июле, 2,4 мм в августе и 0,01 мм в сентябре (рисунок 3), поэтому осуществлялся обязательный полив растений.

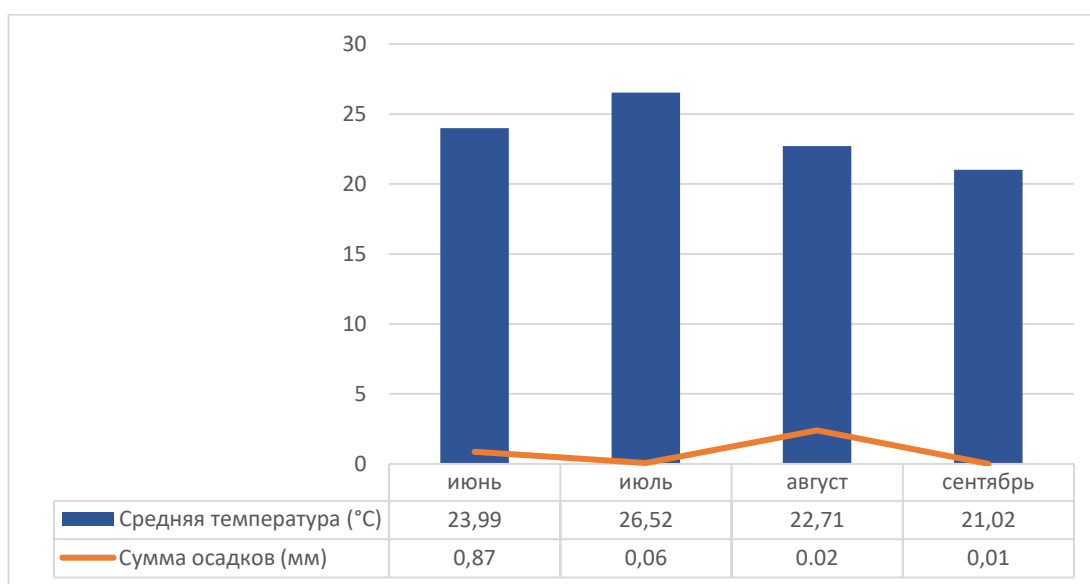


Рисунок 3 – Температура воздуха и сумма осадков за вегетационный период фасоли, 2022 г

В 2023 году температура воздуха вегетационного периода фасоли была в среднем: $+25,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ в июне, $+26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в июле, $+25,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ в августе, $+21,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сентябре. Сумма выпавших осадков была 0,11 мм в июне, 0,03 мм в июле, в августе и сентябре осадков не было (рисунок 4). Отмечено, что относительно 2022 года температура воздуха была в среднем выше $1,5 - 5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, количество выпавших осадков меньше.

В 2024 году температура воздуха вегетационного периода фасоли была в среднем благоприятной: +20,56 C⁰ в июне, +23,46 C⁰ в июле, +22,35 C⁰ в

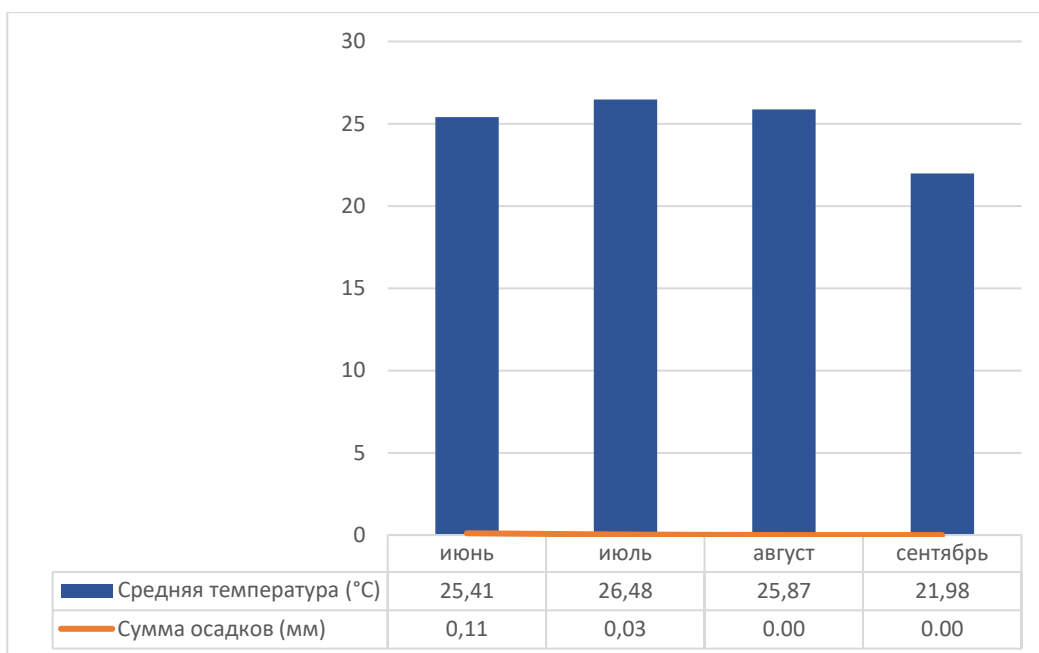


Рисунок 4 – Температура воздуха и сумма осадков за вегетационный период фасоли, 2023 г

августе, +18,19 C⁰ в сентябре. Сумма выпавших осадков было очень мало: 0,06 мм в июне, в июле не было, 0,25 мм в августе и 0,07 мм в сентябре (рисунок 5).

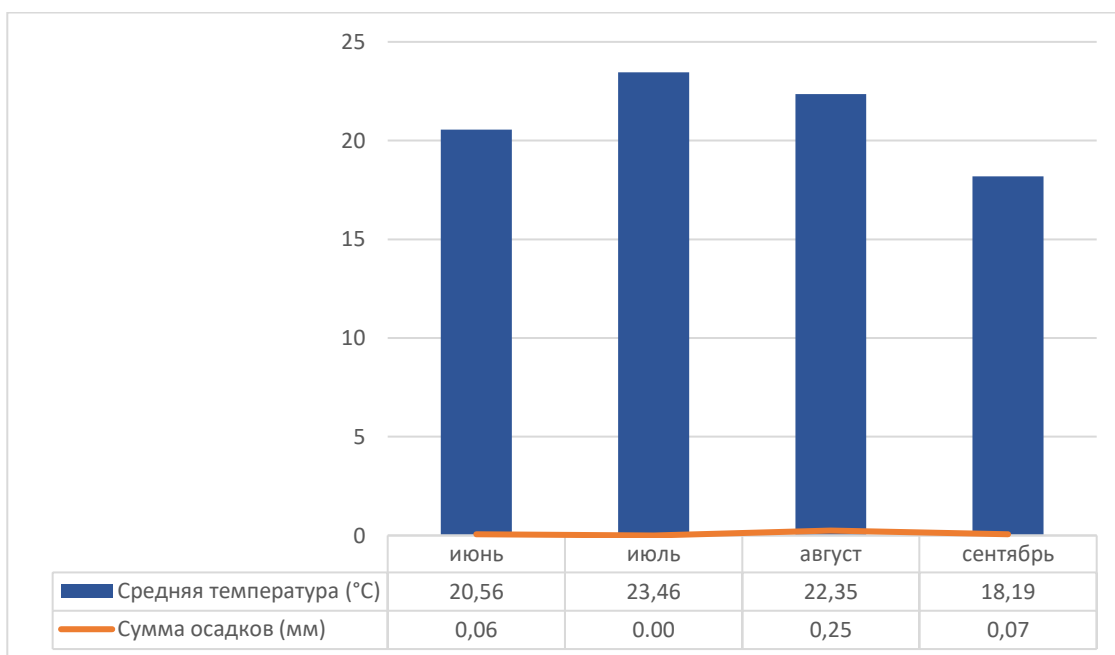


Рисунок 5 – Температура воздуха и сумма осадков за вегетационный период фасоли, 2024 г

Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова широко используется в агрономической практике для оценки степени увлажненности территорий и выделения зон по влагообеспеченности сельскохозяйственных культур. По данным трех лет (рисунок 6) за период с июня по сентябрь данный показатель имел значения, не превышающие 0,8, а в большинстве случаев принимал значения 0,01 – 0,02, поэтому территорию провинции Каписа в Афганистане можно отнести к очень засушливой и ирригационной.

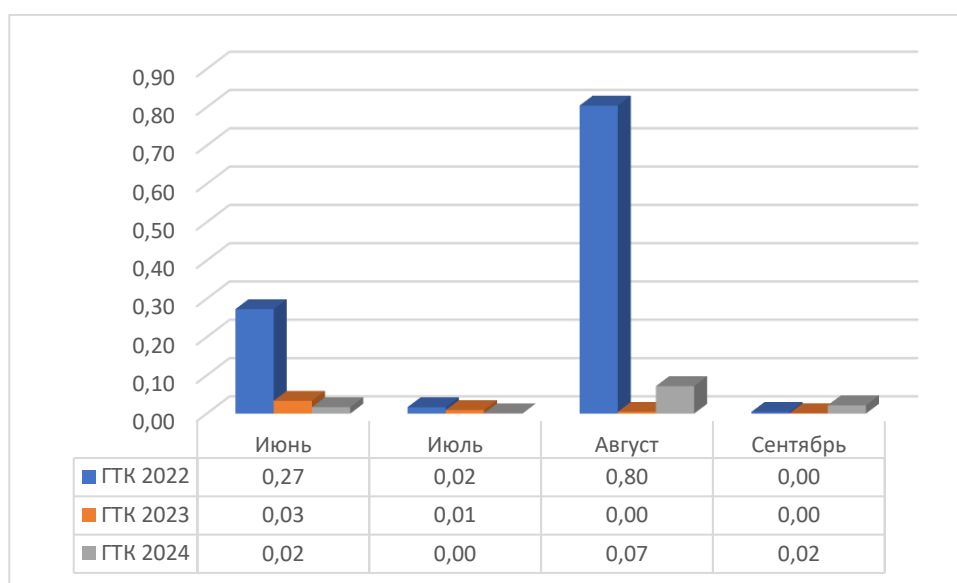


Рисунок 6 - ГТК во время вегетации фасоли (2022-2024 гг.)

2.4 Методы исследований

При проведении исследований использовали ГОСТы:

- ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия;
- ГОСТ 12041-82 Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения влажности;
- ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести;
- ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян;
- ГОСТ 7758-2020 Фасоль продовольственная. Технические условия.

При проведении полевых исследований и подсчете урожайных данных использовали рекомендации Министерства сельского хозяйства, ирригации и животноводства (MAIL, Афганистан), а также использовали методические рекомендации «Перспективная ресурсосберегающая технология производства фасоли» (Минсельхоз России, 2010).

В образцах пахотного горизонта почвы (22 см) были определены основные агрохимические показатели:

- ГОСТ 26213-2021 «Почвы. Методы определения органического вещества»;
- 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 26423-85 «Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки».

Анализ на содержание (NPK) элементов питания в основной (семенах) и побочной продукции (растений) выполнен по методикам:

- ГОСТ 13496.4-2019 Азот общий по методу Кьельдаля;
- ГОСТ 26657-97 Фосфор фотометрическим методом;
- ГОСТ 30504-97 Калий методом пламенной фотометрии.

Для оценки химического состава семян и растений фасоли использовали метод БИК - ближней инфракрасной спектроскопии, прибор марки SpectraStar 1400 ХТ-3. Определены показатели: белок, жир, клетчатка, зола и крахмал. Использовали методику по ГОСТ ISO 12099-2017 «Корма, зерно и продукты его переработки. Руководство по применению спектрометрии в ближней инфракрасной области». Аминокислотный состав белка в семенах фасоли определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель – 205», использовали методику М-04-94-2021 «Определение аминокислот в пищевой продукции» и ГОСТ Р 55569-2013 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза».

Статистическая обработка полученных результатов полевых и лабораторных опытов выполнена по Доспехову (1985 г.) и с использованием программ Microsoft Excel и OPSTAT. Химический анализ семян и растений фасоли, почвы выполнены на кафедре химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

В наших исследованиях были рассчитаны следующие показатели:

ИЛП (индекс листовой поверхности) – для подсчета этого показателя отбирались растения фасоли на 25 и 50 день. Определяли суммарную площадь листьев m^2 по отношению к площади почвы m^2 (Burroughs, 2023; Fang, 2019; Васюта, 2015), по формуле:

$$\text{ИЛП} = \frac{A_L}{A_G}$$

где: A_L — площадь листьев (m^2), A_G — площадь почвы (m^2).

Экономические показатели рассчитаны по формулам (Omran, 2020; Taslim, 2021):

Валовая прибыль = (урожайность семян * цена урожайности семян) + (урожайность побочного продукта * цена побочного продукта);

Чистая прибыль = валовая прибыль – общая себестоимость;

$$\text{Рентабельность} = \frac{\text{Чистый доход}}{\text{Стоимость выращивания}} \times 100 (\%).$$

Глава 3. Экспериментальная часть

3.1 Действие минеральных удобрений и регулятора роста на биометрические показатели растений фасоли в полевом опыте

Исследование Н. Г. Казыдуба и др. (2018 г.) и М. А. Вишнякова и др. (2019 г.) подчеркивают важность генетических и агрономических факторов, влияющих на высоту растений, в частности, фасоли. Высота главного стебля зависит от генотипа, а также от условий роста (сроков посева, климата и т.д.), что подтверждается значительными колебаниями от 38,2 до 69,0 см. Учитывая детерминантный характер роста кустовых сортов фасоли и их низкое прикрепление бобов, механизированная уборка урожая может привести к значительным потерям семян, особенно если высота растений невелика. В то же время, сорт, достигнувший высоты 102,78 см, продемонстрировал положительные результаты по сравнению с контрольным вариантом (61,56 см), что подчеркивает потенциал для улучшения селекционных характеристик новых сортов фасоли. Эти данные могут быть полезны для выбора подходящих сортов для различных условий возделывания, а также при планировании механизированной уборки с минимизацией потерь, подобные результаты описаны в статьях Тихончук (2008) и Овчарук (2014).

В наших исследованиях в 2022 году (таблица 4) максимальная высота растений фасоли на стадии ветвления была в варианте A13 (N3P3K3 + GA1) 40,11 см, однако нет существенных различий между этим вариантом и A10, A11 и A12 (39 см – 39,7 см). Во всех вариантах высота растений была больше контроля и составила на 13 – 17,8 см.

На стадии цветения высота растений значительно отличалась по вариантам с применением удобрений и гиббереллина относительно контроля на 7,7 – 54,5 см. В варианте A₁₃ высота была 95,6 см, тогда как в контроле 41,1 см. Можно отметить, что обработка растений только гиббереллином (A14 – A16) увеличивало высоту растений на 7,7 – 16,6 см.

На стадии образование бобов высота растений также значительно изменялась, так в контроле была 58,7 см (A₁), тогда как максимальные значения 96,6 см получено в варианте A13. В среднем высота относительно контроля увеличивалась на 16,4 – 37,9 см по вариантам опытов.

В конце вегетации фасоли установлено, что высота растений была больше относительно контроля по вариантам опытов с A2 по A16 на 25,3 – 41,2 см. При применении только фитогормона высота растений повышалась на 20,4 – 32,6 см (A14 – A16). Вариант A13 имел самую большую высоту растений фасоли 102,8 см, который был больше остальных вариантов. Однако сочетание минеральных удобрений трех доз (N1P1K1, N2P2K2, N3P3K3) и трех концентраций гиббереллина (GA1, GA2, GA3) не имело существенного отличия в большинстве вариантов опыта.

**Таблица 4- Изменение высоты растений фасоли во время
вегетационного периода 2022 г, см**

№ вари- анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	22,2	41,1	58,7	61,6
A2	N1P1K1 + GA0	35,3	57,7	75,1	89,3
A3	N1P1K1 + GA1	36,8	61,3	78,3	86,9
A4	N1P1K1 + GA2	35,6	62,2	81,1	89,9
A5	N1P1K1 + GA3	35,5	63,6	85,7	95,0

Продолжение таблицы 4

№ вари- анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A6	N2P2K2 + GA0	35,2	52,1	88,0	89,4
A7	N2P2K2 + GA1	37,7	57,9	86,7	91,8
A8	N2P2K2 + GA2	37,2	64,2	90,5	95,3
A9	N2P2K2 + GA3	37,8	63,4	87,9	96,3
A10	N3P3K3 + GA0	39,0	75,9	93,9	95,8
A11	N3P3K3 + GA1	39,1	89,2	95,9	97,3
A12	N3P3K3 + GA2	39,7	88,7	91,6	98,6
A13	N3P3K3 + GA3	40,1	95,6	96,6	102,8
A14	GA1	36,9	48,8	73,3	82,0
A15	GA2	36,7	57,7	76,4	90,2
A16	GA3	36,4	49,6	81,4	94,2
HCP ₀₅		1,6	2,9	3,4	4,2

В 2023 году (таблица 5) в период образования побегов фасоли в вариантах А 11, А12 и А13 высота растений была больше, чем в других

вариантах и составила 36,4, 37,3 см и 37,4 см. В контроле высота растений не достигла более 21,1 см, применение минеральных удобрений и гиббереллина в целом по всем делянкам увеличило рост растений на 2,5 – 16,3 см относительно контроля.

Во время цветения в контроле (А1) высота растений достигла 39,1 см, тогда как в вариантах она была: А11 – 71,7 см, А12 – 72,4 см, А13 – 75,6 см. Также можно отметить, что применение минеральных удобрений и гиббереллина повышало рост растений на 21,9 – 36,5 см относительно контроля. Применение только гиббереллина (А14 – А16) способствовало увеличению этого показателя на 8,6 – 21,7 см.

К моменту полного созревания фасоли установлено, что по всем вариантам опыта высота растений была больше на 10,4 – 26,5 см относительно контроля. В вариантах А5 – 89,3 см, А8 – 87,3 см, А9 – 83,8 см, А11 – 81,4 см, А12 – 83,4 см, А13 – 84,8 см наблюдалась самая большая высота фасоли, в большинстве этих вариантов нет существенных различий.

Таблица 5 - Изменение высоты растений фасоли во время вегетационного периода 2023 г, см

№ варианта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
А1	контроль	21,1	39,1	60,3	62,8
А2	N1P1K1 + GA0	23,6	61,8	78,2	77,5
А3	N1P1K1 + GA1	23,7	61,0	73,7	76,2
А4	N1P1K1 + GA2	31,4	61,1	70,7	73,2

Продолжение таблицы 5

№ вари- анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A5	N1P1K1 + GA3	31,8	62,7	86,8	89,3
A6	N2P2K2 + GA0	33,0	64,4	71,6	74,9
A7	N2P2K2 + GA1	34,7	65,4	70,8	73,9
A8	N2P2K2 + GA2	35,4	80,2	82,3	87,3
A9	N2P2K2 + GA3	35,7	63,7	81,3	83,8
A10	N3P3K3 + GA0	34,8	65,8	70,4	72,8
A11	N3P3K3 + GA1	36,4	71,7	77,1	81,4
A12	N3P3K3 + GA2	37,3	72,4	78,7	83,4
A13	N3P3K3 + GA3	37,4	75,6	80,6	84,8
A14	GA1	34,0	47,7	66,3	68,8
A15	GA2	34,6	60,8	64,0	66,5
A16	GA3	34,9	60,8	69,6	72,1
HCP ₀₅		1,7	2,8	3,0	3,5

Полученные данные свидетельствуют о том, что, хотя между некоторыми видами обработки в разные периоды не было существенных различий, некоторые виды обработки (в частности, A5, A8, A11, A12 и A13) неизменно приводили к увеличению высоты растений на определенных стадиях развития фасоли, что указывает на потенциальную эффективность этих обработок в усилении роста растений.

В 2024 году на всех стадиях роста фасоли все дозы NPK и GA существенно влияли на высоту растений относительно контроля (таблица 6). На стадии образования боковых побегов высота растений была больше в варианте $N_3P_3K_3 + GA1$ - 42,8 см, в то время как в контроле была самая низкая высота - 23 см. Однако существенное различие между вариантами было только в варианте A2 (38,4 см) относительно A9, A11 – A13 (40 см, 40,1 – 42,8 см) и также A9 (40 см) относительно A12 (42 см) и A13 (42,8 см).

Во время цветения высота фасоли в среднем изменялась с 50,6 см (A1) до 93,6 см (A13). Установлено, что относительно контроля по вариантам высота растений увеличивалась на 8,3 – 43 см. Этот показатель был больше относительно контроля и других вариантов при применении минеральных удобрений варианта $N_3P_3K_3$ и разных доз гиббереллина: A11 – 78,7 см, A12 – 90,8 см, A13 – 93,6 см.

Во время созревания и образования зеленых бобов фасоли наибольшая высота растений наблюдалась в A13, составив 110,7 см, в то время как контроль достиг только 79,8 см. Это показывает значительную разницу между обработкой A13 и всеми другими обработками. Существенного различия между остальными вариантами практически не наблюдалась.

В период полного созревания в варианте A13 зафиксирована самая большая высота растения - 113,8 см, что больше контроля (A1 – 81,2 см) и других вариантов (A2 – A12, соответственно 84 см – 101,6 см).

**Таблица 6 - Изменение высоты растений фасоли во время
вегетационного периода 2024 г, см**

№ вари- анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	23,0	50,6	79,8	81,2
A2	N1P1K1 + GA0	38,4	58,9	82,2	84,0
A3	N1P1K1 + GA1	39,8	61,1	89,4	91,4
A4	N1P1K1 + GA2	39,8	63,3	91,4	93,9
A5	N1P1K1 + GA3	39,2	64,6	92,6	95,0
A6	N2P2K2 + GA0	38,6	61,3	83,6	85,0
A7	N2P2K2 + GA1	38,1	67,2	93,1	95,1
A8	N2P2K2 + GA2	39,0	68,1	93,7	95,3
A9	N2P2K2 + GA3	40,0	69,2	94,6	96,3
A10	N3P3K3 + GA0	39,6	64,3	83,9	88,0
A11	N3P3K3 + GA1	40,1	78,7	96,2	98,0

Продолжение таблицы 6

№ вари- анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A12	N3P3K3 + GA2	42,0	90,8	98,8	101,6
A13	N3P3K3 + GA3	42,8	93,6	110,7	113,8
A14	GA1	39,9	54,0	80,2	82,0
A15	GA2	38,9	57,6	88,9	90,2
A16	GA3	38,0	58,4	93,3	94,2
НСР ₀₅		1,6	3,0	3,3	4,3

При оценке влияния минеральных удобрений и гиббереллина на высоту растений в среднем за три года исследований было установлено (рисунок 7), что к концу вегетации фасоли (фаза полного созревания) применение только удобрений в разных дозах повышали этот показатель на 14,6 см – 17 см, применение только разных доз гиббереллина на 9,1 см – 18,3 см относительно контроля. Существенное различие относительно всех вариантов имел A13, в котором высота растений фасоли составила 100,5 см, что больше контроля на 32см.

Образование боковых побегов (ветвей) на растениях фасоли непосредственно в дальнейшем влияют на количество бобов и семян, а также на урожайность основной продукции. Количество ветвей зависит от многих факторов: от сортовой особенности, от питания растений во время вегетации, а также от агротехнических приемов и их своевременность.

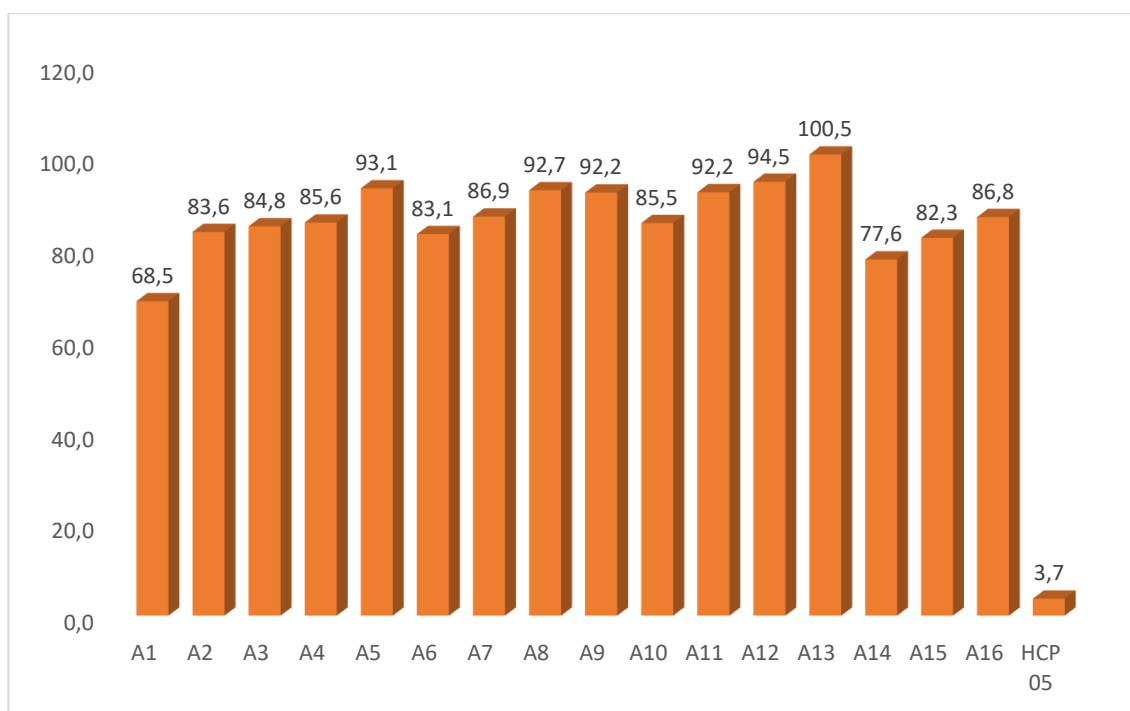


Рисунок 7 – Высота растений фасоли на фоне применения разных доз минеральных удобрений и гиббереллина в среднем 2022 – 2024 гг., см

Однако даже внешние климатические условия могут влиять на данный показатель: недостаток увлажнения, повышенная температура воздуха или наоборот недостаток тепла, что может изменить характер ветвления кустовых форм фасоли и влиять в целом на развитие растений (Жаркова, 2023, Girgel, 2021, Faridvand, 2022).

В наших исследованиях было установлено действие разных доз удобрений и гиббереллина на количество ветвей растений, образование которых мы оценивали в течение вегетации фасоли (таблица 7). Установлено, что фасоль сорта Rosecoco (GLP2) на протяжении всей вегетации увеличивала количество ветвей. Большой прирост боковых побегов отмечен от фазы всходов с 1 шт. у всех растений до фазы ветвления с 2,3 шт. в контроле до 5,3 шт. в варианте A13. Второй этап интенсивного образования боковых побегов наблюдали в фазу образования зеленых бобов, отмечено увеличение с 3,4 шт. в контроле до 8,4 шт. в варианте A13. Все варианты применения минеральных удобрений и фитогормона имели существенное отличие по количеству образования ветвей относительно

контроля, а также различались между собой.

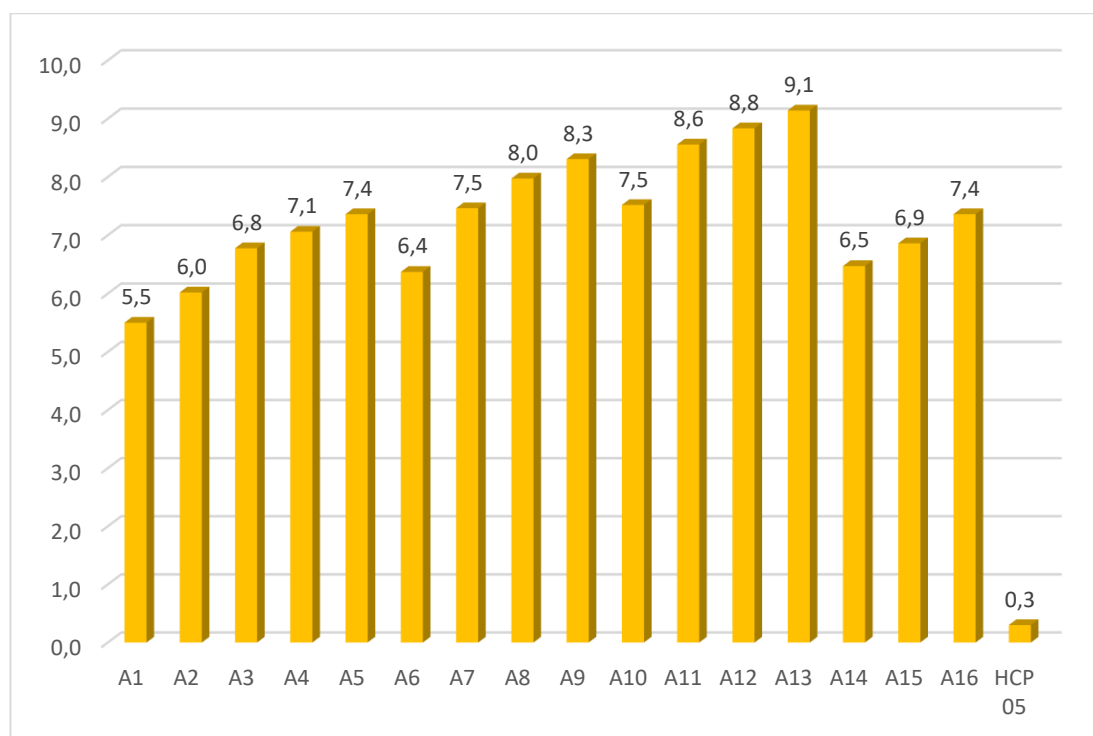
**Таблица 7 - Изменение количества ветвей фасоли во время
вегетационного периода 2022 г, см**

№ вари- анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	2,3	2,7	3,4	3,8
A2	N1P1K1 + GA0	3,6	3,8	4,8	5,1
A3	N1P1K1 + GA1	3,3	4,7	6,2	6,9
A4	N1P1K1 + GA2	4,1	5,6	6,4	7,1
A5	N1P1K1 + GA3	4,2	5,5	6,7	7,4
A6	N2P2K2 + GA0	3,0	3,7	4,8	5,7
A7	N2P2K2 + GA1	3,6	4,9	6,1	7,1
A8	N2P2K2 + GA2	4,6	6,1	7,0	7,9
A9	N2P2K2 + GA3	4,3	6,0	7,7	8,3
A10	N3P3K3 + GA0	3,4	4,4	5,9	6,4
A11	N3P3K3 + GA1	3,4	5,4	7,6	8,4

Продолжение таблицы 7

№ вари- анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A12	N3P3K3 + GA2	4,8	6,5	8,1	8,7
A13	N3P3K3 + GA3	5,3	6,7	8,4	8,9
A14	GA1	3,7	5,0	5,5	6,3
A15	GA2	3,8	5,7	5,8	6,7
A16	GA3	3,8	5,5	6,5	7,4
НСР ₀₅		0,1	0,2	0,2	0,3

Характер ветвления и количество побегов растений фасоли по вариантам в среднем за три года исследований был похожий, данные по которым представлены в приложениях Г, Д. Установлено, что к концу вегетации фасоли, в фазу полного созревания, ветвление фасоли увеличивалось на 0,5 шт. (A2) до 3,6 шт. (A13) относительно контроля (рисунок 8). Между вариантами отмечено существенное различие, применение только минеральных удобрений увеличивало этот показатель до 6 – 7,5 шт. ветвей (A2, A6, A10), применение только фиторегулятора повышало количество ветвей до 6,5 шт. – 7,4 шт. (A14, A15, A16) относительно контроля 5,5 шт. (A1), что подтверждает активное влияние гиббереллина на процессы деление клеток и прирост стебля растений. Однако количество ветвей было самым высоким у растений в вариантах при применении полного комплекса минеральных удобрений (N3P3K3) и гиббереллина 8,6 шт. – 9,1 шт. (A11, A12, A13).



**Рисунок 8 – Количество ветвей фасоли к концу вегетации
растений в среднем за три года исследований
(2022 – 2024 гг.), шт.**

Индекс листовой поверхности (ИЛП) – известный показатель, который применяют для оценки фотосинтетической деятельности растений. Его используют для определения фотосинтетического потенциала и мониторинга фитоценозов травянистых, древесных и смешанных типов насаждений, а также его можно использовать для изучения конкретного (единичного) фактора на посевах агроценоза (сельскохозяйственные культуры). Многие авторы отмечают, что ИЛП является характеристикой фотосинтеза, дыхания, круговорота углерода и может прогнозировать продуктивность культур (Хохоева, 2016, Сайдаминов, 2017, Голубева, 2020, Равшанова, 2021).

Применение минеральных удобрений и фитогормона – гиббереллина активно влияли на фотосинтетическую деятельность растений, повышая площадь листьев, увеличивали индекс листовой поверхности (ИЛП). В 2024 году (таблица 8) по всем стадиям роста ИЛП повышался с увеличением площади листьев. Отмечено, что в период образования боковых побегов

показатель изменялся по вариантам полевого опыта со значения 2,3 м²/м² в контроле (А1) и принимая максимальное значение 5,7 м²/м² в варианте А13. В период цветения ИЛП изменялся с 3,6 м²/м² в контроле (А1) до 6 м²/м² в варианте А13. Самая большая площадь листьев и ИЛП были в фазу образования зеленых бобов, где сохранилась закономерность действия минеральных удобрений и фитогормона, максимальное значение ИЛП было в варианте А13 – 7,1 м²/м², а меньше всего в контроле (А1) – 4,0. В период созревания наблюдается подсыхание листьев фасоли, что привело к снижению ИЛП относительно фаз цветения и образования зеленых бобов. Похожие результаты были получены в 2022 и 2023 гг. (Приложения Е, Ж).

Таблица 8 - Изменение ИЛП фасоли во время вегетационного периода 2024 г, м²/м²

№ вари- анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	2,3	3,6	4,0	2,0
A2	N1P1K1 + GA0	3,5	4,0	4,3	2,5
A3	N1P1K1 + GA1	4,3	4,5	5,3	3,0
A4	N1P1K1 + GA2	4,4	4,7	5,5	3,4
A5	N1P1K1 + GA3	4,6	4,9	5,8	3,9
A6	N2P2K2 + GA0	4,2	4,8	5,8	2,9
A7	N2P2K2 + GA1	5,0	5,2	6,5	3,9

Продолжение таблицы 8

№ вари- анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A8	N2P2K2 + GA2	5,1	5,5	6,5	4,2
A9	N2P2K2 + GA3	5,1	5,3	6,7	4,4
A10	N3P3K3 + GA0	4,9	5,3	6,0	3,9
A11	N3P3K3 + GA1	5,1	5,8	6,7	4,5
A12	N3P3K3 + GA2	5,2	5,9	6,7	4,8
A13	N3P3K3 + GA3	5,7	6,0	7,1	5,3
A14	GA1	4,1	5,0	5,2	3,1
A15	GA2	4,6	5,1	5,4	3,5
A16	GA3	4,6	5,3	5,6	3,7
НСР ₀₅		0,1 – 0,2			

В среднем за три года наблюдений отмечено, что ИЛП (рисунок 9) на стадии образования зеленых бобов фасоли принимал максимальные значения, относительно других стадий роста и развития растений. Применение минеральных удобрений и гиббереллина существенно влияло на увеличение этого показателя относительно контроля. ИЛП увеличивался в вариантах только с минеральными удобрениями на $0,9 - 2 \text{ м}^2/\text{м}^2$, в

вариантах только с фитогормоном на $1,6 - 1,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ относительно контроля. Можно предположить высокое действие минеральных удобрений и гиббереллина в целом на этот показатель. Однако комплексное применение минеральных удобрений (N3P3K3) и фитогормона максимально повышало ИЛП на $2,5 - 3 \text{ м}^2/\text{м}^2$ относительно контроля.

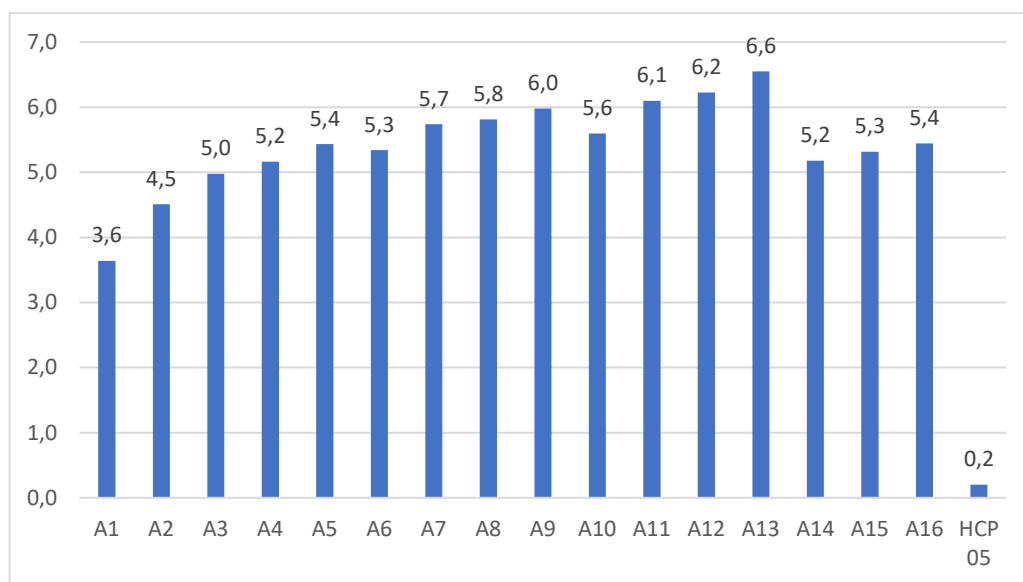


Рисунок 9 – ИЛП фасоли в период образования зеленых бобов в среднем за три года исследований (2022 – 2024 гг.), $\text{м}^2/\text{м}^2$

Активная работа фотосинтетического аппарата растений приводит к накоплению ими сухого вещества. Накопление сухого вещества растениями по фазам онтогенеза зависит от технологии возделывания, влагообеспеченности и многих других факторов. В научных работах разных авторов отмечается, что применение минеральных удобрений и фитогормонов приводит к накоплению сухого вещества растениями во время онтогенеза (Склярова, 2018, Якубенко, 2019, Волобуева, 2020), в наших исследованиях было определено на каких стадиях развития фасоли происходит больше накопления сухого вещества по вариантам полевого опыта в условиях Афганистана.

В 2024 году накопление сухого вещества растениями (таблица 9) фасоли наблюдалось больше, чем в другие года, что способствовало

большему выпадению осадков в конце вегетации растений, чем в другие года. Также было отмечено, что фасоль, имея большую биомассу бобов, листьев и семян, накапливает больше всего сухую массу в период созревания.

Таблица 9 – Накопление сухого вещества растениями фасоли в течение вегетации 2024 г., г*

№ вари-анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	0,95	1,61	2,90	3,71
A2	N1P1K1 + GA0	2,78	3,26	4,47	5,46
A3	N1P1K1 + GA1	3,28	3,66	4,77	5,74
A4	N1P1K1 + GA2	3,19	4,27	5,00	5,84
A5	N1P1K1 + GA3	3,23	4,56	5,46	6,19
A6	N2P2K2 + GA0	3,03	3,76	4,75	5,85
A7	N2P2K2 + GA1	4,12	4,87	5,61	6,51
A8	N2P2K2 + GA2	4,37	5,11	5,96	6,89
A9	N2P2K2 + GA3	4,54	5,43	6,07	7,16

*данные представлены по сухой массы одного растения

Продолжение таблицы 9

№ вари- анта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A10	N3P3K3 + GA0	4,27	4,35	5,05	5,72
A11	N3P3K3 + GA1	4,92	5,86	5,96	6,51
A12	N3P3K3 + GA2	5,27	6,15	6,57	7,49
A13	N3P3K3 + GA3	5,44	6,64	6,95	7,98
A14	GA1	3,12	4,06	5,40	6,55
A15	GA2	3,52	4,30	5,78	6,61
A16	GA3	3,79	4,86	5,94	6,85
НСР ₀₅		0,13	0,16	0,21	0,25

Относительно контроля по всем вариантам опытов вовремя образование боковых побегов отмечено увеличение накопление сухого вещества растениями на 1,83 – 4,49 г. В варианте применения максимальной дозы удобрений и гиббереллина (N3P3K3 + GA3) накопление сухого вещества было больше, чем в других вариантах и составило 5,44 г на 1 растение. Накопление сухого вещества было при применении только удобрений: N1P1K1 – 2,78 г, N2P2K2 – 3,03 г, N3P3K3–4,27 г, при применении только гиббереллина: GA1 – 3,12 г, GA2 – 3,52 г, GA3–3,79 г.

В фазу цветения, образование зеленых бобов и созревания можно отметить такую же зависимость действия удобрений и фитогормона,

максимальный показатель накопления сухого вещества по всем стадиями развития фасоли был в варианте А13. Относительно контроля по всем вариантам опытов вовремя цветения фасоли отмечено увеличение накопление сухого вещества растениями на 1,64 – 5,03 г, варианте А13 значение этого показателя было 6,64 г, а в контроле (А1) 1,61 г. Накопление сухого вещества в период образования зеленых бобов было больше на 1,57 – 4,05 г, в период созревания на 1,75 – 4,27 г относительно контроля. Можно отметить, что в период созревания этот показатель был в варианте А13 – 7,98 г, в контроле (А1) – 3,71 г. Данные по 2022 – 2023 гг. представлены в приложениях 3, И.

В среднем за три года исследований при оценке накопление сухого вещества растениями фасоли установлено (рисунок 10), что по вариантам

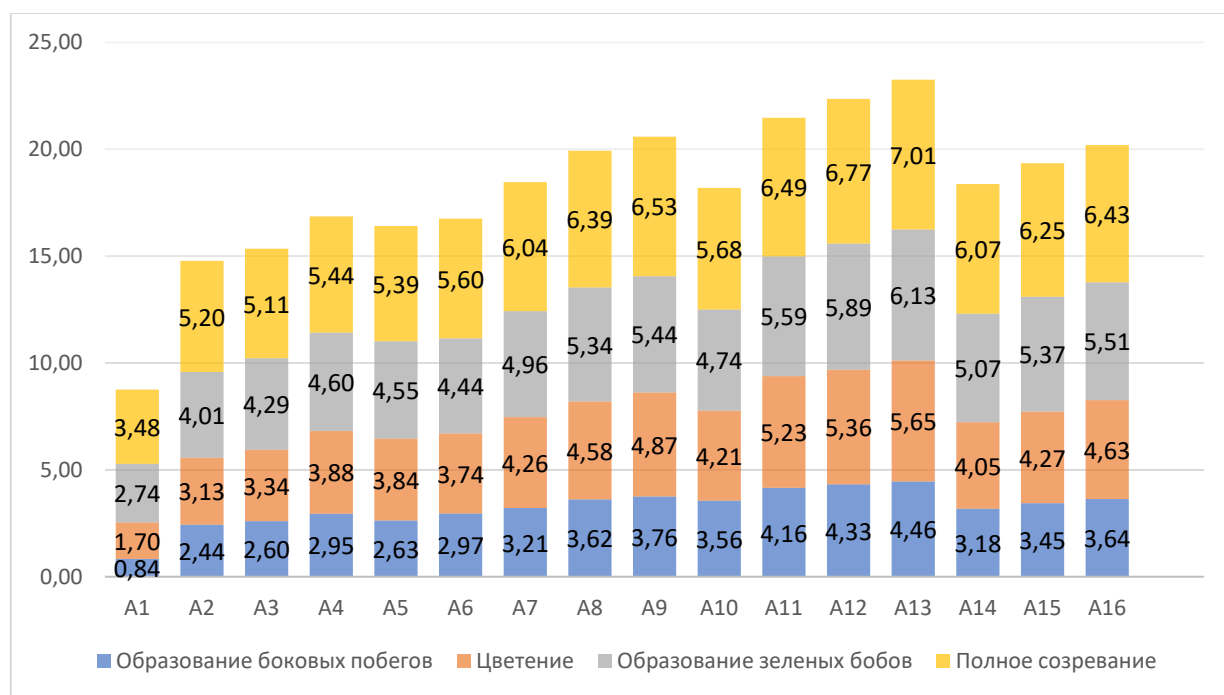


Рисунок 10 – Накопление сухого вещества растениями фасоли во время вегетации, средние значения 2022 – 2024 гг., г, НСР₀₅ 0,15 – 0,23

полевых опытов происходило увеличение этого показателя на: в фазу образование побегов – 1,6 - 3,62 г, в фазу цветения – 1,43 - 3,95 г, в фазу образование зеленых бобов – 1,27 - 3,39 г, в фазу созревания – 1,63 - 3,53 г относительно контроля. Эффективными вариантами сочетание удобрений и

гиббереллина стали A11, A12, A13, которые в среднем увеличивали сухую массу растений к концу вегетации на 3,01 - 3,53 г относительно контроля.

3.2 Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на урожайность фасоли

После уборки фасоли с полей и подсушивании растений до влажности 18 – 20 %, был произведен подсчет морфологических показателей растений и оценено влияние на них минеральных удобрений и гиббереллина. Такие показатели, как количество бобов на растении, количество семян в бобе, количество семян на растении, масса 1000 семян могут значительно меняться от разновидности фасоли, сорта, а также технологии выращивания растений. Так в диссертациях Коцюбинской О.А (2020), Лобковой О.А. (2024) и в научных работах других авторов (Musse, 2020) установлено, что разные сорта фасоли могут иметь от 5 до 30 шт. бобов на растении, число семян в бобе от 2 до 12 шт., а количество семян на растении может варьировать в широких пределах от 20 шт. до 50 - 60 шт. и более. Следовательно, для оценки эффективности применяемых при выращивании фасоли удобрений и гиббереллина важным является учет для конкретного сорта морфологических показателей растений, которые в итоге влияют на урожай основной и побочной продукции.

При изучении биометрических показателей фасоли в течение вегетации растений и исследовании высоты растений, ИЛП и накопление сухой массы, был выявлен самый эффективный вариант сочетания минеральных удобрений (N3P3K3) и гиббереллина (GA 3), однако при оценки продуктивных характеристик фасоли эта зависимость несколько изменилась (таблица 10). Неоднозначно изменялось количество бобов на растении по вариантам, так при применении удобрений N1P1K1 было 8,5 шт., в варианте N1P1K1 + GA1 – 10,9 шт., а при повышении дозы гиббереллина (N1P1K1 + GA2 и N1P1K1 + GA3) наоборот снижалось – 9,7 – 9,8 шт.

Таблица 10 – Количество бобов на растении, шт.

№ варианта	Варианты	Годы исследований			среднее
		2022	2023	2024	
A1	контроль	6,8	5,7	6,3	6,3
A2	N1P1K1 + GA0	8,8	8,1	8,7	8,5
A3	N1P1K1 + GA1	12,7	10,1	10,0	10,9
A4	N1P1K1 + GA2	9,7	8,7	10,7	9,7
A5	N1P1K1 + GA3	9,8	8,7	11,0	9,8
A6	N2P2K2 + GA0	9,6	6,3	8,3	8,1
A7	N2P2K2 + GA1	15,3	7,7	9,7	10,9
A8	N2P2K2 + GA2	10,4	10,8	10,0	10,4
A9	N2P2K2 + GA3	9,3	8,3	10,3	9,3
A10	N3P3K3 + GA0	9,1	9,0	9,7	9,3
A11	N3P3K3 + GA1	11,2	12,4	11,3	11,7
A12	N3P3K3 + GA2	11,8	11,9	11,7	11,8
A13	N3P3K3 + GA3	11,6	11,2	12,0	11,6
A14	GA1	8,8	8,3	9,3	8,8
A15	GA2	8,9	8,2	9,7	8,9
A16	GA3	10,2	10,4	10,0	10,2
НСР ₀₅		0,5	0,4	0,3	0,4

Количество бобов на растении при применении удобрений N2P2K2 – 8,1 шт., тогда как сочетание этого варианта удобрений и применение гиббереллина (N2P2K2 + GA1 и N2P2K2 + GA2) повышало этот показатель – 10,4 – 10,9 шт. В вариантах только с гиббереллином количество бобов на растении увеличивалось при повышении дозы фитогормона и составило 8,8 - 10,2 шт. Можно отметить, что во всех вариантах было увеличение количество бобов на растении, которое составило на 1,8 – 5,5 шт. больше

относительно контроля. Количество бобов на растении в среднем за три года исследований в вариантах A11 по A 13 не имело существенного различия и составило 11,6 – 11,8 шт., этот показатель был больше контроля (A1 – 6,3 шт.) и других вариантов.

Результаты подсчета количества семян в бобе фасоли представлены в таблице 11. Все варианты применения удобрений и гиббереллина на фасоли имели существенное отличие от контроля, которое составило в среднем за три года исследований больше на 0,7 – 3,4 шт.

Таблица 11 – Количество семян в бобе, шт.

№ варианта	Варианты	Годы исследований			среднее
		2022	2023	2024	
A1	контроль	4,5	4,8	5,5	4,9
A2	N1P1K1 + GA0	5,0	5,7	6,0	5,6
A3	N1P1K1 + GA1	4,9	6,6	6,3	5,9
A4	N1P1K1 + GA2	6,7	6,8	6,7	6,7
A5	N1P1K1 + GA3	6,7	6,3	7,0	6,7
A6	N2P2K2 + GA0	5,2	5,7	6,3	5,7
A7	N2P2K2 + GA1	5,7	7,2	7,3	6,7
A8	N2P2K2 + GA2	7,6	7,6	7,7	7,6
A9	N2P2K2 + GA3	7,8	7,7	8,0	7,8
A10	N3P3K3 + GA0	5,1	5,7	6,7	5,8
A11	N3P3K3 + GA1	6,6	8,3	8,3	7,7
A12	N3P3K3 + GA2	8,3	8,0	8,7	8,3
A13	N3P3K3 + GA3	8,2	7,3	9,0	8,2
A14	GA1	6,3	6,2	6,3	6,3
A15	GA2	6,5	6,3	6,7	6,5
A16	GA3	6,8	6,7	7,0	6,8
HCP ₀₅		0,4	0,3	0,2	0,3

При применении минеральных удобрений N1P1K1 количество семян в бобе повышалось всего на 0,7 шт., а сочетание этого варианта удобрений и гиббереллина увеличило этот показатель на 1 – 1,8 шт. относительно контроля. Также в других вариантах можно отметить, что сочетание применение удобрений и гиббереллина увеличивало количество семян в бобе больше, чем просто применение минеральных удобрений. Максимальное количество семян в бобе фасоли было в вариантах: N2P2K2 + GA3 – 7,8 шт., N3P3K3 + GA1 – 7,7 шт. (нет существенной разницы между этими вариантами) и N3P3K3 + GA2 – 8,3 шт., N3P3K3 + GA3 – 8,2 шт. (нет существенной разницы между этими вариантами), в данных вариантах есть существенная разница относительно контроля, которая составила в A9, A11 на 2,8 – 2,9 шт. и A12, A13 на 3,3 – 3,4 шт. в среднем за три года исследований.

Количество семян на растении фасоли данного сорта изменялась по вариантам полевых опытов за три года с 19,6 шт. до 69,4 шт., что достаточно существенно и можно судить о большом влиянии применяемых разных доз минеральных удобрений, гиббереллина и также действие засушливых условий выращивания даже при интенсивном поливе растений во время вегетации (таблица 12).

Таблица 12 – Количество семян на растении фасоли в годы исследований, шт.

№ варианта	Варианты	Годы исследований			среднее
		2022	2023	2024	
A1	контроль	19,6	28,8	31,0	26,4
A2	N1P1K1 + GA0	33,0	39,7	41,0	37,9
A3	N1P1K1 + GA1	56,8	64,3	56,6	59,2
A4	N1P1K1 + GA2	48,8	39,7	58,0	48,8

Продолжение таблицы 12

№ вари-анта	Варианты	Годы исследований			среднее
		2022	2023	2024	
A5	N1P1K1 + GA3	48,9	38,1	59,7	48,9
A6	N2P2K2 + GA0	41,3	33,1	47,6	40,7
A7	N2P2K2 + GA1	56,3	39,6	58,6	51,5
A8	N2P2K2 + GA2	55,2	50,6	59,8	55,2
A9	N2P2K2 + GA3	53,4	46,4	60,4	53,4
A10	N3P3K3 + GA0	44,7	50,2	48,2	47,7
A11	N3P3K3 + GA1	63,8	69,4	60,9	64,7
A12	N3P3K3 + GA2	64,6	64,7	64,4	64,6
A13	N3P3K3 + GA3	63,8	55,1	72,4	63,8
A14	GA1	44,4	41,4	47,3	44,4
A15	GA2	44,9	40,4	49,3	44,9
A16	GA3	51,6	52,0	51,1	51,6
HCP ₀₅		2,1	2,0	2,1	2,1

Применение только минеральных удобрений повышало этот показатель относительно контроля на: N1P1K1 – 11,5 шт., N2P2K2 – 14,3 шт., N3P3K3 – 21,3 шт. Применение только гиббереллина увеличивало этот показатель с повышением концентрации фитогормона на 18 – 25,2 шт. относительно контроля в среднем за три года. Неоднозначно было влияние сочетание минеральных удобрений и гиббереллина. Установлено, что количество семян на растении увеличивалось относительно контроля на: N1P1K1 + GA1 – 32,8 шт., N1P1K1 + GA2 и N1P1K1 + GA3 – 22,4 – 22,5 шт., N2P2K2 + GA1, N2P2K2 + GA2 и N2P2K2 + GA3 – 25,1 – 28,8 шт. Однако, можно отметить, что больше всего на растение было семян в вариантах A11 (64,7 шт.), A12 (64,6 шт.) и A13 (63,8 шт.), нет существенной разницы между этими

вариантами, но было больше относительно контроля на 37,4 – 38,3 шт. в среднем за три года исследований.

Масса 1000 семян фасоли в среднем за три года изменялась по вариантам опытов со значений 223,53 г до 365,93 г, что также, как и в предыдущем исследовании (изучение количества семян на растении) определяет большое влияние на данный показатель применение минеральных удобрений и фитогормона (таблица 13).

Таблица 13 – Масса 1000 семян фасоли в годы исследований, г.

№ варианта	Варианты	Годы исследований			среднее
		2022	2023	2024	
A1	контроль	223,53	232,67	238,87	231,69
A2	N1P1K1 + GA0	229,63	243,57	244,43	239,21
A3	N1P1K1 + GA1	255,73	258,73	255,73	256,73
A4	N1P1K1 + GA2	268,28	272,20	264,37	268,28
A5	N1P1K1 + GA3	272,03	268,37	275,70	272,03
A6	N2P2K2 + GA0	251,10	262,53	253,20	255,61
A7	N2P2K2 + GA1	294,93	269,03	273,13	279,03
A8	N2P2K2 + GA2	276,10	272,93	279,27	276,10
A9	N2P2K2 + GA3	283,47	283,57	283,37	283,47
A10	N3P3K3 + GA0	263,80	276,63	268,63	269,69
A11	N3P3K3 + GA1	365,93	296,50	288,50	316,98
A12	N3P3K3 + GA2	291,28	290,33	292,23	291,28
A13	N3P3K3 + GA3	289,20	281,67	296,73	289,20
A14	GA1	264,33	263,83	264,83	264,33
A15	GA2	268,92	267,77	270,07	268,92
A16	GA3	272,80	272,40	273,20	272,80
НСР ₀₅		11,39	12,26	12,00	11,88

Применение только минеральных удобрений повышало этот показатель относительно контроля на: N1P1K1 – 7,52 г, N2P2K2 – 23,92 г, N3P3K3 – 38 г. Применение только гиббереллина увеличивало этот показатель с повышением концентрации фитогормона на 32,64 г – 41,11 г относительно контроля в среднем за три года. Неоднозначно было влияние сочетание минеральных удобрений и гиббереллина. Установлено, что масса 1000 семян увеличивалось относительно контроля на: N1P1K1 + GA1 – 25,04 г, N1P1K1 + GA2 и N1P1K1 + GA3 – 36,59 – 40,34 г, N2P2K2 + GA1, N2P2K2 + GA2 и N2P2K2 + GA3 – 47,34 – 51,78 г. Однако, можно отметить, что больше масса 1000 семян была в вариантах A11 (316,98 г), A12 (291,28 г) и A13 (289,20 г), что было больше относительно контроля на 57,51 – 85,29 г в среднем за три года исследований.

В научных статьях многих авторов можно встретить различное мнение о применении минеральных удобрений на бобовых культурах. Некоторые считают, что дозу азотных удобрений необходимо снижать на 50 % от рекомендуемой для данного типа почв, другие считают, что достаточно применение только фосфорных и калийных удобрений. Общеизвестно, что бобовые могут фиксировать азот из воздуха, однако активная работа клубеньков начинается к концу фазы цветения и началу образования зеленых бобов, а до этого периода растения могут существенно нуждаться в азоте, чтобы нарастить свою биомассу и сформировать продуктивные органы (Хохоева, 2009, 2016, 2017). Поэтому комплексное применение минеральных удобрений (NPK) на бобовых культурах дает лучший результат в прибавке их урожая. В работе Хохоевой (2017) отмечено, что только полная доза минеральных удобрений – N60P60K30 смогла максимально увеличить прибавку урожая зерна фасоли, которая составила до 0,35 т/га. В статье Складовой (2018) установлено, что высокий урожай фасоли 6,7 т/га получен при применении N60P60K60, прибавка составила 3 т/га, в других вариантах урожайность была значительно ниже. В работе Минюк (2015) отмечено, что

высокие урожаи разных сортов овощной фасоли получены с использованием удобрений в дозе N50P40K90.

В годы исследований на севере -востоке Афганистана на сероземе типичном лёгкого механического состав с низкими содержанием основных элементов питания максимальная прибавка урожая семян фасоли была в вариантах: N3P3K3 + GA3 – 1,13 т/га, N3P3K3 + GA2 – 0,91 т/га, N3P3K3 + GA1 – 0,71 т/га относительно контроля (таблица 14).

Таблица 14 – Урожайность семян фасоли в годы исследований, т/га

№ вари-анта	Варианты	Годы исследований			среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	0,75	0,95	0,93	0,88	—
A2	N1P1K1 + GA0	1,05	1,09	1,11	1,08	0,20
A3	N1P1K1 + GA1	1,80	1,02	1,13	1,32	0,44
A4	N1P1K1 + GA2	1,16	1,16	1,17	1,16	0,28
A5	N1P1K1 + GA3	1,15	1,14	1,15	1,15	0,27
A6	N2P2K2 + GA0	1,13	1,13	1,14	1,13	0,25
A7	N2P2K2 + GA1	1,45	1,38	1,45	1,43	0,55
A8	N2P2K2 + GA2	1,49	1,50	1,49	1,49	0,61
A9	N2P2K2 + GA3	1,31	1,30	1,33	1,31	0,43
A10	N3P3K3 + GA0	1,21	1,23	1,22	1,22	0,34
A11	N3P3K3 + GA1	1,65	1,67	1,64	1,65	0,77
A12	N3P3K3 + GA2	1,79	1,75	1,84	1,79	0,91
A13	N3P3K3 + GA3	2,01	1,99	2,03	2,01	1,13
A14	GA1	0,96	0,96	0,96	0,96	0,08
A15	GA2	1,01	1,04	0,99	1,01	0,13
A16	GA3	1,12	1,12	1,11	1,12	0,24
HCP ₀₅		0,06	0,06	0,05	0,06	—

При применении разных доз минеральных удобрений без опрыскивания растений гиббереллином прибавка урожая зерна составила относительно контроля: N1P1K1 – 0,20 т/га, N2P2K2 – 0,25 т/га, N3P3K3 – 0,34 т/га. В вариантах, которых проводили обработку растений гиббереллином, но не применяли минеральные удобрения прибавка урожая зерна относительно контроля составила: GA1 – 0,08 т/га, GA2 – 0,13 т/га, GA3 – 0,24 т/га. Также как и в предыдущих наших исследованиях установлено, что при выращивании фасоли совместное применение минеральных удобрений (N60P60K30) и фитогормона (GA 60 г/га) дает самый высокие результаты по всем показателям роста, развития и урожайности фасоли.

При оценке действия минеральных удобрений и гиббереллина немаловажным является подсчет урожайности побочной продукции, так как изучение соотношения двух урожаев продукции (основной и побочной) выявляет эффективность действия применяемых агротехнологических приемов выращивания культуры. В среднем за три года исследований больше был получен урожай побочной продукции (сухая биомасса растений фасоли без семян) в вариантах: N1P1K1 + GA3 – 4,64 т/га, N2P2K2 + GA3 – 4,66 т/га, GA3 и GA2 – 4,65 - 4,66 т/га, следовательно в этих вариантах формировалась большая биомасса, но было меньше сформировано основной продукции фасоли – семян (таблица 15).

Таблица 15 – Урожайность побочной продукции фасоли в годы исследований, т/га

№ варианта	Варианты	Годы исследований			среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	2,76	2,81	2,82	2,80	–
A2	N1P1K1 + GA0	3,56	3,57	3,78	3,64	0,84

Продолжение таблицы 15

№ вари- анта	Варианты	Годы исследований			среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A3	N1P1K1 + GA1	3,89	3,90	4,14	3,98	1,18
A4	N1P1K1 + GA2	4,55	4,55	4,56	4,55	1,75
A5	N1P1K1 + GA3	4,64	4,72	4,57	4,64	1,84
A6	N2P2K2 + GA0	3,67	3,69	3,97	3,78	0,98
A7	N2P2K2 + GA1	3,76	3,78	4,05	3,86	1,06
A8	N2P2K2 + GA2	4,40	4,29	4,52	4,40	1,60
A9	N2P2K2 + GA3	4,66	4,72	4,60	4,66	1,86
A10	N3P3K3 + GA0	2,40	4,45	4,57	3,81	1,01
A11	N3P3K3 + GA1	4,25	4,26	4,30	4,27	1,47
A12	N3P3K3 + GA2	4,53	4,29	4,77	4,53	1,73
A13	N3P3K3 + GA3	4,47	4,36	4,58	4,47	1,67
A14	GA1	4,57	4,57	4,57	4,57	1,77
A15	GA2	4,66	4,60	4,71	4,66	1,86
A16	GA3	4,65	4,59	4,71	4,65	1,85
HCP ₀₅		0,12	0,10	0,12	0,11	—

Изучение урожайных данных основной и побочной продукции показало, что самый узкое соотношение значений этих показателей было в вариантах: A11 – 1 : 2,59, A12 – 1 : 2,53, A 13 – 1 : 2,22, что подтверждает их эффективность в получении высокой урожайности основной продукции фасоли – семян. Самое широкое соотношение показателей урожайности были в вариантах: A5 – 1: 4,03, A14 – 1: 4,76, A15 – 1 : 4,61, A16 – 1: 4,15, что подтверждает накоплением большой биомассы растениями во время вегетации в этих вариантах, но малой урожайностью основной продукции - семян (таблица 16).

Таблица 16 – Соотношение показателей урожайности основной и побочной продукции фасоли в среднем за три года исследований

№ варианта	Варианты	урожай семян: урожай побочной продукции
A1	контроль	1: 3,18
A2	N1P1K1 + GA0	1: 3,37
A3	N1P1K1 + GA1	1: 3,02
A4	N1P1K1 + GA2	1: 3,92
A5	N1P1K1 + GA3	1: 4,03
A6	N2P2K2 + GA0	1: 3,35
A7	N2P2K2 + GA1	1: 2,70
A8	N2P2K2 + GA2	1: 2,95
A9	N2P2K2 + GA3	1: 3,56
A10	N3P3K3 + GA0	1: 3,12
A11	N3P3K3 + GA1	1: 2,59
A12	N3P3K3 + GA2	1: 2,53
A13	N3P3K3 + GA3	1: 2,22
A14	GA1	1: 4,76
A15	GA2	1: 4,61
A16	GA3	1: 4,15

3.3 Содержание и вынос основных элементов питания с урожаем фасоли

При изучении действия на сельскохозяйственные культуры минеральных удобрений важным является оценка накопление основных элементов питания урожаем (NPK), учет перераспределения их по органам растения, что в дальнейшем позволяет рассчитать вынос элементов и экономическую эффективность применения удобрений. Большое

разнообразие форм фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*), которую используют как овощную культуру или для получения только зерна («сухая фасоль») характеризует разное перераспределение элементов питания по частям растения: стеблю, листьям, бобам, семенам и корневой системой. Так в статье А.А. Халимуллиной и др. (2019) установлено, что при применении удобрений в дозе N32 P32 K32 в семенах фасоли содержалось: N – 3,63-3,97 %, P – 0,49 - 0,55 %, K – 1,54-1,86 %. Мамедова Ш. А. (2021), отмечает, что фасоль в фазу образования бобов может накопить при применении удобрений в дозе N30P30K30: N – 3,89 %, P – 0,97 %, K – 1,01 %, при применении удобрений в дозе N60P60K30: N – 4,03 %, P – 1,01 %, K – 1,07 %.

В наших исследованиях было изучено содержание основных элементов питания в семенах и побочной продукции фасоли к концу вегетации, в фазу полного созревания (таблица 17, 18, 19).

Таблица 17 – Содержание азота в фасоли при применении минеральных удобрений и гиббереллина, % в пересчете на N_{общ.}*

№ варианта	Варианты	Годы исследований			среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	2,97/0,30	2,85/0,35	2,86/0,40	2,89/0,35	-
A2	N1P1K1 + GA0	3,43/0,64	3,65/0,70	3,78/0,65	3,62/0,66	0,73/0,31
A3	N1P1K1 + GA1	3,53/0,64	3,69/0,75	3,78/0,69	3,67/0,69	0,78/0,34
A4	N1P1K1 + GA2	3,61/0,85	3,62/0,80	3,79/0,83	3,67/0,83	0,78/0,48
A5	N1P1K1 + GA3	3,56/0,91	3,46/0,89	3,83/0,90	3,62/0,90	0,73/0,55
A6	N2P2K2 + GA0	3,60/0,80	3,70/0,89	3,78/0,95	3,69/0,88	0,80/0,53

Продолжение таблицы 17

№ варианты	Варианты	Годы исследований			среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A7	N2P2K2 + GA1	3,70/0,92	3,70/0,85	3,81/0,95	3,74/0,91	0,85/0,56
A8	N2P2K2 + GA2	3,69/0,85	3,70/0,90	3,83/0,89	3,74/0,88	0,85/0,53
A9	N2P2K2 + GA3	3,70/0,82	3,69/0,93	3,89/1,03	3,76/0,93	0,87/0,58
A10	N3P3K3 + GA0	3,86/0,95	3,84/0,98	3,81/0,95	3,84/0,96	0,95/0,61
A11	N3P3K3 + GA1	4,45/0,98	4,67/1,00	4,66/1,03	4,59/1,00	1,70/0,65
A12	N3P3K3 + GA2	4,49/1,06	4,49/1,11	4,60/1,07	4,53/1,08	1,64/0,73
A13	N3P3K3 + GA3	4,55/1,10	4,65/1,10	4,70/1,00	4,63/1,07	1,74/0,72
A14	GA1	3,41/0,75	3,39/0,70	3,57/0,72	3,46/0,72	0,57/0,37
A15	GA2	3,56/0,80	3,57/0,72	3,62/0,75	3,58/0,76	0,69/0,41
A16	GA3	3,61/0,79	3,66/0,71	3,65/0,75	3,64/0,75	0,75/0,40
HCP ₀₅		0,14/0,05	0,15/0,04	0,13/0,05	0,14/0,04	—

*В числителе зерно, в знаменателе побочная продукция (стебли и бобы)

В годы исследований содержание азота в зерне было 2,85 -2,97 % в контроле, в A13 - 4,55-4,70 %, что больше, чем в контроле и других вариантах. При применении только минеральных удобрений содержание азота повышалось в среднем на, %: N1P1K1 – 0,73, N2P2K2 – 0,80, N3P3K3 – 0,95 относительно контроля, таким образом, увеличение дозы удобрений способствовало увеличению этого элемента. Применение только

гиббереллина на фасоли увеличивало азота в зерне на, %: GA1– 0,57, GA2 – 0,69, GA3– 0,75 относительно контроля, следовательно, фитогормон положительно влиял на накопление этого элемента. Нет существенного различия между совместным применением гиббереллина и минеральных удобрений и только минеральных удобрений в вариантах: A2 – A5, A6 – A9. Отмечено, что относительно применения минеральных удобрений в варианте N3P3K3 увеличивалось содержание азота на 0,69 – 0,79 % в вариантах N3P3K3 + GA1, N3P3K3 + GA2, N3P3K3 + GA3.

В побочной продукции фасоли (стебли и бобы) накопление азота было в среднем 0,3 -0,4 % в контроле, в A12 - 1,06 – 1,11 %, в A13 -1,0 – 1,10 %, что больше, чем в других вариантах и контроле. При применении только минеральных удобрений содержание азота повышалось в среднем на, %: N1P1K1 – 0,31 , N2P2K2 – 0,53, N3P3K3 – 0,61 относительно контроля, таким образом, увеличение дозы удобрений способствовало увеличению этого элемента. Применение только гиббереллина на фасоли увеличивало азота в побочной продукции на, %: GA1– 0,37, GA2 – 0,41, GA3–0,40 относительно контроля, следовательно, фитогормон положительно влиял на накопление этого элемента. В большинстве вариантов при применение минеральных удобрений и гиббереллина в разных дозах не отмечено существенного различия.

Фосфор, как и азот является основным источником питания растений и в большей степени накапливается в генеративных органах (таблица 18).

Таблица 18 – Содержание фосфора в фасоли при применении минеральных удобрений и гиббереллина, в % пересчете на P_2O_5 *

№ варианта	Варианты	Годы исследований			среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	1,05/0,82	1,07/0,75	1,10/0,93	1,07/0,83	-
A2	N1P1K1 + GA0	1,10/1,0	1,11/0,86	1,15/1,05	1,12/0,97	0,05/0,14

Продолжение таблицы 18

№ вари- анта	Варианты	Годы исследований			среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A3	N1P1K1 + GA1	1,12/0,95	1,12/0,84	1,15/0,89	1,13/0,89	0,06/-
A4	N1P1K1 + GA2	1,18/1,00	1,15/0,78	1,17/0,80	1,17/0,86	0,10/-
A5	N1P1K1 + GA3	1,20/0,98	1,22/1,00	1,22/0,98	1,21/0,99	0,14/0,16
A6	N2P2K2 + GA0	1,20/0,98	1,23/1,00	1,21/0,95	1,21/0,98	0,14/0,15
A7	N2P2K2 + GA1	1,19/1,00	1,20/0,98	1,19/1,00	1,19/0,99	0,12/0,16
A8	N2P2K2 + GA2	1,20/1,05	1,26/0,98	1,24/1,00	1,23/1,01	0,16/0,18
A9	N2P2K2 + GA3	1,19/1,10	1,28/1,11	1,22/0,91	1,23/1,04	0,16/0,21
A10	N3P3K3 + GA0	1,27/1,10	1,28/1,15	1,27/1,10	1,27/1,12	0,20/0,29
A11	N3P3K3 + GA1	1,31/1,16	1,34/1,14	1,34/1,16	1,33/1,15	0,26/0,32
A12	N3P3K3 + GA2	1,35/1,15	1,40/1,14	1,38/1,14	1,38/1,14	0,31/0,31
A13	N3P3K3 + GA3	1,48/1,14	1,45/1,18	1,49/1,20	1,47/1,17	0,40/0,34
A14	GA1	1,13/0,76	1,25/0,84	1,17/0,90	1,18/0,83	0,11/-
A15	GA2	1,14/1,04	1,25/1,00	1,18/0,80	1,19/0,95	0,12/0,12
A16	GA3	1,13/0,80	1,23/0,93	1,18/0,81	1,18/0,85	0,11/-
HCP ₀₅		0,04 –0,06				—

*В числителе зерно, в знаменателе побочная продукция (стебли и бобы)

В среднем за три года исследований фосфора содержалось в семенах фасоли 1,07 – 1,47 %, в побочной продукции 0,83 – 1,17 %. Применение только удобрений увеличивало этого элемента в зерне и побочной продукции на, %: N1P1K1 – 0,05 – 0,14, N2P2K2 – 0,14-0,15, N3P3K3 – 0,20 -0,29 относительно контроля. Применение только гиббереллина на фасоли увеличивало фосфора в зерне и побочной продукции на 0,11 – 0,12 % относительно контроля. В вариантах применения минеральных удобрений и фитогормона в разных дозах нет существенного различия в содержание фосфора, можно отметить, что в варианте A13 больше содержалось этого элемента относительно контроля и других вариантов, которое составило в среднем за три года исследований в зерне – 1,47 % и побочной продукции 1,17 %.

Калий – макроэлемент, один из 8 жизненно важных элементов, содержание которого в растениях и его влияние на их жизнедеятельность широко изучено многими учеными. Он участвует в более 60 ферментативных системах, способствует транспорту минеральных веществ в клетку, а также их передвижению по тканям и органам растений. Функции транспирации и водного баланса клетки и всего растения на прямую зависят от этого элемента, особенно его недостаток может влиять в засушливых условия (в Афганистане) на выращивание культур. Поддержание оптимального транспорта веществ и способствовать устойчивости к стресс факторам – одни из главных функций калия в растениях (Прокошев, 2005).

За три года исследований было отмечено, что содержание калия в фасоли составило 1,20 – 1,94 % в зерне и 1,55 – 2,10 % в побочной продукции (таблица 19). Во всех вариантах применения минеральных удобрений и фитогормона накопление калия было выше относительно контроля, которое составило больше на 0,19 – 0,66 % в зерне, 0,12 – 0,46 % в побочной продукции.

**Таблица 19 – Содержание калия в фасоли при применении
минеральных удобрений и гиббереллина, в % пересчете на K₂O ***

№ вари- анта	Варианты	Годы исследований			среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	1,21/1,68	1,27/1,55	1,20/1,60	1,22/1,61	-
A2	N1P1K1 + GA0	1,44/1,70	1,32/1,72	1,48/1,79	1,41/1,74	0,19/0,13
A3	N1P1K1 + GA1	1,53/1,73	1,56/1,70	1,50/1,80	1,53/1,74	0,31/0,13
A4	N1P1K1 + GA2	1,58/1,75	1,54/1,77	1,50/1,82	1,54/1,78	0,32/0,17
A5	N1P1K1 + GA3	1,58/1,75	1,59/1,80	1,59/1,81	1,59/1,79	0,37/0,18
A6	N2P2K2 + GA0	1,65/1,80	1,54/1,83	1,49/1,82	1,56/1,82	0,34/0,21
A7	N2P2K2 + GA1	1,65/1,84	1,63/1,84	1,70/1,86	1,66/1,85	0,44/0,24
A8	N2P2K2 + GA2	1,65/1,86	1,63/1,83	1,62/1,85	1,63/1,85	0,41/0,24
A9	N2P2K2 + GA3	1,66/1,85	1,60/1,86	1,82/1,85	1,69/1,85	0,47/0,24
A10	N3P3K3 + GA0	1,70/1,90	1,62/1,91	1,77/1,94	1,70/1,92	0,48/0,31
A11	N3P3K3 + GA1	1,72/1,93	1,70/1,96	1,85/1,90	1,76/1,93	0,54/0,32
A12	N3P3K3 + GA2	1,81/1,90	1,74/1,92	1,80/1,92	1,78/1,91	0,56/0,30

Продолжение таблицы 19

№ варианта	Варианты	Годы исследований			среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A13	N3P3K3 + GA3	1,93/2,10	1,76/2,00	1,94/2,10	1,88/2,07	0,66/0,46
A14	GA1	1,38/1,70	1,40/1,75	1,39/21,76	1,39/1,74	0,17/0,13
A15	GA2	1,41/1,71	1,39/21,73	1,36/21,76	1,39/1,73	0,17/0,12
A16	GA3	1,37/1,73	1,41/1,75	1,44/1,74	1,41/1,74	0,19/0,13
HCP ₀₅		0,05 – 0,07				—

*В числителе семена, в знаменателе побочная продукция (стебли и бобы)

В вариантах с применением минеральных удобрений калия было в зерне и в побочной продукции: A2 – 1,41%, 1,74 %, увеличивалось соответственно на 0,19 % и 0,13 %, A6 – 1,56%, 1,82 %, увеличивалось соответственно на 0,34 % и 0,24 %, A10 – 1,70%, 1,92 %, увеличивалось соответственно на 0,48 % и 0,31 %. Применение гиббереллина (A14 – A16) способствовало накоплению калия в зерен 1,39 – 1,41 %, что было больше относительно контроля на 0,17 – 0,18 %, в побочной продукции содержание этого элемента было 1,74 – 1,73 %, что было выше на 0,12 – 0,13 % относительно контроля. Вариант A13 показал самые высокие значения в содержании калия – 1,88 % в зерне и 2,07 % в побочной продукции.

При изучении химического состава растений было найдено более 80 элементов, больше всего содержится углерода и кислорода, основные компоненты органических веществ, из которых состоят клетки, ткани и органы растений, далее по значимости идут водород, азот и другие. В настоящее время 20 элементов считают жизненно необходимые растениям – это углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, магний, кальций, сера, железо, медь, бор, цинк, молибден и др. Также есть элементы, которые считаются условно необходимые и найдены их положительные действия – это кремний, серебро, хлор, фтор и др. Конечно, по мере усовершенствования

методов исследования это список может меняться, неизменно будет оставаться большая значимость азота, фосфора и калия. Потребность растений в этих элементов велика, важным остается их сочетание и соотношение, которое зависит от вида растений, сорта и, конечно, от внешних условий выращивания – почва, климатические условия и стресс факторы. Поэтому изучение содержание этих элементов и расчета их выноса основной и побочной продукцией дает возможность учёным и аграриям прогнозировать урожай, применение удобрений и сохранять плодородие почв (Жабровская, 2020).

В наших исследованиях был произведен расчет выноса основных элементов питания фасолью в годы проведения полевых испытаний 2022 – 2024 гг. (таблица 20).

Таблица 20 – Вынос азота фасолью при применении минеральных удобрений и гиббереллина, кг/га в пересчете на $N_{\text{общ}}$

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Превышение относительно контроля
		2022	2023	2024		
A1	контроль	25,58	39,55	41,51	35,55	-
A2	N1P1K1 + GA0	55,95	67,58	66,85	63,46	27,91
A3	N1P1K1 + GA1	82,31	71,69	73,54	75,85	40,30
A4	N1P1K1 + GA2	80,71	78,35	82,10	80,39	44,84
A5	N1P1K1 + GA3	83,24	79,10	88,23	83,53	47,98
A6	N2P2K2 + GA0	69,85	76,56	80,38	75,60	40,05
A7	N2P2K2 + GA1	86,05	86,16	92,76	88,32	52,77

Продолжение таблицы 20

№ вари- анта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Превышение относительно контроля
		2022	2023	2024		
A8	N2P2K2 + GA2	92,43	95,33	95,66	94,47	58,92
A9	N2P2K2 + GA3	86,69	85,38	105,59	92,55	57,0
A10	N3P3K3 + GA0	81,34	85,03	84,13	83,50	47,95
A11	N3P3K3 + GA1	119,84	129,29	106,73	118,62	83,07
A12	N3P3K3 + GA2	128,60	135,21	126,41	130,07	94,52
A13	N3P3K3 + GA3	140,60	140,29	141,37	140,75	105,20
A14	GA1	67,13	64,64	67,32	66,36	30,81
A15	GA2	73,33	70,27	71,04	71,55	36,0
A16	GA3	77,02	74,31	75,17	75,50	39,95
HCP ₀₅		3,5	3,5	3,6	3,5	—

Вынос азота по вариантам опыта изменялся в годы исследований с значений низкого выноса в контроле 25,58 – 41,51 кг/га до самого высокого в варианте A13 - 140,29 – 140,75 кг/га. По всем вариантам можно отметить существенное статистическое различие в этом показателе, в вариантах применения только фитогормона (A14-A16) вынос был меньше, чем в других вариантах и составил 66,36 - 75,50 кг/га, превышение к контролю составила 30,81 – 39,95 кг/га. При применении дозы удобрений N1P1K1 и трех доз гиббереллина вынос азота составил 75,85 – 83,53 кг/га, увеличение относительно контроля было 40,30 – 47,98 кг/га, в вариантах N2P2K2 и трех

доз гиббереллина вынос азота составил 88,32 – 94,47 кг/га, превышение относительно контроля 40,05 – 58,92 кг/га. Третий вариант удобрений N3P3K3, в котором урожайность была самой высокой и больше содержалось элементов (NPK) в зерне и побочной продукции относительно других вариантов удобрений, соответственно показал самый большой вынос 83,50 кг/га, а применение гиббереллина увеличило вынос относительно варианта только с удобрениями и составило 118,62 – 140,75 кг/га, превышение относительно контроля было 83,07 – 105,20 кг/га.

Вынос фосфора существенно различался по вариантам, в среднем за три года наименьшее значение было в контроле 32,88 кг/га, а наибольшее в варианте A13 – 82,03 кг/га (таблица 21).

Таблица 21 – Вынос фосфора фасолью при применении минеральных удобрений и гиббереллина, кг/га в пересчете на P_2O_5

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Превышение относительно контроля
		2022	2023	2024		
A1	контроль	16,90	37,07	44,68	32,88	-
A2	N1P1K1 + GA0	33,22	49,74	58,67	47,21	14,33
A3	N1P1K1 + GA1	47,93	49,46	52,94	50,11	17,23
A4	N1P1K1 + GA2	59,25	48,79	50,13	52,73	19,85
A5	N1P1K1 + GA3	59,32	60,24	59,79	59,78	26,90
A6	N2P2K2 + GA0	39,22	57,43	55,15	50,60	17,72
A7	N2P2K2 + GA1	46,08	58,36	61,63	55,35	22,47

Продолжение таблицы 21

№ варианты	Варианты	Годы исследований			Среднее	Превышение относительно контроля
		2022	2023	2024		
A8	N2P2K2 + GA2	64,12	61,35	63,14	62,87	29,99
A9	N2P2K2 + GA3	66,85	66,81	60,09	64,58	31,70
A10	N3P3K3 + GA0	45,67	64,94	63,86	58,15	25,27
A11	N3P3K3 + GA1	63,91	74,49	75,15	71,18	38,30
A12	N3P3K3 + GA2	76,33	76,24	76,97	76,51	43,63
A13	N3P3K3 + GA3	80,66	80,20	85,22	82,03	49,15
A14	GA1	45,61	50,42	52,40	49,48	16,60
A15	GA2	60,00	59,03	49,35	56,13	23,25
A16	GA3	49,80	56,71	51,02	52,51	19,63
HCP ₀₅		2,10	2,11	2,12	2,12	—

Применение удобрений в разных дозах влияло на увеличение выноса фосфора, которое составило, кг/га: N1P1K1 – 47,21, N2P2K2 – 50,60 кг/га, N3P3K3 – 58,15 кг/га, превышение относительно контроля было на 14,33 – 25,27 кг/га. Применение гиббереллина в разных дозах способствовало увеличению выноса фосфора, которое составило 49,48 – 56,13 кг/га, превышение относительно контроля было на 16,60 – 23,25 кг/га. В целом, можно отметить, что увеличение доз минеральных удобрений и доз гиббереллина приводило к увеличению выноса фосфора по вариантам

опытов и превышение относительно контроля составило в среднем за три года исследований 14,33 – 49,15 кг/га.

Вынос калия, также как и других двух элементов питания растений - азота и фосфора по вариантам опытов увеличивалось с повышением доз удобрений и гиббереллина (таблица 22).

Таблица 22 – Вынос калия фасолью при применении минеральных удобрений и гиббереллина, кг/га в пересчете на K₂O

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Превышение относительно контроля
		2022	2023	2024		
A1	контроль	27,56	67,69	70,40	55,22	-
A2	N1P1K1 + GA0	51,00	90,60	95,25	78,95	23,73
A3	N1P1K1 + GA1	78,10	92,86	97,78	89,58	34,36
A4	N1P1K1 + GA2	98,05	98,31	100,49	98,95	43,73
A5	N1P1K1 + GA3	99,44	101,94	102,27	101,22	46,0
A6	N2P2K2 + GA0	64,05	98,15	97,53	86,58	31,36
A7	N2P2K2 + GA1	75,74	101,25	108,07	95,02	39,8
A8	N2P2K2 + GA2	106,50	103,47	107,05	105,68	50,46
A9	N2P2K2 + GA3	107,96	105,83	112,28	108,69	53,47
A10	N3P3K3 + GA0	71,39	102,40	107,60	93,80	38,58

Продолжение таблицы 22

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Превышение относительно контроля
		2022	2023	2024		
A11	N3P3K3 + GA1	97,28	117,02	119,12	111,14	55,92
A12	N3P3K3 + GA2	118,56	116,36	121,04	118,65	63,43
A13	N3P3K3 + GA3	132,57	122,07	135,56	130,07	74,85
A14	GA1	90,97	93,43	93,82	92,74	37,52
A15	GA2	93,95	94,09	96,38	94,81	39,59
A16	GA3	95,72	96,40	97,64	96,59	41,37
HCP ₀₅		3,43	4,27	4,33	3,56	—

Относительно контроля превышение выноса калия по вариантам опыта составило с 23,73 кг/га до 74,85 кг/га. Минеральные удобрения увеличивали вынос калия, так в варианте A2 он составил 78,95 кг/га (превышение 23,73 кг/га), в варианте A6 – 86,58 кг/га (превышение 31,36 кг/га), в варианте A10 – 93,80 кг/га, соответственно превысило контроль на 38,58 кг/га. Вынос калия был больше при применении только гиббереллина (A14 – A16) относительно вариантов с удобрениями (A2, A6, A10) – 92,74 – 96,59 кг/га, что связано с накоплением большой биомассы растениями фасоли и высокой урожайностью побочной продукции. Сочетание разных доз удобрений и максимальной дозы фитогормона (GA3) влияли на увеличения урожай основной продукции и повышали вынос калия, который составил в вариантах A5 – 101,22 кг/га (превышение 46 кг/га), A9 – 108,69 кг/га (превышение 53,47 кг/га), A13 – 130,07 кг/га (превышение 74,85 кг/га).

3.4 Оценка качества продукции

Фасоль обыкновенная высокобелковая культура, которая может решить проблему недостатка белковой пищи в рационе питания людей развивающихся странах таких, как Афганистан. Многие ученые отмечают, что в ближайшем будущем рацион питания людей всего мира будет совершенствоваться за счет сельскохозяйственных культур, которые богаты белком. Белок фасоли полноценен по содержанию заменимых и незаменимых аминокислот, уже разработаны технологии извлечения белка бобовых культур и изготовление из него разнообразных продуктов питания для людей, животных и медицинских препаратов (Кукреш, 1995, Алтухов, 2004, Костикова, 2018).

В статье Н.О. Костиковой и М.П. Мирошниковой (2018) отмечается, что разные сорта зерновой фасоли могут содержать 25 – 27 % белка, 1 – 1,8 % жира, 4 – 6 % клетчатки, 38 – 48 % крахмала, 52 – 57 % БЭВ (безазотистые экстрактивные вещества). Хугаева Л.М. в статье приводит данные, что применение N30 P90 K60 способствовало увеличению белка в зерне фасоли до 26,3 %, жира до 2,1 %, клетчатки до 7,7 % (Хугаева, 2012).

В наших исследованиях на фоне применения разных доз минеральных удобрений и гиббереллина на зерновой фасоли были определены основных показатели качества семян (белок, жир, клетчатка, зола, крахмал), а также установлен химический состав побочной продукции на содержание белка, жира, золы и клетчатки.

Установлено, что в условиях Афганистана в семенах фасоль сорта Rosecoco (GLP2) на контрольных делянках содержание белка было 21,69 – 21,89 %, а на делянках с самой высокой дозой, применяемых удобрений (N3P3K3) и фитогормона (GA3), белка было больше, чем в других вариантах и составило 25,76 – 25,85 %, прибавка относительно контроля - 4,0 – 4,07 % (таблица 23).

Таблица 23 – Содержание белка в семенах фасоли в годы исследований, % на абсолютно сухое вещество

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	21,69	21,75	21,89	21,78	—
A2	N1P1K1 + GA0	23,70	23,80	24,00	23,83	2,05
A3	N1P1K1 + GA1	23,65	23,93	24,00	23,86	2,08
A4	N1P1K1 + GA2	24,20	24,65	24,75	24,53	2,75
A5	N1P1K1 + GA3	24,86	24,88	24,97	24,90	3,12
A6	N2P2K2 + GA0	24,00	24,64	24,60	24,41	2,63
A7	N2P2K2 + GA1	24,50	24,73	24,50	24,58	2,80
A8	N2P2K2 + GA2	24,68	24,60	24,61	24,63	2,85
A9	N2P2K2 + GA3	24,85	24,89	24,95	24,90	3,12
A10	N3P3K3 + GA0	24,68	24,78	24,82	24,76	2,98
A11	N3P3K3 + GA1	25,46	25,60	25,60	25,55	3,77
A12	N3P3K3 + GA2	25,78	25,79	25,79	25,79	4,01
A13	N3P3K3 + GA3	25,76	25,80	25,85	25,80	4,02

Продолжение таблицы 23

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A14	GA1	21,98	21,93	22,10	22,00	0,22
A15	GA2	22,75	22,83	22,85	22,81	1,03
A16	GA3	22,45	22,45	22,65	22,52	0,78
НСР ₀₅		0,75	0,77	0,78	0,75	—

По вариантам опыта количество белка в семенах фасоли росло по мере увеличения доз удобрений, установлено, что белка в семенах по вариантам было: N1P1K1 – 23,83 %, N2P2K2 – 24,41 %, N3P3K3 – 24,76 %, прибавка к контролю в среднем составила 2,05 – 2,93 %. Применение только гиббереллина в разных концентрациях меньше остальных вариантов влияло на этот показатель, в среднем белка в семенах было 22,0 – 22,81 %, прибавка к контролю составила 0,78 – 1,03 %. Сочетание минеральных удобрений и фитогормона в технологии выращивания фасоли дало лучший результат в увеличение белка в семенах фасоли: N1P1K1 + GA3 и N2P2K2 + GA3 - 24,90 % (прибавка к контролю 3,12), эти варианты имели одинаковый результат, однако N3P3K3 + GA3 – 25,80 % (прибавка к контролю 4,02 %).

Содержание жиров в фасоли не велико, может составлять 0,7 – 2 %, однако применение разной технологии выращивания растений может менять значение этого показателя, который влияет на общее качество семян.

В среднем за три года исследований в семенах фасоли содержание общей суммы жиров было 0,8 – 1,7 %, на изменение значение этого показателя влияло применение минеральных удобрений и гиббереллина, прибавка к контролю в среднем в годы исследований составила 0,40 -0,87 % (таблица 24).

Таблица 24 – Содержание жира в семенах фасоли в годы исследований, % на абсолютно сухое вещество

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	0,80	0,90	0,80	0,80	—
A2	N1P1K1 + GA0	1,20	1,25	1,25	1,23	0,40
A3	N1P1K1 + GA1	1,19	1,25	1,24	1,23	0,40
A4	N1P1K1 + GA2	1,26	1,32	1,30	1,29	0,49
A5	N1P1K1 + GA3	1,25	1,35	1,30	1,30	0,50
A6	N2P2K2 + GA0	1,26	1,31	1,35	1,31	0,51
A7	N2P2K2 + GA1	1,30	1,30	1,28	1,29	0,49
A8	N2P2K2 + GA2	1,29	1,35	1,30	1,31	0,51
A9	N2P2K2 + GA3	1,35	1,35	1,38	1,36	0,56
A10	N3P3K3 + GA0	1,35	1,40	1,38	1,38	0,58
A11	N3P3K3 + GA1	1,35	1,36	1,38	1,36	1,56
A12	N3P3K3 + GA2	1,55	1,60	1,50	1,55	0,75
A13	N3P3K3 + GA3	1,65	1,65	1,70	1,67	0,87

Продолжение таблицы 24

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A14	GA1	1,20	1,18	1,22	1,20	0,40
A15	GA2	1,20	1,23	1,22	1,22	0,42
A16	GA3	1,19	1,25	1,20	1,21	0,41
HCP ₀₅		0,05				-

По вариантам опыта количество жира в семенах фасоли росло по мере увеличения доз удобрений, установлено, что по вариантам было: N1P1K1 – 1,23 %, N2P2K2 – 1,31 %, N3P3K3 – 1,38 %, прибавка к контролю в среднем составила 0,40 – 0,58 %. Применение только гиббереллина в разных концентрациях меньше остальных вариантов влияло на этот показатель, в среднем жира в семенах было 1,20 – 1,22 %, прибавка к контролю составила 0,40 – 0,42 %. Сочетание минеральных удобрений и фитогормона в технологии выращивания фасоли дало лучший результат в увеличение жира в семенах фасоли: N1P1K1 + GA3 и N2P2K2 + GA3 – 1,30 – 1,36 % (прибавка к контролю 0,50 – 0,56 %), больше увеличивалось в варианте N3P3K3 + GA3 – 1,67 % (прибавка к контролю 0,87 %).

Содержание клетчатки в семенах по вариантам опытов в среднем за три года исследований изменялось со значений 4,05 % в контроле до 6,75 % в лучшем варианте N3P3K3 + GA3, прибавка к контролю была 1,37 – 2,70 % (таблица 25).

Таблица 25 – Содержание клетчатки в семенах фасоли в годы исследований, % на абсолютно сухое вещество

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	4,10	4,10	3,95	4,05	—

Продолжение таблицы 25

№ варианты	Варианты	Годы исследований			Среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A2	N1P1K1 + GA0	5,32	5,41	5,55	5,43	1,38
A3	N1P1K1 + GA1	5,40	5,40	5,45	5,42	1,37
A4	N1P1K1 + GA2	5,48	5,55	5,45	5,49	1,44
A5	N1P1K1 + GA3	5,65	5,62	5,64	5,64	1,59
A6	N2P2K2 + GA0	5,80	5,95	6,00	5,92	1,87
A7	N2P2K2 + GA1	5,75	5,86	6,00	5,87	1,82
A8	N2P2K2 + GA2	5,80	5,85	5,93	5,86	1,81
A9	N2P2K2 + GA3	5,90	5,85	5,88	5,88	1,83
A10	N3P3K3 + GA0	6,00	6,35	6,55	6,30	2,25
A11	N3P3K3 + GA1	6,15	6,37	6,45	6,32	2,28
A12	N3P3K3 + GA2	6,25	6,20	6,28	6,24	2,19
A13	N3P3K3 + GA3	6,78	6,71	6,75	6,75	2,70
A14	GA1	4,89	5,00	5,00	4,96	0,91
A15	GA2	5,10	5,12	5,00	5,07	1,02
A16	GA3	5,12	5,15	5,15	5,14	1,09
HCP ₀₅		0,23	0,32	0,33	0,31	-

В вариантах только с гиббереллином содержание клетчатки в семенах составило в среднем на единицу больше, чем в контроле (4,96 – 5,14 %, прибавка к контролю 0,91 – 1,09%), в вариантах только с минеральными удобрениями клетчатки составило: N1P1K1 – 5,43 %, N2P2K2 – 5,92 %, N3P3K3 – 6,24 %, GA1 – 4,96 %, GA2 – 5,07 %, GA3 – 5,14 %.

N3P3K3 – 6,30 %. Можно отметить варианты с разными дозами минеральных удобрений и самой высокой дозой фитогормона (GA3), так как именно при этом сочетании больше всего увеличивалось клетчатки в семена: N1P1K1 + GA3 – 5,64 %, N2P2K2 + GA3 – 5,88%, N3P3K3 + GA3 – 6,75 %.

Общая зольность (или содержание золы) семян характеризует накопление в них суммы макро- и микроэлементов. За три года исследований было отмечено, что зольность изменялась от 3,08 – 4,55 % (Приложение К). Относительно контроля по вариантам зольность семян увеличивалась на 0,14 – 1,34 %. Интенсивное поглощение элементов питания растениями из минеральных удобрений почвенного раствора и обработки их фитогормоном приводили к увеличению зольности семян, особенно с увеличением доз удобрений и гиббереллина. В среднем в контроле зольность была 3,11 %, а при применении N1P1K1 + GA3 – 3,35 %, N2P2K2 + GA3 – 3,44%, N3P3K3 + GA3 – 4,55 %.

Важным показателями качества семян фасоли является оценка содержания углеводных компонентов, больше в них содержится крахмала, чем клетчатки, который был определен в наших исследованиях (таблица 26)

Таблица 26 – Содержание крахмала в семенах фасоли в годы исследований, % на абсолютно сухое вещество

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	33,58	35,48	35,83	34,96	—
A2	N1P1K1 + GA0	38,95	43,12	39,89	40,65	5,69
A3	N1P1K1 + GA1	43,78	42,95	43,10	43,28	8,32
A4	N1P1K1 + GA2	44,56	44,10	44,15	44,27	9,31

Продолжение таблицы 26

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A5	N1P1K1 + GA3	45,00	45,15	45,05	45,07	10,11
A6	N2P2K2 + GA0	45,55	46,15	46,10	45,93	10,97
A7	N2P2K2 + GA1	45,63	45,72	45,78	45,71	10,75
A8	N2P2K2 + GA2	45,83	45,75	45,89	45,82	10,86
A9	N2P2K2 + GA3	46,00	46,10	46,10	46,07	11,11
A10	N3P3K3 + GA0	46,48	46,45	46,55	46,49	11,53
A11	N3P3K3 + GA1	46,50	46,58	46,53	46,54	11,94
A12	N3P3K3 + GA2	46,90	47,00	47,15	47,02	12,06
A13	N3P3K3 + GA3	47,49	47,67	47,70	47,62	12,66
A14	GA1	40,11	40,17	39,73	40,00	5,04
A15	GA2	39,80	40,17	41,23	40,40	5,44
A16	GA3	39,78	40,18	40,22	40,06	5,10
HCP ₀₅		1,68	1,86	1,82	1,80	-

Относительно контроля, в котором в семенах фасоли содержалось крахмала 34,96 % (в среднем за три года), прибавка по вариантам составила от 5,04 % (при применении только гиббереллина) до 12,66 % (в варианте N3P3K3 + GA3). Динамика накопления крахмала семенами фасоли по вариантам опыта показала увеличение этого показателя с значений варианта A2 – 40,65 % до A13 – 47,62 %. В вариантах применение первой дозы удобрений и гиббереллина есть существенная разница в содержании крахмала: N1P1K1 + GA0 – 40,65 %, N1P1K1 + GA1 – 43,28%, N1P1K1 + GA3 – 45,07 %. В вариантах применение второй дозы удобрений и

фитогормона не наблюдалось существенной разницы, в которых в семенах фасоли содержалось крахмала 45,93 – 46,07 %. В вариантах применение третьей дозы удобрений и фитогормона не наблюдалось существенной разницы, в которых в семенах фасоли содержалось крахмала 46,49 – 47,62 %.

Авраменко М. Н. и другие в своих исследованиях отмечают, что белок фасоли, как и сои практически полноценен по составу и соотношению незаменимых (в сумме 30 – 37 %) и заменимых (в сумме 50 – 65 %) аминокислот. Из незаменимых аминокислот можно отметить высокое содержание аргинина 3 – 8,5 %, лейцина – 8 – 9 %, лизина – 3,5 – 6,0 %, изолейцина 3,5 – 4 %, валина 2 – 4 %, фенилаланина 3 – 4,5 % и др. Из заменимых аминокислот можно выделить большое содержание глутаминовой кислоты 10 – 13,5 %, пролина 16 – 19 %, аспарагиновой кислоты 6,5 – 10,5 % и др. (Босак, 2022, Авраменко, 2023).

По данным наших исследований в семенах фасоли содержание незаменимых аминокислот можно разделить на три группы. Первая группа с высоким содержанием: аргинин 3,55 – 7,50 %, лейцин 6,0 – 9,0 %, лизин 5,55 – 8,85 %. Вторая группа со средним содержанием: изолейцин 2,55 – 4,95 %, валин 3,12 – 4,96 %, треонин 1,95 – 3,55 %, фенилаланин 2,0 – 3,79 %. Третья группа с низким содержанием: гистидин 0,9 – 2,65, метионин 0,2 – 1,18 %, триптофан 0,20 – 0,98 % (таблица 27). Отмечено, что на синтез этих кислот влияло применение удобрений и фитогормона, что приводило к увеличению в среднем относительно контроля: аргинина на 0,45 – 3,95 %, лейцина на 1,10 – 3,0 %, лизина на 0,4 – 3,30 %, изолейцина на 0,95 – 2,40 %, валина на 0,68 – 1,84 %, треонина на 0,22 – 1,60 %, фенилаланина на 0,11 – 1,79 %, гистидина на 0,60 – 1,75 %, метионина на 0,30 – 0,98 % и триптофана на 0,02 – 0,78 %. Сумма незаменимых аминокислот была в контроле 26,02 %, а в варианте А13, в котором были зафиксированы самые большие значения этих кислот, сумма составила 47,41 %., что выше 1,8 раза. Это показатель изменялся по вариантам: А2 – 32,69 %, А3 – 33,62 %, А4 – 34,17 %, А5 – 34,56 %, А6 – 37,0

%, A7 – 37,19 %, A8 – 38,19%, A9 – 39,28%, A10 – 41,41 %, A11 – 42,23 %, A12 – 43,86 %, A13 – 47,41 %, A14 – 29,89 %, A15 – 31,06 %, A16 – 31,19 %

Из заменимых аминокислот в семенах фасоли было определено восемь, которых содержалось в среднем по вариантам опыта: аспарагиновая кислота 11,55 -12,80 %, глутаминовая кислота 8,0 -10,29 %, пролин 17,75 – 21,56 %, серин 6,25 – 8,0 %, аланин 4,0 – 5,95 %, глицин 4,0 – 5,79 %, тирозин 0,55 – 1,0 %, цистеин 0,38 -1,0 % (таблица 28). Сумма заменимых аминокислот была в контроле 64,53 %, а в варианте A13, в котором содержание этих кислот снижалось составило 52,48 %. Этот показатель изменялся по вариантам: A2 – 66,10%, A3 – 66,05 %, A4 – 65,83 %, A5 – 65,35 %, A6 – 63,0 %, A7 – 61,92 %, A8 – 61,77%, A9 – 60,71%, A10 – 58,75 %, A11 – 57,75 %, A12 – 56,08 %, A13 – 52,48 %, A14 – 64,45 %, A15 – 64,89 %, A16 – 65,09 %. Таким образом, из полученных данных следует, что применение минеральных удобрений в сочетании с обработкой растений гиббереллином влияло на увеличение суммы незаменимых аминокислот и соответственно снижало сумму заменимых аминокислот.

Ежегодно при производстве растениеводческой продукции на полях остается миллионы тон сельскохозяйственных отходов в виде соломы, семенных оболочек, плодов, отрубей, кукурузных початков, костры льна и технической конопли, жома сахарной свеклы, ботвы картофеля и другие. Многие авторы отмечают, что в мире отходов от выращивания зерновых составляет около 20 %, клубнеплодов и корнеплодов – 20 %, зернобобовых – 20 -30 % от общего объема. Крупнотоннажным отходом при выращивании бобовых культур являются створки бобов и стебли, которые редко перерабатываются сельхозпроизводителям для получения полезных продуктов, чаще отходы сгнивают в отвалах или сжигают, ухудшая экологическую обстановку сельскохозяйственных территорий (Самылина, 2010, Полупанова, 2020, Шайхиева, 2024).

Таблица 27 - Содержание незаменимых аминокислот в семенах фасоли, средние значение 2022 – 2024 гг., %*

№ варианта	Варианты	Аминокислоты									
		Арг	Лей	Лиз	Иле	Вал	Тре	Фен	Гис	Мет	Три
A1	контроль	3,55	6,00	5,55	2,55	3,12	1,95	2,00	0,90	0,20	0,20
A2	N1P1K1 + GA0	4,89	6,82	6,72	3,58	3,80	2,55	2,11	1,50	0,50	0,22
A3	N1P1K1 + GA1	4,87	7,10	6,75	3,50	3,95	2,65	2,51	1,54	0,52	0,23
A4	N1P1K1 + GA2	5,00	7,18	6,78	3,62	4,00	2,74	2,54	1,54	0,55	0,22
A5	N1P1K1 + GA3	5,02	7,20	7,00	3,68	4,00	2,78	2,55	1,53	0,55	0,25
A6	N2P2K2 + GA0	5,45	7,28	7,89	4,10	4,12	2,89	2,55	1,67	0,75	0,30
A7	N2P2K2 + GA1	5,50	7,30	7,58	4,11	4,18	2,90	2,74	1,78	0,80	0,30
A8	N2P2K2 + GA2	5,49	7,98	7,68	4,18	4,25	2,90	2,80	1,80	0,80	0,31
A9	N2P2K2 + GA3	6,13	8,18	7,67	4,20	4,28	2,91	2,85	1,85	0,83	0,38
A10	N3P3K3 + GA0	6,54	8,00	8,12	4,55	4,30	3,10	3,15	2,15	0,95	0,55
A11	N3P3K3 + GA1	6,87	8,01	8,09	4,55	4,35	3,12	3,14	2,32	1,00	0,78
A12	N3P3K3 + GA2	6,89	8,55	8,30	4,86	4,35	3,15	3,45	2,45	1,00	0,86
A13	N3P3K3 + GA3	7,50	9,00	8,85	4,95	4,96	3,55	3,79	2,65	1,18	0,98
A14	GA1	4,00	6,18	5,95	3,55	3,10	2,18	2,55	1,55	0,50	0,33
A15	GA2	4,02	7,12	6,00	3,58	3,15	2,20	2,57	1,56	0,51	0,35
A16	GA3	4,00	7,11	6,15	3,60	3,18	2,17	2,55	1,56	0,52	0,35
HCP ₀₅		0,16	0,23	0,22	0,12	0,12	0,11	0,08	0,06	0,02	0,01

*Арг – аргинин, Лей – лейцин, Лиз – лизин, Иле – изолейцин, Вал – валин, Тре – треонин, Фен – фенилаланин, Гис – гистидин, Мет – метионин, Три – триптофан

Таблица 28 - Содержание заменимых аминокислот в семенах фасоли, средние значение 2022 – 2024 гг., %*

№ варианта	Варианты	Аминокислоты							
		Асп	Глу	Про	Сер	Ала	Гли	Тир	Цис
A1	контроль	12,55	10,00	20,56	7,90	5,86	5,66	1,00	1,00
A2	N1P1K1 + GA0	12,75	10,15	21,56	7,95	5,95	5,74	1,00	1,00
A3	N1P1K1 + GA1	12,78	10,12	21,55	8,00	5,85	5,75	1,00	1,00
A4	N1P1K1 + GA2	12,80	10,15	21,58	7,85	5,68	5,79	0,98	1,00
A5	N1P1K1 + GA3	12,70	10,00	21,45	7,85	5,80	5,75	0,90	0,90
A6	N2P2K2 + GA0	12,60	9,30	21,15	7,40	5,40	5,35	0,90	0,90
A7	N2P2K2 + GA1	12,65	9,35	20,15	7,35	5,35	5,27	0,90	0,90
A8	N2P2K2 + GA2	12,65	9,44	20,20	7,30	5,38	5,20	0,80	0,80
A9	N2P2K2 + GA3	12,60	9,30	20,00	7,20	5,00	5,00	0,80	0,81
A10	N3P3K3 + GA0	12,50	9,00	18,50	7,00	4,80	5,10	0,90	0,70
A11	N3P3K3 + GA1	12,50	9,00	17,80	7,00	4,75	5,00	0,80	0,90
A12	N3P3K3 + GA2	12,33	8,40	18,00	7,00	4,30	4,45	0,80	0,80
A13	N3P3K3 + GA3	11,55	8,00	17,75	6,25	4,00	4,00	0,55	0,38
A14	GA1	12,75	10,15	20,56	8,00	5,56	5,68	0,90	0,85
A15	GA2	12,75	10,25	20,79	8,00	5,55	5,65	1,00	0,90
A16	GA3	12,78	10,29	20,87	8,00	5,60	5,65	1,00	0,90
HCP ₀₅		0,48	0,30	0,66	0,25	0,21	0,22	0,03	0,03

*Асп – аспарагиновая кислота, Глу – глутаминовая кислота, Про – пролин, Сер – серин, Ала – аланин, Гли – глицин, Тир – тирозин, Цис - цистеин

Створки бобов фасоли обыкновенной богаты большим количеством полезных веществ: белками, жирами, сахарами, целлюлозой, флавоноидами, витаминами, биогенными элементами (калий, фосфор, кальций, магний, железо и др.). Наличие этих веществ способствует применению створок бобов фасоли для получения диетических продуктов питания, медицинских препаратов (гипогликемическое средство – фиточай «Арфазетин»), для изготовления муки и получению кормовых добавок для животных (Самылина, 2010, Полупанова, 2020, Шайхиева, 2024).

Был проведен химический анализ створок бобов и стеблей фасоли при выращивании растений на фоне применения разных доз минеральных удобрений и фитогормона (таблица 29, 30). Содержание белка в среднем за три года исследований было в створах бобов 1,03 – 2,69 %, в стеблях 2,81 – 5,95 %, относительно контроля по вариантам прибавка белка составила 1,0 – 1,66 % и 0,89 – 3,13 % соответственно. Применение минеральных удобрений (варианты: А2, А6, А10) приводило к увеличению белка в створках бобов на 1 – 1,15 %, стеблях на 0,89 – 2,37 % относительно контроля. Применение только гиббереллина повышало содержание белка в створках бобов на 1,15 – 1,17 %, в стеблях на 1,77 – 1,82 %, в самых эффективных вариантах этот показатель увеличивался на: А11 – 1,44%, А12 – 1,54%, А13 – 1,66 % в створках бобов, А11 – 2,52%, А12 – 2,59%, А13 – 3,13 % относительно контроля.

Содержание жира в среднем за три года исследований изменялось по делянкам с самого низкого значения в контроле (А1) 0,20 % в створках бобов и 0,72 % в стеблях до самого высокого в А13 – 0,37 % в створках бобов и 1,03 % в стеблях. Прибавка жира относительно контроля по вариантам в среднем составила 0,02 – 0,17 % в створках бобов и 0,03 – 0,31 % в стеблях. На делянках с разными дозами минеральных удобрений этот показатель был в створках бобов: А2 – 0,24 %, А6 – 0,29 %, А10 – 0,32 % (прибавка относительно контроля составила 0,04 – 0,12 %), в стеблях фасоли: А2 – 0,77 %, А6 – 0,83 %, А10 – 0,95 % (прибавка относительно контроля составила

0,05 – 0,23 %). Применение только гиббереллина повышало жира в створках бобов на 0,02 – 0,04 % в A15 – A16. В вариантах, которых была самая высокая доза минеральных удобрений (N3P3K3) в сочетании с разными дозами гиббереллина жира было больше всего 0,33 – 0,37 % в створках бобов, 0,98 – 1,03 % в стеблях, что на 0,13 – 0,31 % больше относительно контроля.

Побочная продукция фасоли содержала много целлюлозы, что характерно для всех растениеводческих отходов. В среднем в годы исследований целлюлозы было в створках бобов 31,38 – 46,08 %, в стеблях 40,04 – 45,83 %. Применение минеральных удобрений и фитогормона приводило к увеличению целлюлозы относительно контроля в створках бобов на 1,67 – 14,70 %, в стеблях на 2,0 – 5,79 %. Минеральные удобрения увеличивали содержание целлюлозы в створках бобов на 7,24 – 10,69 % и в стеблях фасоли на 2,12 – 4,78 % (A6, A10) относительно контроля. Гиббереллин способствовал повышению показателя на 1,67 – 2,82 % в побочной продукции фасоли. Минеральные удобрения третьей дозы (N3P3K3) и гиббереллин увеличивали синтез целлюлозы больше других вариантов, значения которой были в створках бобов 42,20 – 46,08 %, в стеблях фасоли 44,89 – 45,83 % (A11 – A13), прибавка составила 10,83 – 14,70 % и 4,85 – 5,79 % соответственно. Зольность побочной продукции фасоли (Приложение Л) по вариантам опыта в среднем составила 5,57 – 6,68 % створках бобов, 6,14 – 7,79 % в стеблях фасоли, которая относительно контроля повышалась на 0,46 – 1,10 % и 0,30 – 1,65 % соответственно. Таким образом, применение минеральных удобрений и фитогормона положительно влияло на химический состав побочной продукции, самые высокие значения содержания белка, жира и целлюлозы были в вариантах A11 – A13, которые были статистически существенными относительно контроля и другими вариантами. Можно отметить, что существенного различия между применением разных концентраций фитогормона в сочетании с минеральными удобрениями в большинстве показателей не наблюдалась.

Таблица 29 – Химический состав створок бобов фасоли, % на абсолютно сухое вещество*

№ вари анта	Варианты	белок				жир				целлюлоза			
		2022	2023	2024	среднее	2022	2023	2024	среднее	2022	2023	2024	среднее
A1	контроль	1,10	0,90	1,10	1,03	0,18	0,22	0,20	0,20	33,24	29,52	31,37	31,38
A2	N1P1K1 + GA0	2,04	2,07	2,00	2,04	0,23	0,27	0,22	0,24	33,85	31,92	30,78	32,19
A3	N1P1K1 + GA1	2,11	2,10	2,10	2,10	0,28	0,25	0,27	0,27	31,73	31,25	33,52	32,17
A4	N1P1K1 + GA2	2,10	2,11	2,13	2,11	0,27	0,28	0,27	0,27	33,86	33,68	33,65	33,73
A5	N1P1K1 + GA3	2,12	2,11	2,09	2,11	0,28	0,26	0,28	0,27	33,86	33,78	33,80	33,81
A6	N2P2K2 + GA0	2,14	2,09	2,10	2,11	0,30	0,28	0,30	0,29	38,55	38,65	38,65	38,62
A7	N2P2K2 + GA1	2,15	2,10	2,12	2,12	0,33	0,30	0,30	0,31	38,60	38,67	38,65	38,64
A8	N2P2K2 + GA2	2,14	2,11	2,13	2,13	0,32	0,29	0,30	0,30	38,61	38,74	38,58	38,64
A9	N2P2K2 + GA3	2,14	2,13	2,11	2,13	0,31	0,31	0,34	0,32	39,86	40,00	39,86	39,91
A10	N3P3K3 + GA0	2,20	2,16	2,18	2,18	0,32	0,34	0,30	0,32	42,05	42,03	42,10	42,06
A11	N3P3K3 + GA1	2,46	2,55	2,40	2,47	0,34	0,33	0,33	0,33	42,15	42,26	42,20	42,20
A12	N3P3K3 + GA2	2,60	2,53	2,58	2,57	0,37	0,35	0,36	0,36	42,53	42,45	42,55	42,51
A13	N3P3K3 + GA3	2,70	2,68	2,70	2,69	0,37	0,37	0,38	0,37	46,18	45,95	46,10	46,08
A14	GA1	2,23	2,17	2,17	2,19	0,18	0,21	0,21	0,20	32,86	33,18	33,10	33,05
A15	GA2	2,20	2,20	2,16	2,19	0,22	0,23	0,22	0,22	33,24	33,16	33,10	33,17
A16	GA3	2,22	2,18	2,20	2,20	0,24	0,25	0,23	0,24	34,05	34,00	32,10	33,38
HCP ₀₅		0,07-0,08				0,01				1,58	1,52	1,56	1,52

Таблица 30 – Химический состав стеблей фасоли, % на абсолютно сухое вещество

№ вари анта	Варианты	белок				жир				целлюлоза			
		2022	2023	2024	среднее	2022	2023	2024	среднее	2022	2023	2024	среднее
A1	контроль	2,89	2,75	2,80	2,81	0,75	0,70	0,71	0,72	39,58	40,00	40,55	40,04
A2	N1P1K1 + GA0	3,80	3,75	3,55	3,70	0,79	0,83	0,69	0,77	41,10	40,55	41,12	40,92
A3	N1P1K1 + GA1	4,18	4,16	4,17	4,17	0,84	0,80	0,76	0,80	41,32	41,55	41,28	41,38
A4	N1P1K1 + GA2	4,40	4,36	4,28	4,35	0,80	0,75	0,82	0,79	41,41	41,36	41,38	41,38
A5	N1P1K1 + GA3	4,62	4,67	4,60	4,63	0,80	0,83	0,82	0,82	42,00	42,00	42,10	42,03
A6	N2P2K2 + GA0	4,70	4,85	4,75	4,77	0,84	0,83	0,83	0,83	42,15	42,18	42,16	42,16
A7	N2P2K2 + GA1	4,89	4,80	4,85	4,85	0,90	0,87	0,86	0,88	42,25	42,23	42,29	42,26
A8	N2P2K2 + GA2	4,96	4,98	4,95	4,96	0,91	0,94	0,89	0,91	43,55	43,59	43,61	43,58
A9	N2P2K2 + GA3	4,96	4,94	4,98	4,96	0,89	0,86	0,94	0,90	43,66	43,84	43,76	43,75
A10	N3P3K3 + GA0	5,12	5,18	5,24	5,18	0,95	0,97	0,94	0,95	44,75	44,76	44,95	44,82
A11	N3P3K3 + GA1	5,30	5,38	5,33	5,34	0,98	0,97	1,00	0,98	44,86	44,89	44,93	44,89
A12	N3P3K3 + GA2	5,42	5,40	5,39	5,40	1,00	1,05	0,90	0,98	45,00	44,95	45,00	44,98
A13	N3P3K3 + GA3	5,88	6,00	5,96	5,95	1,00	1,00	1,10	1,03	45,64	45,86	46,00	45,83
A14	GA1	4,55	4,64	4,57	4,59	0,74	0,75	0,72	0,74	42,29	42,37	42,32	42,33
A15	GA2	4,59	4,65	4,62	4,62	0,72	0,71	0,76	0,73	42,65	42,56	42,44	42,55
A16	GA3	4,60	4,65	4,64	4,63	0,74	0,75	0,75	0,75	42,83	42,89	42,86	42,86
HCP ₀₅		0,16 - 0,17				0,03				1,77	1,82	1,86	1,83

3.5 Экономическая эффективность применение минеральных удобрений и регулятора роста на посевах фасоли

Внедрение новых агротехнологических приемов выращивания сельскохозяйственных культур невозможно без оценки экономической эффективности. Расчет экономических показателей, таких как валовая прибыль, чистая прибыль, рентабельность и других, позволяет выявить экономически выгодные варианты применения систем минеральных удобрений, пестицидов и в целом технологию выращивания культуры для данного региона. Внедрение усовершенствованной системы удобрений всегда увеличивает затраты на производство продукции, однако при хорошей урожайности культуры и высоким качеством получаемого продукта, возможно получение хорошей прибыли и увеличение рентабельности. В статье Мамедовой Ш. А. при выращивании фасоли на орошаемых серо-бурых почвах были применены разные системы удобрений: N30P30K30 и N60P60K30, N90P60R60, отмечалось, что во всех вариантах увеличивалась урожайность культуры, рентабельность была больше в варианте N60P60K30 – 104, 8 % и снижалась при других системах удобрений: N30P30K30 – 98,1 %, N90P60R60 – 84,2 %. (Мамедова, 2021). Проведенные исследования действия различных комбинаций систем удобрений на зернобобовой культуре – маше в условиях г. Кандагара в Афганистане показали, что самое эффективное сочетание минеральных удобрений было в дозе N40P60, при которой получена максимальная валовая и чистая прибыль (Abdul Hadi Omran, Anchal Dass, 2020).

При применении разных доз удобрений и гиббереллина при выращивании фасоли в условиях северо-востока Афганистана в течение трех лет исследований были определены экономически эффективные варианты опыта (таблицы 31, 32, 33). В 2022 году самая высокая валовая прибыль (418 тыс. руб.), чистый доход (259,9 тыс. руб.) и рентабельность (134,1 %) были

получены при выращивании фасоли на фоне минеральных удобрений и фитогормона варианта A13 - N60, P60, K30 + G60. Другие варианты значительно отличались по данным показателям (таблица 31).

Таблица 31- Экономическая эффективность выращивания фасоли на фоне применения минеральных удобрений и гиббереллина в 2022 г.

№ варианта	Валовая прибыль RUB/ AFN тыс. на га	Чистая прибыль RUB/ AFN тыс. на га	Рентабельность, RUB/ AFN, %
A1	208,6/149,0	68,7/49,1	31,8/22,7
A2	228,0/162,9	73,4/52,4	48,2/34,4
A3	251,6/179,7	118,8/84,9	70,6/50,4
A4	260,1/185,8	127,2/90,9	79,4/56,7
A5	271,5/193,9	138,5/98,9	91,2/65,2
A6	226,2/161,5	93,2/66,6	52,6/37,6
A7	280,8/200,6	135,4/96,7	80,4/57,4
A8	310,6/221,9	165,1/118,0	106,7/76,2
A9	320,5/228,9	174,9/125,0	116,1/82,9
A10	242,1/172,9	109,4/78,2	59,6/42,6
A11	263,5/188,2	105,5/75,4	111,6/79,7
A12	348,0/248,6	190,0/135,7	118,2/84,4
A13	418,0/298,5	259,9/185,6	134,1/95,8
A14	223,1/159,4	97,2/69,4	33,2/23,7
A15	228,6/163,3	102,4/73,2	41,6/29,7
A16	247,9/177,0	121,6/86,9	45,9/32,8

В вариантах применения на фасоли только удобрений чистая прибыль была A2 –73,4 тыс. руб., A6 – 93,2 тыс. руб. и A10 –109,4 тыс. руб. Этот показатель был выше, чем в контроле (68,7 тыс. руб.) и вариантах, в которых применяли только фитогормон (A14 -A15, 97,2 – 102,4 тыс. руб.), но ниже, чем у вариантов, в которых применялись разные комбинации удобрений и

гиббереллина. Минеральные удобрения увеличивали рентабельность выращивания фасоли: А2 – 48,2 %, А6 — 52,6 %, А10 — 59,6 % относительно контроля (А1) – 31,8 %. При увеличении дозы гиббереллина при тех же дозах внесения удобрений (А3, А7 и А11) рентабельность возрастала А3 – 70,6 % и А7 – 80,4 %, А11 – 111,6 %. Фактически, по мере увеличения доз NPK и фитогормона увеличивалась рентабельность. Наиболее эффективным был вариант А13 - N60, P60, K30 + G60, рентабельность которого составила 134,1 %.

В 2023 году по рассчитанным данным экономических показателей отмечена такая же зависимость, что и в 2022 году (таблица 32).

Таблица 32- Экономическая эффективность выращивания фасоли на фоне применения минеральных удобрений и гиббереллина в 2023 г.

№ варианта	Валовая прибыль RUB/ AFN тыс. на га	Чистая прибыль RUB/ AFN тыс. на га	Рентабельность, RUB/ AFN, %
A1	264,9/189,2	125,1/89,3	33,3/23,8
A2	284,2/203,0	129,6/92,5	50,7/36,2
A3	293,1/209,4	160,3/114,5	91,8/65,6
A4	326,1/232,9	193,2/138,0	81,8/58,4
A5	307,1/219,4	174,1/124,4	99,3/71,0
A6	282,1/201,5	149,2/106,5	55,3/39,5
A7	366,1/261,5	220,7/157,7	82,9/59,2
A8	413,0/295,0	267,6/191,1	111,7/79,8
A9	319,2/228,0	173,7/124,0	125,0/89,3
A10	305,9/218,5	173,2/123,7	64,1/45,8
A11	485,2/346,6	327,3/233,8	113,8/81,3
A12	513,1/366,5	355,1/253,6	121,0/86,4
A13	522,5/373,2	364,4/260,3	137,8/98,4
A14	279,2/199,4	153,2/109,5	37,2/26,6
A15	297,9/212,8	171,8/122,7	44,4/31,7
A16	321,8/229,9	195,6/139,7	49,6/35,4

Увеличение доз минеральных удобрений, способствовало повышению урожайности культуры и увеличивался чистый доход: А2 – 129,6 тыс. руб., А6 – 149,2 тыс. руб., А10 – 173,2 тыс. руб., А13 – 364,4 тыс. руб. относительно контроля (А1) – 84,9 тыс. руб. Самая высокая рентабельность отмечена в варианте А13, которая составила в 2023 году 137,8 %.

В 2024 году (таблица 33), также как и 2022, 2023 гг. увеличение доз минеральных удобрений в сочетании с гиббереллином повышали чистую

Таблица 33- Экономическая эффективность выращивания фасоли на фоне применения минеральных удобрений и гиббереллина в 2024 г.

№ варианта	Валовая прибыль RUB/ AFN тыс. на га	Чистая прибыль RUB/ AFN тыс. на га	Рентабельность, RUB/ AFN, %
А1	228,4/163,2	88,6/63,3	33,9/24,2
А2	249,2/178,0	94,6/67,6	49,1/35,1
А3	275,6/196,8	142,8/102,0	85,8/61,3
А4	285,0/203,5	152,1/108,6	80,4/57,4
А5	297,6/212,6	164,7/117,6	95,8/68,4
А6	247,1/176,5	114,2/81,5	53,3/38,1
А7	307,9/220,0	162,6/116,1	82,0/58,6
А8	341,3/243,8	195,9/139,9	108,1/77,2
А9	352,2/251,6	206,7/147,6	119,7/85,5
А10	264,9/189,2	132,2/94,4	60,5/43,2
А11	288,0/205,7	130,1/92,9	112,7/80,5
А12	382,8/273,4	224,8/160,5	117,0/83,6
А13	461,0/329,3	302,9/216,4	135,2/96,6
А14	243,7/174,1	117,8/84,1	35,6/25,4
А15	249,6/178,3	123,5/88,2	42,8/30,6
А16	271,1/193,7	144,9/103,5	48,4/34,6

прибыли со значений А3 – 142,8 тыс. руб. до А13 – 302,9 тыс. руб., также росла рентабельность с А3 – 85,8 % до А13 – 135,2 %, которая была максимальной в варианте (А13) N60, P60, K30 + G60.

Таким образом, в среднем за три года исследований установлено, что рентабельность выращивания фасоли была самой высокой при применении минеральных удобрений в дозе N60, P60, K30 кг/га и гиббереллина 60 г/га (вариант А13) – 135,7 %, что больше контроля на 102,7 %, в вариантах применения только минеральных удобрений (А2, А6, А10) она была выше контроля на 16,3 – 28,4 %, в других комбинациях минеральных удобрений в сочетании с фитогормоном (А3 – А5, А7 – А9, А11 – А12) на 49,7 – 85,7 % (рисунок 11) больше контроля.

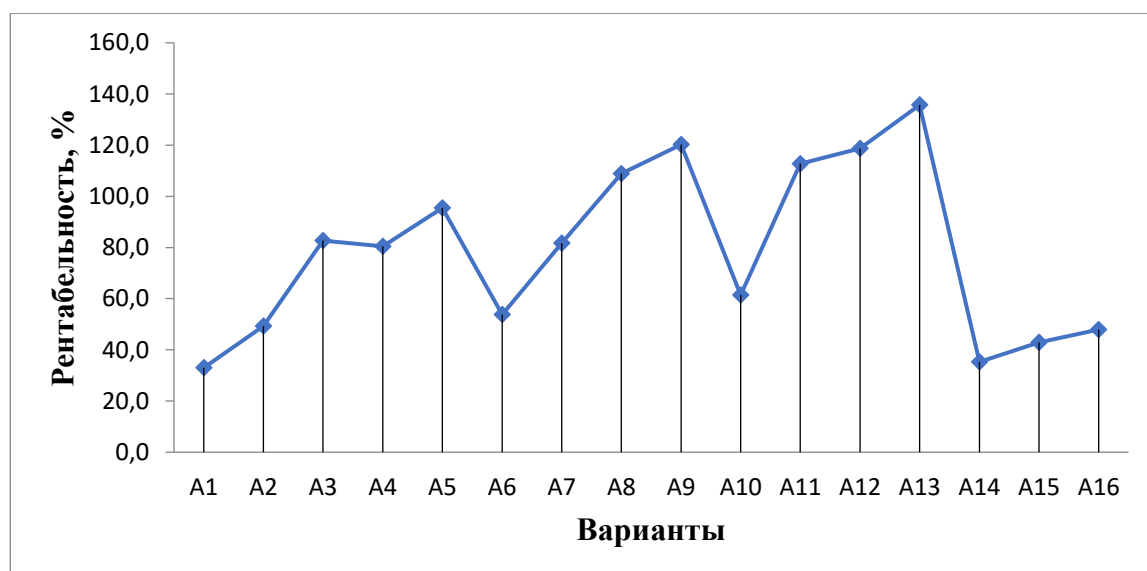


Рисунок 11 – Рентабельность выращивания фасоли при применении разных доз удобрений и гиббереллина, среднее 2022 – 2024 гг., %

Заключение

Зернобобовые культуры – источник полноценного растительного белка, популярность которого ежегодно растет. Многие ученые, которые занимаются научными исследованиями в области селекции новых сортов, разработкой технологии выращивания этих культур отмечают, что необходимо увеличивать темпы роста производства зернобобовых, так как по прогнозам ФАО численность населения мира к 2030 году увеличится до 8,5 млрд человек и многие развивающиеся страны могут испытывать недостаток в полноценном питании. Технологии выращивания зернобобовых культур в развивающихся странах таких, как Афганистан во многом неэффективны, при которых не разработаны системы применения удобрений, регуляторов роста растений и других агрохимикатов. В условиях северо-востока Афганистана в течение трех лет было проанализировано при выращивании фасоли 15 вариантов применения разных доз минеральных удобрений и гиббереллина, определены эффективные. В результате исследований установлено:

1. В среднем за три года исследований в фазу созревания высота фасоли была 68,5 – 100,5 см, количество ветвей на растении 5,5 – 9,1 шт. ИЛП в период образования зеленых бобов фасоли принимал максимальные значения, который составил 3,6 – 6,6 м²/м². В вариантах (A11 – A13) N60P60K30 + гиббереллин его значения были выше – 6,1 – 6,6 м²/м². Накопление сухого вещества растениями фасоли по вариантам относительно контроля было больше: в фазу образование побегов на 1,6 - 3,62 г, в фазу цветения на 1,43 - 3,95 г, в фазу образование зеленых бобов на 1,27 - 3,39 г, в фазу созревания на 1,63 - 3,53 г.
2. Установлено, что количество бобов на растении по вариантам было 6,3 – 11,8 шт., количество семян в бобе 5,5 – 9,0 шт., которое увеличивалось относительно контроля при применении удобрений и гиббереллина на 1,8 – 5,5 шт. и 0,7 – 3,4 шт. соответственно. Масса 1000 семян фасоли в среднем составила 231,69 г – 316,98 г, которая увеличивалась на 7,52 –

85,29 г относительно контроля. Больше влияние на эти показатели оказывали варианты с дозой удобрений N60P60K30 в сочетании применением фитогормона.

3. Урожайность семян фасоли за три года исследований была по вариантам опытов 0,88 – 2,01 т/га, прибавка относительно контроля при применении удобрений и гиббереллина составила 0,22 – 1,13 т/га, в варианте N60 P60 K30 + 60 г/га урожайность была максимальной (1,13 т/га), которая была больше контроля на 28,4 %. Урожайность побочной продукции (сухая биомасса растений без семян) по вариантам опытов составила 2,8 – 4,66 т/га, относительно контроля повышалась на 0,84 – 1,86 т/га.
4. Установлено, что содержание основных элементов питания в семенах и побочной продукции было: азота 2,89 – 4,63 % и 0,35 – 1,07 % (увеличение относительно контроля составило 0,73 – 1,74 % и 0,31 – 0,72 %), фосфора – 1,07 – 1,47 % и 0,83 – 1,17 % (увеличение относительно контроля составило 0,05 – 0,4 % и 0,14 – 0,34 %), калия 1,22 – 1,88 % и 1,61 – 2,07 % (увеличение относительно контроля составило 0,19 – 0,66 % и 0,12 – 0,46 %).
5. Вынос основных элементов питания с урожаем фасоли составил: азота 35,55 – 140,75 кг/га, который увеличивался по вариантам на 27,91 – 105,2 кг/га, фосфора 32,8 – 82,03 кг/га, который повышался на 14,33 – 49,15 кг/га, калия 55,22 – 130,07 кг/га, который увеличивался на 23,73 – 74,85 кг/га относительно контроля.
6. Содержание белка в семенах по вариантам составило 21,78 – 25,80 % (прибавка к контролю 2,05 – 4,02 %), жира 0,8 – 1,7 % (прибавка к контролю 0,4 – 0,87 %), клетчатки 4,05 – 6,75 % (прибавка к контролю 1,37 – 2,07 %), крахмала 34,96 – 47,62 % (прибавка к контролю 5,69 – 12,66 %). Больше повышалось содержание изученных показателей в варианте A13 (N60, P60, K30 кг/га + гиббереллин 60 г/га).
7. Применение минеральных удобрений и гиббереллина влияло на содержание незаменимых аминокислотный в белке зерна, которых

увеличивалось: аргинина на 0,45 – 3,95 %, лейцина на 1,10 – 3,0 %, лизина на 0,4 – 3,30 %, изолейцина на 0,95 – 2,40 %, валина на 0,68 – 1,84 %, треонина на 0,22 – 1,60 %, фенилаланина на 0,11 – 1,79 %, гистидина на 0,60 – 1,75 %, метионина на 0,30 – 0,98 % и триптофана на 0,02 – 0,78 % относительно контроля. Сумма незаменимых аминокислот была в контроле 26,02 %, а в варианте N60, P60, K30 кг/га + гиббереллин 60 г/га – 47,41 %., что выше 1,8 раза.

8. Изучение химического состава побочной продукции фасоли (стебли и створки бобов) показало, что в среднем в ней содержалось белка 1,03 – 5,95 % (по вариантам прибавка к контролю была 0,89 – 3,13 %), жира 0,20 % - 1,03 % (по вариантам прибавка к контролю была 0,02 – 0,31 %), целлюлозы 31,38 – 46,08 % (по вариантам прибавка к контролю была 1,67 – 14,70 %), золы 5,57 – 7,79 % (по вариантам прибавка к контролю была 0,3 – 1,65 %).
9. Рентабельность применение минеральных удобрений и гиббереллина на фасоли сорта Rosescoso была самой высокой в варианте N60, P60, K30 кг/га + гиббереллин 60 г/га (вариант A13) – 135,7 %.

Предложения производству

В условиях северо-востока Афганистана при выращивании фасоли обыкновенной на зерно рекомендуется применять минеральные удобрения в дозе N60, P60, K30 кг/га. Калийные и фосфорные вносить во время основной обработки почвы, азотные в два этапа: перед посевом (30 кг) и в качестве подкормки во время образования боковых побегов (30 кг). В фазу бутонизации фасоли необходимо провести опрыскивание растений гиббереллином из расчета 60 г/га, расход рабочей жидкости 200 л/га.

Литературные источники

1. Абылканова А. О., Порсев И. Н., Половникова В. В. Урожайность семян сортов фасоли обыкновенной под влиянием минеральных удобрений/ А. О. Абылканова, И. Н. Порсев, В. В. Половникова.// Сборник статей по материалам III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Актуальные проблемы рационального использования земельных ресурсов». – 2019. – С. 4-7.
2. Авраменко М.Н. Комплексная оценка образцов фасоли в питомнике исходного материала // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. - 2023.- № 2.- С. 36-41.
3. Авраменко М.Н. Сравнительная оценка сортов фасоли обыкновенной в коллекционном питомнике// Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. - 2018.- № 2.- С. 81-84.
4. Агроэксперт - Тенденции мирового рынка фасоли, 10.02.2025 [<https://agroexpert.md/rus/tseny-i-trendy/tendentsii-mirovogo-rynka-fasoli-esti-li-mesto-dlya-rm>]
5. Агроэкспорт - Обзор ВЭД: Чечевица, 10.02.2025 [<https://aemcx.ru>]
6. Алемьяр С. А. Применение разных доз минеральных удобрений на фасоли в условиях Афганистана/ С. А. Алемьяр, И. И. Дмитриевская// сборник статей международной научно-практической конференции «модели и методы повышения эффективности инновационных исследований». – 2025. – С. 39-40.
7. Алемьяр, С.А. Эффективность применения минеральных удобрений и гиббереллина на фасоли при выращивании в условиях севера-востока Афганистана/ С. А. Алемьяр, И.И. Дмитриевская, О.А. Жарких // Агрохимический вестник.- 2024.- №. 6. – С. 22-25.
8. Алтухов А.И. Повышение качества зерна – комплексное решение // Зерновое хозяйство. – 2004, №7. – С. 3-5

9. Базулева, В.А. Биохимический состав фасоли и белковых веществ, извлеченных из нее / В.А. Базулева, Е.А. Прутенская// Известия ТулГУ. Естественные науки. -2023.- Вып. 3 – С. 53 – 58.
10. Босак В. Н. Применение регуляторов роста при возделывании фасоли овощной/ В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Сачивко, & В. В. Скорина //Агропромышленные технологии центральной России «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина». – 2016. – №. 1. – С. 112-118.
11. Босак, В. Н. Биологическая ценность и аминокислотный состав различных сортов фасоли овощной/ В. Н. Босак, Т. В. Сачивко //Овощеводство. – 2022. – Т. 25. – С. 5-10.
12. Буравцева, Т. В. Коллекции фасоли ВИР-100 лет/ Т. В. Буравцева, Г. П. Егорова //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №. 4. – С. 46-52.
13. Ван, Ч. Ф. Оценка образцов фасоли овощной по элементам продуктивности / Ч. Ф. Ван, О. В. Паркина //Актуальные проблемы агропромышленного комплекса «сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ». – 2022. – С. 7-11.
14. Васюта, В. В. Ростовые процессы свеклы столовой в зависимости от сочетания элементов технологии выращивания при капельном орошении в Южной степи Украины/ В. В. Васюта // Приволжский научный вестник. - 2015. - №. 7 (47). – С. 42-45.
15. Волобуева, О.Г. Влияние Корневина и Ризоторфина на гормональный статус и эффективность симбиотической системы растений фасоли //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №. 2 (34). – С. 29-34.
16. Голубева, Е.И. Индекс листовой поверхности: методы полевых инструментальных измерений и использование материалов дистанционного зондирования / Е.И. Голубева, М.В. Зимин, О.В. Тутубалина, Ю.И. Тимохина, А.С. Азарова // Экология. Экономика. Информатика. Серия: геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2020. – Т.2, № 5. – С. 70-74.

17. Гурьев, Г.П. Влияние микробиологических препаратов и предшественника на формирование симбиотического аппарата, урожайность и агрохимические показатели почвы при возделывании чечевицы, нута и чины / Г. П. Гурьев, М. В. Донская, М.М. Донской, А. И. Якубовская, И. А. Каменева, А. А. Зубоченко//Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – №. 1 (49). – С. 10-18.

18. Давидович, Е. А. Изменение содержания питательных и антипитательных веществ в зерне фасоли в результате проращивания в течение 4 суток при 30° С.(Бельгия) / Е. А. Давидович //Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2004. – №. 4. – С. 1383-1383.

19. Давидянц, Э. С. Тритерпеновые гликозиды как регуляторы роста растений: потенциал и перспективы использования / Э. С. Давидянц //Химия растительного сырья. – 2023. – №. 1. – С. 5-34.

20. Ермохин Ю. И., Склярова М. А. Влияние удобрений на биометрические, химические показатели растений и урожайность зерновой фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) / Ю. И. Ермохин, М. А. Склярова // Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова «Проблемы агрохимии и экологии». – 2017. – №. 3. – С. 9-12.

21. Ермохин Ю. И., Склярова М. А. Оптимизация и диагностика минерального питания овощной и зерновой фасоли в южной лесостепи Западной Сибири/ Ю. И. Ермохин, М. А. Склярова // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летнему юбилею Омского ГАУ «научные инновации-аграрному производству». – 2018. – С. 142.

22. Ермохин Ю. И., Склярова М. А. Физиолого-агрохимические исследования оптимизации и диагностики минерального питания фасоли/ Ю. И. Ермохин, М. А. Склярова //всемирный день охраны окружающей среды (экологические чтения-2017) «Материалы Международной научно-практической конференции». – 2017. – С. 115-117.

23. Жабровская, Н. Ю. Химический состав и удельный вынос элементов питания урожаем овощных культур /Н. Ю. Жабровская, Г. В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия – 2020 – № 2(65) – С. 170 – 175.
24. Жаркова, С. В. Формирование биомассы и элементов структуры урожая образцов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) в условиях их возделывания / С.В. Жаркова, А.С. Филиппова //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – №. 11 (229). – С. 5-11.
25. Желеуова, Ж. С. Исследование органолептических показателей и минерального состава полукопченной колбасы из растительного сырья/ Ж. С. Желеуова, А. У. Шингисов, А. Р. Тасполтаева, Э. Т. Кансейтова, А. Т. Бердембетова //Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2024. – №. 3 (15). – С. 118-127.
26. Казыдуб, Н. Г. Зернобобовые культуры в Западной Сибири «фасоль и бобы овощные, нут»: биология, генетика, селекция, использование: монография / Н. Г. Казыдуб, С. П. Кузьмина, М. А. Боровикова, Е. В. Безуглова, К. А. Быкова - Омск: Омский ГАУ, 2020. – 250 с.
27. Казыдуб, Н. Г. Технологические и сортовые особенности выращивания фасоли на семена в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Н. Г. Казыдуб, Е. С. Фрейлих, О. А. Коцубинская, К.В. Скопинцева //Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2018. – №. 1 (29). – С. 19-25.
28. Козлова И.В. Новый среднеспелый сорт лущильной (зерновой) фасоли Южанка//Аграрный вестник Юго-Востока. -2020.- № 2 (25). - С. 16-17.
29. Козлова, И. В. Оценка коллекционного материала как ген-источника при селекции высокотехнологичных сортов фасоли зерновой/ И. В. Козлова, Г. В. Пищулин //Аграрная Россия. – 2024. – №. 12. – С. 21-26.
30. Костикова, Н.О. Химический состав и энергетическая ценность зерна различных сортообразцов фасоли обыкновенной /Н.О. Костикова, М.П. Мирошникова // Зернобобовые и крупяные культуры- 2018 - №4(28)- С. 38-42.

31. Коцюбинская О. А., Казыдуб Н. Г. подбор сортов фасоли овощной для промышленной переработки в условиях южной лесостепи западной Сибири/ О. А. Коцюбинская, Н. Г. Казыдуб/ Материалы Всероссийской (национальной) конференции, посвящённой 95-летию ботанического сада Омского ГАУ «Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья» – 2022. – С. 299.
32. Коцюбинская, О. А. Продуктивность, экологическая пластичность сортов фасоли овощной при различных сроках посева и нормах высева в Южной Лесостепи Западной Сибири: дис... канд. с.-х. н: 06.01.05/ Коцюбинская, Ольга Андреевна – Россия (Москва), 2020. – с. 190.
33. Кукреш Л.В. Производство кормового белка – стратегическое направление в зерновом хозяйстве // Весці ААН Беларусі. – 1995. – № 2. – 15 с
34. Курьянович, А. А. Результаты интродукции маша (*Vigna radiata* (L.) *Wilczek*) за 2013-2020 годы в среднем Поволжье / А. А. Курьянович //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. – 2022. – Т. 1. – №. 1. – С. 46-51.
35. Курьянович, А. А. Эффективность семяобразования маша (*Vigna radiata* L (r) *Wilczek*) при интродукции этого вида в климатических условиях Среднего Поволжья / А. А. Курьянович, П. Н. Константинова //Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – №. 3-1. – С. 6-9.
36. Лазаревич, С. В. Влияние строения растений на хозяйственно полезные признаки овса посевного/ С. В. Лазаревич, А. И. Мыхлык //Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №. 1. – С. 44-49.
37. Лебкова, О. А. Особенности фасоли обыкновенной в северной лесостепи Центрального Черноземья при селекции на продуктивность: дис. ...канд. с.-х. н: 4.1.12/ Лебкова Ольга Александровна – Россия (Орел), 2024. – 122 с.

38. Лоскутова, Н.П. Мобилизация генетических ресурсов растений с территории Бангладеш, Пакистана и Бутана/ Н. П. Лоскутова, Т. М. Озерская //Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181. – №. 1. – С. 128-138.
39. Мамедова Ш. А. Биоэнергетическая и экономическая эффективность выращивания бобовых растений // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №1. С. 98-106. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/62/10>
40. Набиев, У. Н. Влияние сроков внесения азотных удобрений на биометрические показатели озимой пшеницы / У. Н. Набиев //Сборник статей международной научно-практической конференции «Прорывные научные исследования: проблемы, пределы и возможности» –Казань, 2023. – С. 74-76.
41. Овчарук, О. В. Сортовая продуктивность фасоли в зависимости от способов посева в условиях Западной Лесостепи Украины/ О. В. Овчарук //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №. 1 (9). – С. 52-58.
42. Павлюченко, Н.Г. Возможности использования регулятора роста растений Мелафен в виноградном питомниководстве/ Н. Г. Павлюченко, О. И. Колесникова, Н. И. Зимина //Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – №. 1 (73). – С. 115-124.
43. Паркина, О. В. Выбор сортов фасоли овощной для разработки конвейера сырья в условиях лесостепи Приобья/ О. В. Паркина, Н. П. Гончаров, О. Е. Якубенко //Теория и практика современной аграрной науки. – 2018. – С. 56-60.
44. Паркина, О.В. Хозяйственно-биологическая оценка сортов фасоли и разработка приемов выращивания в условиях Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Паркина Оксана Валерьевна – Россия (Новосибирск, 2003. – 177 с.

45. Перспективная ресурсосберегающая технология производства фасоли: метод. реком. – М.: Минсельхоз России, ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 36 с.
46. Полупанова, Ю.В. Фармакогностический анализ створок разных сортов фасоли обыкновенной (*Phaseolus Vulgaris* L.) / Ю.В. Полупанова, К.В. Качкин // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2020. - Т. 19, № 2. – С. 163 – 170.
47. Поморова, Ю.Ю. Биохимический состав семян сортов сои, возделываемых в различных регионах России, и аспекты его биологической ценности (обзор) / Ю.Ю. Поморова, В.В. Пятовский, Ю.М. Серова//Масличные культуры. –2023–Вып. 4 (196).– С. 84 – 96
48. Порсев, И. Н. Влияние минеральных удобрений на развитие корневой гнили и урожайность сортов фасоли обыкновенной в условиях Южного Зауралья/ И. Н. Порсев, В. В. Половникова, А. О. Абылканова, & В. Л. Дерябин //Вестник Курганской ГСХА. – 2018. – Т. 27. – №. 3. – С. 54-58.
49. Прокошев, В.В. Место и значение калия в агроэкосистеме / В.В. Прокошев //Российский химический журнал (Журнал российского химического общества им. Д.И. Менделеева). – 2005. – т. XLIX, № 3. – С. 35 – 43.
50. Равшанова Н. А., Усманов Н. А. влияние агротехнических мероприятий на развитие фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.)/ Н. А. Равшанова, Н. А. Усманов // сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященной памяти академика РАН В.П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук. Соленое Займище, 2021 «научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса». – 2021. – С. 377-380.
51. Сайдаминов, Х. Фотосинтетическая продуктивность некоторых видов фасоли в условиях почвенной засухи/ Х. Сайдаминов, А. Абдуллаев, Н. А. Маниязова, М.Х. Атеев, Ё. Х. Сафаров //Известия академии наук республики

Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. – 2017. – №. 2. – С. 44-52.

52. Самылина, И.А. Фасоль обыкновенная / И.А. Самылина, А.А. Сорокина, Н.В. Пятигорская // Фарматека. – № 3 – 2010. – С. 101 -102.

53. Сачивко, Т. В. Особенности селекции и характеристика новых сортов фасоли овощной/ Т. В. Сачивко, В. Н. Босак //Земледелие и растениеводство. – 2022. – №. 2. – С. 43-44.

54. Склярова М. А., Гаврилюк А. Е. Диагностика потребности зерновой фасоли в удобрениях на основе полевого опыта/ М. А. Склярова, А. Е. Гаврилюк // Сборник статей по материалам Международной конференции. Том Выпуск 19 «Энтузиасты аграрной науки». – 2018. – С. 15-20.

55. Скорина, В. В. Хозяйственно-биологическая оценка сортов различных форм фасоли овощной / В. В. Скорина, Е. В. Панкрутская //Овощеводство. – 2023. – Т. 30. – С. 160-167.

56. Темрешев, И. И. Наземная малакофауна (Mollusca, Gastropoda) полей кормовых культур Алматинской области/ И. И. Темрешев, А. В. Агеев, И. Н. Сагит //Аграрлық ғылымдар сериясы. – 2018.- Т. 4. - №. 46. – С. 70-81.

57. Тихончук, П. В. Влияние сроков посева на рост и развитие фасоли обыкновенной /Тихончук П. В., Муратов А. А. //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – №. 10. – С. 10-15.

58. Тоймбаева, Д. Б. Оценка качества цельнозерновых и бобовых культур/ Д. Б. Тоймбаева, И. Ж. Темирова, А. Б. Альдиева, Д. Д. Хамитова, Г. Х. Оспакулова//Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2024. – №. 3 (15). – С. 127-133.

59. Тураева, О. Деятельность, осуществляемая при выращивании сельскохозяйственных культур / О. Тураева, А. Арзув, Д. Джумагельдиева //IN SITU. – 2024. – №. 6. – С. 39-41.

60. ФАНУ «Восточный центр государственного планирования», 31 с., 2022, [<https://vostokgosplan.ru/wp-content/uploads/soja-v-mire-i-rossii-proizvodstvo-vnutrennee-potreblenie-vneshnjaja-torgovlja.pdf>]

61. Халимуллина А. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов фасоли обыкновенной и люпина белого в условиях Южного Зауралья / А. А. Халимуллина, А. О. Абылканова, И. Н. Порсев, & А. В. Созинов // Вестник Курганской ГСХА «сельскохозяйственные науки». – 2019. – Т. 29. – №. 1. – С. 27-30.
62. Хохоева Н.Т. Агротехнические основы повышения продукционной деятельности посевов фасоли в лесостепной зоне Республики Северная Осетия - Алания: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / Н.Т. Хохоева. – Владикавказ: 2009. - 24 с.
63. Хохоева, Н. Т. Влияние минеральных удобрений на продуктивность посевов фасоли / Н.Т. Хохоева, А.А. Тедеева // В сборнике международной научно-практической конференции посвященной 80-летию со дня рождения ученого-агрохимика, заслуженного деятеля науки России, заслуженного работника высшей школы России, заслуженного деятеля науки и техники Северной Осетии, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Созырко Хасанбековича Дзанагова «Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве». – 2017. – С. 90-92.
64. Хохоева, Н. Т. Использование солнечной энергии различными видами семейства *Fabaceae*/ Н. Т. Хохоева, В. И. Гасиев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 54. – №. 2. – С. 52-56.
65. Хохоева, Н. Т. Особенности минерального питания посевов фасоли в условиях предгорий Северного Кавказа/ Н. Т. Хохоева, А. А. Тедеева // Горное сельское хозяйство. – 2016. – №. 2. – С. 86-91.
66. Хугаева Л. М. Продуктивность и качество различных сортов фасоли в зависимости от внесения удобрений и гербицида/ Л. М. Хугаева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 49. – №. 3. – С. 74-77.
67. Чумикина, Л.В. Фитогормоны и абиотические стрессы (обзор) /Л.В. Чумикина, Л.И. Арабова, В.В. Колпакова, А.Ф. Топунов// Химия растительного сырья. –2021.– №4. –С. 5–30.

68. Шайхиева, К.И. Использование отходов переработки стручков фасоли в качестве ингредиентов в пищевых изделиях / К.И. Шайхиева, С.В. Степанова, С.В. Борисова // В сборнике международной научной конференции «Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология». - Белгород, 2024.- С. 209-212.
69. Широков, С.Н. Анализ тенденций мирового производства зерна / С.Н. Широков, А.Р. Кузнецова, И.Р. Трушкина // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2024 -Т. 67, № 1 (397). – С.37 - 42
70. Юлдашева, О. К. Инновационные технологии производства кондитерских изделий на основе порошка фасоли //Science and Education. – 2023. – Т. 4. – №. 6. – С. 503-508.
71. Якубенко, О. Е. Современные принципы моделирования сортов фасоли обыкновенной для Сибирского региона/ О. Е. Якубенко, О.В. Паркина, Д. А. Колупаев, З. В. Андреева //Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – №. 4. – С. 15-22.
72. Ahmadi, A. Optimizing plant population and sulphur application for grain production of black-eyed bean (*Vigna unguiculata* L.) in Kandahar region of Afghanistan/ Ahmadullha Ahmadi, Dinesh Kumar, Mohibullah Samim, and Wakil Ahmad Seerat //Annals of Agricultural Research. – 2023. – Т. 44. – №. 3. – С. 298-302.
73. Ahmadi, Z. Determine correlation between traits and regression of bread wheat affected different level of combination chemical and biological fertilizer and several type of application fertilizer/ Z. Ahmadi //Journal of Crop Nutrition Science. – 2022. – Т. 8. – №. 2. – С. 35-45.
74. Akibode, C. S. Global and regional trends in production, trade and consumption of food legume crops/ C. S. Akibode, M. K. Maredia /research in agriculture and applied science// – 2012– №. 1099-2016 – С 8932.

75. Akshata, S.P. Influence of nutrients on growth, morphophysiological traits in blackgram/ C.M. Nawalagatti, B.B. Channappagoudar, V.S. Kubsad // Global Journal of Biology Agriculture Health Science. - 2015. T. 1. –№. 4. – C. 248-250.
76. Alemyar S.A. et al., Effectiveness of the use of biologically active substances (bas) at different levels of mineral nutrition of beans (*Paseolus vulgaris* L.) grown under condition Afghanistan/ Alemyar S.A. Omran A. and Osipova A.V.// BIO Web of Conferences. - 2024. – C. 4.
77. Alexandratos, N World agriculture towards 2030/2050 / N. Alexandratos, J. Bruinsma // research in agriculture and applied science. -2012. – C. 98–126.
78. Aram A. Effects of Inorganic Phosphorus and Organic Fertilizer on Growth and Yield of Common Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) under Kabul Conditions/ A. Aram, N. M. Inqilaabi, N. M. Ahmadi, H. Hikmat, S. R. Nikmal //Nangarhar University International Journal of Biosciences. – 2024. – T. 3. – №. 02. – C. 1-8.
79. Azhar, Muhammad. Properties of vegetables and fruits natural remedy / Muhammad Azar: - the Caspian spread. - 2016. - P. 254-256.
80. Aziz T. Seed priming with gibberellic acid rescues pea (*Cicer arietinum* L.) from chilling stress/ T. Aziz, E. Pekşen // Acta Physiologiae Plantarum- 2022- № 42- C. 1-10.
81. Bakri, Abdul Raza. Agriculture and bean modification /Abdul Reza Bakri: - published - the University of Mashhad, Iran. - 2019-PP. 11-30.
82. Beebe S. E. Improving resource use efficiency and reducing risk of common bean production in Africa, Latin America, and the Caribbean/ S. E. Beebe, I. M. Rao, C. M. Mukankusi, R. A. Buruchara// Centro internacional de Agricultura Tropical (CIAT)- 2012. – C 1-18.
83. Belopukhov S.L., Seregina I.I., Nuri Y. Wheat growth and productivity depending on levels of npk when grown in kandahar conditions in Afghanistan //Journal of Agriculture and Environment. -2024.- № 3 (43).
84. Bora, R.K. Sarma, C.M. 2006 Effect of gibberellic acid and cycocel on growth, yield and protein content of pea/ R.K. Bora, C.M. Sarma// Asian Journal of Plant Science – 2006. - 5(2)- C. 324-330.

85. Burroughs C. H. Reductions in leaf area index, pod production, seed size, and harvest index drive yield loss to high temperatures in soybean / C. H. Burroughs, C. M. Montes, C. A. Moller, N. G. Mitchell, A. M. Michael, B. Peng, E. A. Ainsworth //Journal of experimental botany. – 2023. – T. 74. – №. 5. – C. 1629-1641.
86. Didinger, C. Nutrition and human health benefits of dry beans and other pulses «Production, processing, and Nutrition» / C. Didinger, M. T. Foster, M. Bunning, H. J. Thompson // John Wiley & Sons. - 2022. – C. 481–504. <https://doi.org/10.1002/9781119776802.ch19>
87. Dubey V. Production enhancement prospects in pulses of Bihar/ V. Dubey, M. S. Alam, D. Singh //International Journal of Agricultural Sciences. – 2017. – T. 13. – №. 1. – C. 132-137.
88. Fang H. An overview of global leaf area index (LAI): Methods, products, validation, and applications /H. Fang, F. Baret, S. Plummer, G. Schaepman-Strub, //Reviews of Geophysics. – 2019. – T. 57. – №. 3. – C. 739-799.
89. FAO/ Crop Production and Trade// 15.04.2022.[<http://www.fao.org/faostat/en/#data>].
90. Faridvand S. Application of bio and chemical fertilizers improves yield, and essential oil quantity and quality of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) intercropped with mung bean (*Vigna radiata* L.)/ S. Faridvand, E. Rezaei-Chiyaneh, M. L. Battaglia, H. I. Gitari, M. A. Raza, K. H. Siddique //Food and Energy Security. – 2022. – T. 11. – №. 2. – C. 319.
91. Gan Y. Strategies for reducing the carbon footprint of field crops for semiarid areas/ Y. Gan, C. Liang, C. Hamel, H. Cutforth, H. Wang, //Agronomy for Sustainable Development. – 2011. – T. 31. – C. 643-656.
92. Girgel U. Principle component analysis (PCA) of bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) concerning agronomic, morphological and biochemical characteristics/ U. Girgel //Applied Ecology and Environmental Research. – 2021. – T. 19. – №. 3. – C. 1999-2011.

93. Global Economy, Афганистан: Использование удобрений, 15.03.2025
[https://ru.theglobaleconomy.com/Afghanistan/fertilizer_use/]
94. Gupta S. Effect of foliar application of nutrients and brassinolide on summer greengram (*Vigna radiata*)/ S. Gupta, K. Sengupta, H. Banarjee //International Journal Tropical Agriculture. – 2010. – Т. 28. – С. 1-2.
95. Haleem D. Study on the incidence of various sheep diseases and its rearing status in Kapisa province/ D. Haleem, S. M. Weqar, Q. Shinwari, G. I. Gennadievich // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2023. – Т. 82. №. 7-2. – С. 27-33.
96. Hamed A. A. Inheritance of earliness, yield, and yield components in dry beans/ A. A. Hamed, E. M. Abo-Hamda, A. H. Gharib //Egyptian Journal of Agricultural Research. – 2024. – Т. 102. – №. 2. – С. 217-225.
97. Hayat. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment/ Hayat and Kaiser// Environmental and experimental botany – 2010. – Т. 68. - №. 1. – С. 14-25.
98. Hughes J. Legumes—a comprehensive exploration of global food-based dietary guidelines and consumption / J. Hughes, E. Pearson, S. Grafenauer //Nutrients. – 2022. – Т. 14. – №. 15. – С. 3080.
99. Hussaini S. M. Drought tolerant varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris*) in central Afghanistan //Agronomy. – 2021. – Т. 11. – №. 11. – С. 2181.
100. Jiménez O. R. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding/ O. R. Jiménez //Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes. – 2019. Т. 7. – С. 151-200.
101. Jukanti A. K. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) / AK. Jukanti, PM. Gaur, Gowda CLL. RN. Chibbar //British Journal of Nutrition. – 2012. – Т. 108. – №. S1. – С. S11-S26.
102. Khaleeq K. Effect of phosphorus fertilizer and seed rates on growth and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L) in Kunduz, Afghanistan/ K. Khaleeq, A. K. Bidar, A. M. Amini, R. Nazir, & F. U. Faizan //Journal of Environmental and Agricultural Studies. – 2023. – Т. 4. – №. 3. – С. 01-06.

103. Kimani, P. M. Breeding second-generation biofortified bean varieties for Africa/ P. M. Kimani, A. Warsame //Food and Energy Security. – 2019. – T. 8. – №. 4. – C. e00173.
104. Kochky, Ewaz. seed farming / Ewaz Kochky: - jihad publications of the University of Mashhad Iran – 2022. - P. – 64-53.
105. Küçük M., Ceyhan E. Determination of chemical fertilizer and various organic fertilizers on some agricultural characteristics of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) / M. Küçük, E. Ceyhan //Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences. – 2022. – T. 36. – №. 3. – C. 501-506.
106. Kurbanov A. Analysis of the state of cultivation and harvesting of mung bean and agro-biological requirements for threshing and separating its grain/ A. Kurbanov, M. Shomirzaev, S. Tursunov, O. Toshbekov, N. Mukhamadiev, B. Kambarov, S. Mannobova //BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 105. – C. 02010.
107. Leite V. M. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth/ V. M. Leite, C. A. Rosolem, J. D. Rodrigues //Scientia Agricola. – 2003. – T. 60. – C. 537-541.
108. Maharjan N. K. Growth Trends and Direction of International Trade of Pulses in India-A Markov Chain Approach/ N. K. Maharjan, D. K. Grover //Indian Journal of Economics and Development. – 2019. – T. 15. – №. 1. – C. 84-90.
109. Mishra B. P. Effects of nitrogen and growth regulators on yield *Phaseolus mungo* L / B.P. Mishra //International Journal of Advanced Research and Development. – 2016. – T. 1. – №. 8. – C. 39-42.
110. Musse Z. A. Effect of liquid bio-slurry and nitrogen rates on soil physico-chemical properties and quality of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at Hawassa Southern Ethiopia/ Z. A. Musse, T. Y. Samago, H. M. Beshir //Journal of Plant Interactions. – 2020. – T. 15. – №. 1. – C. 207-212.
111. Nigam S. N. Trends in legume production and future outlook/ S.N. Nigam, S. Chaudhari, K.C. Deevi, K.B. Saxena, P. Janila //Genetic Enhancement in Major Food Legumes «Advances in Major Food Legumes». – 2021. – C. 7-48.

112. Obanyi, J. N. Effects of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars and their mixtures with other legume species on bean foliage beetle (*Ootheca* spp) incidence, severity and grain yield in Western Kenya/ J. N. Obanyi, A. W. Kamau, J. O. Ogecha //World Journal of Agricultural Research. – 2017. – T. 5. – №. 3. – C. 156-161.
113. Omran, A. H. Root-shoot characteristics, yield and economics of mungbean (*Vigna radiata* L.) under variable rates of phosphorus and nitrogen / A. H. Omran, A. Dass, G. A. Rajanna, S. Dhar, A. K. Choudhary, S. L. Meena, & S. S. Rathore //Bangladesh Journal of Botany. – 2020. – T. 49. – №. 1. – C. 13-19.
114. Open-meteo Historical weather API, 30.10.2024 [<https://open-meteo.com/en/features>]
115. Paiwast, Ghulam Ali. Vegetable production / Ghulam Ali Paiwast: - Rasht publications of Iran-2014.- P. – 375-369.
116. Peshbean, Ishmael. Vegetable production in home garden/ Ismail Peshbean: - Ashir publications-2020. - P. 107-106.
117. Pirasta, Bahman. Vegetable production/ Bahman piraste: - published - jihad University of Iran. – 2016.- P. 369-346.
118. Rastgar, Muhammad Ali. General agriculture/ Mohammad Ali rastgar: - Iran publications. –2021. - P. – 213-295.
119. Reinprecht Y. Effects of nitrogen application on nitrogen fixation in common bean production/ Y. Reinprecht, L. Schram, F. Marsolais, T. H. Smith, B. Hill, K. P. Pauls, //Frontiers in plant science. – 2020. – T. 11. – C. 1172. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01172>
120. Roy R., Nasiruddin K. M. Effect of different level of GA₃ on growth and yield of cabbage/ R. Roy, K. M. Nasiruddin //Journal of Environmental Science and Natural Resources. – 2011. – T. 4. – №. 2. – C. 79-82.
121. Sadid A. K. Scientific and Agronomic Classification of Field Plants/ A. K. Sadid//International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology. – 2022. – T. 9. – №. 2. – C. 7-10.

122. Sarhadi W. A. Assessment of Adaptation and Cultivation Methods of Three Local Varieties of Bean in Kabul Climatic Conditions //International Journal of Science and Research. – 2015.
123. Sarwary M. Climate risks, farmer's perception and adaptation strategies to climate variability in Afghanistan/ M. Sarwary, S. Senthilnathan, V. Saravanakumar, T. Arivelarasan, V. S. Manivasagam//Emirates Journal of Food and Agriculture. – 2021. – T. 33. – №. 12. – C. 2797.
124. Shaban N. Correlation and path analysis of interaction between snap beans yield and its components with crop management/ N. Shaban //Trakia Journal of Sciences. – 2021. – T. 19. – №. 1. – C. 87.
125. Sharifi M. S., Karim A. Q. Agriculture in Afghanistan: A Journey from Livelihood to Development/ M. S. Sharifi, A. Q. Karim //Journal of Natural Science. – 2024. – T. 2. – №. Special. Issue. – C. 537-549.
126. Sumathi A. Plant Hormones enhance the yield by altering the physiological parameters in pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) / A. Sumathi, V. Prasad, M. Vanangamudi //Legume Research-An International Journal. – 2018. – T. 41. – №. 4. – C. 543-550.
127. Taslim, A. Financial Analysis of country bean in Narsingdi District of Bangladesh/ A.Taslim, S M. Rahman, M. R Karim & M.H. Sumon// Asian Journal of Advances in Agricultural Research. – 2021. - T. 2. – №. 17. – C. 42-50.
128. Triki, D. Bean cultivation to assess the fertilizing potential of anaerobic digestate from fruit and vegetable wastes: a comparative field study/ D. Triki, R. K. B. Jenana, M. Ellouze & S. Khoufi//Environmental Sustainability. – 2025. – C. 1-14.
129. Udensi O. U. Response of pigeon pea landraces (*Cajanus cajan* L. millsp.) to exogenous application of plant growth regulators / O. U. Udensi, E. A. Edu, E. V. Ikpeme, M. I. Ntia, //Annual Research & Review in Biology. – 2013. – T. 3. – №. 4. – C. 762-776.

130. Vagner, M.L. Gibberellin and effects on soybean growth/ M.L. Vagner, A.R. Ciro, D.R. Joao, // An International Refereed, Peer Reviewed & Indexed Quarterly Journal for Applied science. – 2013. –Т. 60. №. 3. – C. 10-541.
131. Vandemark, G. Yield Gains in Dry Beans in the U.S./ G. Vandemark, M. A. Brick, J. D. Kelly, J. M. Osorno, C. A. Urrea // annual report of the bean improvement cooperative. - 2017. - No. 60. – C. 1781.
132. World-Weather.ru – Обзор погоды в Афганистане, 16.03.2024 [<https://world-weather.ru/archive/afghanistan/>]
133. Yadav M. S. Impact of varietal and growth regulator treatments on morpho-physiological characters and quality of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) / M. S. Yadav, C. S. Dhanai // – 2016. - T. 34. - No. 3. – C. 1591-1597.
134. Yazdi, Muhammad Taqi. Vegetable production / Mohammad Taki Yazdi: - jihad University of Mashhad of Iran. – 2022. - P. – 183-178.
135. Yeken M. Z. Breeding of dry bean cultivars using *Phaseolus vulgaris* landraces in Turkey/ M. Z. Yeken, F. Kantar, H. Çancı, G. Özer, V. Çiftçi // International Journal of Agriculture and Wildlife Science (IJAWS). -2018. –Т. 4. – No. 1. – C. 45-54.
136. Yude C. The potential and utilization prospects of kinds of wood fodder resources in Yunnan / C. Yude, H. Kaiwei, L. Fuji, Y. Jie //Forestry Research. – 1993. – T. 6. – №. 3. – C. 346-350.
137. Zohaib A. Influence of water soluble phenolics of *Vicia sativa* L. on germination and seedling growth of pulse crops/ A. Zohaib, T. T. Ehsanullah, T. Abbas, T. Rasool, //Science Agriculture. – 2014. – T. 8. – C. 148-51.
138. Zong X., Yang T., Liu R. Faba bean (*Vicia faba* L.) breeding/ X. Zong, Yang T., R. Liu//Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes. – 2019. T. 7. – C. 245-286.

Приложение А – Метеорологические условия в провинции Каписа, Афганистан, 2022 г.,
<https://open-meteo.com/en/features>)

Месяц	Макс. температура (°C)	Мин. температура (°C)	Средняя температура (°C)	Сумма осадков (мм)	Влажность почвы (до 7см глубина)	Влажность почвы (до 28см глубина)	Макс. скорость ветра (км/ч)
январь	6,72	-3,12	0,95	2,54	0,25	0,20	6,81
февраль	10,69	-3,61	2,60	1,13	0,24	0,21	9,28
март	19,95	3,60	10,99	0,40	0,19	0,18	9,96
апрель	26,70	8,42	17,35	0,39	0,15	0,15	14,61
май	28,45	11,55	20,14	1,14	0,17	0,18	19,13
июнь	31,76	14,84	23,99	0,87	0,15	0,15	22,55
июль	34,68	19,49	26,52	0,06	0,14	0,14	19,99
август	29,84	16,70	22,71	2,40	0,19	0,17	14,70
сентябрь	29,96	13,08	21,02	0,01	0,15	0,18	13,63
октябрь	23,94	6,58	14,59	0,01	0,14	0,17	13,21
ноябрь	15,93	0,91	7,66	0,67	0,24	0,21	9,00
декабрь	11,95	-3,06	3,49	0,37	0,18	0,20	8,97

Приложение Б – Метеорологические условия в провинции Каписа, Афганистан, 2023 г.

<https://open-meteo.com/en/features>)

Месяц	Макс. температура (°C)	Мин. температура (°C)	Средняя температура (°C)	Сумма осадков (мм)	Влажность почвы (до 7см глубина)	Влажность почвы (до 28см глубина)	Макс. скорость верт (км/ч)
январь	4,66	-6,86	-2,18	1,34	0,24	0,21	8,53
февраль	12,03	-1,41	4,42	0,88	0,24	0,21	8,63
март	17,84	3,62	9,92	2,08	0,22	0,16	10,02
апрель	21,77	5,67	13,31	1,65	0,24	0,22	12,75
май	26,65	10,07	18,40	0,30	0,15	0,17	18,24
июнь	33,86	15,90	25,41	0,11	0,14	0,15	21,61
июль	34,71	18,01	26,48	0,03	0,13	0,15	24,53
август	34,61	17,23	25,87	0,00	0,13	0,15	25,56
сентябрь	31,32	13,84	21,98	0,00	0,13	0,15	16,84
октябрь	23,69	7,89	15,30	0,19	0,14	0,15	11,99
ноябрь	18,22	3,45	10,29	0,01	0,14	0,15	8,76
декабрь	13,13	-1,15	5,70	0,06	0,15	0,15	7,56

Приложение В – Метеорологические условия в провинции Каписа, Афганистан, 2024 г.

<https://open-meteo.com/en/features>)

Месяц	Макс. температура (°C)	Мин. температура (°C)	Средняя температура (°C)	Сумма осадков (мм)	Влажность почвы (до 7см глубина)	Влажность почвы (до 28см глубина)	Макс. скорость верт (км/ч)
январь	4,83	-1,85	1,49	0,73	0,16	0,15	8,53
февраль	1,78	-4,01	-1,12	1,80	0,25	0,21	7,92
март	6,55	0,04	3,30	1,92	0,26	0,23	9,21
апрель	12,11	5,46	8,79	4,48	0,29	0,25	11,53
май	18,84	10,79	14,82	1,04	0,20	0,20	15,93
июнь	25,24	15,88	20,56	0,06	0,09	0,15	23,41
июль	27,90	19,02	23,46	0,00	0,09	0,14	25,05
август	26,21	18,48	22,35	0,25	0,08	0,14	20,00
сентябрь	22,66	13,71	18,19	0,07	0,05	0,14	16,54
октябрь	17,02	9,44	13,23	0,06	0,09	0,13	11,08
ноябрь	19,29	4,08	11,69	0,35	0,18	0,14	8,73
декабрь	11,45	-2,74	4,36	0,00	0,23	0,19	9,74

**Приложение Г – Изменение количества ветвей фасоли во время
вегетационного периода 2023 г, шт.**

№ варианта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	3,2	4,6	5,4	6,6
A2	N1P1K1 + GA0	3,4	5,3	6,2	7,0
A3	N1P1K1 + GA1	4,0	5,6	6,2	7,1
A4	N1P1K1 + GA2	4,3	5,8	6,1	7,3
A5	N1P1K1 + GA3	4,5	6,0	6,4	7,4
A6	N2P2K2 + GA0	4,0	4,8	6,2	7,2
A7	N2P2K2 + GA1	4,7	5,8	6,0	7,0
A8	N2P2K2 + GA2	4,9	6,0	6,3	7,9
A9	N2P2K2 + GA3	4,2	5,7	7,3	8,2
A10	N3P3K3 + GA0	3,9	5,6	6,9	8,0
A11	N3P3K3 + GA1	4,7	6,4	7,7	8,2
A12	N3P3K3 + GA2	5,1	6,2	7,6	8,3
A13	N3P3K3 + GA3	5,2	6,4	8,0	8,6
A14	GA1	3,8	4,9	4,7	5,9
A15	GA2	3,7	5,1	5,9	6,4
A16	GA3	3,4	5,3	5,9	7,4
HCP ₀₅		0,1	0,2	0,2	0,3

**Приложение Д – Изменение количества ветвей фасоли во время
вегетационного периода 2024 г, шт.**

№ варианта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	3,0	4,7	5,3	5,7
A2	N1P1K1 + GA0	3,7	5,0	5,7	6,0
A3	N1P1K1 + GA1	3,7	5,3	6,3	6,7
A4	N1P1K1 + GA2	3,8	5,4	6,7	7,0
A5	N1P1K1 + GA3	4,2	5,8	7,0	7,3
A6	N2P2K2 + GA0	3,9	5,3	6,0	6,3
A7	N2P2K2 + GA1	3,9	5,9	7,3	7,7
A8	N2P2K2 + GA2	4,2	6,1	7,7	8,0
A9	N2P2K2 + GA3	4,4	6,3	8,0	8,3
A10	N3P3K3 + GA0	4,0	5,7	7,3	7,7
A11	N3P3K3 + GA1	4,3	6,6	8,3	8,7
A12	N3P3K3 + GA2	4,6	6,8	8,6	9,0
A13	N3P3K3 + GA3	5,4	6,9	8,8	9,3
A14	GA1	3,6	5,1	6,3	6,7
A15	GA2	3,9	5,4	6,6	7,0
A16	GA3	4,1	5,7	7,1	7,3
HCP ₀₅		0,1	0,2	0,3	0,3

Приложение Е – Изменение ИЛП фасоли во время вегетационного периода 2022 г, м²/м²

№ варианта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	2,5	3,7	4,0	2,1
A2	N1P1K1 + GA0	3,8	4,5	5,0	2,7
A3	N1P1K1 + GA1	3,8	4,6	5,2	3,0
A4	N1P1K1 + GA2	4,0	4,7	5,2	3,2
A5	N1P1K1 + GA3	4,1	5,2	5,6	3,5
A6	N2P2K2 + GA0	4,3	4,7	5,5	3,3
A7	N2P2K2 + GA1	4,3	5,4	5,8	3,4
A8	N2P2K2 + GA2	4,7	5,4	5,8	3,7
A9	N2P2K2 + GA3	4,9	5,5	6,0	3,7
A10	N3P3K3 + GA0	4,8	5,7	5,9	3,5
A11	N3P3K3 + GA1	4,9	6,0	6,3	3,7
A12	N3P3K3 + GA2	5,0	6,0	6,5	4,4
A13	N3P3K3 + GA3	5,4	6,2	6,8	4,7
A14	GA1	4,1	5,0	5,6	3,1
A15	GA2	4,4	5,2	5,7	3,3
A16	GA3	4,6	5,3	5,8	3,5
HCP ₀₅		0,1 - 0,2			

**Приложение Ж – Изменение ИЛП фасоли во время вегетационного
периода 2023 г, м²/м²**

№ варианта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	2,0	2,6	2,9	2,0
A2	N1P1K1 + GA0	3,3	3,9	4,2	2,4
A3	N1P1K1 + GA1	3,6	4,1	4,4	2,7
A4	N1P1K1 + GA2	4,0	4,4	4,8	3,0
A5	N1P1K1 + GA3	4,4	4,6	4,9	3,2
A6	N2P2K2 + GA0	3,8	4,4	4,8	2,8
A7	N2P2K2 + GA1	4,1	4,6	4,9	3,0
A8	N2P2K2 + GA2	4,4	4,9	5,1	3,2
A9	N2P2K2 + GA3	4,6	5,0	5,2	3,3
A10	N3P3K3 + GA0	4,4	4,7	4,9	3,5
A11	N3P3K3 + GA1	4,6	4,9	5,3	3,8
A12	N3P3K3 + GA2	4,6	5,2	5,5	4,0
A13	N3P3K3 + GA3	4,7	5,4	5,8	4,5
A14	GA1	4,1	4,6	4,7	3,1
A15	GA2	4,2	4,8	4,8	3,2
A16	GA3	4,5	4,9	4,9	3,3
HCP ₀₅		0,1 - 0,2			

Приложение II – Накопление сухого вещества растениями фасоли в течение вегетации 2022 г., г*

№ варианта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	0,78	1,87	3,02	3,54
A2	N1P1K1 + GA0	2,46	3,16	3,92	5,56
A3	N1P1K1 + GA1	2,28	3,34	4,35	5,04
A4	N1P1K1 + GA2	2,95	3,88	4,60	5,44
A5	N1P1K1 + GA3	2,63	3,84	4,55	5,39
A6	N2P2K2 + GA0	3,26	3,87	4,28	5,64
A7	N2P2K2 + GA1	2,78	4,08	4,83	6,13
A8	N2P2K2 + GA2	3,62	4,58	5,34	6,39
A9	N2P2K2 + GA3	3,76	4,87	5,44	6,53
A10	N3P3K3 + GA0	3,40	4,26	4,44	5,84
A11	N3P3K3 + GA1	4,10	5,08	5,69	6,94
A12	N3P3K3 + GA2	4,33	5,36	5,89	6,77
A13	N3P3K3 + GA3	4,46	5,65	6,13	7,01
A14	GA1	3,18	4,05	5,07	6,07
A15	GA2	3,45	4,27	5,37	6,25
A16	GA3	3,64	4,63	5,51	6,43
HCP ₀₅		0,12	0,15	0,20	0,22

*средняя масса одного растения

Приложение К – Накопление сухого вещества растениями фасоли в течение вегетации 2023 г., г*

№ варианта	Варианты	Стадии онтогенеза растений фасоли			
		Ветвление (образование боковых побегов)	Цветение	Образование зеленых бобов	Полное созревание
A1	контроль	0,78	1,62	2,32	3,19
A2	N1P1K1 + GA0	2,07	2,96	3,65	4,58
A3	N1P1K1 + GA1	2,25	3,00	3,74	4,56
A4	N1P1K1 + GA2	2,70	3,49	4,20	5,03
A5	N1P1K1 + GA3	2,03	3,12	3,64	4,59
A6	N2P2K2 + GA0	2,61	3,59	4,29	5,30
A7	N2P2K2 + GA1	2,73	3,84	4,43	5,47
A8	N2P2K2 + GA2	2,87	4,06	4,71	5,90
A9	N2P2K2 + GA3	2,97	4,30	4,81	5,90
A10	N3P3K3 + GA0	3,00	4,00	4,73	5,47
A11	N3P3K3 + GA1	3,44	4,76	5,12	6,03
A12	N3P3K3 + GA2	3,39	4,57	5,21	6,04
A13	N3P3K3 + GA3	3,48	4,66	5,32	6,05
A14	GA1	3,24	4,04	4,74	5,59
A15	GA2	3,38	4,24	4,96	5,89
A16	GA3	3,49	4,39	5,08	6,01
HCP ₀₅		0,10	0,14	0,19	0,21

*средняя масса одного растения

**Приложение Л – Содержание золы в семенах фасоли, % на абсолютно
сухое вещество**

№ вари- анта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	3,11	3,15	3,08	3,11	—
A2	N1P1K1 + GA0	3,25	3,30	3,25	3,27	0,16
A3	N1P1K1 + GA1	3,28	3,41	3,30	3,33	0,22
A4	N1P1K1 + GA2	3,30	3,31	3,35	3,32	0,21
A5	N1P1K1 + GA3	3,35	3,32	3,38	3,35	0,24
A6	N2P2K2 + GA0	3,35	3,39	3,40	3,38	0,27
A7	N2P2K2 + GA1	3,30	3,40	3,35	3,35	0,24
A8	N2P2K2 + GA2	3,40	3,45	3,46	3,44	0,33
A9	N2P2K2 + GA3	3,40	3,48	3,45	3,44	0,33
A10	N3P3K3 + GA0	3,50	3,49	3,56	3,52	0,41
A11	N3P3K3 + GA1	3,76	3,83	3,75	3,78	0,67
A12	N3P3K3 + GA2	4,12	4,15	4,18	4,15	1,04
A13	N3P3K3 + GA3	4,30	4,50	4,55	4,45	1,34
A14	GA1	3,21	3,31	3,22	3,25	0,14
A15	GA2	3,19	3,22	3,21	3,21	0,10
A16	GA3	3,28	3,29	3,30	3,29	0,18
HCP ₀₅		0,11	0,12	0,12	0,12	-

Приложение М – Содержание золы в створках бобов и стеблях фасоли, % на абсолютно сухое вещество

№ варианта	Варианты	створки бобов				стебли фасоли			
		2022	2023	2024	среднее	2022	2023	2024	среднее
A1	контроль	5,55	5,59	5,58	5,57	6,02	6,18	6,23	6,14
A2	N1P1K1 + GA0	5,66	5,68	5,68	5,67	6,42	6,30	6,42	6,38
A3	N1P1K1 + GA1	5,69	5,69	5,70	5,69	6,64	6,62	6,57	6,61
A4	N1P1K1 + GA2	6,00	6,11	6,00	6,04	6,85	6,79	6,86	6,83
A5	N1P1K1 + GA3	6,18	6,23	6,16	6,19	7,12	6,89	6,92	6,98
A6	N2P2K2 + GA0	6,18	6,20	6,18	6,19	7,06	6,95	7,10	7,04
A7	N2P2K2 + GA1	6,22	6,21	6,23	6,22	7,11	7,12	7,16	7,13
A8	N2P2K2 + GA2	6,50	6,52	6,55	6,52	7,12	7,00	7,05	7,06
A9	N2P2K2 + GA3	6,55	6,58	6,55	6,56	7,00	7,13	7,15	7,09
A10	N3P3K3 + GA0	6,57	6,60	6,55	6,57	7,28	7,25	7,30	7,28
A11	N3P3K3 + GA1	6,56	6,57	6,58	6,57	7,66	7,63	7,61	7,63
A12	N3P3K3 + GA2	6,65	6,60	6,67	6,64	7,68	7,67	7,65	7,67
A13	N3P3K3 + GA3	6,68	6,68	6,67	6,68	7,77	7,75	7,86	7,79
A14	GA1	6,00	6,10	6,05	6,05	6,05	6,02	6,10	6,06
A15	GA2	6,20	6,15	6,10	6,15	6,45	6,34	6,55	6,45
A16	GA3	6,09	6,15	6,12	6,12	6,50	6,49	6,58	6,52
HCP ₀₅		0,25-0,26				0,33	0,34	0,35	0,34