

*На правах рукописи*

**Алемьяр Саид Алем**

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ГИББЕРЕЛЛИНА НА  
ФАСОЛЬ ОБЫКНОВЕННУЮ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ  
СЕВЕРО-ВОСТОКА АФГАНИСТАНА**

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

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2025

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

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

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

**Задорин Александр Михайлович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции зернобобовых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО)

Защита состоится 28 августа 2025 г. в 12-00 на заседании диссертационного совета 35.2.030.05 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К.А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел: 8 (499) 976-17-14.

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

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

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат биологических наук, доцент

И.М. Митюшев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**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).

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 (Алемьяр, 2024, Belorukhov, 2024).

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 (Алемьяр, 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 заключатся 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 (МАИЛ) 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 Rosesco 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, содержит 33 таблицы, 11 рисунков, приложений 11 штук.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

Рассмотрено современное состояние возделывания зернобобовых культур в мире и Афганистане на основании анализа литературных данных (Yude, 1993; Alexandratos, 2012; Beebe, 2012; Akibode, 2012; Jukanti, 2012; Yeken, 2018; Курьянович, 2019; Лоскутова, 2020; FAO, 2020; Курьянович, 2022; Ван, 2022; Hughes, 2022; Sadid, 2022; Поморова, 2023; Желеуова, 2024; Тоймбаева, 2024; Гурьев, 2024; Aram, 2024; Агроэкспорт, 2025 и др.). Агротехнические приемы выращивания фасоли в Афганистане (Paiwast, 2014; Pirasta, 2016; Azar, 2016; Peshbean, 2020; Коцюбинская, 2020; Rastgar, 2021; Yazdi, 2022; Сачивко, 2022; Kochky, 2022; Kochky, 2022; Юлдашева, 2023; Скорина, 2023; Набиев, 2023; Sharifi, 2024; Тураева, 2024 и др.). Биологические особенности видов и сортов фасоли в Афганистане (Jiménez, 2019; Zong, 2019; Hussaini, 2021; Khaleeq, 2023; Ahmadi, 2023 и др.). Агрехимикаты и регуляторы роста растений, применяемые на посевах зернобобовых культур в Афганистане (Leite, 2003; Bora, 2006; Gupta, 2010; Hayat, 2010; Vagner, 2013; Udensi, 2013; Zohaib, 2014; Akshata, 2015; Yadav, 2016; Mishra, 2016; Хохоева, 2017; Dubey, 2017; Темрешев, 2018; Sumathi, 2018; Maharjan, 2019; Коцюбинская, 2020; Rastgar, 2021; Чумикина, 2021; Чумикина, 2021; Босак, 2022; Давидянц, 2023; Павлюченко, 2024; GlobalEconomy, 2025).

### **ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объектом исследований являлась: фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.), зерновая, сорт Rosecoco (GLP2). Данный сорт фасоли производит Кенийская компания – «Simlaw Seeds Company Limited» (Африка). Этот сорт положительно зарекомендовал себя на территории Афганистана.

Почва полевого опыта – серозем типичный супесчаный с низким содержанием основных элементов питания, гумуса и слабощелочной реакцией среды: рН водный - 8,10 – 8,52, Гумус (по Тюрину) – 1,75 – 1,95 %, N<sub>общ.</sub> – 0,08 – 0,10 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (по Мачигину) – 12,32 – 13,55 мг/кг, K<sub>2</sub>O (по Мачигину) – 90,55 – 96,33 мг/кг.

Полевые опыты проведены в 2022 – 2024 гг. на полевой станции Университета Альберуни, расположенного в провинции Каписа в Афганистане (северо-восточный регион). Были разбиты делянки площадь каждой 10 м<sup>2</sup>, расположение рандомизированное, трехкратная повторность по каждому варианту. 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.

Удобрения калийные (сульфат калия) и фосфорные (диаммофос) вносить во время основной обработки почвы, азотные (мочевина) в два этапа: перед посевом и в качестве подкормки во время образования боковых побегов. Во время вегетации в фазу бутонизации проведено опрыскивание растений фасоли

гиббереллином (GA) из расчета 20 г/га, 40 г/га и 60 г/га, расход рабочей жидкости 200 л/га. Схема полевого опыта представлена в таблице 1.

**Таблица 1 – Схема полевого опыта, 2022 – 2024 гг.**

<b>№ варианта</b>	<b>Вариант</b>	<b>Дозы удобрений (NPK, кг/га) и гиббереллина (GA, г/га)</b>
A1	контроль	–
A2	N1P1K1 + GA0	N30P20K10
A3	N1P1K1 + GA1	N30P20K10 + GA20
A4	N1P1K1 + GA2	N30P20K10 + GA40
A5	N1P1K1 + GA3	N30P20K10 + GA60
A6	N2P2K2 + GA0	N45P40K20
A7	N2P2K2 + GA1	N45P40K20 + GA20
A8	N2P2K2 + GA2	N45P40K20+ GA40
A9	N2P2K2 + GA2	N45P40K20 + GA60
A10	N3P3K3 + GA0	N60P60K30
A11	N3P3K3 + GA1	N60P60K30 + GA20
A12	N3P3K3 + GA2	N60P60K30 + GA40
A13	N3P3K3 + GA3	N60P60K30 + GA60
A14	GA1	GA20
A15	GA2	GA40
A16	GA3	GA60

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.

В почве 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, рН 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.

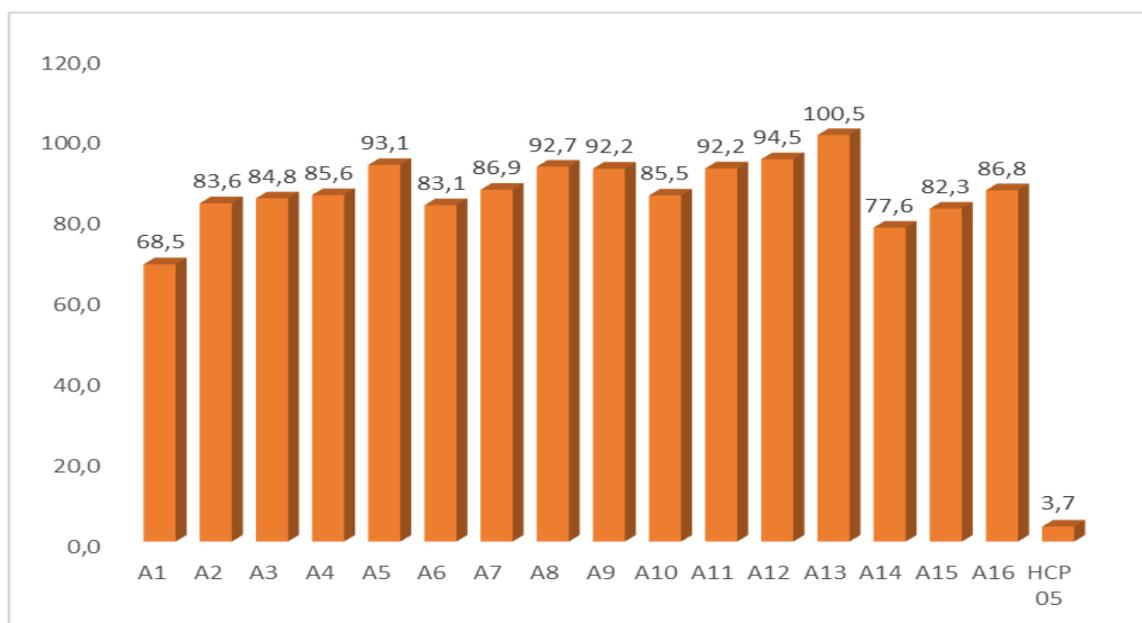
По климатическим условиям вегетационные периоды фасоли в 2022 - 2024 гг. были благоприятные по температуре воздуха, которая в среднем составила: 20,56 С<sup>0</sup> - +25,4 С<sup>0</sup> в июне, 23,46 С<sup>0</sup> - +26,52 С<sup>0</sup> в июле, +22,35 С<sup>0</sup> - +25,9 С<sup>0</sup> в августе, +18,19 С<sup>0</sup> - +21,9 С<sup>0</sup> в сентябре. Однако количество выпавших осадков было очень низким, ГТК за период с июня по сентябрь не превышал 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.

### **ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

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

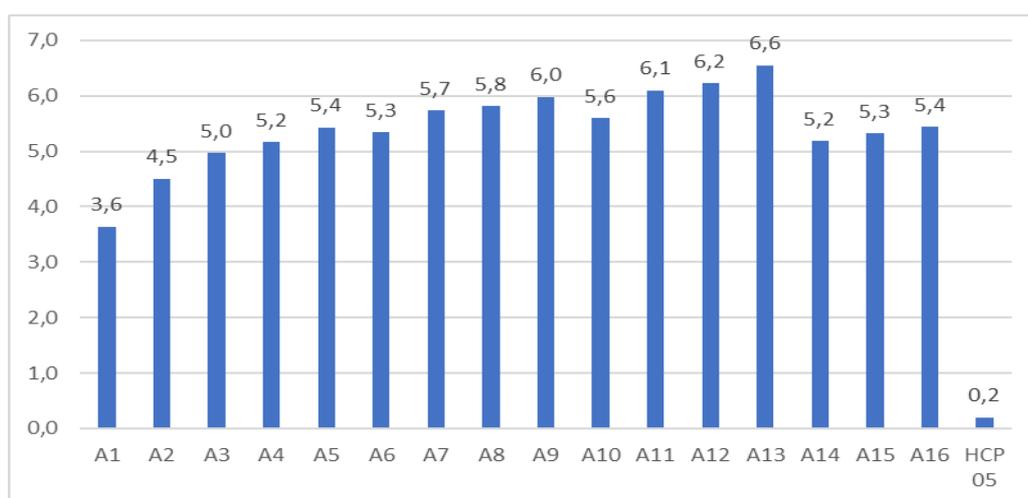
При оценке влияния минеральных удобрений и гиббереллина на высоту растений в среднем за три года исследований было установлено (рисунок 1), что к концу вегетации фасоли (фаза полного созревания) применение только удобрений в разных дозах повышали этот показатель в среднем на 14,6 см – 17 см, применение только разных доз гиббереллина в среднем на 9,1 см – 18,3 см относительно контроля. Существенное различие относительно всех вариантов имел А13 (N60P60K30 + GA60), в котором высота растений фасоли составила 100,5 см, что больше контроля на 32см.

В среднем за три года наблюдений отмечено, что ИЛП (рисунок 2) в период образования зеленых бобов фасоли имел максимальные значения, относительно других фаз роста и развития растений.



**Рисунок 1 – Высота растений фасоли на фоне применения разных доз минеральных удобрений и гиббереллина, см (в среднем за 2022 – 2024 гг.)**

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 отметить высокое действие минеральных удобрений и гиббереллина в целом на этот показатель. Однако комплексное применение минеральных удобрений (N60P60K30 + GA60) и фитогормона максимально повышало ИЛП на  $2,5 - 3 \text{ м}^2/\text{м}^2$  относительно контроля.



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

### 3.2 Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на урожайность фасоли

После уборки фасоли с полей и подсушивания 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.

Можно отметить (таблица 2), что во всех вариантах было увеличение количества бобов на растении в среднем на 1,8 – 5,5 шт. больше относительно контроля. Количество бобов на растении в среднем за три года исследований в вариантах А11 (N60P60K30 + GA20) по А 13 (N60P60K30 + GA60) не имело существенного различия и составило 11,6 – 11,8 шт., этот показатель был больше контроля, который составил в этом варианте 6,3 шт.

**Таблица 2 Морфологические показатели растений фасоли при применении удобрений и гиббереллина в среднем за 2022-2024 гг.**

№-Варианта	Варианты	Количество бобов на растении, шт.	Количество семян в бобе, шт.	Количество семян на растении, шт.	Масса 1000 семян, г.
A1	контроль	6,3	4,9	26,4	231,69
A2	N1P1K1 + GA0	8,5	5,6	37,9	239,21
A3	N1P1K1 + GA1	10,9	5,9	59,2	256,73
A4	N1P1K1 + GA2	9,7	6,7	48,8	268,28
A5	N1P1K1 + GA3	9,8	6,7	48,9	272,03
A6	N2P2K2 + GA0	8,1	5,7	40,7	255,61
A7	N2P2K2 + GA1	10,9	6,7	51,5	279,03
A8	N2P2K2 + GA2	10,4	7,6	55,2	276,10
A9	N2P2K2 + GA2	9,3	7,8	53,4	283,47
A10	N3P3K3 + GA0	9,3	5,8	47,7	269,69
A11	N3P3K3 + GA1	11,7	7,7	64,7	316,98
A12	N3P3K3 + GA2	11,8	8,3	64,6	291,28
A13	N3P3K3 + GA3	11,6	8,2	63,8	289,20
A14	GA1	8,8	6,3	44,4	264,33
A15	GA2	8,9	6,5	44,9	268,92
A16	GA3	10,2	6,8	51,6	272,80
НСР <sub>05</sub>		0,4	0,3	2,1	11,88

Результаты подсчета количества семян в бобе фасоли показало, что все варианты применения удобрений и гиббереллина имели существенное отличие

от контроля, которое составило в среднем за три года исследований больше на 0,7 – 3,4 шт.

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 увеличивалась 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.

Максимальная прибавка урожайности семян фасоли относительно контроля была в вариантах: A13 (N3P3K3 + GA3) – 1,13 т/га, A12 (N3P3K3 + GA2 – 0,91 т/га), A11 (N3P3K3 + GA1) – 0,71 т/га (таблица 3).

**Таблица 3 – Урожайность семян фасоли, т/га**

№ варианта	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
НСР <sub>05</sub>		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, в 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 самые высокие результаты по всем показателям роста, развития и урожайности фасоли.

### **3.3 Содержание и вынос основных элементов питания урожаем фасоли**

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

В наших исследованиях было изучено содержание основных элементов питания в семенах и побочной продукции фасоли к концу вегетации, в фазу полного созревания (таблица 4). В годы исследований содержание азота в зерне было 2,89 % в контроле, что меньше, чем в других вариантах и 4,63 % в A13, что больше, чем в 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 содержание азота в зерне на, %: GA1– 0,57, GA2 – 0,69, GA3– 0,75 относительно контроля, следовательно, фитогормон положительно влиял на накопление этого элемента. 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, что меньше, чем в других вариантах и 1,06 – 1,11 % в A12, 1,0 – 1,10 % в A13, что больше, чем в других вариантах. 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 содержания 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 применении минеральных удобрений и гиббереллина в разных дозах не отмечено существенного различия.

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 (N3P3K3 + GA3) больше содержалось этого элемента относительно контроля и других вариантов, которое составило в среднем за три года исследований в зерне – 1,47 % и побочной продукции 0,17 %.

За три года исследований было отмечено, что содержание калия в фасоли составило 1,22 – 1,88 % в зерне и 1,61 – 2,07 % в побочной продукции. Во всех вариантах применения минеральных удобрений и фитогормона накопление калия было выше относительно контроля, которое было больше на 0,19 – 0,66 % в зерне, 0,12 – 0,46 % в побочной продукции.

**Таблица 4 – Содержание азота, фосфора и калия в фасоли при применении минеральных удобрений и гиббереллина, % \*  
(среднее за 2022 – 2024 гг.)**

№ варианта	Варианты	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
A1	контроль	2,89/0,35	1,07/0,83	1,22/1,61
A2	N1P1K1 + GA0	3,62/0,66	1,12/0,97	1,41/1,74
A3	N1P1K1 + GA1	3,67 /0,69	1,13/0,89	1,53/1,74
A4	N1P1K1 + GA2	3,67/0,83	1,17/0,86	1,54/1,78
A5	N1P1K1 + GA3	3,62/0,90	1,21/0,99	1,59/1,79
A6	N2P2K2 + GA0	3,69/0,88	1,21/0,98	1,56/1,82
A7	N2P2K2 + GA1	3,74/0,91	1,19/0,99	1,66/1,85
A8	N2P2K2 + GA2	3,74/0,88	1,23/1,01	1,63/1,85
A9	N2P2K2 + GA3	3,76/0,93	1,23/1,04	1,69/1,85
A10	N3P3K3 + GA0	3,84/0,96	1,27/1,12	1,70/1,92
A11	N3P3K3 + GA1	4,59/1,00	1,33/1,15	1,76/1,93
A12	N3P3K3 + GA2	4,53 /1,08	1,38/1,14	1,78/1,91
A13	N3P3K3 + GA3	4,63 /1,07	1,47/1,17	1,88/2,07
A14	GA1	3,46 /0,72	1,18/0,83	1,39/1,74
A15	GA2	3,58 /0,76	1,19/0,95	1,39/1,73
A16	GA3	3,64/0,75	1,18/0,85	1,41/1,74
НСР <sub>05</sub>		0,14/0,04	0,06/0,04	0,05/0,07

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

Потребность растений в элементах питания велика, важным является их соотношение, которое зависит от вида растений, сорта и, конечно, от внешних условий выращивания – почва, климатические условия и стресс факторы. Поэтому изучение содержания NPK и расчета их выноса основной и побочной продукцией дает возможность прогнозировать урожай, применение удобрений и сохранять плодородие почв (Жабровская, 2020).

Вынос (таблица 5) азота по вариантам опыта изменялся в годы исследований от значений низкого выноса в контроле 25,58 – 41,51 кг/га до самого высокого в варианте A13 (N3P3K3 + GA3) - 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 с удобрениями, соответственно показал самый большой вынос 83,50 кг/га, а применение гиббереллина способствовало увеличению выноса 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 (N3P3K3 + GA3) – 82,03 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. 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 (N1P1K1) он составил 78,95 кг/га (превышение 23,73 кг/га), в варианте A6 (N2P2K2) – 86,58 кг/га (превышение 31,36 кг/га), в варианте A10 (N3P3K3) – 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 урожая основной продукции и повышали вынос калия, который составил в вариантах A5 – 101,22 кг/га

(превышение 46 кг/га), А9 – 108,69 кг/га (превышение 53,47 кг/га), А13 – 130,07 кг/га (превышение 74,85 кг/га).

**Таблица 5 – Вынос азота, фосфора и калия фасолью при применении минеральных удобрений и гиббереллина, % (среднее за 2022 – 2024 гг.)**

№ варианта	Варианты	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
A1	контроль	35,55	32,88	55,22
A2	N1P1K1 + GA0	63,46	47,21	78,95
A3	N1P1K1 + GA1	75,85	50,11	89,58
A4	N1P1K1 + GA2	80,39	52,73	98,95
A5	N1P1K1 + GA3	83,53	59,78	101,22
A6	N2P2K2 + GA0	75,60	50,60	86,58
A7	N2P2K2 + GA1	88,32	55,35	95,02
A8	N2P2K2 + GA2	94,47	62,87	105,68
A9	N2P2K2 + GA3	92,55	64,58	108,69
A10	N3P3K3 + GA0	83,50	58,15	93,80
A11	N3P3K3 + GA1	118,62	71,18	111,14
A12	N3P3K3 + GA2	130,07	76,51	118,65
A13	N3P3K3 + GA3	140,75	82,03	130,07
A14	GA1	66,36	49,48	92,74
A15	GA2	71,55	56,13	94,81
A16	GA3	75,50	52,51	96,59
НСР <sub>05</sub>		3,50	2,12	3,56

### 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 наших исследованиях на фоне применения разных доз минеральных удобрений и гиббереллина были определены основных показатели качества семян фасоли белок и жир (таблица 6). 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 дали 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 и может составлять 0,7 – 2 %, однако применение разной технологии выращивания растений может изменять значение этого показателя, который влияет на общее качество семян.

В среднем за три года исследований в семенах фасоли содержание 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 6 – Содержание белка и жира в семенах фасоли в годы исследований, % на абсолютно сухое вещество\***

№ варианта	Варианты	Годы исследований			Среднее	Прибавка к контролю
		2022	2023	2024		
A1	контроль	21,69/0,80	21,75/0,90	21,89/0,80	21,78/0,80	–
A2	N1P1K1 + GA0	23,70/1,20	23,80/1,25	24,00/1,25	23,83/1,23	2,05/0,40
A3	N1P1K1 + GA1	23,65/1,19	23,93/1,25	24,00/1,24	23,86/1,23	2,08/0,40
A4	N1P1K1 + GA2	24,20/1,26	24,65/1,32	24,75/1,30	24,53/1,29	2,75/0,49
A5	N1P1K1 + GA3	24,86/1,25	24,88/1,35	24,97/1,30	24,90/1,30	3,12/0,50
A6	N2P2K2 + GA0	24,00/1,26	24,64/1,31	24,60/1,35	24,41/1,31	2,63/0,51
A7	N2P2K2 + GA1	24,50/1,30	24,73/1,30	24,50/1,28	24,58/1,29	2,80/0,49
A8	N2P2K2 + GA2	24,68/1,29	24,60/1,35	24,61/1,30	24,63/1,31	2,85/0,51
A9	N2P2K2 + GA3	24,85/1,35	24,89/1,35	24,95/1,38	24,90/1,36	3,12/0,56
A10	N3P3K3 + GA0	24,68/1,35	24,78/1,40	24,82/1,38	24,76/1,38	2,98/0,58
A11	N3P3K3 + GA1	25,46/1,35	25,60/1,36	25,60/1,38	25,55/1,36	3,77/1,56
A12	N3P3K3 + GA2	25,78/1,55	25,79/1,60	25,79/1,50	25,79/1,55	4,01/0,75
A13	N3P3K3 + GA3	25,76/1,65	25,80/1,65	25,85/1,70	25,80/1,67	4,02/0,87
A14	GA1	21,98/1,20	21,93/1,18	22,10/1,22	22,00/1,20	0,22/0,40
A15	GA2	22,75/1,20	22,83/1,23	22,85/1,22	22,81/1,22	1,03/0,42
A16	GA3	22,45/1,19	22,45/1,25	22,65/1,20	22,52/1,21	0,78/0,41
НСР <sub>05</sub>		0,75/0,05	0,77/0,05	0,78/0,05	0,75/0,05	–

\*В числителе белок, в знаменателе жир

В семенах фасоли было определено содержание клетчатки. По вариантам опытов в среднем за три года исследований её содержание изменялось со значений 4,05 % в контроле до 6,75 % в лучшем варианте N3P3K3 + GA3, прибавка к контролю была 1,37 – 2,70 %.

Интенсивное поглощение элементов питания растениями из минеральных удобрений почвенного раствора и обработки их фитогормоном

приводили к увеличению зольности семян. За три года исследований было отмечено, что зольность изменялась от 3,08 до 4,55 %. Относительно контроля по вариантам зольность семян увеличивалась на 0,14 – 1,34 %.

В семенах фасоли из углеводов содержится много крахмала. Установлено, что в семенах фасоли в контрольном варианте 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 NЗРЗКЗ + GA3). Динамика накопления крахмала в семенах фасоли по вариантам опыта показала увеличение этого показателя со значений варианте А2 – 40,65 % до А13 – 47,62 %.

Изучение аминокислотного состава белка семени фасоли показало, что 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 7). 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. Этот показатель изменялся по вариантам: А2 – 32,69 %, А3 – 33,62 %, А4 – 34,17 %, А5 – 34,56 %, А6 – 37,0 %, А7 – 37,19 %, А8 – 38,19%, А9 – 39,28%, А10 – 41,41 %, А11 – 42,23 %, А12 – 43,86 %, А13 – 47,41 %, А14 – 29,89 %, А15 – 31,06 %, А16 – 31,19 %.

В белке зерна фасоли сумма заменимых аминокислот в контроле составила 64,53 %, а в варианте А13, в котором содержание этих кислот снижалось составило 52,48 %. Этот показатель изменялся по вариантам: А2 – 66,10%, А3 – 66,05 %, А4 – 65,83 %, А5 – 65,35 %, А6 – 63,0 %, А7 – 61,92 %, А8 – 61,77%, А9 – 60,71%, А10 – 58,75 %, А11 – 57,75 %, А12 – 56,08 %, А13 – 52,48 %, А14 – 64,45 %, А15 – 64,89 %, А16 – 65,09 %.

**Таблица 7 - 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
НСР <sub>05</sub>		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

Крупнотоннажным отходом при выращивании бобовых культур являются створки бобов и стебли, которые редко перерабатываются сельхозпроизводителями для получения полезных продуктов. Створки и стебли бобов фасоли богаты большим количеством полезных веществ: белками, жирами, сахарами и др. Наличие этих веществ способствует применению побочных продуктов фасоли для получения диетических продуктов питания, медицинских препаратов и кормовых добавок для животных (Самылина, 2010, Полупанова, 2020, Шайхиева, 2024).

Был проведен химический анализ стеблей фасоли при выращивании растений на фоне применения разных доз минеральных удобрений и фитогормона (таблица 8). Содержание белка в среднем за три года исследований в стеблях составило 2,81 – 5,95 %. Относительно контроля по вариантам прибавка белка была 0,89 – 3,13 %. Применение минеральных удобрений (варианты: А2, А6, А10) приводило к увеличению белка в стеблях на 0,89 – 2,37 % относительно контроля. Применение только гиббереллина повышало содержание белка в стеблях на 1,77 – 1,82 %.

**Таблица 8 – Химический состав стеблей фасоли, % на абсолютно сухое вещество (среднее 2022 – 2024 гг.)**

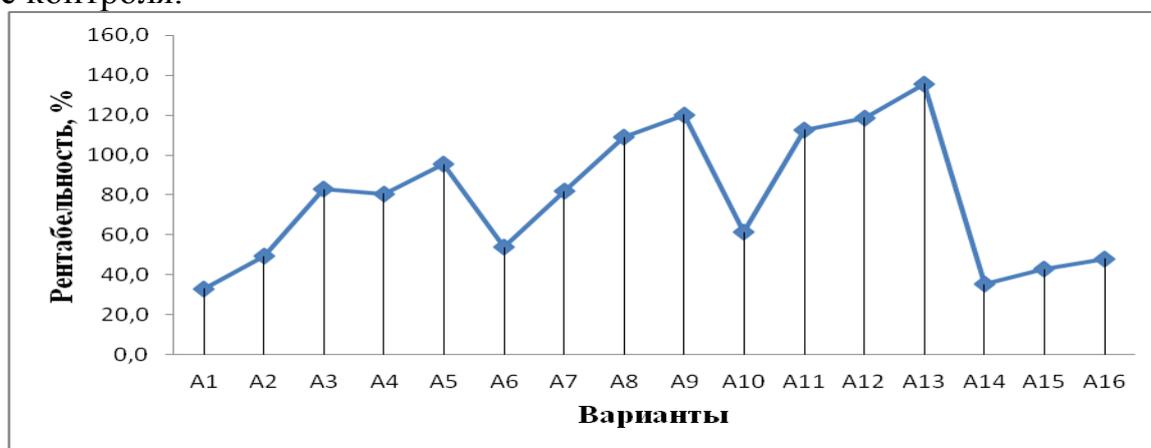
№ варианта	Варианты	белок	жир	целлюлоза
A1	контроль	2,81	0,72	40,04
A2	N1P1K1 + GA0	3,70	0,77	40,92
A3	N1P1K1 + GA1	4,17	0,80	41,38
A4	N1P1K1 + GA2	4,35	0,79	41,38
A5	N1P1K1 + GA3	4,63	0,82	42,03
A6	N2P2K2 + GA0	4,77	0,83	42,16
A7	N2P2K2 + GA1	4,85	0,88	42,26
A8	N2P2K2 + GA2	4,96	0,91	43,58
A9	N2P2K2 + GA3	4,96	0,90	43,75
A10	N3P3K3 + GA0	5,18	0,95	44,82
A11	N3P3K3 + GA1	5,34	0,98	44,89
A12	N3P3K3 + GA2	5,40	0,98	44,98
A13	N3P3K3 + GA3	5,95	1,03	45,83
A14	GA1	4,59	0,74	42,33
A15	GA2	4,62	0,73	42,55
A16	GA3	4,63	0,75	42,86
НСР <sub>05</sub>		0,17	0,03	1,83

Содержание жира в стеблях в среднем за три года исследований изменялось с самого низкого значения в контроле (A1) 0,72 % до самого высокого в A13 - 1,03 %. Прибавка жира относительно контроля по вариантам в среднем составила 0,03 – 0,31 %. На делянках с разными дозами минеральных удобрений этот показатель был в стеблях фасоли: А2 – 0,77 %, А6 – 0,83 %, А10 – 0,95 % (прибавка относительно контроля составила 0,05 – 0,23 %). В вариантах, которых была самая высокая доза минеральных удобрений (N3P3K3) в сочетании с разными дозами гиббереллина жира было больше всего 0,98 – 1,03 %, 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 40,04 – 45,83 %. Применение минеральных удобрений и фитогормона приводило к увеличению целлюлозы относительно контроля на 2,0 – 5,79 %. Минеральные удобрения увеличивали содержание целлюлозы в стеблях фасоли на 2,12 – 4,78 % (А6, А10) 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 стеблях фасоли 44,89 – 45,83 % (А11 – А13), прибавка относительно контроля составила 4,85 – 5,79 %.

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

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 3) больше контроля.



**Рисунок 3 – Рентабельность выращивания фасоли при применении разных доз удобрений и гиббереллина, среднее за 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 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В вариантах (А11 – А13) N60P60K30 + гиббереллин его значения были выше – 6,1 – 6,6 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. 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 А13 (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 Rosescoco была самой высокой в варианте N60, P60, K30 кг/га + гиббереллин 60 г/га (вариант А13) – 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.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Алемьяр Саид Алем Применение минеральных удобрений и гиббереллина на фасоли при выращивании в условиях севера-востока Афганистана / Алемьяр Саид Алем, И. И. Дмитревская, О.А. Жарких // Агрехимический вестник. – 2024. - № 6. – С. 22-25.

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

2. Alemyar Said Alem The effect of mineral fertilizers and gibberellins on the growth, development and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.), grown in Kapisa province, Afghanistan / Alemyar Said Alem, I.I. Dmitrevskaya, O.A. Zharkikh, Q. Qarluq // Journal of Agriculture and Environment. – 2025. – № 4 (56) – 8. – <https://jae.cifra.science/archive/4-56-2025-april/10.60797/JAE.2025.56.4>

3. Alemyar Said Alem Effectiveness of the use of biologically active substances (bas) at different levels of mineral nutrition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under condition Afghanistan / Alemyar Said Alem, A. Omran, A.V. Osipova // BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference «Methods for synthesis of new biologically active substances and their application in various industries of the world economy – 2023» (MSNBAS2023). Les Ulis, 2024. - P. 01004.–[https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/pdf/2024/01/bioconf\\_msnbas2024\\_01004.pdf](https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/pdf/2024/01/bioconf_msnbas2024_01004.pdf)

### Публикации в сборниках и материалах конференций

4. Алемьяр Саид Алем Реакция фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) на различные уровни NPK – удобрений и гиббереллина в условиях Афганистана/ Алемьяр Саид Алем, И.И. Дмитревская // В сборнике трудов II международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Путохинские чтения» (10-11 декабря 2024 г.). – ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, г. Кинель, 2025. – С. 220 - 224.

5. Алемьяр Саид Алем Применение разных доз минеральных удобрений на фасоли в условиях Афганистана / Алемьяр Саид Алем // В сборнике международной научно-практической конференции «Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований». – (15 февраля 2025 г.) – г. Ижевск, 2025. – С. 39 – 40.