

На правах рукописи



**ВОЛОБУЕВА ОЛЬГА ГАВРИЛОВНА**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОПРЕПАРАТОВ И РЕГУЛЯТОРОВ  
РОСТА**

**Специальность: 03.01.05 – «Физиология и биохимия растений»**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора сельскохозяйственных наук

Москва – 2022

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

**Научный консультант** **Белопухов Сергей Леонидович**,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
и.о. директора Института агробιοтехнологии  
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный  
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

**Официальные оппоненты:** **Зотиков Владимир Иванович**,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-  
корреспондент РАН, научный руководитель ФГБНУ  
«Федеральный научный центр зернобобовых и  
крупяных культур»

**Карпова Галина Алексеевна**,  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Общая биология и  
биохимия» ФГБОУ ВО «Пензенский  
государственный университет»


**Топунов Алексей Федорович**,  
доктор биологических наук, заведующий  
лабораторией биохимии азотфиксации и  
метаболизма азота, ФГУ «Федеральный  
исследовательский центр «Фундаментальные основы  
биотехнологии» Российской академии наук

**Ведущая организация** ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр  
«Немчиновка»

Защита диссертации состоится «24» мая 2022г. в 9.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.038.04 при ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13 (главный корпус, 2 этаж, ауд. 209), тел./факс: (8-861)221-58-61.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.Трубилина» и на сайте <http://www.kubsau.ru>, с авторефератом – на официальных сайтах: Высшей аттестационной комиссии – <http://www.vak.ed.gov.ru> и ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.Трубилина» и на сайте <http://www.kubsau.ru>.

Автореферат разослан «    » февраля 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор  Л.М.Онищенко

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования и степень её разработанности.

Симбиотическая азотфиксация, бесспорно, остается одной из наиболее актуальных и фундаментальных проблем современной науки, имеющая большое практическое значение, поскольку перспективы её решения тесным образом связаны с такими важными вопросами, как полноценное питание людей, экологический и энергетический кризис. В бобово-ризобийном симбиозе экологическая система «симбионт-*Rhizobium* – хозяин-бобовое растение» эволюционирует в направлении совершенствования между вирулентными и эффективными клубеньковыми бактериями и соответствующим растительным партнером (Тихонович, Борисов, Цыганов, 2004; Проворов, Тихонович 2003, 2005, 2007, 2009, 2013-2015; 2009; Новикова, 2004; Онищук и др., 2015, Проворов, Андронов, 2016). Основу этого взаимодействия составляют, во-первых, преемственная цепь последовательно или одновременно замещающих друг друга структурных образований, выделяющих фитогормоны после первичного гормонального импульса ауксинами. Во-вторых, в симбиозе функционирует сложный нитрогеназо-ферментный комплекс, катализирующий процесс восстановления молекулярного азота до аммония. Оба партнера постоянно обмениваются своими метаболитами: растения продуктами фотосинтеза и фитогормонами, бактерии – фиксированным азотом и биологически активными веществами. Уникальные функции клубеньковых бактерий по фиксации атмосферного азота приобретают особое значение, в связи с усилением антропогенного воздействия на агросистемы и возможностью использования биологических механизмов питания макросимбионта.

Формирование бобово-ризобийного симбиоза обусловлено специфическими механизмами сигнальных взаимодействий и взаимной метаболической интеграцией геномов ризобий и бобового растения (Симаров, 1990; Тихонович 2000; Борисов, 1999; Овцына, Тихонович, 2004; Проворов и др. 2012; Серова, Цыганов, 2014; Измайлов, 2015). Выяснение в виде каких молекул проявляются сигналы, чьи они и какие из них в большей или меньшей степени контролируют эффективный симбиоз, возможно, поможет охарактеризовать полнее гормональный статус растений и спектр биологически активных веществ, синтезируемых ризобиями, в период инфицирования растения и установления симбиоза. Однако, самообеспечение по отношению к факторам роста у ризобий не вполне совершенно и, по-видимому, в значительной степени

зависит от растительного партнера. Не совсем ясны механизмы изменения гормонального статуса растений при развитии клубеньков. Возможно, эффективному образованию и активному функционированию азотфиксирующих симбиотических систем будет способствовать применение соответствующих биопрепаратов и регуляторов роста. Перспективность применения биостимуляторов подтверждена в работах многих авторов (Шевелуха, 1984; Кефели, 1994; Хрипач и др. 1995; Якушкина, 2005; Прусакова и др. 2005; 2008; Ломин, Романов, 2008; Suzaki et al, 2013; Ferguson et al, 2014). В литературе отражено в основном влияние экзогенных фитогормонов. Однако, во взаимодействии ризобий и растений, фитогормоны регулируют активность геномов, поэтому важным было изучить изменение эндогенного уровня гормонов в связи с процессами азотфиксации.

В связи с этим изучение роли фитогормонов в процессе формирования эффективного симбиоза при использовании биопрепаратов и регуляторов роста имеет теоретическое и практическое значение.

**Цель** исследований состояла в изучении влияния биопрепарата Ризоторфина и регуляторов роста Альбита, Корневина, Эпина-Экстра на гормональный статус растений фасоли, сои и гороха, на эффективность бобово-ризобиального симбиоза и урожайность культур.

#### **Задачи исследований.**

1. Изучить содержание и соотношение разных групп фитогормонов (ИУК, ЦК, ГК, АБК) в листьях, стеблях и корнях с клубеньками в период наивысшей азотфиксирующей активности трех видов бобовых растений при обработке биопрепаратом и регуляторами роста.

2. Исследовать особенности ультраструктуры клубеньков растений фасоли и сои разных сортов при обработке семян этих растений биопрепаратом и регуляторами роста.

3. Выявить влияние биопрепарата Ризоторфина и регуляторов роста – Альбита, Корневина и Эпин-Экстра на азотфиксирующую активность детерминированных клубеньков растений фасоли и сои и недетерминированных клубеньков гороха (масса корней с клубеньками, количество клубеньков, масса клубеньковой ткани, нитрогеназная активность в клубеньках).

4. Выявить влияние биопрепарата и регуляторов роста на ростовые показатели растений гороха, фасоли и сои.

5. Определить влияние Ризоторфина, Альбита, Корневина и Эпин-Экстра на урожайность бобовых растений.

6. Изучить влияние биопрепарата и регуляторов роста на биохимические показатели макросимбионта (содержание белка, амилозы в семенах, амилозы в крахмале и крахмала в семенах бобовых растений).

7. Выявить сортоспецифичность бобовых растений по действию биопрепарата и регуляторов роста.

8. Установить характер взаимосвязи между содержанием и соотношением фитогормонов и показателями ультраструктуры клубеньков, азотфиксирующей активности, роста и продуктивностью бобовых растений.

9. Оценить экономическую эффективность применения биопрепарата и регуляторов роста при возделывании бобовых растений.

**Научная новизна.** Впервые проведено комплексное исследование действия Ризоторфина, Альбита, Корневина, Эпин-Экстра на гормональный статус растений фасоли, сои, гороха разных сортов и на эффективность бобово-ризобиального симбиоза, в результате которого установлено: повышение активности нитрогеназы у растений фасоли сорта Гелиада при обработке Эпином-Экстра на фоне повышения площади бактериоидов, площади и количества волютина и снижения площади и количества ПОМ, на фоне увеличения содержания ауксинов во всех вегетативных органах. У сорта Шоколадница проявилось протекторное действие Ризоторфина, под влиянием которого наблюдается повышение показателей активности нитрогеназы в клубеньках и увеличение площади и количества бактериоидов, включений волютина, при минимальном количестве ПОМ, а также на фоне увеличения цитокининов во всех вегетативных органах. У растений сои сорта Магева наивысшие показатели азотфиксирующей активности в клубеньках отмечены под влиянием Ризоторфина на фоне увеличения площади и количества симбиосом, бактериоидов, включений волютина и снижения площади и количества ПОМ, на фоне увеличения ауксинов в корнях с клубеньками. У сорта Свапа показано повышение азотфиксирующей активности в клубеньках на фоне увеличения площади и количества симбиосом, бактериоидов, включений волютина и снижения площади и количества ПОМ, а также на фоне увеличения содержания ауксинов в корнях с клубеньками, цитокининов – в листьях и стеблях, гиббереллинов во всех вегетативных органах. У растений гороха сорта Мультик отмечено повышение азотфиксирующей активности под влиянием Альбита на фоне увеличения содержания ауксинов во всех вегетативных органах, цитокининов – в стеблях и гиббереллинов – в листьях; у сорта Норд – при обработке Ризоторфином на фоне повышенного содержания цитокининов в корнях с клубеньками.

Впервые выявлен положительный эффект Ризоторфина на ультраструктуру клубеньков бобовых растений, районированных в Орловской области. Одновременно показано, что содержание в клетках ризобий включений волютина и поли-β-оксимасляной кислоты может быть дополнительной характеристикой активности симбиотической системы.

Впервые в условиях полевых опытов исследовано влияние обработки Корневином, Эпином-Экстра, Альбитом, Ризоторфином на содержание и соотношение фитогормонов, эффективность симбиоза и продуктивность растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница. Установлены сортовые реакции этих растений на применение данных препаратов.

Впервые исследовано изменение содержания и соотношения фитогормонов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками растений гороха, фасоли, сои разных сортов и эффективность симбиоза. Установлено влияние регуляторов роста и биопрепарата на взаимосвязь симбиотической азотфиксации с фитогормонами и ультраструктурой клубеньков. Выявлена сортовая реакция растений гороха, фасоли и сои на применение Ризоторфина, Альбита, Корневина, Эпин-Экстра.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Развивается представление об участии фитогормонов в формировании бобово-ризобиального симбиоза. Применение биопрепаратов и регуляторов роста оказывает воздействие на ультраструктуру клубеньков бобовых растений в связи с изменением соотношения разных групп фитогормонов. Параметры строения симбиосом: наличие включений волютина, ПОМ, ПБП для некоторых видов *Rhizobium* могут рассматриваться как новый дополнительный показатель активности симбиотической системы и использоваться селекционерами при создании сортов бобовых растений интенсивной симбиотической азотфиксацией.

Для повышения эффективности бобово-ризобиального симбиоза рекомендуется предпосевная обработка семян биопрепаратом на основе клубеньковых бактерий и регуляторами роста.

Установленные закономерности в действии биостимуляторов на гормональный статус, азотфиксирующую активность, рост, урожайность и его качество растений гороха, фасоли и сои разных сортов создают основу для их использования в практике растениеводства.

Полученные в работе данные могут быть использованы в преподавании «Микробиологии» и других дисциплин, где рассматриваются вопросы фиксации азота, применения биопрепаратов и регуляторов роста для повышения азотфиксации и роста урожайности бобовых культур.

**Методология и методы диссертационного исследования.** Теория и методология исследований основаны на анализе научных трудов. В работе применялись экспериментальный (лабораторные, вегетационные и полевые опыты), аналитический, статистический методы исследований, они приведены в главе «Объекты и методы исследований». Все использованные в работе методы соответствуют требованиям, предъявляемым к практическим исследованиям в области физиологии растений.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Биопрепарат Ризоторфин и регуляторы роста (Альбит, Корневин, Эпин-Экстра) оказывают положительное влияние на гормональный статус бобовых растений – гороха фасоли, сои разных сортов.

2. Изменение содержания и соотношения фитогормонов в бобовых растениях под влиянием Ризоторфина и регуляторов роста оказывает влияние на ультраструктуру клубеньков бобовых растений.

3. Биопрепарат Ризоторфин и регуляторы роста (Альбит, Эпин-Экстра, Корневин) оказывают положительное влияние на эффективность симбиотической системы.

4. Изученный биопрепарат и регуляторы роста в разной степени оказывают влияние на ростовые показатели, урожайность и его качество бобовых растений разных сортов.

5. Выявлена экономическая эффективность применения Ризоторфина и регуляторов роста при возделывании бобовых растений – применение биопрепарата Ризоторфин и регуляторов роста Альбита, Корневина и Эпин-Экстра увеличивало затраты на производство в среднем на 1-7%, а рентабельность повышалась на 15-18%.

**Степень достоверности и апробация результатов работы.** Достоверность результатов исследований подтверждается объемом проведенных вегетационных и полевых опытов, статистическая обработка данных проведена с помощью программ Excel, MatLab и Statistica. Основные результаты исследований были доложены на 31 российских и Международных конференциях: Пушино, 1996, 1997; Москва, 1995, 1997, 1999, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009, 2011, 2014, 2016; Орел, 1994, 2004, 2006, 2009, 2010, 2014, 2017; Пенза, 2003; Петрозаводск, 2004; Jalta, 2007; Саратов, 2007; Казахстан, 2011; Нижний Новгород, 2011; Санкт-Петербург, 2015, 2016; Крым, Судак, 2017; Уфа, 2018; Иркутск, 2018; заседаниях кафедры микробиологии и иммунологии ФГБУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева (2014, 2015, 2016, 2020), семинарах кафедры физиологии растений (2017, 2020).

**Личный вклад автора.** Работа является результатом многолетних исследований проведенных лично автором на всех этапах: анализ отечественной и зарубежной литературы по теме исследования, формулировка проблемы, постановка целей и задач, постановка опытов, выбор методов, проведение экспериментов, обработка, анализ, обобщение и интерпретация полученных результатов, подготовка публикаций и представление результатов на научных конференциях.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 60 научных работ, в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ - 15 работ, 20 - в сборниках научных статей, 25 тезисов докладов на конференциях.

**Структура диссертации.** Диссертационная работа изложена на 348 страницах машинописного текста и состоит из введения, основной части, содержащей 19 таблиц и 35 рисунков, заключения, библиографического списка, включающего 834 источника, в том числе 276 иностранных и 14 приложений.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю признательность заместителю директора по научной работе ГНУ ВНИИЗБК РАН доктору сельскохозяйственных наук Наумкиной Татьяне Сергеевне Кондыкову Игорю Викторовичу заведующему лабораторией селекции зернобобовых культур ГНУ ВНИИЗБК РАН кандидату сельскохозяйственных наук, главному научному сотруднику этой лаборатории (группа селекции фасоли) кандидату сельскохозяйственных наук Мирошниковой Марии Петровне (г. Орёл), старшему научному сотруднику, кандидату биологических наук Центра молекулярной биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева Скоробогатовой Ирине Витальевне, сотрудникам ФГБУН Института физиологии растений имени К.А. Тимирязева РАН кандидату биологических наук Крыловой Валерии Валерьевне, Астаховой Нине Васильевне, Райхману Леониду Александровичу, Поспеловой Валентине Николаевне за консультации и помощь при выполнении работы. Слова особой благодарности и признательности адресую Шильниковой Викторине Кузьминичне доктору биологических наук, профессору, заслуженному деятелю науки РФ и научному консультанту доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заслуженному изобретателю РФ Белопухову Сергею Леонидовичу.



## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Главы 1, 2, 3 Обзор литературы

Обзор литературы включает три главы – «Бобово-ризобиальный симбиоз», «Роль фитогормонов в формировании бобово-ризобиального симбиоза», «Экзогенная регуляция бобово-ризобиального симбиоза», в которых обобщены литературные данные, касающиеся особенностей взаимодействия ризобий и бобового растения, роли в этом процессе фитогормонов, вырабатываемых как растением, так и микроорганизмами. Обзор позволил сформулировать нерешенные вопросы взаимодействия микро- и макросимбионта при экзогенной обработке биопрепаратами и регуляторами роста, определить задачи и основные направления исследований диссертации.

### Глава 4 Объекты, условия и методы исследований

Экспериментальные исследования проводились в условиях вегетационного домика кафедры агрохимии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева и Института физиологии растений имени К.А.Тимирязева РАН в 2006-2012 гг.

Полевые опыты в 2006-2008гг. закладывались в ВГБНУ ВНИИЗБК, расположенном в Орловской области, которая находится в центральной части среднерусской возвышенности. Климат области умеренно-континентальный, формируется под влиянием западных и северных океанических и восточных континентальных масс воздуха. Метеорологические условия периодов вегетации в годы исследований существенно различались: от засушливых (2007г., ГТК = 0,74) до избыточно увлажненных (2006г., ГТК = 2,50) и благоприятным 2008г. Почва опытных участков темно-серая лесная, суглинистая.

**Объектами исследования** были растения гороха (*Pisum sativum* L.) сортов Норд (2005-2009 гг.), Мультик (2005-2009 гг.), Юниор (2006-2010 гг.); растения фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) сортов Гелиада и Шоколадница (2006-2008 гг.); растения сои (*Glycine max* L.) сортов Магева, Свапа (2007-2012 гг.). В работе использовали биопрепарат Ризоторфин на основе штаммов клубеньковых бактерий для гороха: *Rhizobium leguminosarum* *bv. viciae*, штамм 250а, 245а; для фасоли *Rhizobium leguminosarum* *bv. phaesoli*, штамм 700; для сои *Bradyrhizobium japonicum*, штамм 634. Использовали регуляторы роста: Альбит, Корневин, Эпин-Экстра. Содержание фитогормонов (ИУК, зеатина, АБК) определяли методом ВЭЖХ (Скоробогатова и др., 1999). Биологическую

активность ГК определяли по росту гипокотилей салата сорта Берлинский. Содержание ГК – по калибровочной кривой, для построения которой использовали гибберелловую кислоту (Россия). Нитрогеназную активность определяли методом редукции ацетилена в модификации В.П.Орлова (1984). При отборе проб для учета числа клубеньков на корнях растений использовали метод монолитов (Посыпанов, 1991). Содержание сырого протеина определяли по методу Кьельдаля с использованием для сжигания проб дигестора с программированным нагревом DK-6 фирмы Velp Scientifica, для дальнейшей отгонки и титрования – автомата UDK – 152. Определение крахмала и амилозы в крахмале определяли поляриметрическим методом (Ермаков, 1987). Фиксацию клубеньков в глутаральдегиде для электронно-микроскопических исследований проводили по методу Сабатини. Ультратонкие срезы получали на ультрамикротоме LKB-3 («LKB», Швеция). Полученные срезы помещали на сетки с формваровой подложкой, контрастировали 1%-ным водным раствором уранилацетата и 0,2%-цитратом свинца. Препараты просматривали в электронном микроскопе TEMSCAN 100CX2 («JEOL», Япония), при ускоряющем напряжении 80 кВ и инструментальном увеличении 300000х. Для фотографирования использовали фотопластинки для ядерных исследований. Морфометрические показания и статистическую обработку электронно-микроскопических исследований проводили на приборе MOP-VIDEOPLAN фирмы «Reichert» (Австрия). Статистическая обработка осуществлялась методами корреляционного и дисперсионного анализов по Б.А. Доспехову (1985) с использованием программы Statistica for Microsoft Windows.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

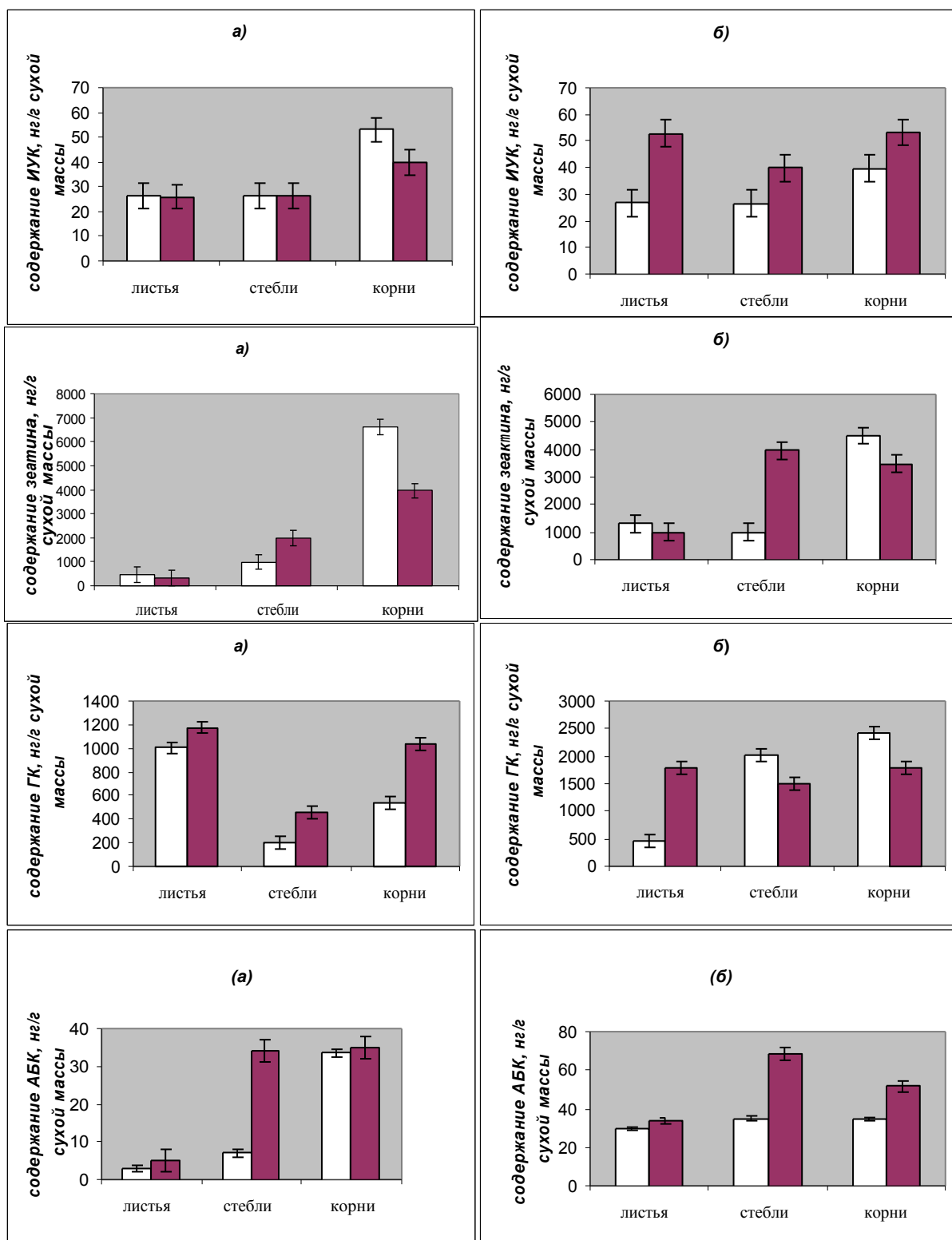
### **Глава 5 Влияние биопрепарата и регуляторов роста на гормональный статус гороха (*Pisum sativum* L.), фасоли (*Phaseolus vulgaris*) и сои (*Glycine max*)**

#### **1.1 Влияние Альбита на содержание и соотношение фитогормонов растений гороха на фоне инокуляции Ризоторфином**

Обработка бобовых культур регуляторами роста и Ризоторфином приводит к изменению содержания и соотношения гормонов. При воздействии на растения препаратами в них изменяется содержание и соотношение эндогенных гормонов. В растениях гороха Норд при обработке Альбитом в фазе бутонизации-начала цветения на фоне инокуляции Ризоторфином содержание ауксинов не изменялось в листьях и стеблях, но снижалось в

корнях с клубеньками на 25% по сравнению с растениями, обработанными Ризоторфином. Содержание зеатина повышалось в стеблях в 2 раза и снижалось в листьях и в корнях с клубеньками на 25% и 40% соответственно. Содержание ГК увеличивалось в листьях на 17,2%, в стеблях и в корнях с клубеньками почти в 2 раза (рис. 1). У растений гороха сорта Мультик содержание ауксинов под влиянием Альбита на фоне инокуляции Ризоторфином повышалось в листьях, стеблях и корнях с клубеньками на 97,4%, 50,4% и 34% соответственно, по сравнению с растениями, обработанными только Ризоторфином. Содержание зеатина повышалось в стеблях (в 4 раза), снижалось в листьях на 25% и в корнях с клубеньками на 23%. При использовании Альбита и Ризоторфина отмечено существенное увеличение содержания ГК в листьях (почти в 3 раза) и снижение в стеблях на 25,86% и в корнях с клубеньками на 25,63%, по сравнению с растениями, обработанными только Ризоторфином (рис.1). Отмеченные изменения в содержании фитогормонов и их перераспределение по органам растения оказали влияние на азотфиксацию. Так, повышение азотфиксирующей активности в клубеньках растений гороха сорта Мультик отмечено при обработке Альбитом на фоне инокуляции Ризоторфином, у сорта Норд наибольшая азотфиксирующая активность отмечена при обработке Ризоторфином.

Ауксины влияют на распределение питательных веществ и воды, обладая аттрагирующим эффектом, регулируют дыхание и синтез АТФ, а цитокинины отвечают за фотофосфорилирование, усиливают отток ассимилятов, влияют на азотный обмен (Кулаева, 1982, 2004). Гиббереллины, подобно ауксинам, участвуют в разрастании завязи и образовании плодов. Гиббереллины способствуют не перераспределению питательных веществ, а общему их накоплению, отвечая за фотофосфорилирование. Возможно, поэтому происходило снижение азотфиксирующей активности клубеньков растений гороха сорта Норд под влиянием Альбита на фоне инокуляции Ризоторфином и повышение симбиотической активности у сорта Мультик под влиянием Альбита на фоне инокуляции Ризоторфином. Использование Альбита в сочетании с Ризоторфином приводило к изменению соотношения эндогенных фитогормонов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками растений. Отмечены сортовые особенности растений гороха по содержанию эндогенных фитогормонов, что свидетельствует об их влиянии на метаболизм растений.



**Рисунок 1 – Влияние Альбита и Ризоторфина на содержание фитогормонов в органах растений гороха сортов: а – Норд, б – Мультик; варианты: □ Ризоторфин (контроль) ■ Ризоторфин+альбит**

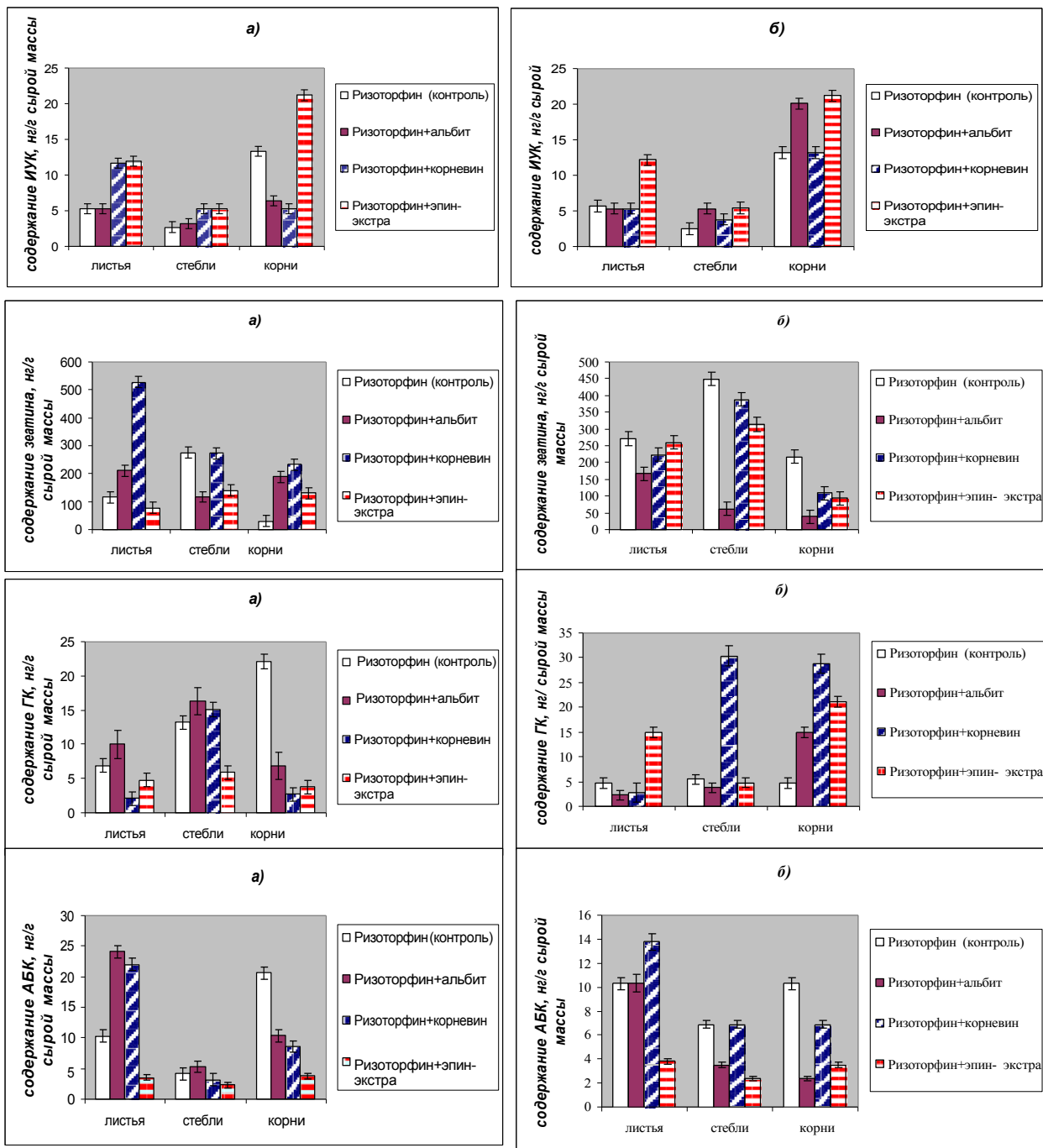
## **5.2 Действие Ризоторфина, Альбита, Корневина и Эпина-Экстра на содержание и соотношение фитогормонов фасоли разных сортов**

Исследования по изучению влияния обработки семян растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница биопрепаратом Ризоторфин и регуляторами роста Альбит, Корневин и Эпин-Экстра на эндогенный уровень этих растений проводили в фазу бутонизации – цветения в условиях полевого опыта. Данные рис.2 свидетельствуют о том, что на фоне Ризоторфина Альбит не оказал влияния на содержание ауксинов в листьях, стеблях растений фасоли сорта Гелиада и снизил его количество в корнях с клубеньками почти в 2 раза. Корневин повышал содержание ауксинов в листьях (в 2,2 раза) и стеблях растений фасоли этого сорта и снижал в корнях с клубеньками (в 2,5 раза). Регулятор роста Эпин-Экстра повысил содержание ИУК в листьях, в стеблях в 2,3 раза и в корнях с клубеньками в 1,6 раза растений фасоли сорта Гелиада, по сравнению с контролем. У растений фасоли сорта Шоколадница Альбит и Корневин не оказали влияния на содержание ауксинов в листьях. Вместе с тем, Альбит повысил содержание ИУК в корнях с клубеньками в 1,5 раза. Содержание ИУК в листьях и корнях с клубеньками при обработке Корневином было на уровне с контролем. Препарат Эпин-Экстра повысил содержание ИУК в листьях, в стеблях в 2,1 раза и в корнях с клубеньками в 1,6 раза растений фасоли сорта Шоколадница, по сравнению с контролем (рис. 2). Обработка препаратом Эпин-Экстра повышала содержание ИУК во всех вегетативных органах фасоли обоих сортов, что подтверждает положение о синергизме brassinosteroidов и ауксинов. В отношении гиббереллинов отмечен аддитивный эффект – у растений фасоли сорта Шоколадница Эпин-Экстра увеличивал их содержание в листьях и корнях с клубеньками, у сорта Гелиада возрастало содержание зеатина в корнях с клубеньками. Однако если ауксины способствуют внедрению ризобий в корень, то цитокинины свою основную роль, очевидно, выполняют уже в процессе формирования клубенька. Содержание зеатина в листьях растений фасоли сорта Гелиада повышалось под влиянием Альбита (почти в 2 раза) и Корневина (в 4,5 раза), в стеблях – снижалось под влиянием Альбита и Эпина-Экстра, не изменялось под влиянием Корневина и значительно повышалось в корнях с клубеньками под влиянием Альбита, Корневина и Эпина-Экстра (в 6,1; 7,5 и 4,2 раза соответственно).

У растений фасоли сорта Шоколадница содержание зеатина в листьях, стеблях и корнях с клубеньками снижалось под влиянием Альбита, Корневина и Эпина-

Экстра и было высоким при обработке Ризоторфином (рис. 2). Содержание ГК в листьях и стеблях растений фасоли сорта Гелиада под влиянием Альбита повышалось и снижалось под влиянием Эпин-Экстра. В корнях с клубеньками у растений этого сорта содержание ГК снижалось под влиянием Альбита, Корневина и Эпин-Экстра (в 3,2; в 6,3 и 5,8 раза соответственно) по сравнению с контролем. У растений фасоли сорта Шоколадница содержание ГК снижалось в листьях и стеблях под влиянием Альбита, под влиянием Корневина – в листьях и значительно увеличивалось в стеблях. Под влиянием Эпин-Экстра содержание ГК не изменялось в стеблях и увеличивалось в листьях (в 3,1 раза). В корнях с клубеньками растений этого сорта содержание ГК возрастало под влиянием всех испытуемых препаратов – Альбита, Корневина, Эпин-Экстра (в 3,2; 6,1 и 4,5 раза соответственно) (рис. 2). Содержание АБК повышалось под влиянием Альбита (в 2,1 раза) у растений обоих сортов и снижалось в листьях обоих сортов под влиянием Эпин-Экстра.

У растений сорта Гелиада содержание АБК в стеблях не изменялось под влиянием Альбита и снижалось под влиянием Корневина и Эпин-Экстра. У сорта Шоколадница содержание АБК в стеблях снижалось под влиянием Альбита и Эпин-Экстра и не изменялось под влиянием Корневина. Содержание АБК уменьшалось в корнях с клубеньками растений фасоли обоих сортов под влиянием Альбита, Корневина и Эпин-Экстра, по сравнению с контролем (рис. 2). Таким образом, растения фасоли сортов Гелиада и Шоколадница в полевых условиях проявили разную чувствительность к обработке регуляторами роста и биопрепаратом. По-видимому, это оказало влияние на их азотфиксирующую активность. Так, наивысшие показатели нитрогеназной активности в клубеньках фасоли сорта Гелиада отмечены при обработке Эпином-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином (когда происходило повышение ИУК во всех вегетативных органах), у сорта Шоколадница – при обработке Ризоторфином, на фоне повышения зеатина во всех вегетативных органах.



**Рисунок 2 – Влияние регуляторов роста и биопрепарата на содержание фитогормонов в органах растений фасоли: а – Гелиада, б – Шоколадница**

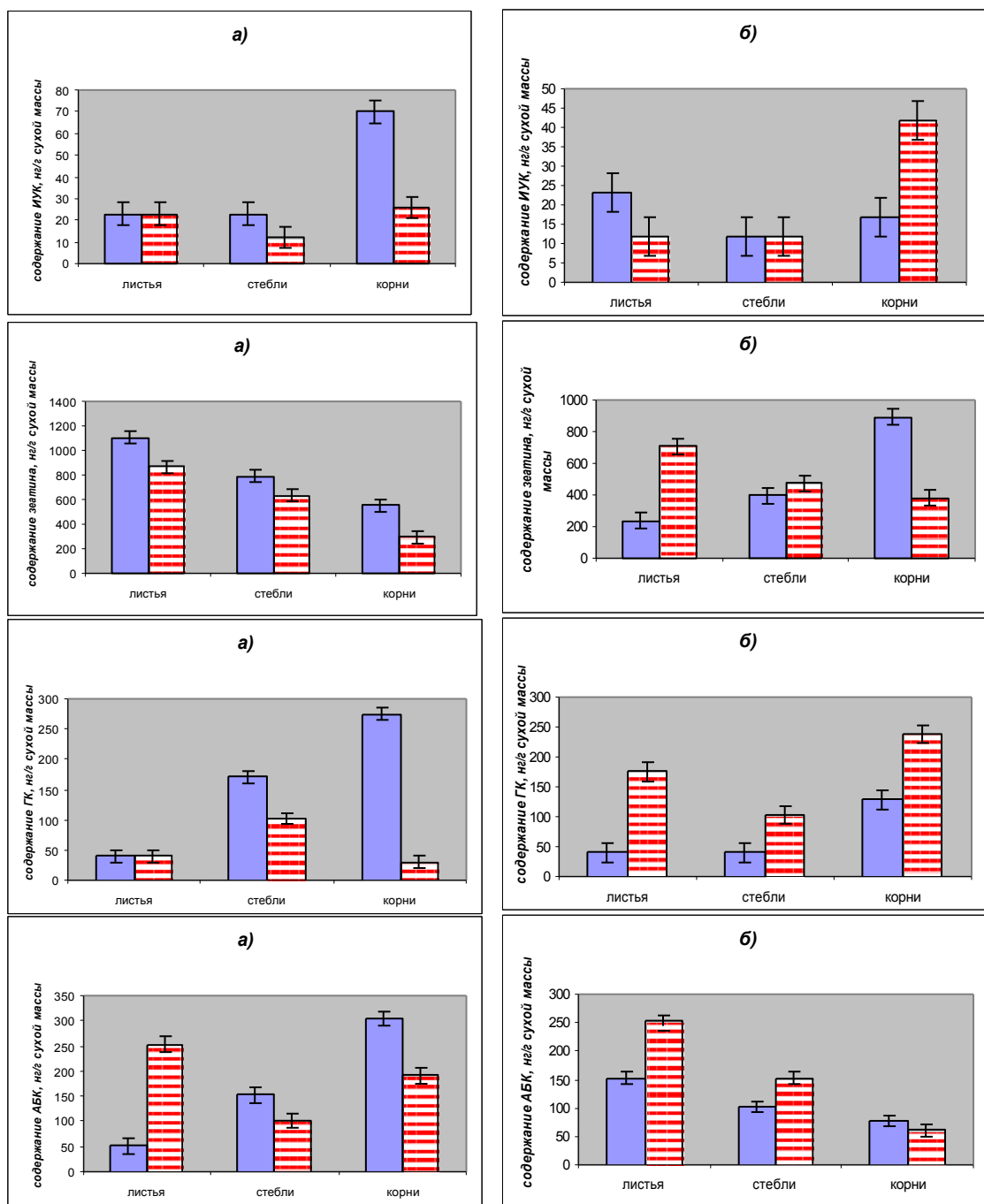
### **5.3 Влияние Ризоторфина и Эпин-Экстра на эндогенный уровень гормонов растений сои разных сортов**

На фоне обработки семян Ризоторфином и Эпином-Экстра происходило изменение содержания фитогормонов в вегетативных органах растений. У растений сои сорта Магева содержание ауксинов в листьях при обработке Эпином-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином было на уровне контроля и снижалось в стеблях и корнях с клубеньками. Содержание зеатина при обработке Эпином-Экстра снижалось в листьях, стеблях и корнях с клубеньками. Содержание ГК в листьях под влиянием Эпина-Экстра не изменялось и уменьшалось в стеблях и корнях с клубеньками. Содержание АБК под влиянием Эпина-Экстра значительно возрастало в листьях (в 5 раз) против контроля и снижалось в стеблях и корнях с клубеньками (рис. 3).

У растений сои сорта Свапа содержание ауксинов под влиянием Эпина-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином снижалось в листьях, не изменялось в стеблях и значительно возрастало в корнях с клубеньками (в 2,5 раза) против контроля. Вероятно, это было связано с тем, что сами клубеньковые бактерии активно участвуют в синтезе ИУК. Ауксины ризобий в дополнении к ауксинам растений изменяют ритм клеточного деления. Существенная функция этого соединения связана в значительной степени с его способностью при локальном повышении содержания, вызывать приток и перераспределение пластических веществ, необходимых для осуществления интенсивного нарастания ткани.

Ауксин, содержащийся в корнях, является как продуктом собственного синтеза, так и результатом притока из надземной части растений. Ауксины синтезируются в меристеме точек роста стебля и корня. Поэтому, можно полагать, что часть ИУК транспортировалась из стеблей в корни. Содержание зеатина под влиянием Эпина-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином значительно возрастало в листьях (в 3 раза) и в стеблях (в 1,2 раза) и снижалось в корнях с клубеньками (в 2,4 раза) против контроля. Содержание ГК значительно возрастало при обработке Эпином-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином в листьях (в 4,4 раза), стеблях (в 2,6 раза) и в корнях с клубеньками (в 1,9 раза) по сравнению с контролем. Гиббереллины, в отличие от ауксинов и цитокининов, в меньшей степени дезорганизуют деятельность меристемы, хотя и усиливают митотическую активность. Обычно гиббереллины способствуют увеличению количества эндогенных ауксинов в растениях, под влиянием ГК также усиливается синтез белка и действие цитокининов.





**Рисунок 3 – Влияние Эпина-Экстра и Ризоторфина на содержание фитогормонов в органах растений сои: а – Магева, б – Свапа; варианты: столбцы слева – обработка семян Ризоторфином, столбцы справа – обработка семян Эпином-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином**

Гиббереллины стимулируют удлинение побегов, но оказывают очень слабое влияние или совсем не влияют на рост корней. Содержание АБК под влиянием Эпина-Экстра возрастало в листьях и стеблях на 66% и 50% (соответственно) и уменьшалось в корнях с клубеньками против контроля (рис. 3).

Определение содержания эндогенных фитогормонов имеет первостепенную важность при рассмотрении их регуляторной роли. При этом надо иметь в виду, что физиологическое проявление действия гормона в разных органах растения бывает неоднозначным. Как известно, это может зависеть от соотношения фитогормонов – количественного и качественного (Курапов, 1996, Пузина, 1999). Сравнение показателей роста и азотфиксирующей активности растений с содержанием и соотношением четырех основных групп фитогормонов показало, что эти процессы зависят от соотношения фитогормонов (табл. 1).

**Таблица 1 – Соотношение фитогормонов в растениях сои сортов Магева и Свапа**

Вариант	Органы растения	Соотношение фитогормонов			
		Зеатин/АБК	ГК/АБК	ИУК/АБК	ГК+зеатин+ИУК /АБК
Магева, Ризоторфин	Листья	21,7	0,8	0,5	22,9
	Стебли	5,2	1,1	0,2	7,8
	Корни	1,8	0,9	0,2	3,0
Магева, Эпин-Экстра	Листья	5,7	0,3	0,2	6,1
	Стебли	6,2	1,0	0,1	7,3
	Корни	1,6	0,2	0,1	1,9
Свапа, Ризоторфин	Листья	1,6	0,3	0,2	2,0
	Стебли	3,9	0,4	0,1	4,4
	Корни	11,6	1,7	0,2	13,5
Свапа, Эпин-Экстра	Листья	2,8	0,7	0,1	3,5
	Стебли	3,1	0,7	0,1	3,8
	Корни	6,2	3,9	0,7	10,8

Таким образом, в зависимости от органа растения меняется не только содержание отдельных гормонов, но и их соотношение. Высокий уровень зеатина в период наивысшей азотфиксирующей активности растений сои сорта Магева в листьях, стеблях и корнях с клубеньками говорит об интенсивности процессов метаболической деятельности в этих органах.

Изменение соотношения гормонов обеспечивалось в большей степени существованием так называемых «метаболических вилок». Эта особенность метаболизма, на которую впервые указал Д.Н. Прянишников (1951), заключается в наличии общих предшественников при образовании двух или трех разных веществ, осуществляющих, как правило, альтернативные пути обмена. Это положение в полной мере проявляется при изучении фитогормонов.

Ауксины влияют на распределение питательных веществ и воды, улучшают

рост растений, регулируют дыхание, синтез АТФ, что приводит к возрастанию фосфорилирования, интенсивнее происходит синтез АТФ и соответственно усиливаются процессы азотфиксации, взаимосвязанные с процессами фотосинтеза.

Если ауксины отвечают за рост растяжением, цитокинины – за деление клеток. Цитокинины также отвечают за процесс фотосинтеза, усиливают отток ассимилятов, влияют на азотный обмен, стимулируют нитратредуктазу, а возможно и нитрогеназу. Гиббереллины подобно ауксинам участвуют в разрастании завязи и образовании плодов. Гиббереллины способствуют не перераспределению питательных веществ, а общему их накоплению. Гиббереллины отвечают за фотофосфорилирование. Действуя на геном, экспрессируют гены, т.е. вызывают активность генов, ответственных за синтез белков и фотофосфорилирование.

Таким образом, растения сои разных сортов проявили разную чувствительность к действию регулятора роста Эпин-Экстра и биопрепарата Ризоторфин. Наиболее чувствительным к действию регулятора роста Эпина-Экстра оказался районированный в Орловской области сорт сои Свапа, а к действию биопрепарата Ризоторфин – сорт сои Магева. Наивысшие показатели симбиотической активности у сои Магева происходили при обработке Ризоторфином, на фоне увеличения ИУК в корнях с клубеньками, зеатина – во всех вегетативных органах, ГК – в стеблях и корнях с клубеньками, а у сои сорта Свапа – при обработке Эпином-Экстра на фоне увеличения ИУК – в корнях с клубеньками, зеатина – в листьях и ГК – во всех вегетативных органах.

## **Глава 6. Действие биопрепарата Ризоторфина и регуляторов роста (Альбита, Эпин-Экстра, Корневина) на активность симбиотической системы растений фасоли разных сортов**

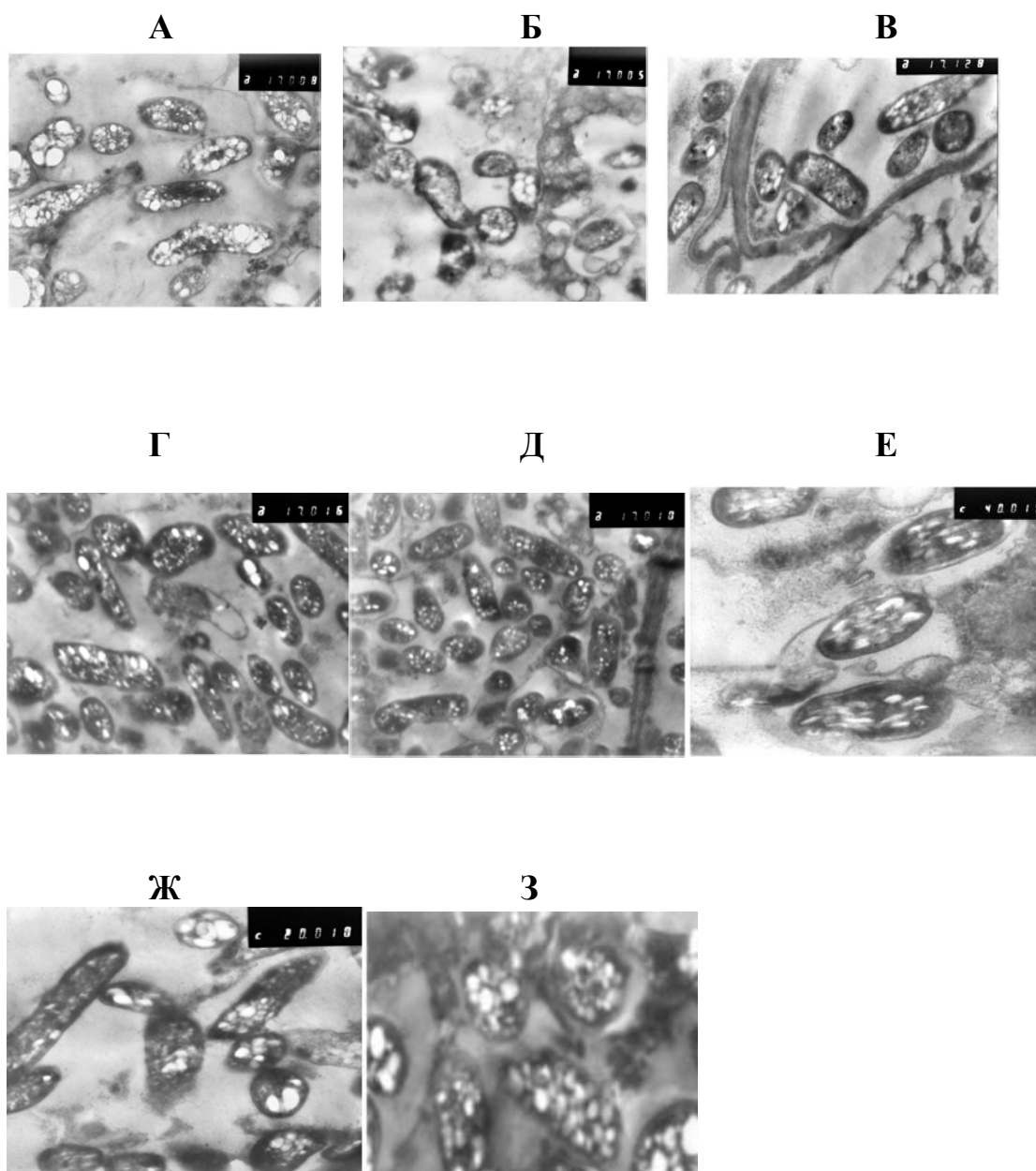
Об эффективности бобово-ризобияльного симбиоза растений судили по показателям ультраструктуры клубеньков, симбиотической азотфиксации и продуктивности растений. Изучение азотфиксирующей активности растений фасоли проводили на районированных в Орловской области сортах – Гелиада и Шоколадница.

### **6.1 Особенности ультраструктуры клубеньков (площадь и количество симбиосом, бактериоидов и включений)**

Применение метода электронной микроскопии позволило выявить некоторые детали действия биопрепаратов и регуляторов роста на эффективность симбиоза и образования клубеньков. Определяли площадь симбиосом, бактериоидов,

включений поли- $\beta$ -оксимасляной кислоты (ПОМ) и волютина и их количество на приборе MOP-VIDEOPLAN с микроскопических фотографий. В наших исследованиях изучение зрелой бактериоидной ткани показало, что в клубеньках всех вариантов бактериоидная зона (рис. 4) была заполнена сформировавшимися бактериоидами и бактериоидами с сильно развитым перибактероидным пространством (ПБП). В наших исследованиях ПБП было хорошо развито у сортов Гелиада и Шокладница при обработке Альбитом и у сорта Гелиада с обработкой Эпином-Экстра.

Помимо обязательных компонентов рибосом и внутриклеточных мембранных структур в клетках бактериоидов имеются непостоянные компоненты – гранулы включений волютина, гликогена, липидов, в частности поли- $\beta$ -оксимасляной кислоты. Волютин рассматривается как запасное вещество, подобное крахмалу, гликогену, жиру, как резерв неорганических фосфатов. Волютин служит запасным резервуаром фосфата, важного предшественника в синтезе АТФ и ДНК. ПОМ – липидные включения, которые являются источником энергии для бактерий. Обычно при активной азотфиксации содержание ПОМ в клетках бактерий минимально. Роль ПОМ заключается в основном в регуляции использования фотоассимилятов, поступающих в бактериоиды и по содержанию полимера можно в определенной степени судить об обеспеченности бактериоидов углеводными субстратами. В наших исследованиях изучение ультраструктуры клубеньков растений фасоли разных сортов показало следующее. В клубеньках растений фасоли симбиосомы образовывались не во всех вариантах. У растений фасоли сорта Гелиада самая большая площадь симбиосом и их количество были в варианте с обработкой Эпином-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином (рис. 4, табл. 2). В этом же варианте отмечено наличие большого количества включений волютина, имеющих бóльшую площадь. Самая большая площадь бактериоидов была в клубеньках растений фасоли сорта Гелиада при обработке Корневином на фоне инокуляции Ризоторфином. Однако количество бактериоидов в клубеньках растений этого сорта было наибольшим в контроле. В клубеньках растений фасоли сорта Шоколадница наибольшая площадь и количество бактериоидов отмечено в варианте с обработкой только биопрепаратом Ризоторфин. У растений фасоли сорта Гелиада наибольшая площадь включений ПОМ и их количество отмечено в контроле. У растений фасоли сорта Шоколадница бóльшая площадь ПОМ и их количество отмечено в варианте с обработкой Корневином на фоне инокуляции Ризоторфином.



**Рисунок 4 – Ультраструктура клубеньков фасоли:**

**А** – клубеньки фасоли сорта Гелиада, образованные при инокуляции семян Ризоторфином, увеличение 17000;

**Б** – клубеньки фасоли сорта Гелиада, образованные при обработке семян Альбитом, увеличение 17000;

**В** – клубеньки фасоли сорта Гелиада, образованные при обработке семян Корневином, увеличение 17000;

**Г** – клубеньки фасоли сорта Гелиада, образованные при обработке семян Эпином-Экстра, увеличение 17000;

**Д** – клубеньки фасоли сорта Шоколадница, образованные при инокуляции семян Ризоторфином, увеличение 17000;

**Е** – клубеньки фасоли сорта Шоколадница, образованные при обработке семян Альбитом, увеличение 40 000;

**Ж** – клубеньки фасоли сорта Шоколадница, образованные при обработке семян Корневином, увеличение 20000;

**З** – клубеньки фасоли сорта Шоколадница, образованные при обработке семян Эпином-Экстра, увеличение 17000

Большая площадь включений волютина и их количество отмечены у растений фасоли этого сорта при обработке только Ризоторфином (рис. 4, табл. 2). Таким образом, содержание ПОМ, волютина, ПБП, может служить для некоторых видов ризобий новой дополнительной характеристикой активности симбиотической системы.

## **6.2 Эффективность симбиотической системы (масса и количество клубеньков, активность нитрогеназы в клубеньках)**

Эффективность симбиотической системы растений фасоли в полевом опыте изучали по массе корней с клубеньками, массе клубеньков и их количеству, активности фермента нитрогеназы в клубеньках. Это одни из основных показателей, от которых зависит эффективность симбиотической системы. Однако самым важным из них является активность фермента нитрогеназы. На этот фактор значительным образом повлиял регулятор роста Эпин-Экстра у сорта Гелиада и биопрепарат Ризоторфин у сорта Шоколадница.

Анализ эффективности симбиотической системы растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница, при обработке биопрепаратом и регуляторами роста показал, что наивысшие показатели массы и количества клубеньков и активности в них фермента нитрогеназы отмечены у растений фасоли сорта Гелиада при обработке семян Эпином-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином, а также Корневином и Альбитом. У сорта фасоли Шоколадница проявилось протекторное действие Ризоторфина.

Наивысшие показатели массы клубеньков, нитрогеназной активности отмечены при обработке семян только Ризоторфином, наименьшие – Альбитом на фоне инокуляции Ризоторфином (рис. 5). Эти данные подтвердили исследования ультраструктуры их клубеньков (рис. 4, табл. 2).

**Таблица 2 – Изменение ультраструктуры клубеньков растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница**

Вариант	Площадь, мкм <sup>2</sup>				Количество			
	Симбиосом	Бактероидов	ПОМ	Волютина	Симбиосом	Бактероидов	ПОМ	Волютина
Сорт Гелиада								
Ризоторфин	–	0,091±0,0027	0,033±0,0019	0,014±0,0002	–	23,56±2,28	1,62±0,08	9,5±0,37
Альбит	1,21±0,05	0,21±0,0058	0,037±0,0020	0,015±0,0004	10,83±0,78	3,46±0,12	3,21±0,15	8,01±0,46
Корневин	–	0,58±0,027	0,021±0,0013	0,012±0,0003	–	11,4±1,49	2,48±0,14	7,40±0,49
Эпин-Экстра	2,7±0,13	0,47±0,017	0,023±0,0013	0,018±0,0004	14,22±0,42	4,28±0,14	0,62±0,10	10,41±0,28
Сорт Шоколадница								
Ризоторфин	–	0,56±0,028	0,023±0,0012	0,033±0,0007	–	24,70±1,93	1,09±0,06	9,08±0,37
Альбит	2,08±0,085	0,40±0,011	0,040±0,0026	0,016±0,0004	7,2±0,61	3,88±0,11	1,69±0,06	6,44±0,25
Корневин	–	0,46±0,021	0,057±0,0017	0,016±0,0005	–	15,85±1,97	1,72±0,12	6,10±0,22
Эпин-Экстра	–	0,51±0,013	0,031±0,0009	0,026±0,0007	–	16,41±1,05	1,52±0,09	7,58±0,37

\*Примечание: «–» прочерк – отсутствие структур

### **6.3 Влияние биопрепарата и регуляторов роста на ростовые показатели растений, урожай и его качество**

Влияние регуляторов роста на ростовые процессы растений фасоли разных сортов, урожайность и его качество зависело от погодных условий вегетационного периода.

В избыточно увлажненный период увеличение ростовых показателей отмечается в вариантах с обработкой семян фасоли сорта Гелиада Альбитом и Эпином-Экстра, а у сорта Шоколадница – при обработке Ризоторфином (табл. 3). В засушливый период у растений фасоли сорта Гелиада увеличение надземной массы и высоты растений отмечено при обработке регулятором роста Альбитом, а у сорта Шоколадница при обработке только Ризоторфином.

В благоприятных для растений фасоли погодных условиях происходило наибольшее накопление вегетативной массы при обработке всеми испытанными препаратами, но наибольшее – при обработке Ризоторфином растений фасоли обоих сортов (табл. 3).

Условия в годы проведения исследования оказали влияние на продуктивность сортов фасоли. В избыточно увлажненном 2006 г. наибольший урожай получен при обработке семян Корневином (2,28 т/га). В 2006 году регуляторы роста приводили к достоверному снижению урожайности сорта Шоколадница, что, вероятно, было связано с избыточной увлажненностью. Однако повышение урожайности этого сорта наблюдается под влиянием биопрепарата Ризоторфин.

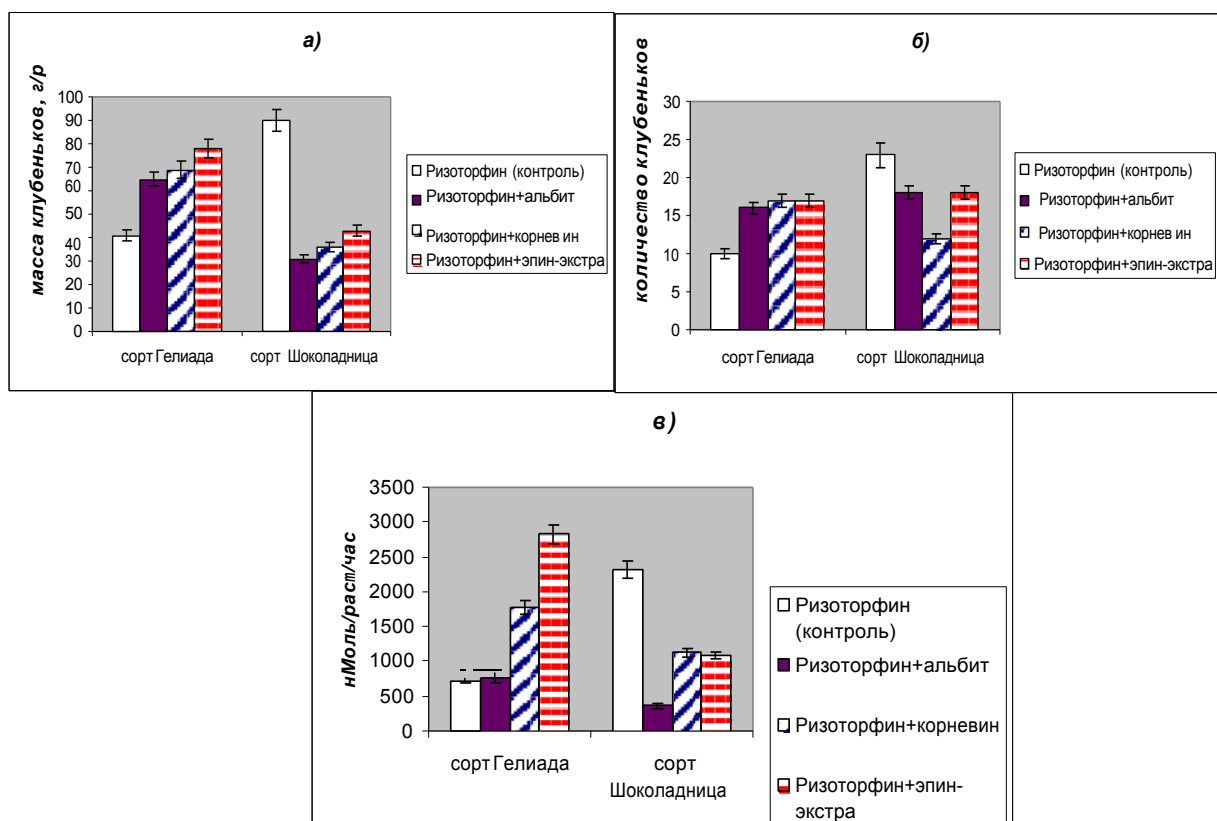
В 2007 г. у сорта Гелиада наибольший урожай отмечен при обработке Альбитом (3,69 т/га), у сорта Шоколадница – при обработке Ризоторфином (3,0 т/га). В 2008 г. благоприятном для развития растений фасоли, наибольший урожай у растений сорта Гелиада отмечен при обработке Ризоторфином (3,9 т/га), а у сорта Шоколадница при обработке Эпином-Экстра (3,95 т/га) (табл. 4).

У бобовых растений качество семян определяется, прежде всего, наличием белка. Фасоль – это высокобелковая ценная культура, с легко усваиваемым белком.



**Таблица 3 – Ростовые показатели растений фасоли в фазу бутонизации-начала цветения, при обработке биопрепаратом и регуляторами роста (среднее). Полевой опыт**

Вариант	2006 г.		2007 г.		2008 г.	
	Надземная масса, г/растение	Высота, см	Надземная масса, г/растение	Высота, см	Надземная масса, г/растение	Высота, см
<b>Сорт Гелиада</b>						
Контроль (без обработки)	13,0±1,02	30,05±1,06	20,05±1,01	40±1,7	35±2,3	42±0,8
Ризоторфин	15,9±2,03	33,5 ±2,05	21,07±1,63	42±1,6	50,5±2,7	45±0,6
Альбит	20,1±1,53	39,5±1,15	23,10±1,84	46±1,85	48,6±2,5	44±0,5
Корневин	15,4±3,06	32,5±2,06	23,75±1,92	41±1,47	46,7±3,2	43±0,4
Эпин-Экстра	18,2±2,31	37,5±3,19	17,86±1,27	37±1,14	49,1±2,8	48±0,3
<b>Сорт Шоколадница</b>						
Контроль (без обработки)	12,7±0,06	27,5±1,08	15,40±1,24	32±1,01	33,8±2,4	37±0,2
Ризоторфин	17,6±1,67	30,5±2,58	26,51±1,23	38±1,23	59,6±2,6	43±0,3
Альбит	14,2±2,08	26,0±2,15	23,63±1,91	30±2,53	46,5±3,2	40±0,4
Корневин	13,2±2,04	29,5±2,49	22,72±1,82	35±3,08	45,4±3,1	39±0,1
Эпин-Экстра	9,9±3,08	24,5±2,01	17,52±2,21	34±3,01	42,4±2,8	42±0,2



**Рисунок 5 – Влияние биопрепарата и регуляторов роста на массу (а), количество (б) клубеньков и на нитрогеназную активность (в) клубеньков растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница. Среднее за 2006-2008 гг. Полевой опыт**

Установлено, что обработка Эпином-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином увеличивала содержание белка в листьях растений фасоли сорта Гелиада, а в семенах – обработка Корневином. У растений фасоли сорта Шоколадница наибольшее содержание белка в листьях отмечено при обработке Ризоторфином и Эпином-Экстра, в семенах – при обработке только Ризоторфином (табл. 5).

В семенах растений фасоли обоих сортов определяли содержание амилозы и крахмала. Исследования показали, что содержание амилозы и крахмала в семенах растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница во всех вариантах с обработкой биопрепаратом и регуляторами роста было выше по сравнению с контролем (табл. 6).

Таким образом, обработка биопрепаратом и регуляторами роста оказала влияние на показатели роста, урожай и качество семян растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница, районированных в Орловской области, особенно в неблагоприятный погодный период для развития этих растений.

**Таблица 4 – Урожайность фасоли при обработке биопрепаратом и регуляторами роста (среднее) (т/га). Полевой опыт**

Вариант	2006 г.	2007 г.	2008 г.	Среднее
Сорт Гелиада				
Контроль (без обработки)	1,45±0,15	2,80±0,81	2,50±0,05	2,25±0,33
Ризоторфин	1,89±0,61	3,56±0,32	3,94±0,11	3,13±0,34
Альбит	2,06±0,31	3,96±0,19	3,0 ± 0,21	2,92±0,23
Корневин	2,28±0,47	3,20±0,52	3,23±0,08	2,90±0,35
Эпин-Экстра	1,83±0,37	3,50±0,21	3,77±0,21	3,03±0,26
НСР <sub>05</sub>	0,38	0,41	0,13	0,30
Сорт Шоколадница				
Контроль (без обработки)	1,68±0,13	2,75±0,32	2,70±0,08	2,38±0,17
Ризоторфин	2,57±0,14	3,00±0,21	3,33±0,05	2,97±0,13
Альбит	1,24±0,21	2,81±0,32	3,00±0,21	2,35±0,24
Корневин	0,80±0,18	2,75±0,21	3,11±0,07	2,22±0,15
Эпин-Экстра	1,22±0,19	2,81±0,31	3,95±0,21	2,66±0,23
НСР <sub>05</sub>	0,17	0,27	0,08	0,18

**Таблица 5 – Содержание сырого протеина (%) в листьях и семенах растений фасоли при обработке биопрепаратом и регуляторами роста (среднее). Полевой опыт**

Вариант		Контроль (без обработки)	Ризоторфин	Альбит	Эпин-Экстра	Корневин
Сорт Гелиада	л	20,03 ± 0,02	23,71 ± 0,12	21,35 ± 0,10	25,64 ± 0,03	23,10 ± 0,14
	с	20,15 ± 0,01	22,75 ± 0,11	23,80 ± 0,20	23,80 ± 0,04	26,16 ± 0,15
Сорт Шоколадница	л	21,04 ± 0,02	25,73 ± 0,03	24,41 ± 0,12	25,73 ± 0,15	24,15 ± 0,13
	с	19,18 ± 0,01	23,88 ± 0,02	21,53 ± 0,13	21,26 ± 0,16	21,0 ± 0,12

Примечание – «л» - листья, «с» - семена

**Таблица 6 – Содержание амилозы и крахмала в семенах растений фасоли при обработке биопрепаратом и регуляторами роста (среднее)**

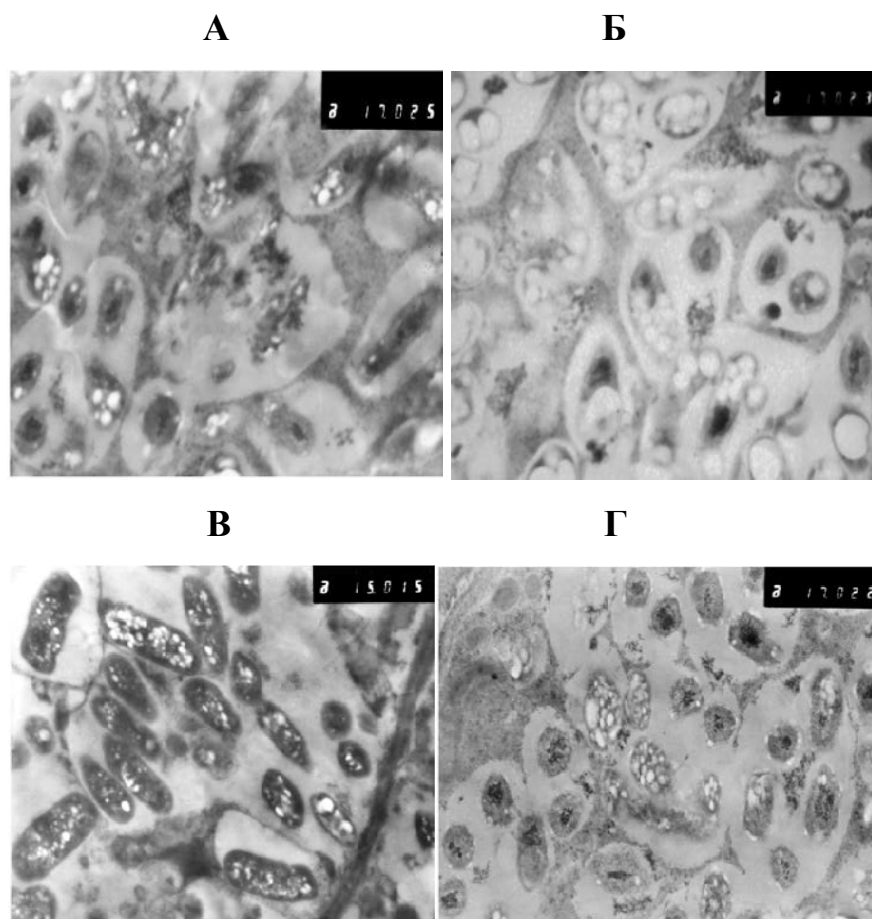
Вариант	Амилоза, г		Крахмал, %	
	Гелиада	Шоколадница	Гелиада	Шоколадница
Контроль (без обработки)	4,0 ± 0,05	3,89 ± 0,05	35,18 ± 0,01	34,17 ± 0,02
Ризоторфин	4,86 ± 0,06	4,84 ± 0,04	43,10 ± 0,02	42,92 ± 0,01
Альбит	5,0 ± 0,03	4,69 ± 0,06	44,39 ± 0,01	41,54 ± 0,02
Корневин	4,78 ± 0,04	5,10 ± 0,14	42,37 ± 0,02	45,31 ± 0,03
Эпин-Экстра	4,90 ± 0,04	4,96 ± 0,06	43,47 ± 0,02	44,02 ± 0,01

## **Глава 7 Влияние биопрепарата Ризоторфина и регулятора роста Эпин-Экстра на бобово-ризобийный симбиоз растений сои разных сортов**

### **7.1 Микроскопическое строение клубеньков (площадь и количество симбиосом, бактериоидов, включений)**

Электронно-микроскопическое изучение клубеньков растений сои сортов Магева и Свапа показало наличие во всех вариантах симбиосом и находящихся в них бактериоидов (рис. 6, табл.7). В клубеньках растений сои сорта Свапа, семена которой были обработаны препаратом Эпин-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином, наблюдали наличие большого числа симбиосом, бактериоидов, включений волютина, которые имели бóльшую площадь и минимальное количество включений ПОМ. В клубеньках растений сорта Магева, семена которой были обработаны только Ризоторфином, отмечено увеличение площади и

количества симбиосом, бактериоидов, включений волютина при минимальной площади и количестве ПОМ. Обычно, наличие в симбиосоме большого количества бактериоидов, включений волютина и минимального содержания ПОМ, свидетельствует об активной азотфиксации, что и подтвердили наши исследования. Таким образом, наличие в симбиосомах включений волютина и ПОМ для некоторых видов ризобий может служить дополнительным признаком активности симбиотической соево-ризобиальной системы.



**Рисунок 6 – Ультраструктура клубеньков сои**

**А** – клубеньки сои сорта Магева, образованные при инокуляции семян Ризоторфином увеличение 17000;

**Б**- клубеньки сои сорта Магева, образованные при обработке семян Эпином-Экстра, увеличение 20000;

**В** - клубеньки сои сорта Свапа, образованные при инокуляции семян Ризоторфином, увеличение 15000;

**Г**- клубеньки сои сорта Свапа, образованные при обработке семян Эпином-Экстра, увеличение 17000.

**Таблица 7 – Изменение ультраструктуры симбиосом и бактериоидов.**

Вариант	Площадь (мкм <sup>2</sup> ), AREA				Количество, POINT			
	Симбиосом	Бактероидов	ПОМ	Волютина	Симбиосом	Бактероидов	ПОМ	Волютина
Магева, Ризоторфин	1,89 ± 0,088	0,33 ± 0,012	0,023 ± 0,001	0,039 ± 0,002	8,43 ± 0,410	3,60 ± 0,18	1,19 ± 0,040	3,25 ± 0,130
Магева, Эпин-Экстра	1,33 ± 0,049	0,26 ± 0,008	0,026 ± 0,001	0,026 ± 0,002	7,23 ± 1,430	2,57 ± 0,082	1,46 ± 0,074	2,51 ± 0,140
Свапа, Ризоторфин	1,55 ± 0,070	0,34 ± 0,013	0,021 ± 0,002	0,030 ± 0,002	5,64 ± 0,800	2,73 ± 0,140	1,64 ± 0,110	3,98 ± 0,230
Свапа, Эпин-Экстра	3,30 ± 0,240	0,49 ± 0,054	0,016 ± 0,001	0,034 ± 0,001	8,08 ± 0,87	3,63 ± 0,220	1,61 ± 0,098	6,30 ± 0,49

## 7.2 Особенности симбиотической системы сои в процессе онтогенеза

В данных исследованиях проводилась обработка семян Ризоторфином и Эпином-Экстра. Анализ данных по влиянию обработки семян биопрепаратом Ризоторфин и регулятором роста Эпин-Экстра на симбиотическую систему растений сои сортов Магева и Свапа показал, что наивысшие показатели азотфиксирующей активности в клубеньках растений сои сортов Магева и Свапа отмечены в фазу плодообразования. Проявилась сортоспецифичность на действие Ризоторфина и препарата Эпин-Экстра. У растений сои сорта Магева наивысшие показатели симбиотической активности в клубеньках отмечены при обработке Ризоторфином, у сорта Свапа при обработке Эпином-Экстра (табл. 8).

Результаты исследований по азотфиксирующей активности клубеньков растений сои сортов Магева и Свапа подтвердили данные наших исследований ультраструктуры клубеньков этих растений (рис. 6).

**Таблица 8 – Влияние обработки семян биопрепаратом Ризоторфин и регулятором роста Эпин-Экстра на азотфиксирующую активность растений сои сортов Магева и Свапа в процессе онтогенеза**

Вариант	Масса корней с клубеньками, г/растение	Количество клубеньков, шт/растение	Масса клубеньков, мг/растение
Магева, Ризоторфин	1,7 ± 0,9 <sup>1</sup>	24 ± 3,5 <sup>1</sup>	345 ± 13,2 <sup>1</sup>
	2,6 ± 1,2 <sup>2</sup>	36 ± 4,2 <sup>2</sup>	660 ± 18,4 <sup>2</sup>
	4,9 ± 1,5 <sup>3</sup>	21 ± 3,2 <sup>3</sup>	1403 ± 26,7 <sup>3</sup>
Магева, Эпин-экстра	2,1 ± 1,0	16 ± 2,8	289 ± 12,1
	2,8 ± 1,2	27 ± 3,7	460 ± 15,3
	3,0 ± 1,2	21 ± 3,2	1203 ± 24,7
Свапа, Ризоторфин	2,7 ± 1,1	26 ± 3,6	463 ± 15,4
	3,7 ± 1,3	38 ± 4,4	620 ± 17,7
	3,1 ± 1,2	27 ± 3,7	882 ± 21,2
Свапа, Эпин-экстра	2,7 ± 1,1	30 ± 3,9	550 ± 16,7
	4,9 ± 1,5	42 ± 4,6	724 ± 19,2
	4,3 ± 1,5	33 ± 4,1	1163 ± 24,3

\*Примечание: <sup>1</sup> – фаза бутонизации, <sup>2</sup> – фаза цветения, <sup>3</sup> – фаза плодообразования

### 7.3 Влияние биопрепарата Ризоторфин и регулятора роста Эпин-Экстра на ростовые показатели растений в процессе онтогенеза и содержание белка

В результате наблюдений за динамикой роста и развития растений сои сортов Магева и Свапа и содержанием белка в вегетативных органах отмечено, что данные показатели увеличивались у растений сои сорта Свапа при обработке Эпином-Экстра, у сорта Магева при обработке Ризоторфином (табл. 9). В результате исследований установлена взаимосвязь показателей роста, содержанием белка, содержанием фитогормонов, ультраструктуры клубеньков и их симбиотической активности. Так, обработка семян растений сои сорта Свапа Эпином-Экстра на фоне инокуляции увеличивала показатели роста, азотфиксирующую активность клубеньков, содержание белка в вегетативных органах (табл.10).

**Таблица 9 – Показатели роста растений сои в процессе онтогенеза**

Показатель	Фаза вегетации	Варианты			
		сорт Магева, Ризоторфин (контроль)	сорт Магева, Эпин-Экстра	сорт Свапа, Ризоторфин (контроль)	сорт Свапа, Эпин-Экстра
Надземная масса, г/растение	1	4,8 ± 1,5	4,7 ± 1,5	4,6 ± 1,5	6,4 ± 1,8
	2	8,0 ± 2,0	5,0 ± 1,5	5,7 ± 1,7	7,5 ± 1,9
	3	15,2 ± 2,8	13,9 ± 2,6	9,3 ± 2,1	13,9 ± 2,6
Высота растений, см	1	24,0 ± 3,5	23,7 ± 3,4	32,0 ± 4,0	31,4 ± 4,0
	2	30,4 ± 3,9	33,7 ± 4,1	39,0 ± 4,4	36,4 ± 4,3
	3	54,0 ± 5,2	40,0 ± 4,5	70,0 ± 5,9	66,0 ± 5,8

В клубеньках этих растений наблюдали наличие большого числа симбиосом, бактериоидов, включений волютина, имеющих большую площадь и минимальное количество включений ПОМ. Это происходило на фоне увеличения содержания ауксинов в корнях с клубеньками, зеатина – в листьях и стеблях, гиббереллинов – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками. У растений сои сорта Магева, семена которой были обработаны только Ризоторфином, наблюдается увеличение показателей роста и содержания белка в вегетативных органах (табл. 9, табл. 10). В клубеньках растений этого сорта отмечается увеличение площади и количества симбиосом, бактериоидов, включений волютина и минимальное количество ПОМ. Это происходило на фоне увеличения ауксинов в корнях с клубеньками, зеатина – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, гиббереллинов – в стеблях и корнях с клубеньками.

**Таблица 10 – Содержание сырого протеина (%) в вегетативных органах растений сои сортов Магева и Свапа**

Вариант	Вегетативные органы	Содержание белка (% сырого протеина)		
		1	2	3
сорт Магева, Ризоторфин	Листья	20,13	22,58	23,63
	Стебли	10,15	12,95	14,61
	Корни с клубеньками	9,98	7,88	8,66
сорт Магева, Эпин-Экстра	Листья	20,83	19,16	23,98
	Стебли	9,80	13,56	15,31
	Корни с клубеньками	8,66	9,28	9,01
сорт Свапа, Ризоторфин	Листья	22,40	22,58	22,81
	Стебли	10,68	9,80	12,51
	Корни с клубеньками	9,10	7,96	9,01
сорт Свапа, Эпин-Экстра	Листья	23,01	22,43	25,46
	Стебли	11,99	12,43	11,64
	Корни с клубеньками	8,75	9,19	9,89

\*Примечание. Здесь и в табл. 9: 1 – фаза бутонизации, 2 – фаза цветения, 3 – фаза плодообразования

Сравнение показателей роста и азотфиксирующей активности растений сои с содержанием и соотношением четырех основных групп фитогормонов показало, что эти процессы зависят от соотношения фитогормонов (табл. 1). Так наивысшие показатели роста и азотфиксирующей активности растений сои сорта Магева при обработке Ризоторфином наблюдались на фоне увеличения соотношений зеатин к АБК и (ГК+зеатин+ИУК) к АБК – в листьях и корнях с клубеньками. У растений сои сорта Свапа, при совместной обработке Эпином-Экстра и Ризоторфином, наивысшие показатели роста и азотфиксирующей активности растений наблюдали на фоне увеличения соотношений зеатин к АБК

и (ГК+зеатин+ИУК) к АБК – в листьях, ГК к АБК – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, ИУК к АБК – в корнях с клубеньками.

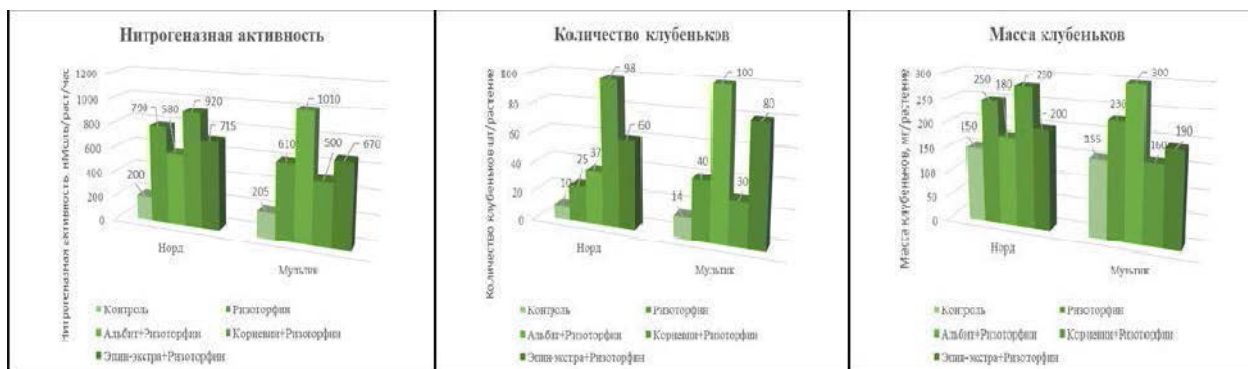
## **Глава 8 Действие биопрепарата Ризоторфина и регуляторов роста Альбита, Корневина, Эпин-Экстра на бобово-ризобиальный симбиоз растений гороха**

### **8.1 Влияние биопрепарата и регуляторов роста на формирование симбиотической системы**

Горох является одной из важнейшей зернобобовой культурой. С целью изучения влияния биопрепарата и регуляторов роста на формирование симбиотической системы растений гороха были проведены полевые и вегетационные опыты. В полевых условиях биопрепарат и регуляторы роста не оказали влияния на азотфиксирующую активность клубеньков растений, так как клубеньки практически не образовывались, или был очень короткий период симбиоза и быстрый их лизис. Возможно, это связано с тем, что в почве присутствовало большое количество местных штаммов клубеньковых бактерий и азотфиксация не протекала. Вероятной причиной разрушения клубеньков в полевых условиях явилось действие клубеньковых долгоносиков (Зотиков, Голопятов и др., 2009, Гурьев, 2014). Поэтому факторы, определяющие эффективность симбиоза в полевых условиях, были неблагоприятными и азотфиксация не происходила.

В условиях вегетационных опытов биопрепарат Ризоторфин и регуляторы роста Альбит, Корневин и Эпин-Экстра оказали положительное влияние на азотфиксирующую активность растений гороха разных сортов и в целом на формирование бобово-ризобиального симбиоза (рис.7). Так, увеличение азотфиксирующей активности в клубеньках растений гороха сорта Мультик отмечено при обработке Альбитом на фоне увеличения содержания ИУК в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, повышенного содержания зеатина в стеблях и на фоне увеличения содержания гиббереллинов в листьях. Наибольшая азотфиксирующая активность в клубеньках растений гороха сорта Норд отмечена при обработке Ризоторфином, которая наблюдалась на фоне повышенного содержания зеатина в корнях с клубеньками.





**Рисунок 7 – Влияние биопрепарата и регуляторов роста на азотфиксирующую активность растений гороха сортов Норд и Мультик в фазу бутонизации. Вегетационный опыт (среднее за 2006-2008 гг.)**

## 8.2 Влияние биопрепарата и регуляторов роста на ростовые показатели растений, урожайность и качество семян гороха

Ризоторфин и регуляторы роста оказали различное влияние на показатели роста, урожайность и качество семян гороха разных сортов, выращенных в разных условиях. Так, в вегетационном опыте обработка семян растений гороха сорта Мультик Альбитом, приводила к увеличению высоты и надземной массы, продуктивности растений (масса и количество бобов, масса и количество семян).

Вероятно, это обусловлено возрастанием количества ауксинов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, повышением содержания зеатина в стеблях и гиббереллинов в листьях и на фоне повышения азотфиксирующей активности в клубеньках. У сорта Норд увеличение показателей роста и продуктивности происходило под влиянием Ризоторфина, на фоне повышения содержания ауксинов и зеатина в корнях с клубеньками и снижения гиббереллинов и АБК в листьях, стеблях и корнях с клубеньками (табл. 11).

**Таблица 11 – Влияние Альбита и Ризоторфина на ростовые показатели и урожайность растений гороха. Вегетационный опыт (сводная таблица по данным 2007-2009гг)**

Показатель	Вариант			
	Сорт Мультик		Сорт Норд	
	Ризоторфин	Альбит	Ризоторфин	Альбит
Надземная масса, г/растение	7,9 ± 1,0	9,0 ± 0,7	8,4 ± 0,7	5,7 ± 0,6
Высота, см	43,5 ± 2,2	54,5 ± 0,8	50 ± 1,9	47 ± 1,3
Масса корней с клубеньками, г/растение	0,56 ± 0,1	0,64 ± 0,1	0,66 ± 0,1	0,45 ± 0,1
Количество бобов, шт/растение	5 ± 0,8	7 ± 1,0	7 ± 0,4	5 ± 0,3
Масса бобов, г/растение	3,9 ± 0,8	9,39 ± 0,7	4,34 ± 0,5	2,66 ± 0,4
Количество семян, шт/растение	12 ± 2,2	19 ± 0,9	26 ± 1,3	18 ± 0,7
Масса семян, г/растение	2,83 ± 1,0	3,8 ± 0,7	3,75 ± 0,6	2,19 ± 0,5

В полевых опытах не выявлено влияния Ризоторфина и регуляторов роста Альбита, Корневина и Эпин-Экстра на ростовые процессы и показатели структуры урожая. Однако отмечено повышение содержания сырого протеина в семенах растений гороха сорта Норд и Мультик; в листьях сорта Норд – под влиянием Корневина и Ризоторфина, в листьях сорта Мультик – под влиянием Эпин-Экстра (табл. 12).

**Таблица 12 – Содержание сырого протеина (%) в растениях гороха.**

**Полевой опыт (среднее)**

Вариант	листья		стебли		семена	
	Норд	Мультик	Норд	Мультик	Норд	Мультик
Контроль	15,02±0,02	18,01±0,01	8,01±0,01	9,08±0,01	22,7±0,01	20,0±0,01
Ризоторфин	17,85±0,12	18,55±0,01	8,84±0,02	11,03±0,03	25,3±0,14	20,9±0,02
Альбит	15,58±0,03	18,99±0,02	8,4±0,01	10,68±0,02	24,9±0,12	23,2±0,03
Корневин	18,2±0,13	17,33±0,01	8,93±0,02	9,28±0,01	24,7±0,12	23,8±0,03
Эпин-Экстра	16,01±0,04	19,78±0,12	9,01±0,03	10,94±0,02	23,4±0,04	23,5±0,02

Горох важная белковая продовольственная культура. Наряду с этим горох является перспективной культурой для получения высококачественного сырья для производства биологически разлагаемой пластмассы. Амилоза, содержащаяся в семенах гороха и её пространственно-молекулярная структура, обеспечивает получение наиболее качественной пластмассы. В наших исследованиях показано, что обработка биопрепаратами и регуляторами роста приводила к увеличению содержания амилозы и крахмала в семенах растений гороха обоих сортов. Наибольшие значения были у сорта Мультик под влиянием Корневина и Ризоторфина, у сорта Норд – под влиянием Корневина (табл. 13).

**Таблица 13 – Содержание амилозы и крахмала в семенах растений гороха (среднее)**

Вариант	Амилоза, г		Крахмал, %	
	Норд	Мультик	Норд	Мультик
Контроль	4,74±0,01	4,72±0,02	41,96±1,2	41,77±1,1
Ризоторфин	4,98±0,02	5,36±0,03	44,16±1,3	46,66±1,3
Альбит	5,21±0,03	5,21±0,02	46,29±1,5	46,33±1,4
Корневин	5,37±0,03	5,28±0,03	47,76±1,7	46,97±1,5
Эпин-Экстра	5,06±0,02	5,14±0,02	44,95±1,4	45,68±1,2

Погодные условия также оказали влияние на урожайность гороха. Так, в избыточно увлажненном 2006 году наивысший урожай у растений гороха сорта Норд получен в варианте с обработкой семян Корневином (4,22 т/га), у сорта Мультик – при обработке Ризоторфином (4,30 т/га). В 2007 засушливом году у растений гороха сорта Норд отмечено повышение урожая под влиянием Эпина-Экстра (2,14 т/га), а у сорта Мультик – при обработке Ризоторфином (1,68 т/га).

## **Глава 9. Экономическая эффективность возделывания бобовых растений при использовании биопрепарата и регуляторов роста**

Экономический анализ эффективности применения биопрепаратов и регуляторов роста при возделывании бобовых растений показал эффективность данного приема. Использование биопрепарата Ризоторфин и регуляторов роста Альбит, Корневин и Эпин-Экстра для предпосевной обработки семян экономически обосновано, так как приводит к возрастанию чистого дохода. Особенно выгодна обработка семян растений фасоли обоих сортов и гороха сорта Мультик биопрепаратом Ризоторфин, так как в среднем повышает рентабельность производства на 15-18%. У растений гороха сорта Норд наиболее перспективным является применение регуляторов роста Корневин и Эпин-экстра. Рентабельность при этом повышается на 17% (табл.14).

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Использование биопрепаратов и регуляторов роста с целью повышения эффективности бобово-ризобиального симбиоза можно рассматривать как один из агротехнических приемов современного растениеводства. Экзогенная обработка биопрепаратами и регуляторами роста воздействует на работу гормональной системы растений, на физиологические процессы и метаболизм макросимбионта и ризобий, что, по-видимому, оказывает влияние на активность симбиотической азотфиксации и как следствие на урожайность бобовых растений.

Симбиотическая азотфиксация находится под контролем регуляторных систем растения-хозяина. Знание закономерностей роста и развития растений гороха, фасоли и сои разных сортов, особенностей функционирования и изменения их симбиотических систем при использовании Ризоторфина и регуляторов роста создает основу для дальнейшей разработки приемов оптимизации продукционного процесса. Обработка семян гороха, фасоли и сои разных сортов биопрепаратом Ризоторфин и регуляторами роста – Альбит, Эпин-Экстра, Корневин оказала различное влияние на гормональный статус этих растений.

**Таблица 14 – Экономическая эффективность возделывания бобовых растений при использовании биопрепарата и регуляторов роста**

Показатель	Вариант														
	Растения гороха					Растения фасоли					сорта				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. Урожайность, т/га	Н 2,7	М 3,0	М 3,0	М 2,9	М 3,1	Н 2,3	М 3,8	М 3,8	М 3,2	М 3,4	Н 2,1	М 3,8	М 2,8	М 3,2	М 3,4
2. Стоимость валовой продукции, руб./га	Н 49925	М 54875	М 54225	М 55725	М 55525	Н 60900	М 70250	М 66890	М 66500	М 66410	Н 60900	М 70250	М 66890	М 66500	М 66780
3. Затраты на получение продукции, руб./га	Н 30289	М 30489	М 30479	М 30589	М 30439	Н 40118	М 41318	М 41308	М 41308	М 41418	Н 40118	М 41318	М 41308	М 41308	М 41286
4. Прибыль, руб./га	Н 19636	М 24386	М 23746	М 25136	М 25086	Н 20782	М 27732	М 25582	М 24992	М 25512	Н 20782	М 27732	М 25582	М 24992	М 25512
5. Окупаемость на 1 руб. затрат	Н 0,64	М 0,80	М 0,78	М 0,82	М 0,82	Н 0,51	М 0,67	М 0,62	М 0,61	М 0,62	Н 0,51	М 0,67	М 0,62	М 0,61	М 0,62
6. Себестоимость, руб./т	Н 11218	М 10163	М 10510	М 9559	М 9819	Н 17443	М 10873	М 12909	М 13806	М 11154	Н 17443	М 10873	М 12909	М 13806	М 11154
7. Чистый доход, руб./га	Н 15709	М 19509	М 18997	М 20109	М 20069	Н 16626	М 22186	М 20466	М 19994	М 20410	Н 16626	М 22186	М 20466	М 19994	М 20410
8. Рентабельность, %	Н 65	М 80	М 78	М 82	М 82	Н 52	М 67	М 62	М 61	М 62	Н 52	М 67	М 62	М 61	М 62
	М 65	М 80	М 73	М 78	М 77	Н 52	М 70	М 61	М 61	М 63	Н 52	М 70	М 61	М 61	М 63

\*Примечание: Сорта: Н – Норд, М – Мультик, Г – Гелиада, Ш – Шоколадница;  
 Варианты: 1 – Контроль (без обработки), 2 – Ризогорфин, 3 – Альбит, 4 – Корневин, 5 – Эпин- Экстра

Отмечены сортовые особенности бобовых растений по содержанию эндогенных фитогормонов, что свидетельствует о возможности влияния на их биосинтез. Установленные закономерности повышения эффективности бобово-ризобиального симбиоза связаны с изменением ультраструктуры клубеньков на фоне изменения соотношения разных групп фитогормонов при влиянии биопрепарата и регуляторов роста. Особенности ультраструктуры клубеньков бобовых растений могут служить показателями эффективности бобово-ризобиального симбиоза. Примененный в работе системный подход позволил дать общую картину гормонального статуса растений гороха, фасоли, сои, а также процессов симбиотической азотфиксации, показателей ростовой активности, урожая и его качества под влиянием биопрепарата и регуляторов роста, что дает возможность управлять бобово-ризобиальным симбиозом.

1. Изучено содержание и соотношение разных групп фитогормонов (ИУК, ЦК, ГК, АБК) в листьях, стеблях и корнях с клубеньками в период наивысшей азотфиксирующей активности трех видов бобовых растений при обработке биопрепаратом и регуляторами роста.

2. В вегетативных органах растений гороха сорта Мультик отмечено значительное возрастание содержания ИУК под влиянием Альбита на фоне инокуляции Ризоторфином, что сопровождалось увеличением азотфиксирующей активности этих растений. У сорта Норд повышение ИУК и ЦК в корнях с клубеньками отмечено под влиянием Ризоторфина, сопровождающееся повышением азотфиксирующей активностью этих растений. Совместная обработка Альбитом и Ризоторфином увеличивала содержание ГК в листьях сортов Норд и Мультик, а также в стеблях и корнях с клубеньками у сорта Норд.

3. У растений фасоли сорта Гелиада обработка Корневином повышала в листьях содержание ИУК, ЦК, но снижала содержание ГК; в корнях с клубеньками увеличивала содержание ЦК. Обработка Альбитом повышала уровень ЦК в листьях и корнях с клубеньками, ГК в листьях и стеблях и снижала содержание ИУК, ГК и АБК в корнях с клубеньками у сорта Гелиада. Обработка семян Эпином-Экстра приводила к увеличению содержания ИУК и ЦК в корнях с клубеньками. Вероятно, с этим связано усиление процессов фотосинтеза и азотфиксации, поскольку у растений этого сорта под влиянием Корневина и Эпин-Экстра отмечены наивысшие показатели нитрогеназной активности.

4. У сорта фасоли Шоколадница Корневин повышал содержание ГК в

стеблях и снижал содержание *АБК* и *ЦК* в корнях с клубеньками; обработка *Альбитом* повышала содержание *ИУК* и *ГК* в корнях с клубеньками и снижала содержание *ЦК* во всех вегетативных органах. Обработка *Эпином-Экстра* повышала содержание *ИУК* и снижала содержание *АБК* во всех вегетативных органах. Под влиянием Ризоторфина происходило увеличение *ЦК* во всех вегетативных органах. Цитокинины, усиливая отток ассимилятов и оказывая влияние на азотный обмен, вероятно, повлияли и на повышение нитрогеназной активности и урожайности этих растений при обработке *Ризоторфином*.

5. Показано стимулирующее влияние регулятора роста *Эпин-Экстра* на содержание *ИУК* в корнях с клубеньками, *ЦК* в листьях, *ГК* – во всех изученных органах растений сои сорта Свапа и отмечено повышение азотфиксирующей активности этих растений. У сорта Магева под влиянием *Ризоторфина* происходило увеличение содержания *ИУК* в корнях с клубеньками, *ЦК* – во всех вегетативных органах, *ГК* – в стеблях и корнях с клубеньками и как следствие – повышение симбиотической активности этих растений.

6. Исследованы особенности ультраструктуры клубеньков растений фасоли и сои разных сортов при обработке семян этих растений биопрепаратом и РР. Так, у растений фасоли сорта Гелиада под влиянием *Корневина* происходило увеличение площади *бактероидов* и включений *волютина* при минимальном количестве *ПОМ*. Эти показатели у растений фасоли сорта Шоколадница и сои сорта Магева увеличивались под влиянием *Ризоторфина*. Обработка семян *Эпином-Экстра* повышала площадь и количество *бактероидов*, включений *волютина* и снижала площадь и количество *ПОМ* у растений фасоли сорта Гелиада и сои сорта Свапа. Наличие в симбиосомах *бактероидов*, включений *волютина* и *ПОМ* может служить дополнительной характеристикой активности симбиотической системы.

7. Выявлено влияние *Ризоторфина* и РР на азотфиксирующую активность клубеньков растений фасоли, сои и гороха разных сортов. Наивысшие показатели азотфиксирующей активности в клубеньках растений фасоли сорта Гелиада и сои сорта Свапа отмечены при совместной обработке семян *Эпином-Экстра* и *Ризоторфином*; у сорта фасоли Шоколадница и сои сорта Магева - при обработке *Ризоторфином*. В полевом опыте биопрепарат и РР не оказали влияние на азотфиксирующую активность растений гороха. В условиях вегетационных опытов *Ризоторфин* и РР *Альбит*, *Корневин* и *Эпин-Экстра* оказали положительное влияние на азотфиксирующую активность клубеньков растений гороха разных

сортов и в целом на формирование бобово-ризобиального симбиоза.

8. Выявлено влияние *биопрепарата* и *РР* на *ростовые показатели* растений гороха, фасоли и сои. Показатели роста увеличивались у растений гороха сорта Мультик под влиянием *Альбита*, у гороха сорта Норд, фасоли сорта Шоколадница и сои сорта Магева – под влиянием *Ризоторфина*, сои сорта Свапа – под влиянием *Эпин-Экстра*; у растений фасоли сорта Гелиада увеличение *показателей роста* происходило под влиянием *Ризоторфина* и регуляторов роста. Эти результаты взаимосвязаны с данными азотфиксирующей активности этих растений.

9. Определено влияние *Ризоторфина*, *Альбита*, *Корневина* и *Эпин-Экстра* на урожайность бобовых растений. Так, в неблагоприятных погодных условиях наивысший урожай у фасоли сорта Гелиада получен при обработке *Альбитом* на фоне инокуляции Ризоторфином (3,69 т/га), у сорта Шоколадница – при обработке *Эпином-Экстра* и *Альбитом* на фоне инокуляции Ризоторфином (3,0 т/га); у растений гороха сорта Норд отмечено повышение урожая под влиянием *Эпин-Экстра* (2,14 т/га), у сорта гороха Мультик – при обработке *Ризоторфином* (1,68 т/га). В благоприятный период наивысший урожай у фасоли сорта Гелиада и гороха сорта Мультик получен при обработке *Ризоторфином* – 3,90 т/га и 4,30 т/га соответственно; у фасоли сорта Шоколадница – при обработке *Эпином-Экстра* (3,95 т/га), у гороха сорта Норд при обработке *Корневином* (4,22 т/га).

10. Изучено влияние *биопрепарата* и *РР* на биохимические показатели макросимбиотнта. У растений сои сорта Магева происходило повышение содержания белка в вегетативных органах под влиянием *Ризоторфина*, у сорта Свапа – под влиянием *Эпина-Экстра*. У растений гороха обоих сортов происходило повышение содержания белка в семенах под влиянием биопрепарата *Ризоторфин* и регуляторов роста *Альбита*, *Корневина* и *Эпин-Экстра*; в листьях гороха сорта Норд отмечено повышение содержания белка под влиянием *Корневина* и *Ризоторфина*, у сорта Мультик – под влиянием *Эпин-Экстра*. У растений фасоли обоих сортов отмечена тенденция увеличения содержания амилозы и крахмала в семенах при обработке *Ризоторфином* и регуляторами роста *Альбитом*, *Корневином* и *Эпином-Экстра*. Содержание амилозы и крахмала в семенах растений гороха сорта Мультик повышалось под влиянием *Корневина* и *Ризоторфина*, у сорта Норд – под влиянием *Корневина*.

11. Установлен характер взаимосвязи между содержанием и соотношением *фитогормонов* и показателями *ультраструктуры клубеньков*,

азотфиксирующей активности и продуктивностью бобовых растений. Нитрогеназная активность в клубеньках бобовых растений усиливается там, где содержание таких параметров как – площадь и количество симбиосом, бактериоидов, включений волютина возрастает при минимальной площади и количестве ПОМ. Наивысшие показатели азотфиксирующей активности растений фасоли сорта Гелиада и сои сорта Свапа отмечены при совместной обработке семян Эпином-Экстра и Ризоторфином, на фоне увеличений ауксинов в корнях с клубеньками. Под влиянием Ризоторфина выявлены наивысшие показатели азотфиксирующей активности клубеньков, на фоне увеличения в них цитокининов, у сорта фасоли Шоколадница и сорта сои Магева. Эти показатели взаимосвязаны с продуктивностью этих растений.

12. Выявлена сортоспецифичность бобовых растений по действию биопрепарата и РР. Установлена сортовая реакция растений фасоли и сои на обработку Эпином-Экстра: наибольшей отзывчивостью характеризовался сорт фасоли Гелиада и сорт сои Свапа. У растений фасоли сорта Шоколадница, сои сорта Магева и гороха сорта Норд в большей степени проявилось действие Ризоторфина. Наибольшей отзывчивостью на действие Альбита характеризовался сорт гороха Мультик.

13. Использование биопрепарата Ризоторфин и регуляторов роста Альбит, Корневин и Эпин-Экстра при предпосевной обработке семян гороха сортов Норд и Мультик и семян фасоли сортов Гелиада и Шоколадница экономически обосновано, так как приводит к возрастанию чистого дохода. Наиболее выгодна обработка семян растений фасоли обоих сортов и гороха сорта Мультик биопрепаратом Ризоторфин, которая в среднем повышает рентабельность производства на 15-18%. У растений гороха сорта Норд наиболее перспективным является применение регуляторов роста Корневина и Эпин-Экстра, при которой рентабельность повышается на 17%.

### **Рекомендации производству**

1. С целью повышения бобово-ризобиального симбиоза и урожайности растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница рекомендуется предпосевная обработка семян этих растений биопрепаратом Ризоторфин на основе *Rhizobium leguminosarum* *bv. phaesoli*, штамм 700 из расчета 200 г на гектарную норму семян.

2. Для максимальной реализации продуктивности растений гороха сортов Норд и Мультик рекомендуется предпосевная обработка семян этих растений



биопрепаратом Ризоторфин на основе *Rhizobium leguminosarum* *bv.viciae*, штамм 250а из расчета 200 г на гектарную норму семян.

3. Для повышения урожайности растений гороха сортов Норд и Мультик и фасоли сортов Гелиада и Шоколадница рекомендуется предпосевная обработка семян препаратами – Альбитом, Корневином, Эпином-Экстра, из расчета 100 г семян на 1л препарата.

4. Рекомендуется применять предпосевную обработку семян сои Эпином-Экстра из расчета 100 г семян на 1л препарата совместно с биопрепаратом Ризоторфин на основе *Bradyrhizobium japonicum*, содержащим штамм ризобий 643б, что оказывает положительное влияние на симбиотическую активность и способствует активизации физиологических процессов, особенно в районах возделывания сортов сои северного экотипа.

#### **Список основных работ, опубликованных по теме диссертации.**

##### **Публикации в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

1. **Волобуева, О.Г.**, Шильникова, В.К. Изменение симбиотической активности и урожайности гороха и люпина под действием пара-аминобензойной кислоты /**О.Г. Волобуева**, В.К. Шильникова // Известия ТСХА. – 1993. – Вып. 1. – С.102- 109.
2. **Волобуева, О.Г.**, Скоробогатова, И.В., Шильникова. Взаимодействие биологически активных веществ ризобий и ризобактерий с эндогенными фитогормонами растений гороха разных сортов /**О.Г. Волобуева**, И.В.Скоробогатова, В.К. Шильникова // Агрехимия. – 2008. - №8. – С.42-45.
3. **Волобуева, О.Г.**, Скоробогатова, И.В., Шильникова, В.К. Влияние биопрепарата альбит на содержание фитогормонов в растениях фасоли разных сортов и эффективность симбиоза /**О.Г. Волобуева**, И.В. Скоробогатова, В.К.Шильникова // Известия ТСХА. – 2010. – Вып. 1. – С. 105-113.
4. **Волобуева, О.Г.**, Скоробогатова, И.В. Изменение содержания фитогормонов и эффективность симбиоза в растениях фасоли при обработке эпином /**О.Г. Волобуева**, И.В. Скоробогатова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. - №4. – С. 19-22.
5. **Волобуева, О.Г.** Влияние эпина на содержание фитогормонов и симбиотическую активность растений сои разных сортов / **О.Г. Волобуева** // Ученые записки Орловского государственного университета. – 2010. - №2 (36). – С.98-104.
6. **Волобуева, О.Г.** Взаимодействие микро- и макросимбионта в бобово- ризобиальной системе при использовании биопрепаратов / **О.Г. Волобуева** // Ученые записки Орловского государственного университета. – 2010. - №4 (38). – С.71-76.
7. **Волобуева, О.Г.** Симбиотическая азотфиксация как фактор экологической безопасности и плодородия почвы / **О.Г. Волобуева** // Вестник Российского университета дружбы народов. – 2011. - №1. – С.53-60.
8. **Волобуева, О.Г.** Влияние корневина на бобово-ризобиальный симбиоз /**О.Г.Волобуева** // Ученые записки Орловского государственного университета. – 2011. - №3 (41). – С.124-129.
9. **Волобуева, О.Г.** Влияние ризоторфина и эпина на ультраструктуру клубеньков сои /**О.Г. Волобуева**// Ученые записки Орловского государственного университета. – 2012. - №3 (47). – С.88-92.
10. **Волобуева, О.Г.** Эффективность инокуляции семян гороха различных сортов при обработке агростимулином / **О.Г. Волобуева** // Ученые записки Орловского государственного университета. – 2013. - №3 (53). – С.153-158.
11. **Волобуева, О.Г.** Влияние эпина на азотфиксирующую активность растений сои разных

сортов / **О.Г. Волобуева**, С.Л.Белопухов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. - №1(72). – С.93-98.

12. **Волобуева, О.Г.** Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на бобово-ризобиальный симбиоз растений фасоли /О.Г. Волобуева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. - №1-2. – С.288; URL: <http://www.science-education.ru/125-20063> (электронный журнал).

13. **Волобуева, О.Г.** Влияние препарата Эпин-экстра на содержание фитогормонов в растениях сои разных сортов и эффективность симбиоза /О.Г. Волобуева // Агрехимия. – 2015. - №7. – С.47-54.

14. **Волобуева, О.Г.** Эффективность инокуляции семян фасоли при обработке препаратом Эпин-экстра /О.Г. Волобуева // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». – 2015. - №4 (16). – С. 42-47.

15. **Волобуева, О.Г.**, Мирошникова, М.П., Наумкина, Т.С. Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на эффективность бобово-ризобиального симбиоза фасоли /**О.Г. Волобуева**, М.П.

Мирошникова, Т.С. Наумкина //Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». – 2016. - №3 (19). – С. 56-62.

#### Публикации в других изданиях:

16. **Волобуева, О.Г.** Различные пути регулирования эффективности бобово-ризобиального симбиоза / О.Г. Волобуева // Продукционный процесс сельскохозяйственных культур. – Орел: ОрелГАУ. – Ч. 1. – 2001. – С. 157-164.

17. **Волобуева, О.Г.** Влияние природного регулятора роста индолил-3-уксусной кислоты на бобово-ризобиальный симбиоз / О.Г.Волобуева // Доклады ТСХА. – 2004. - № 276. – С.292-295.

18. **Волобуева, О.Г.** Влияние пара-аминобензойной кислоты (ПАБК) и штаммов клубеньковых бактерий на эффективность бобово-ризобиального симбиоза растений гороха /О.Г. Волобуева // Рациональные технологии в современном с.-х.производстве. – Орел:ОрелГАУ.–2003. – С. 17-20.

19. **Волобуева, О.Г.** Влияние штаммов клубеньковых бактерий на урожайность бобовых растений /О.Г.Волобуева//Физиологические аспекты продуктивности растений. – Орел. – 2004. – С.63-65.

20. **Волобуева, О.Г.** Пути регулирования бобово-ризобиального симбиоза / О.Г. Волобуева // Доклады ТСХА, Вып. 278. – 2006. – С.509-511.

21. **Волобуева, О.Г.** Роль регуляторов роста в повышении эффективности бобово-ризобиального симбиоза / О.Г.Волобуева // Сборник статей региональной конференции «Вторые чтения, посвященные памяти Ефремова С.И.». – Орел. – 2006. – С.97-98.

22. **Волобуева, О.Г.**, Мирошникова, М.П., Кондыков, И.В. Изменение азотфиксирующей системы бобовых растений под влиянием биопрепарата альбита и регуляторов роста ИУК и эпина / **О.Г. Волобуева**, М.П. Мирошникова, И.В. Кондыков // Доклады ТСХА, Вып. 279. – 2007. – С.194-196.

23. **Волобуева, О.Г.**, Скоробогатова, И.В., Мирошникова, М.П. Изменение содержания эндогенного уровня фитогормонов бобовых растений под влиянием ризобий и ризобактерий и эффективность симбиоза / **О.Г. Волобуева**, И.В. Скоробогатова, М.П. Мирошникова // Доклады ТСХА, Вып. 281. – 2009. – С.165 -167.

24. **Волобуева, О.Г.**, Мирошникова, М.П. Влияние биопрепаратов альбит и ризоторфин на бобово-ризобиальный симбиоз и продуктивность растений фасоли /**О.Г. Волобуева**, М.П. Мирошникова // Роль генетических ресурсов и селекционных достижений в обеспечении динамичного развития сельскохозяйственного производства. Научный сборник. - Орел. – 2009. – С.233-240.

25. **Волобуева, О.Г.** Влияние экзогенной ИУК на содержание фитогормонов и эффективность симбиоза в растениях фасоли /О.Г.Волобуева //Роль генетических ресурсов и селекционных достижений в обеспечении динамичного развития с.-х. производства. Науч. сборник. -Орел. – 2009. – С.241-254.

26. **Волобуева, О.Г.** Использование биопрепаратов и регуляторов роста в повышении

- эффективности бобово-ризобиального симбиоза /О.Г.Волобуева // Доклады ТСХА, Вып. 282. – 2010. – С.707-710.
27. **Волобуева, О.Г.** Гормональная регуляция бобово-ризобиального симбиоза растений фасоли разных сортов /О.Г. Волобуева //Современные аспекты структурно-функциональной биологии растений и грибов. Сборник статей. – Орел. – 2010. – С. 85-90.
28. **Волобуева, О.Г.** Влияние альбита на гормональную регуляцию бобово- ризобиального симбиоза / О.Г. Волобуева //Вестник Казахского национального университета. Серия биологическая. – 2011. - № 2 (48). – С.31- 35.
29. **Волобуєва, О.Г.,** Скоробогатова, І.В. Вплив Епіну на бобово-ризобіальний симбіоз /**О.Г. Волобуєва, І.В.** Скоробогатова //Зб. наукових праць «Сільськогосподарська мікробіологія: здобутки та перспективи», Чернігів, 2011. – С.156-162.
30. **Волобуева, О.Г.** Роль ростовых веществ в формировании бобово- ризобиального симбиоза /О.Г. Волобуева //Продукционный процесс растений и его регуляция, Орел. – 2014. – С. 275-278.
31. **Волобуева, О.Г.** Роль биопрепаратов и регуляторов роста в повышении эффективности бобово-ризобиального симбиоза /О.Г. Волобуева // В сборнике Современные аспекты структурно-функциональной биологии растений: от молекул до экосистем /Под ред. Пузиной Т.И. – Орел. – 2017. – С. 65-73.
32. **Волобуева, О.Г.** Содержание фитогормонов и эффективность симбиоза растений фасоли разных сортов под влиянием Корневина и Ризоторфина /О.Г Волобуева //В сборнике материалов Всероссийской конф. с международным участием «Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды». Ч.2 – Иркутск. – 2018. – С.1210-1214.
33. **Волобуева, О.Г.,** Мирошникова, М.П. Изменение ультраструктуры клубеньков растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница под влиянием Эпин-экстра / **О.Г. Волобуева, М.П.** Мирошникова //В сборнике материалов Всероссийской конф. с международным участием «Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды». Ч.2. – Иркутск. – 2018. – С. 1215-1218.
34. **Волобуева, О.Г.** Симбиотическая активность и урожайность растений гороха под действием пара-аминобензойной кислоты и синтетических регуляторов роста /О.Г.Волобуева //Материалы конф. институтов Орловской области «Биологические основы интенсивного растениеводства». - Орел. – 1993. – С.79-80.
35. **Волобуева, О.Г.** Эффективность действия регуляторов роста на симбиотическую активность бобовых растений /О.Г. Волобуева //В книге: Регуляторы роста и развития растений. 3-я Международная конф., Москва. – 1995. – С. 96.
36. **Volobueva, O.G.** The interrelation between symbiotic nitrogen-fixture and the yield of pea plants /O.G. Volobueva //Abstracts of the international conference «Physicalchemical basis of plant physiology», Pushchino, 1996. - P. 86.
37. **Волобуева, О.Г.** Эффективность инокуляции семян фасоли при обработке фиторегуляторами /О.Г. Волобуева // Тезисы 4-ой Международной конф. «Регуляторы роста и развития растений». – Москва. – 1997. – С. 253.
38. **Волобуева, О.Г.** Влияние ПАБК и ИУК на физиологические процессы у фасоли/О.Г.Волобуева // Тезисы докладов конф. Проблемы и достижения современной физиологии растений и их использование в вузовском и школьном преподавании. Пермь. – 1997. – С.25-26.
39. **Волобуева, О.Г.** Влияние природных регуляторов роста на урожай растений гороха /О.Г. Волобуева //Тезисы конф. «Физиология растений – основа рационального земледелия». – Москва. – 1999. – С. 69-70.
40. **Волобуева, О.Г.** Особенности регулирования бобово-ризобиального симбиоза у гороха /О.Г. Волобуева // Тезисы Международной конф. «Физиология растений – основа фитобиотехнологий». – Пенза. – 2003. – С. 174- 175.
41. **Волобуева, О.Г.** Влияние природных регуляторов роста ПАБК и ИУК на урожай бобовых

- растений /О.Г. Волобуева //Тезисы Международной конф. «Проблемы физиологии растений Севера». – Петрозаводск. – 2004. – С. 44.
42. **Волобуева, О.Г.** Влияние биопрепарата альбит и регуляторов роста ИУК и эпина на бобово-ризобиальный симбиоз / О.Г. Волобуева // Тезисы Всероссийской конф. с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты исследования симбиотических систем». – Саратов. – 2007. – С. 75.
43. **Volobueva, O.G.** Characterization the interrelation between symbiotic nitrogen- fixture and the yield of pea plants / O.G Volobueva // Abstracts Int. sci. conf. «S.P. Kostychev and contemporary agricultural microbiology, Yalta, 2007. – P.64.
44. **Волобуева, О.Г.,** Скоробогатова, И.В. Изменение содержания фитогормонов у бобовых растений под влиянием ризобий и ризобактерий / **О.Г. Волобуева,** И.В.Скоробогатова //Тезисы международной конф. «Научное наследие Н.И.Вавилова – фундамент развития отечественного и мирового сельского хозяйства». – Москва. – 2007. – С.45.
45. **Волобуева, О.Г.** Взаимодействие биологически активных веществ ризобий с эндогенными фитогормонами бобовых растений /О.Г. Волобуева // Тезисы материалов Всероссийского симпозиума с международным участием «Биологически активные вещества микроорганизмов. Прошлое, настоящее, будущее» – М.: Изд-во МГУ. – 2011. – С. 25.
46. **Волобуева, О.Г.** Влияние биопрепарата альбит и регуляторов роста ИУК и эпина на урожайность бобовых растений /О.Г.Волобуева // Тезисы Международной конф. «Современная физиология растений: от молекул до экосистем». Ч.3.- Сыктывкар. – 2007. – 314-315.
- 47.**Волобуева, О.Г.,** Крылова, В.В. Влияние эпина на бобово-ризобиальный симбиоз растений сои разных сортов / **О.Г. Волобуева,** В.В. Крылова // Тезисы международной конф. «Физиология растений – фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий». – Нижний Новгород. – 2011. – С. 147-148.
48. **Волобуева, О.Г.,** Скоробогатова, И.В. Гормональная регуляция бобово- ризобиального симбиоза /О.Г.Волобуева, И.В.Скоробогатова //Тезисы Международной конф.«Физиология растений – фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий». – Нижний Новгород. – 2011. – С. 148-149.
- 49.**Волобуева, О.Г.** Изменение ультраструктуры симбиосом и бактериоидов ризобий / О.Г. Волобуева // Тезисы материалов Всероссийского симпозиума с международным участием «Современные проблемы физиологии, экологии и биотехнологии микроорганизмов». – М.: Изд-во МГУ. – 2014. – С.54.
- 50.**Волобуева, О.Г.,** Мирошникова, М.П. Влияние препарата эпин-экстра и ризоторфина на содержание фитогормонов в растениях фасоли разных сортов и эффективность симбиоза /**О.Г. Волобуева,** М.П. Мирошникова // Тезисы Международной конф. «Генетическая интеграция прокариот и эукариот: фундаментальные исследования и современные агротехнологии». – СПб.: Санкт- Петербургский научный центр РАН. – 2015. – С.65.
- 51.**Волобуева, О.Г.** Влияние ризоторфина и препарата эпин-экстра на ультраструктуру клубеньков растений фасоли разных сортов / О.Г. Волобуева // Тезисы Всероссийского симпозиума с международным участием «Автотрофные микроорганизмы». – Москва, МГУ: МАКС Пресс. – 2015. – С. 35.
- 52.**Волобуева, О.Г.** Сравнительное изучение ультраструктуры клубеньков растений сои и фасоли разных сортов при инокуляции ризоторфином / О.Г. Волобуева //Тезисы научной конф. с международным участием «Современныетехнологии сохранения генетических ресурсов растений: проблемы и перспективы». – Санкт-Петербург. – 2016. – С.428-429.
- 53.**Волобуева, О.Г.** Влияние регуляторов роста и биопрепаратов на бобово- ризобиальный симбиоз / О.Г. Волобуева // Тезисы Международной конф. «Современные аспекты сельскохозяйственной микробиологии». – Москва. – 2016. – С. 33.
- 54.**Волобуева, О.Г.,** Скоробогатова, И.В. Изменение содержания фитогормонов у бобовых растений под влиянием Ризоторфина / **О.Г. Волобуева,** И.В. Скоробогатова // Тезисы Международной конф. «Современные аспекты сельскохозяйственной микробиологии». – Москва. – 2016. – С. 34.

55. **Волобуева, О.Г.**, Мирошникова, М.П. Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на урожайность растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница / **О.Г. Волобуева**, М.П. Мирошникова // Тезисы Международной конф. «Современные аспекты сельскохозяйственной микробиологии». – Москва. – 2016. – С. 35.
56. **Волобуева, О.Г.** Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на содержание зеатина в растениях фасоли и эффективность симбиоза / О.Г. Волобуева // Тезисы конф. «Экспериментальная биология растений: фундаментальные и прикладные аспекты». – Крым, Судак. – 2017. – С.132.
57. **Волобуева, О.Г.**, Гуро, П.В. Изменение ультраструктуры клубеньков растений сои под влиянием Ризоторфина и Эпин-экстра / **О.Г. Волобуева**, П.В. Гуро // Тезисы Международной конф. «Растения и микроорганизмы: биотехнология будущего». – Уфа. – 2018. – С.116.
58. Гуро, П.В., **Волобуева, О.Г.** Влияние агростимулина на бобово- ризобиальный симбиоз растений гороха / П.В. Гуро, **О.Г. Волобуева** // Тезисы Международной конф. «Растения и микроорганизмы: биотехнология будущего». – Уфа. – 2018. – С.13.
59. **Волобуева, О.Г.** Влияние биопрепаратов Ризоторфин и Альбит на содержание фитогормонов в растениях гороха разных сортов и эффективность симбиоза / О.Г. Волобуева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №2(30). – С.14-20.
60. **Волобуева, О.Г.** Влияние Корневина и Ризоторфина на гормональный статус и эффективность симбиотической системы растений фасоли / О.Г. Волобуева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №2(34). – С.29-34.