

*На правах рукописи*

**Севостьянова Алиса Александровна**

**ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И  
БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПОД КУКУРУЗУ НА ЗЕРНО  
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ НИЖНЕГО ДОНА**

**06.01.04 – Агрохимия**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов – 2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Донской государственной аграрный университет" на кафедре агрохимии и экологии имени профессора Е.В. Агафонова

**Научный руководитель:** доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
**Каменев Роман Александрович**

**Официальные оппоненты: Бирюкова Ольга Александровна,**  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов  
Академии биологии и биотехнологии имени  
Д.И. Ивановского ФГАОУ ВО «Южный федераль-  
ный университет», профессор

**Каргин Василий Иванович,**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
кафедра технологии производства и переработки  
сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО  
«Национальный исследовательский Мордовский  
государственный университет имени Н.П. Огарева»,  
профессор

**Ведущая организация:** ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

Защита диссертации состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2019 г. в \_\_\_\_\_ часов на засе-  
дании диссертационного совета Д 220.061.05 при федеральном государственном  
бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Саратовский  
государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова" по адресу: 410012,  
г. Саратов, Театральная пл., д.1.

E-mail: [dissovet01@sgau.ru](mailto:dissovet01@sgau.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Саратовский  
ГАУ и на сайте [www.sgau.ru](http://www.sgau.ru)

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2019 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Нарушев Виктор Бисенгалиевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Основой повышения урожайности кукурузы в настоящее время является решение вопроса рационального применения удобрений. Полученные многолетние данные свидетельствуют о необходимости совместного внесения с азотными удобрениями также фосфорных и калийных удобрений. В связи с этим появляется необходимость изучения оптимального соотношения и доз элементов минерального питания.

Анализируя вклад азота, фосфора и калия в формирование прибавки урожая кукурузы, можно отметить ведущую роль азота в повышении урожайности при внесении полного минерального удобрения (В.А. Прошкин, А.П. Смирнов, 1994; А.С. Карашаева, А.А. Шахиров, 2016).

Однако дороговизна азотных удобрений с одной стороны и возникающие проблемы при высоких нормах их применения с другой, приводят к негативным последствиям, вызывает необходимость поиска других источников азота. Важнейшим из них является биологический азот. Наибольший эффект, как правило, дает применение биопрепаратов со штаммами азотфиксаторов в сочетании с небольшими дозами минеральных удобрений.

Проблема ассоциативного связывания азота атмосферы охватывает широкий круг вопросов. В этой связи необходимость рассмотрения влияния ассоциативных микроорганизмов-азотфиксаторов на питание кукурузы и оценка доли «биологического» азота в урожае является актуальной.

**Степень разработанности темы исследований.** В 1996-2018 гг. на кафедре агрохимии Донского ГАУ изучалось применение биопрепаратов с симбиотическими и ассоциативными азотфиксирующими микроорганизмами на различных культурах в Ростовской области: на горохе (М.Ю. Стукалов, 1999), сое (С.А. Гужвин, 2003), нуте (Е.И. Пугач, 2005; К.И. Пимонов, В.Н. Тимошенко, 2018; Е.Н. Михайличенко, К.И. Пимонов и др., 2018), сорго (Е.В. Агафонов, С.В. Абраменко, 2005), баклажанах (Е.В. Агафонов, Б.С. Фарский, 2006), арбузе (В.С. Барыкин, 2009), просе (В.В. Клыков, 2013), картофеле (Е.В. Агафонов, Н.П. Каменский, С.А. Гужвин, 2013), льне масличном (И.В. Нужнов и др., 2018). Полученные результаты свидетельствуют о существенном повышении урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур. Но сведений о применении ассоциативных азотфиксаторов при возделывании кукурузы на зерно на черноземе обыкновенном в условиях Нижнего Дона нет, и этот вопрос требует проведения соответствующих исследований.

**Цели исследований** - изучение влияния минеральных удобрений и биопрепаратов с активными штаммами ассоциативных микроорганизмов-азотфиксаторов на питательный режим почвы, урожайность и качество зерна кукурузы на черноземе обыкновенном Нижнего Дона.

Для решения поставленной цели исследований был определен ряд задач:

- установить влияние ассоциативных азотфиксаторов и минеральных удобрений на динамику минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве под кукурузой;
- определить влияние различных штаммов биопрепаратов и минеральных удобрений на биометрические показатели растений кукурузы;
- изучить влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов на потребление элементов питания растениями кукурузы в течение вегетации;
- установить влияние бактериальных препаратов и удобрений на урожайность и качество зерна кукурузы;
- определить вынос и баланс элементов минерального питания на различных фонах удобрений кукурузы;
- рассчитать экономическую и биоэнергетическую эффективность применения бактериальных препаратов и минеральных удобрений под кукурузу.

### **Научная новизна.**

На черноземе обыкновенном Нижнего Дона определено влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов со штаммами ассоциативных микроорганизмов на урожайность и качество зерна кукурузы; установлены оптимальные соотношения и дозы минеральных удобрений; выявлены наиболее активные, вирулентные и толерантные к естественной микрофлоре почвы штаммы микроорганизмов с ассоциативными азотфиксаторами; установлен высокий эффект от бактериальных препаратов при совместном внесении с минеральными удобрениями и определены их оптимальные сочетания; определена зависимость действия минеральных удобрений на урожайность зерна кукурузы от обеспеченности почвы доступными элементами питания; рассчитана экономическая и биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов при выращивании кукурузы на зерно.

### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Выявлены особенности питания растений кукурузы при использовании дифференцированной системы применения минеральных удобрений, бактериальных препаратов с ассоциативными азотфиксаторами, учитывающей содержание в почве доступных элементов минерального питания,

Рекомендуемая система позволяет повысить урожайность и качество зерна кукурузы, существенно сэкономить азотные минеральные удобрения при высоком экономическом и биоэнергетическом эффекте.

Внедрение разработанных приемов для увеличения урожайности кукурузы в сельхозпредприятиях Азовского и Обливского районов Ростовской области в 2018 году повышало урожайность зерна кукурузы на 0,43-0,56 т/га, условно чистый доход – на 4330-6250 руб./га и рентабельность – на 18-22%.

**Объекты и предмет исследований.** Объектами исследований были: гибрид кукурузы селекции ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко» (г. Краснодар) - Краснодарский 385 (среднеспелый); бактериальные препараты, изготовленные во Всероссийском институте сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург), со штаммами ассоциативных азотфиксаторов: Мизорин, 204, 2П-9, 2П-7, КЛ-10; минеральные удобрения: аммофос ( $N_{12}P_{52}$ ), аммиачная селитра ( $N_{34,4}$ ), хлористый калий ( $K_2O_{65}$ ).

Предмет исследований – динамика изменений питательного режима чернозема обыкновенного среднеспелого, а также особенности формирования урожайности и качество зерна кукурузы.

**Методология и методы исследования.** В работе использованы имеющиеся научно-практические материалы по технологиям применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов в земледелии при возделывании кукурузы. При получении и обработке опытных данных использованы аналитический, экспериментальный, статистический, экономический и биоэнергетический методы исследований.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- характер изменения урожайности и качества зерна кукурузы под влиянием минеральных удобрений и бактериальных препаратов;
- зависимость эффективности доз и сочетаний азотных, фосфорных и калийных удобрений от содержания в почве доступных форм элементов питания;
- целесообразность применения под кукурузу на зерно бактериальных препаратов со штаммами ассоциативных азотфиксаторов 2П-9 и 2П-7;
- система наиболее эффективного применения минеральных удобрений, бактериальных препаратов при выращивании зерновой кукурузы на черноземе обыкновенном;
- показатели экономической и биоэнергетической оценки применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов при выращивании кукурузы на зерно.

**Достоверность результатов** исследований, подтверждается большим количеством наблюдений, учетов и анализов, проведенных в полевых опытах и лабораторных условиях, их статистической обработкой и положительными итогами апробации разработанных приемов.

**Апробация работы.** Основные результаты выполненной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях ФГБОУ ВО Донской ГАУ (2016 г., 2018 г.), ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (2016 г.), ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ (2017 г.), ФГБНУ ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (2017 г.).

**Публикации.** Результаты исследований опубликованы в 11 работах, в том числе четыре – в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

**Объём и структура диссертации.** Диссертация изложена на 173 страницах компьютерного текста, содержит 38 таблиц и 20 рисунков; включает введение, 9 глав, заключение, предложения производству и 19 приложений. Список литературы содержит 166 источников, т.ч. 10 зарубежных авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** приводятся сведения о посевных площадях и урожайности зерновой кукурузы в России и Ростовской области, указана целесообразность применения биологического азота для увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур, особенно на фоне повышения стоимости минеральных удобрений. Но при этом подтверждается, что наибольший эффект дает применение биопрепаратов со штаммами азотфиксаторов в сочетании с небольшими дозами минеральных удобрений.

**В первой главе «Обзор литературы»** рассматриваются особенности потребления растениями кукурузы элементов минерального питания в течение вегетации, затраты NPK кукурузой на формирование 1 тонны продукции, имеющийся опыт применения удобрений под зерновую кукурузу.

Приводятся данные об использовании биопрепаратов с активными штаммами ассоциативных азотфиксаторов в земледелии, действии на почву, на увеличение концентрации элементов минерального питания в растениях сельскохозяйственных культур, а также опыт применения диазотрофов для повышения урожайности и качества полевых и овощных культур. Исследованиями В.И. Малофеева В.Ф. Патыка (1997), А.А. Завалина (2000; 2004; 2005; 2011; 2015), С.М. Лукина, Е.В. Марчука (2011), С.Н. Никитина, А.А. Завалина (2017), А.А. Алферова (2018) подтверждена высокая эффективность применения ассоциативных азотфиксаторов под озимую и яровую пшеницу, ячмень, овёс, кукурузу, картофель. Приводятся данные Е.В. Агафонова с соавторами (2006), Е.В. Агафонова (2010), Е.В. Агафонова, В.В. Клыкова (2013), Е.В. Агафонова, Н.П. Каменского, С.А. Гужвина (2013) о положительном эффекте применения диазотрофов в условиях Нижнего Дона под сахарную свеклу, картофель, арбуз, баклажаны и просо. Но сведений о применении под зерновую кукурузу ассоциативных азотфиксаторов, вносимых в почву одновременно с посевом, в литературе не найдено.

**Во второй главе описываются методика и условия проведения исследований.** Полевые опыты проведены в 2015-2017 гг. в условиях Учебно-научного производственного комплекса Донского ГАУ в Октябрьском районе Ростовской области. Предшественник кукурузы – озимая пшеница. Повтор-

ность опыта - четырехкратная. Площадь делянки 42 м<sup>2</sup>, учётная – 22,0 м<sup>2</sup>. Объектом исследования являлся гибрид кукурузы Краснодарский 385 (среднеспелый). Оригинатор: ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко».

#### **Схема полевого опыта:**

Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов при выращивании кукурузы на зерно: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2-9 варианты – применение минеральных удобрений в дозах N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>; N<sub>90</sub>P<sub>40</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>; N<sub>30</sub>P<sub>80</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>80</sub>; N<sub>90</sub>P<sub>80</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub>; 10-14 варианты - штаммы азотфиксаторов Мизорин; 204; 2П-9; 2П-7; КЛ-10; 15-19 варианты – сочетание штаммов азотфиксаторов с фоном минеральных удобрений Мизорин+N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>; 204+N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>; 2П-9+N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>; 2П-7+N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>; КЛ-10+ N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>.

При закладке опыта минеральные удобрения были представлены: аммофосом (N<sub>12</sub>P<sub>52</sub>), аммиачной селитрой (N<sub>34,4</sub>), хлористым калием (K<sub>2</sub>O<sub>65</sub>), которые вносились вручную вразброс под первую культивацию с последующей заделкой в почву. В качестве бактериальных препаратов были использованы, изготовленные во Всероссийском институте сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург), со штаммами ассоциативных азотфиксаторов: Мизорин, 204, 2П-9, 2П-7, КЛ-10. Они перемешивались с сухой структурированной почвой перед посевом. Полученная смесь вносилась через туковысевающую систему сеялки СУПН-8 (патент №2454060). Уборку урожая кукурузы на зерно проводили вручную поделяночно. Закладка опытов, проведение наблюдений и учётов в течение вегетации осуществляли согласно методикам опытов с удобрениями (С.В. Щерба, Ф.А. Юдин, 1975; Ф.А. Юдин, 1980).

Отбор образцов и их лабораторные анализы выполнялись по следующим методикам: ГОСТ 28168-89 «Почвы. Отбор проб»; ГОСТ – 29269–91 «Почвы. Общие требования к проведению анализов»; ГОСТ 28268-89 «Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений; расчет продуктивной влаги с учетом влажности устойчивого завядания кукурузы - Агафонов Е.В. (1992); ГОСТ 29305-92 (ИСО 6540-80) «Кукуруза. Метод определения влажности (измельченных и целых зерен)»; ГОСТ 26951–86 «Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом»; ГОСТ 26205–91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО»; ГОСТ 13496.4-93 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина»; ГОСТ 26657-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора»; ГОСТ-30504-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия»;

ГОСТ 10845-98 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала»; ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества». Экономическую оценку использования удобрений проводили по методике Баранова Н.Н., 1966; биоэнергетическую оценку – «Основы биоэнергетической оценки производства продукции растениеводства» В.В. Удалов, А.П. Авдеенко и др., 2008; математическая обработка полученных результатов – путем дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову (1985) с использованием ПК.

Почва - чернозем обыкновенный теплый кратковременно промерзающий (североприазовский). Мощность гумусового горизонта (А+В) – 55-95 см. Чернозём обыкновенный сформировался на лессовидных желто-бурых глинах, поэтому имеет тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Для этого типа почв характерно высокое содержание карбонатов в пахотном слое – до 2,5-4,0%. В горизонте А содержание гумуса – 3,1-3,3% (О.С. Безуглова, 2008).

Перед посевом кукурузы запас минерального азота в слое почвы 0-60 см в 2015 году составил 64,0 кг/га, в 2016 год – 62,5, в 2017 год – 89,5 кг/га. Исходное содержание подвижного фосфора в почве под кукурузой в разные годы существенно различалось: в 2015 г. перед посевом в слое 0-40 см содержалось 12,9 мг/кг почвы подвижного фосфора, в 2016 г. соответственно 14,8, а в 2017 г. – 22,1 мг/кг. Перед посевом кукурузы содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см варьировало в пределах от 217 до 280 мг/кг почвы и соответствовало средней обеспеченности.

Землепользование Октябрьского района, где проводились исследования, находится в засушливой зоне. ГТК в пределах 0,7-0,8. Погодные условия в годы проведения полевых опытов отличались существенным разнообразием. В период проведения эксперимента превышение среднемноголетних годовых значений температуры воздуха составили от 0,9<sup>0</sup>С в 2016 с.-х. году до 2,9<sup>0</sup>С в 2015 с.-х. году. В 2016 и 2017 годах отмечен дефицит осадков.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**В третьей главе рассматривается динамика продуктивной влаги и элементов питания в почве под посевами кукурузы.** Перед посевом кукурузы содержание доступной влаги в слое почвы 0-100 см составило в 2015 г. – 187,3 мм, в 2016 г. – 110,2 и в 2017 г. – 159,1 мм (рисунок 1). В течение вегетации кукурузы во все годы влажность почвы уменьшалась. Снижение запасов почвенной влаги за вегетацию кукурузы в абсолютных величинах в годы проведения полевых опытов в метровом слое почвы от момента сева до полной спелости наибольшим было в 2015 г. – 139,7 мм; средним в 2017 г. – 107 мм и наименьшим в 2016 г. – 60,4 мм.



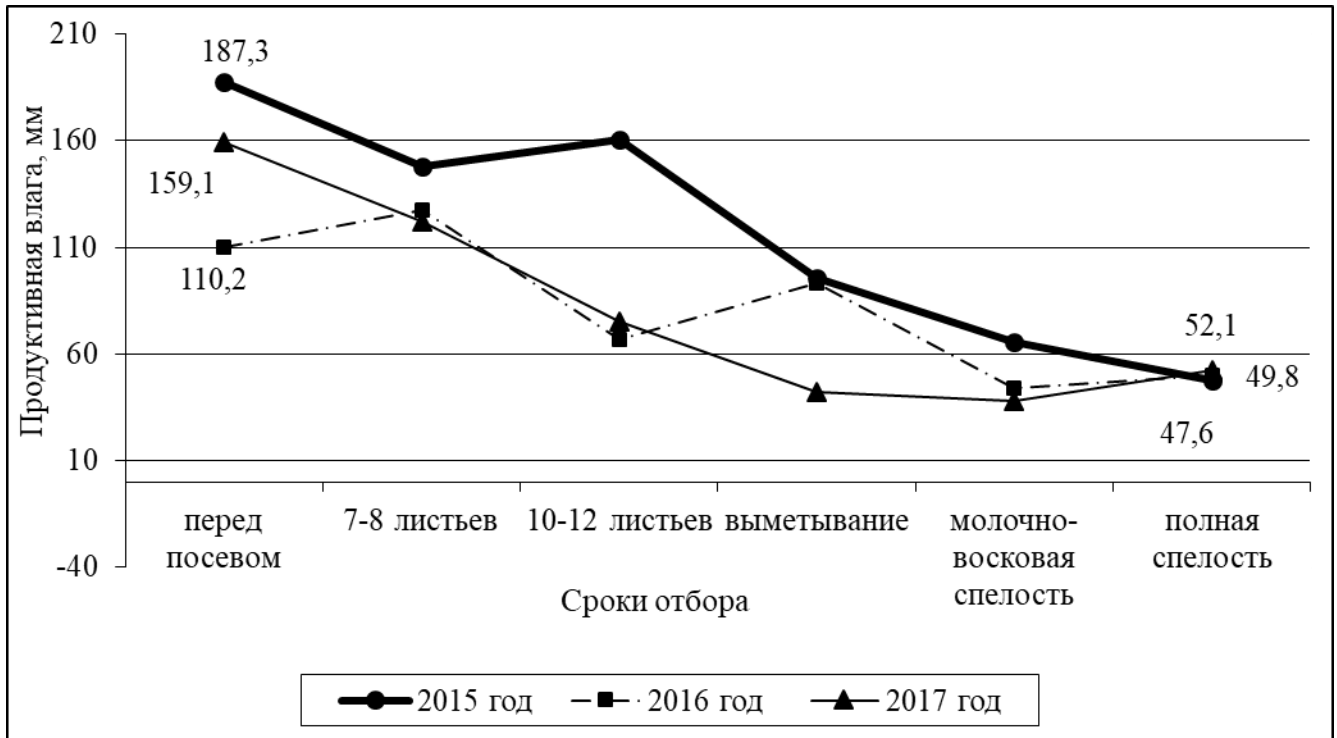


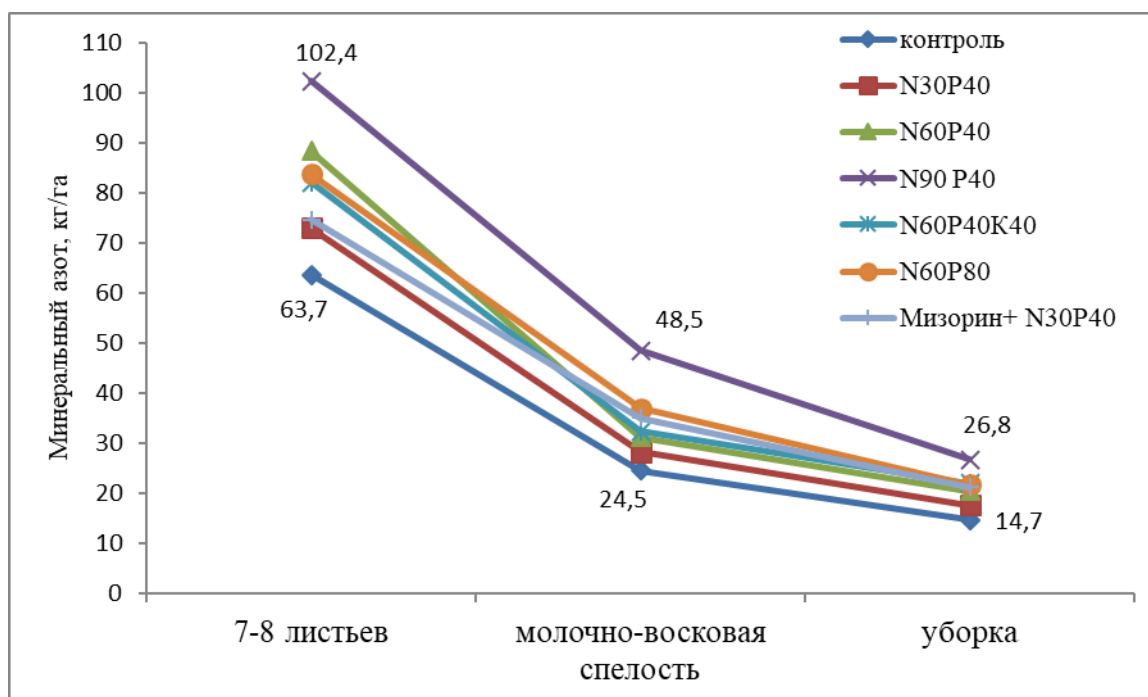
Рисунок 1 – Динамика продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см

Запас  $N-NH_4$  в 60-сантиметровом слое почвы перед посевом кукурузы наибольшим был в 2015 г. 54,9 кг/га, в 2017 г. – 40,7 и меньше всего его было в 2016 г. – 21,5 кг/га, а в среднем за 3 года – 39,0 кг/га. В 2015 и 2016 гг. от посева и до уборки кукурузы происходило равномерное снижение количества аммонийного азота. В 2017 году уменьшение запаса  $N-NH_4$  в 60-сантиметровом слое почвы происходило вплоть до молочно-восковой спелости зерна кукурузы. Это обусловлено интенсивным снижением влажности почвы из-за дефицита осадков в этот год по сравнению с двумя предыдущими, что привело к снижению интенсивности процессов аммонификации в почве. Использование биопрепарата Мизорин на фоне предпосевного внесения  $N_{30}P_{40}$  в 2015 и 2017 гг. не оказало влияния на содержание аммонийного азота в слое почвы 0-60 см к фазе 7-8 листьев кукурузы по сравнению с вариантом с  $N_{30}P_{40}$ . Но в 2016 году запас  $N-NH_4$  статистически достоверно уменьшился на 13,1%. Это связано с низким запасом продуктивной влаги в почве на начальном этапе вегетации кукурузы и интенсивной иммобилизацией аммонийного азота. В дальнейшем закономерность изменения содержания  $N-NH_4$  на вариантах с минеральными удобрениями и биопрепаратом была сходной с динамикой на контрольном варианте.

Запас нитратного азота перед посевом кукурузы в 60-сантиметровом слое почвы на контрольном варианте был наименьшим в 2015 году 9,1 кг/га, в 2016 г. - 41,0 и в 2017 г. - 48,8 кг/га и в среднем за 3 года – 33,0 кг/га. В 2017 г. запас нитратного азота в слое почвы 0-60 см от посева до фазы 7-8 листьев кукурузы снизился на 12,4 кг/га, в 2016 г. – на 2,8 кг/га. В 2015 году, наоборот, его коли-

чество увеличилось – с 9,1 до 30,3 кг/га, что обусловлено интенсивным окислением аммонийного азота до нитратного под действием сложившихся благоприятных погодных условий. Внесение азотных удобрений весной под культивацию в дозах 30, 60 и 90 д.в. кг/га способствовало увеличению содержания нитратного азота в слое почвы 0-60 см к фазе 7-8 листьев по сравнению с контролем. Наибольшая прибавка в 2015 г. получена при внесении 60 д.в. кг/га азота – 42,6%, в 2016 и 2017 гг. от 90 д.в. кг/га – 116,0 и 120,9%. Применение биопрепарата Мизорин на фоне удобрений в дозе N<sub>30</sub> в 2016 и 2017 гг. увеличивало к фазе 7-8 листьев кукурузы запас нитратного азота в слое почвы 0-60 см по сравнению с содержанием на варианте только с минеральными удобрениями в этой дозе. Но в 2015 году запас N-NO<sub>3</sub> достоверно уменьшался на 19,1%. Вероятно, это обусловлено интенсивной иммобилизацией нитратного азота. В дальнейшем изменения содержания N-NO<sub>3</sub> в почве на вариантах с минеральными удобрениями и биопрепаратом были сходными с динамикой на контроле.

Запас минерального азота перед посевом кукурузы на контрольном варианте в слое почвы 0-60 см был наименьшим в 2016 г. – 62,5 кг/га, в 2015 г. – 64,0 и наибольшим в 2017 г. – 89,5 кг/га, а в среднем за 3 года - 72,0 кг/га. В среднем за 3 года на всех вариантах в почве происходило снижение запаса N<sub>мин</sub> под кукурузой. В фазу 7-8 листьев существенное увеличение количество N<sub>мин</sub> в слое почвы 0-60 см получено лишь при внесении азотных удобрений в дозах 60 и 90 д.в. кг/га (рисунок 2).



НСР<sub>05</sub>

13,0 кг/га

F<sub>ф</sub> = 8,7;

7,3 кг/га

F<sub>ф</sub> = 10,6;

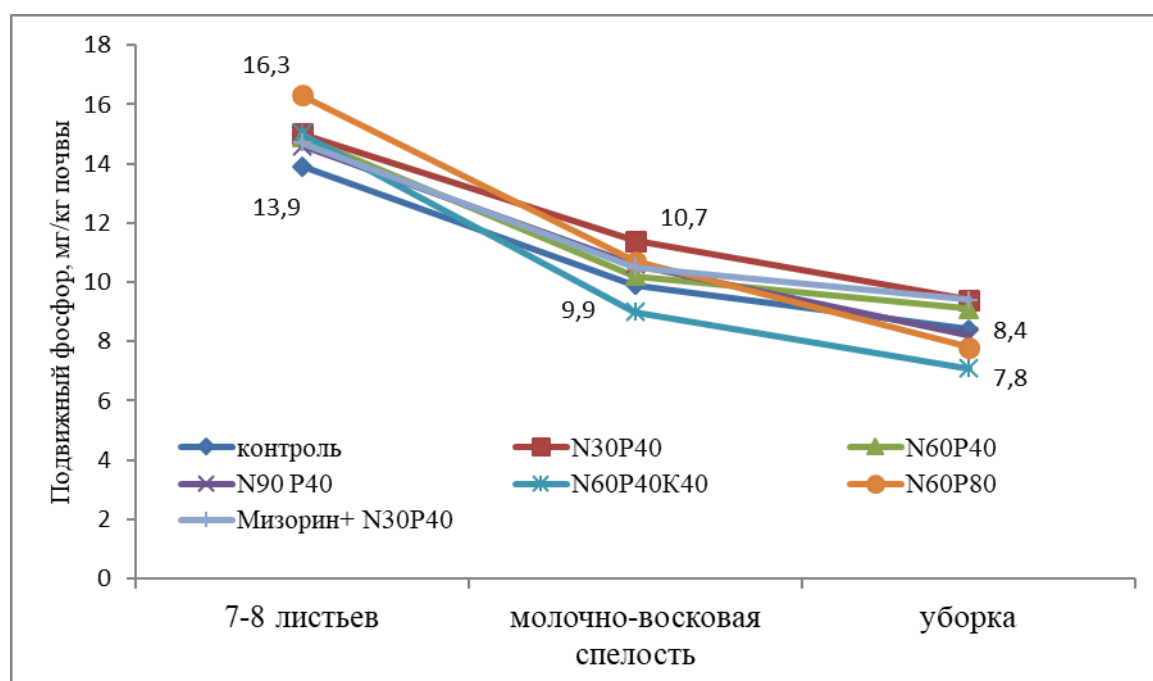
F<sub>факт.</sub> < F<sub>теор.</sub>

F<sub>ф</sub> = 1,57;

Рисунок 2 – Динамика минерального азота в слое почвы 0-60 см, кг/га (среднее за 2015-2017 гг.)

Прибавка по сравнению с контролем составила 28,9 и 60,8%. Применение 30 д.в. кг/га азотных удобрений, как и использование биопрепарата, не оказало достоверного влияния на увеличение запаса  $N_{\text{мин}}$  в почве.

Перед посевом кукурузы содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см соответствовало по градации Мачигина низкой обеспеченности в 2015 году – 12,9 мг/кг, пограничной между низкой и средней в 2016 г. – 14,8 и средней в 2017 г. – 22,1 мг/кг почвы. В среднем за 3 года оно составило 16,6 мг/кг почвы. В среднем за 2015-2017 гг. в фазу 7-8 листьев в слое почвы 0-40 см количество подвижного фосфора максимально и существенно увеличивалось после внесения под культивацию 80 д.в кг/га фосфорных удобрений (рисунок 3). Прибавка по сравнению с контролем составила 2,4 мг/кг почвы или 17,3%. От посева и до уборки зерна кукурузы в слое почвы 0-40 см на всех вариантах происходило равномерное снижение количества доступного фосфора.



НСР<sub>05</sub>      0,9 мг/кг       $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$       1,5 мг/кг  
 $F_{\text{ф}}=5,4;$        $F_{\text{ф}}= 1,5;$        $F_{\text{ф}}=3,05;$

Рисунок 3 – Динамика подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см, мг/кг почвы (среднее за 2015-2017 гг.)

Перед посевом кукурузы содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см варьировало в пределах от 280 мг/кг в 2015 г., 263 мг/кг в 2017 г. и 217 мг/кг почвы в 2016 г. и соответствовало средней обеспеченности по градации Мачигина. В среднем за 3 года содержание составило 253 мг/кг почвы. Применение калийных удобрений в дозе 40 д.в кг/га вразброс культивацию не оказало существенного влияния на количество обменного калия в слое почвы 0-40 см к фазе 7-8 листьев растений кукурузы. Обеспеченность была на уровне содержания обменного калия на контрольном варианте. От посева до фазы молочно-

восковой спелости кукурузы на всех вариантах происходило снижение обменного калия. К уборке кукурузы количество обменного калия на всех вариантах опыта незначительно повышалось или сохранялось на постоянном уровне.

**В четвертой главе дана оценка влияния удобрений на биометрические показатели растений.** Максимальные значения биометрических показателей к фазе 10-12 листьев на контрольном варианте получены в 2015 году и были обусловлены благоприятными погодными условиями в начальный период вегетации кукурузы. В среднем за 2015-2017 гг. на вариантах с минеральными удобрениями в фазу молочно-восковой спелости зерна наибольшие биометрические показатели растений кукурузы сформированы под действием полного минерального удобрения в дозах  $N_{60}P_{40-80}K_{40}$  (таблица 1). Прибавка по сравнению с контрольным вариантом в увеличении высоты растений составила 12,1-12,7%, а сырой массы 1 растения – 27,2-32,1%.

Таблица 1 - Влияние удобрений на высоту и массу растений кукурузы в фазу молочно-восковой спелости (среднее за 2015-2017 гг.)

Варианты	Высота растений, см	Прибавка к контролю		Сырая масса 1 растения, г	Прибавка к контролю	
		см	%		г	%
Контроль	173	-	-	613	-	-
$N_{30}P_{40}$	184	11	6,4	720	107	17,5
$N_{60}P_{40}$	186	13	7,5	750	137	22,3
$N_{90}P_{40}$	189	16	9,2	765	152	24,8
$N_{60}P_{40}K_{40}$	195	22	12,7	780	167	27,2
$N_{30}P_{80}$	189	16	9,2	713	100	16,3
$N_{60}P_{80}$	192	19	11,0	760	147	24,0
$N_{90}P_{80}$	193	20	11,6	780	167	27,2
$N_{60}P_{80}K_{40}$	194	21	12,1	810	197	32,1
Мизорин	184	11	6,4	680	67	10,9
Мизорин + $N_{30}P_{40}$	186	13	7,5	723	110	17,9
204	180	7	4,0	673	60	9,8
204 + $N_{30}P_{40}$	185	12	6,9	720	107	17,5
2П-9	180	7	4,0	703	90	14,7
2П-9 + $N_{30}P_{40}$	189	16	9,2	753	140	22,8
2П-7	179	6	3,5	670	57	9,3
2П-7 + $N_{30}P_{40}$	179	6	3,5	693	80	13,1
КЛ-10	174	1	0,6	600	-13	-2,1
КЛ-10 + $N_{30}P_{40}$	178	5	2,9	653	40	6,5
Фф	4,1	-	-	5,4	-	-
НСР <sub>05</sub>	9			69		

Во влиянии биопрепаратов на биометрические показатели растений закономерности не выявлено, так как наибольшая высота растений сформирована на вариантах со штаммом Мизорин, а сырая масса 1 растения – со штаммом 2П-9. На азотно-фосфорном фоне удобрений максимальная высота и масса расте-

ний сформирована под влиянием штамма 2П-9. Прибавка к контрольному варианту в увеличении высоты 1 растения составила 16 см или 9,2%, а масса 1 растения – 140 г или 22,8%.

**В пятой главе дана оценка влияния удобрений на содержание элементов питания в растениях кукурузы.** В среднем за 2015-2017 гг. к фазе 10-12 листьев существенное превышение концентрации азота в растениях отмечено на всех вариантах опыта, кроме вариантов с применением штаммов азотфиксаторов Мизорин, 2П-9 и 2П-7 (таблица 2).

Таблица 2 - Содержание NPK в растениях кукурузы, % на сухое вещество (среднее за 2015-2017 гг.)

Варианты	10-12 листьев			Молочно-восковая спелость		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	2,92	0,69	4,03	0,89	0,37	2,16
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	3,44	0,91	4,25	0,94	0,55	2,10
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	3,67	0,78	4,42	1,05	0,49	2,13
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	3,98	0,91	4,31	1,12	0,67	2,24
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub>	3,89	0,98	4,35	1,21	0,63	2,27
Мизорин	2,97	0,68	4,27	0,83	0,38	2,35
Мизорин + N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	3,32	0,86	4,22	1,03	0,58	2,22
204	3,38	0,72	4,18	0,86	0,49	2,19
204 + N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	3,66	0,75	3,94	1,04	0,55	2,17
2П-9	3,10	0,89	4,35	0,91	0,44	2,21
2П-9+ N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	3,61	1,00	4,17	1,04	0,43	2,16
2П-7	3,16	0,74	4,01	0,93	0,42	2,31
2П-7+ N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	3,44	0,74	3,99	0,97	0,49	2,18
КЛ-10	3,27	0,80	4,27	0,90	0,49	2,27
КЛ-10+ N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	3,40	0,92	4,24	0,97	0,56	2,27
Фф	34,4	20,2	178,3	6,5	13,3	322,0
НСР <sub>05</sub>	0,25	0,11	0,20	0,12	0,09	0,18

Максимальная концентрация азота в растениях кукурузы в фазе 10-12 листьев получена при внесении полного минерального удобрения в дозе N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> – на 36,3% к контролю. Существенное увеличение содержания фосфора на раннем этапе развития кукурузы достигнуто лишь на вариантах с максимальной дозой N<sub>60</sub>P<sub>80</sub> и при сочетании штамма 2П-9 на фоне N<sub>30</sub>P<sub>40</sub> по сравнению с контролем на 0,29-0,31% в абсолютном выражении. Достоверного влияния изучаемых агрохимических приемов на концентрацию калия в растениях кукурузы в эту фазу не выявлено.

В фазу молочно-восковой спелости зерна кукурузы в среднем за 2015-2017 гг. концентрация NPK на варианте без удобрений составила 0,89; 0,37 и 2,16% соответственно. В эту фазу уменьшилось действие азотных удобрений на концентрацию в растениях азота и, наоборот, повысилось действие фосфорных на содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Существенное увеличение азота зафиксировано лишь при

внесении максимальной дозы азотно-фосфорных удобрений в дозе  $N_{60}P_{80}$  - на 36,0% к контролю. Применение фосфорных удобрений в дозах 40 и 80 д.в. кг/га под культивацию, а также использования  $N_{30}P_{40}$  в качестве фона для штаммов Мизорин, 204 и КЛ-10 увеличивало содержание фосфора в растениях в фазу молочно-восковой спелости зерна на 0,18-0,30% по сравнению с контролем. Зависимостей от применения изучаемых агрохимических приемов на концентрацию  $K_2O$  в растениях кукурузы в фазу молочно-восковой спелости зерна, как и в предыдущую фазу, не выявлено.

**В шестой главе рассматривается влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность зерна кукурузы.** Благоприятные условия увлажнения в 2015 году обусловили формирование наибольшей урожайности зерна кукурузы. При этом на контрольном варианте урожайность зерна составила 3,51 т/га. В 2016 и 2017 гг. условия были менее благоприятные и урожайность зерна составила соответственно 2,84 и 2,71 т/га. В среднем за 3 года урожайность зерна кукурузы на контроле составила 3,02 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность кукурузы на зерно, т/га

Варианты	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее за 3 года	Прибавка к контролю	
					т/га	%
Контроль	3,51	2,84	2,71	3,02	-	-
$N_{30}P_{40}$	4,83	3,33	3,05	3,74	0,72	23,8
$N_{60}P_{40}$	4,99	3,83	3,44	4,09	1,07	35,4
$N_{90}P_{40}$	5,06	4,22	3,81	4,36	1,34	44,4
$N_{60}P_{40}K_{40}$	5,94	4,56	4,10	4,87	1,85	61,3
$N_{30}P_{80}$	4,94	3,74	3,22	3,97	0,95	31,5
$N_{60}P_{80}$	5,06	4,16	3,80	4,34	1,32	43,7
$N_{90}P_{80}$	5,45	4,35	4,25	4,68	1,66	55,0
$N_{60}P_{80}K_{40}$	5,57	4,63	4,50	4,90	1,88	62,3
Мизорин	4,91	3,93	3,83	4,22	1,20	39,7
Мизорин + $N_{30}P_{40}$	5,28	4,55	4,21	4,68	1,66	55,0
204	4,93	3,56	3,37	3,95	0,93	30,8
204 + $N_{30}P_{40}$	5,17	4,23	3,88	4,43	1,41	46,7
2П-9	5,31	3,75	3,50	4,19	1,17	38,7
2П-9+ $N_{30}P_{40}$	5,36	4,50	4,21	4,69	1,67	55,3
2П-7	5,11	4,06	3,52	4,23	1,21	40,1
2П-7+ $N_{30}P_{40}$	5,21	4,50	4,33	4,68	1,66	55,0
КЛ-10	4,79	3,43	3,12	3,78	0,76	25,2
КЛ-10+ $N_{30}P_{40}$	5,00	3,91	3,32	4,08	1,06	35,1
Фф	10,7	10,7	109,8	18,9		
НСР <sub>05</sub>	0,40	0,41	0,13	0,30		

На фоне применения  $P_{40}$  под весеннюю культивацию наибольший эффект в действии на урожайность зерновой кукурузы получен от дозы азота 90 д.в. кг/га. Прибавка по сравнению с вариантом без удобрений составила 1,34 т/га или 44,4%. Повышение дозы фосфора до 80 д.в. кг/га способствовало дальнейшему повышению урожайности зерна ещё на 10,6%. Максимальное влияние на

урожайность зерна кукурузы в среднем за 3 года оказало применение полного минерального удобрения в дозах  $N_{60}P_{40}K_{40}$  и  $N_{60}P_{80}K_{40}$  - увеличение урожайности по сравнению с контрольным вариантом составило 1,85-1,88 т/га. Применение биопрепаратов Мизорин, 2П-7 и 2П-9 на естественном фоне плодородия чернозема обыкновенного повышало урожайность зерна кукурузы на 1,17-1,21 т/га или на 38,7-40,1%. В сочетании с минеральными удобрениями эффект от действия этих штаммов возрастал ещё на 14,9-15,9%.

Относительная доля участия изучаемых штаммов ассоциативных азотфиксаторов в формировании урожая зерна кукурузы совместно с NP варьировала от 34,4 до 64,5% и представлена на рисунке 4. Максимальный вклад в прибавку урожайности зерна достигнут на вариантах с применением биопрепаратов Мизорин, 2П-9 и 2П-7.

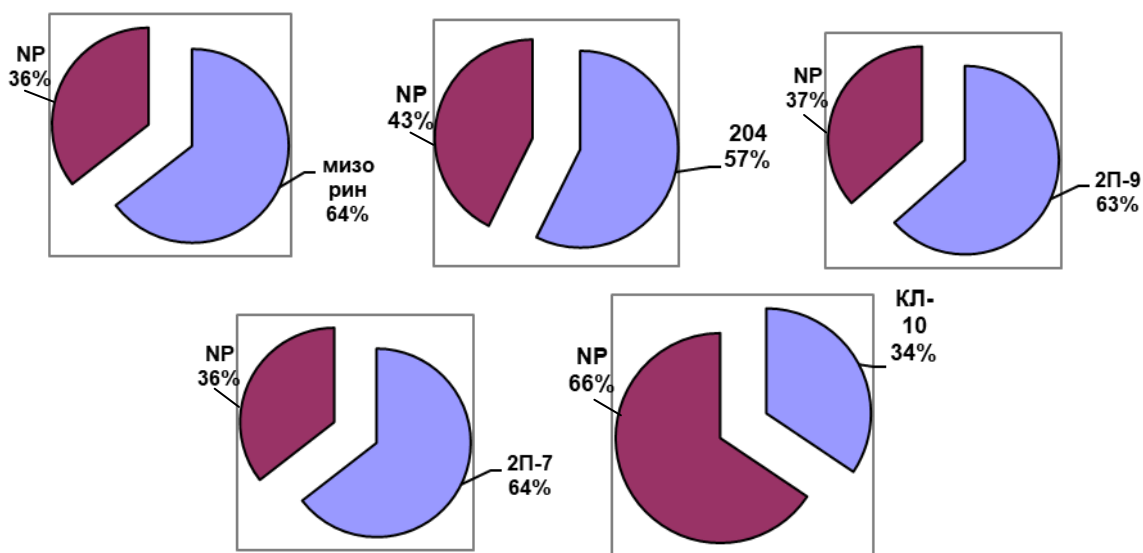


Рисунок 4 - Доля участия минеральных удобрений и бактериальных препаратов в повышении урожайности зерна кукурузы, %

**В седьмой главе рассматривается влияние удобрений на содержание и сбор белка в урожае зерна кукурузы.** В среднем за три года белковость зерна кукурузы на контроле составила 9,2% (таблица 4). При внесении минеральных удобрений под предпосевную культивацию наблюдалось достоверное увеличение содержания белка в зерне на 0,7-1,3%. Максимальная прибавка на варианте с внесением  $N_{60}P_{40}$ . На варианте с полным минеральным удобрением в дозе  $N_{60}P_{40}K_{40}$  белковость ниже, чем на варианте с  $N_{60}P_{40}$ , это обусловлено формированием высокой урожайности и большим потреблением азота.

При использовании азотфиксаторов наибольший эффект достигнут на варианте со штаммом 2П-9. В сочетании с минеральными удобрениями в дозе  $N_{30}P_{40}$  значительное повышение белковости зерна по сравнению с контролем получено при использовании штаммов 2П-9, 204 и КЛ-10. Наиболее тесная

корреляционная зависимость рассчитана от концентрации азота в растениях кукурузы в фазу 10-12 листьев содержанием белка в зерне,  $r = 0,812 \pm 0,176$ .

Таблица 4 – Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на белковость зерна кукурузы (среднее за 2015-2017 гг.)

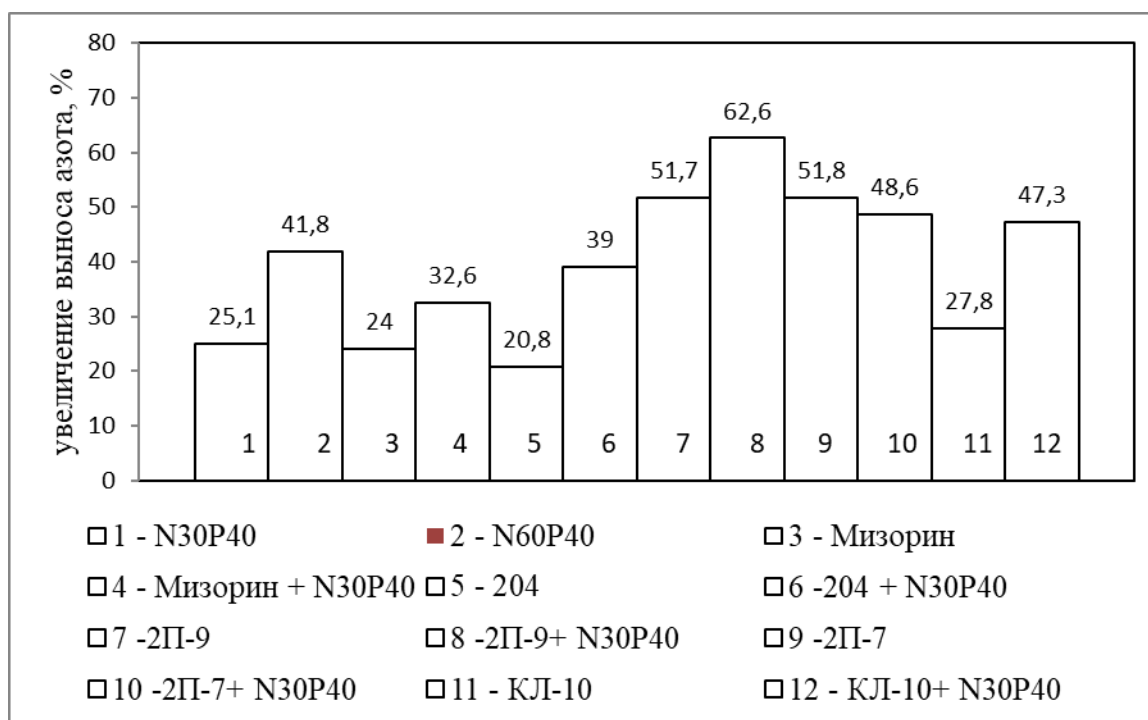
Варианты	Белковость, %	Прибавка к контролю, %	Сбор белка, кг/га	Прибавка к контролю	
				кг/га	%
Контроль	9,2	-	239	-	-
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	9,9	0,7	319	80	33,5
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	10,5	1,3	368	129	54,0
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	10,4	1,2	434	195	81,6
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub>	10,4	1,2	388	149	62,3
Мизорин	9,5	0,3	346	107	44,8
Мизорин + N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	9,8	0,6	398	159	66,5
204	10,1	0,9	343	104	43,5
204 + N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	10,5	1,3	399	160	66,9
2П-9	10,3	1,1	372	133	55,6
2П-9+ N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	10,6	1,4	425	186	77,8
2П-7	9,9	0,7	363	124	51,9
2П-7+ N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	10,2	1,0	413	174	72,8
КЛ-10	10,1	0,9	328	89	37,2
КЛ-10+ N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	10,5	1,3	369	130	54,4
Фф	5,2	-	25,2	-	-
НСР <sub>05</sub>	0,5		28		

В среднем за 2015-2017 гг. наибольший сбор белка был на варианте с полным минеральным удобрением. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 195 кг/га или 81,6%. Применение биопрепаратов на естественном фоне плодородия почвы наибольшее влияние оказало на сбор белка в урожае кукурузы при использовании штамма 2П-7 и 2П-9. Увеличение по сравнению с контролем составило 51,9 и 55,6%, на азотно-фосфорном фоне под действием этих же штаммов – ещё на 20,9 и 22,2%.

**В восьмой главе анализируются вынос и баланс элементов питания при выращивании кукурузы.** Наибольший и практически одинаковый вынос азота растениями культуры в среднем за 2015-2017 гг. получен от использования минеральных удобрений в дозах N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>80</sub> – 179 кг/га, в блоке вариантов с биопрепаратами штамм 2П-9 на фоне азотно-фосфорных удобрений – 175,8 кг/га. Увеличение выноса основной и побочной продукцией на этих вариантах по сравнению с контролем составило 62,6-65,4% (рисунок 5).

Максимальный вынос фосфора основной и побочной продукцией кукурузы обеспечило применение удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>. Существенное увеличение калия в зерне кукурузы обеспечило применение фосфорных и фосфорно-калийных удобрений в сочетании дозой азота 60 д.в. кг/га.





$HCP_{05} = 7\%$ ;  $F\phi = 37,8$ ;

Рисунок 5 – Относительное увеличение выноса азота основной и побочной продукцией кукурузы по сравнению с контрольным вариантом, % (среднее за 2015-2017 гг.)

С учетом того, что надземная незерновая масса кукурузы не отчуждается с поля, баланс элементов питания рассчитан только исходя из выноса зерном кукурузы. В среднем за 2015-2017 гг. минимальный отрицательный баланс азота достигнут при внесении  $N_{60}P_{40}$  и  $N_{60}P_{80}$  – 4,6 и 8,1 кг/га (таблица 5).

Таблица 5 – Баланс элементов питания при выращивании кукурузы на зерно (среднее за 2015-2017 гг.)

Варианты	Баланс элементов питания, кг/га		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Контроль	-42,0	-14,3	-8,3
$N_{30}P_{40}$	-25,9	21,2	-9,4
$N_{60}P_{40}$	-4,6	19,3	-12,0
$N_{60}P_{40}K_{40}$	-16,1	12,8	26,7
$N_{60}P_{80}$	-8,1	52,9	-11,6
Мизорин	-60,7	-18,2	-12,0
Мизорин + $N_{30}P_{40}$	-39,8	13,5	-11,6
204	-60,1	-17,7	-10,0
204 + $N_{30}P_{40}$	-40,0	16,5	-11,2
2П-9	-65,2	-17,3	-10,1
2П-9+ $N_{30}P_{40}$	-44,6	14,2	-11,6
2П-7	-63,7	-18,3	-10,4
2П-7+ $N_{30}P_{40}$	-42,5	14,9	-12,3
КЛ-10	-57,5	-17,5	-9,1
КЛ-10+ $N_{30}P_{40}$	-34,8	17,1	-10,0
Fφ	132,5	114,7	236,3
$HCP_{05}$	5,0	5,8	1,8

Максимальный отрицательный баланс азота получен на вариантах с применением бактериальных препаратов - на 15,5-23,2 кг/га. При совместном применении ассоциативных азотфиксирующих бактерий с минеральными удобрениями отмечено снижение дефицита азота, которое практически соответствовало его параметрам на контрольном варианте.

На вариантах с применением минеральных удобрений положительный баланс фосфора был достигнут во все годы исследований. Высокий дефицит фосфора имел место на вариантах с применением бактериальных препаратов - 17,3-18,3 кг/га. Внесение в одном из вариантов калийных удобрений в дозе 40 кг/га обеспечило положительный баланс этого элемента питания в почве. Профицит составил 26,7 кг/га.

**В девятой главе дана экономическая и биоэнергетическая оценка применения минеральных удобрений и биопрепаратов под кукурузу.** Выращивание кукурузы на черноземе обыкновенном Нижнего Дона является прибыльным. Применение полного минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{40}K_{40}$  увеличивало рентабельность по сравнению с контрольным вариантом на 17%, а себестоимость производства зерна снизилась на 0,26 руб./кг (таблица 6).

Таблица 6 - Экономическая оценка применения удобрений и биопрепаратов под кукурузу на зерно (среднее за 2015-2017 гг.)

Варианты	Урожайность, т/га	Стоимость урожая, руб./га	Затраты на производство, руб./га	Себестоимость, руб./кг	Условно чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
Контроль	3,02	21140	10200	3,38	10940	107
$N_{30}P_{40}$	3,74	26180	13041	3,49	13139	101
$N_{60}P_{40}$	4,09	28630	14196	3,47	14434	102
$N_{90}P_{40}$	4,36	30520	15322	3,51	15198	99
$N_{60}P_{40}K_{40}$	4,87	34090	15207	3,12	18883	124
$N_{30}P_{80}$	3,97	27790	14702	3,70	13088	89
$N_{60}P_{80}$	4,34	30380	15858	3,65	14522	92
$N_{90}P_{80}$	4,68	32760	17010	3,63	15750	93
$N_{60}P_{80}K_{40}$	4,90	34300	16826	3,43	17474	104
Мизорин	4,22	29540	10740	2,55	18800	175
Мизорин + $N_{30}P_{40}$	4,68	32760	13529	2,89	19231	142
204	3,95	27650	10686	2,71	16964	159
204 + $N_{30}P_{40}$	4,43	31010	13479	3,04	17531	130
2П-9	4,19	29330	10734	2,56	18596	173
2П-9+ $N_{30}P_{40}$	4,69	32830	13531	2,89	19299	143
2П-7	4,23	29610	10742	2,54	18868	176
2П-7+ $N_{30}P_{40}$	4,68	32760	13529	2,89	19231	142
КЛ-10	3,78	26460	10652	2,82	15808	148
КЛ-10+ $N_{30}P_{40}$	4,08	28560	13409	3,29	15151	113

На вариантах с совместным применением биопрепаратов и минеральных удобрений наиболее высокие экономические показатели получены под влиянием штамма 2П-9. Наиболее оптимальные показатели экономической эффективности в опыте получены от применения штамма биопрепарата 2П-7 на естественном фоне плодородия. Уровень рентабельности выше, чем на контрольном варианте на 69%, при снижении себестоимости 0,84 руб./кг.

Наиболее высокие показатели энергетической эффективности в опыте 5,25-5,30 и низкие затраты энергии на производство продукции 3,26-3,29 ГДж/тонну были получены при использовании штаммов азотфиксаторов Мизорин, 2П-9 и 2П-7.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В среднем за 2015-2017 гг. перед посевом кукурузы в слое почвы 0-60 см содержание аммонийного азота составило 39,0 кг/га, нитратного – 33,0 кг/га. После применения азотных минеральных удобрений в дозах 30, 60 и 90 д.в. кг/га под культивацию содержание аммонийного азота в слое почвы 0-60 см к фазе 7-8 листьев кукурузы увеличивалось по сравнению с контролем на 10,1-20,2%, нитратного - только в дозах 60 и 90 д.в. кг/га на 48,0-96,3%, а запас  $N_{\text{мин}}$  - от доз 60 и 90 д.в. кг/га на 28,9 и 60,8%. Применение биопрепарата Мизорин не оказало существенного влияния на содержание доступного азота в почве в эту фазу развития растений. От посева до уборки в слое почвы 0-60 см на всех вариантах опыта количества аммонийного и нитратного азота снижалось.

Перед посевом кукурузы обеспеченность почвы подвижным фосфором в слое почвы 0-40 см соответствовала низкой обеспеченности в 2015 г., пограничной между низкой и средней в 2016 г. и средней в 2017 году, а в среднем за 3 года содержание составило 16,6 мг/кг почвы. К фазе 7-8 листьев в слое почвы 0-40 см количество  $P_2O_5$  максимально увеличивалось после внесения под культивацию 80 д.в. кг/га фосфорных удобрений - по сравнению с контролем на 17,3%. При внесении  $P_{40}$  увеличение  $P_2O_5$  в почве получено лишь при использовании в составе туковой смеси 30 и 60 д.в. кг/га азотных удобрений - по сравнению с контролем на 7,2-7,9%. От посева и до уборки зерна кукурузы в слое почвы 0-40 см на всех вариантах опыта происходило равномерное снижение количества доступного фосфора.

Во все годы исследований содержание обменного калия перед посевом кукурузы в слое 0-40 см соответствовало средней обеспеченности и в среднем за 2015-2017 гг. составило 253 мг/кг почвы. Применение калийных удобрений в дозе 40 д.в. кг/га не оказывало существенного влияния на количество обменного калия в слое почвы 0-40 см к фазе 7-8 листьев растений кукурузы. От посева до фазы молочно-восковая спелость кукурузы в слое почвы 0-40 см, на всех ва-

риантах опыта происходило снижение количества обменного калия. К уборке оно незначительно повышалось или оставалось на предыдущем уровне.

На вариантах с минеральными удобрениями наибольшие биометрические показатели растений кукурузы в фазу молочно-восковой спелости зерна кукурузы сформированы под действием полного минерального удобрения в дозах  $N_{60}P_{40-80}K_{40}$ .

В среднем за 2015-2017 гг. к фазе 10-12 листьев существенное превышение концентрации азота в растениях кукурузы к контролю отмечено на всех вариантах опыта, кроме вариантов со штаммами азотфиксаторов Мизорин, 2П-9 и 2П-7. Максимальная концентрация азота достигнута при внесении полного минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{40}K_{40}$ . Существенное увеличение содержания фосфора в растениях на раннем этапе развития кукурузы достигалось лишь на вариантах с применением  $N_{60}P_{80}$  и штамма 2П-9 на фоне  $N_{30}P_{40}$ . Достоверного влияния минеральных удобрений и биопрепаратов на концентрацию калия в растениях кукурузы в эту фазу не выявлено.

Максимальное влияние на урожайность зерна кукурузы в среднем за 2015-2017 гг. оказало применение полного минерального удобрения в дозах  $N_{60}P_{40}K_{40}$  и  $N_{60}P_{80}K_{40}$ . Прибавка к контролю составила 61,3-62,3%. Применение биопрепаратов Мизорин, 2П-7 и 2П-9 на естественном фоне плодородия повышало урожайность зерна кукурузы на 38,7-40,1%. В сочетании с минеральными удобрениями эффект от действия этих штаммов возрастал ещё на 14,9-15,9%.

Анализ результатов урожайности зерна кукурузы от применения минеральных удобрений и содержания доступных элементов питания в почве, свидетельствует о существенном увеличении урожайности зерна кукурузы во все годы при улучшении калийного питания растений, даже на фоне низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором.

Относительная доля участия изучаемых штаммов азотфиксаторов в формировании урожая зерна совместно с азотно-фосфорными удобрениями варьировала от 34,4 до 64,5%. Максимальный вклад в прибавку урожайности получен от штаммов Мизорин, 2П-9 и 2П-7, а минимальный – от КЛ-10.

В среднем за 2015-2017 гг. максимальное увеличение белковости зерна достигнуто на варианте с внесением  $N_{60}P_{40}$ . На варианте с полным минеральным удобрением  $N_{60}P_{40}K_{40}$  белковость была ниже из-за более высокой урожайности. При использовании биопрепаратов наибольший эффект в сборе белка в урожае зерна достигнут на варианте со штаммом 2П-9, а в сочетании с азотно-фосфорными удобрениями – со штаммами 2П-9, 204 и КЛ-10. Наиболее тесная корреляционная зависимость получена от содержания азота в растениях кукурузы в фазу 10-12 листьев и белковостью зерна,  $r = 0,812 \pm 0,176$ . Наибольшая прибавка в сборе белка по сравнению с контролем получена на варианте с пол-

ным минеральным удобрением - 81,6%, при использовании штаммов 2П-7 и 2П-9 - 51,9 и 55,6% соответственно, на азотно-фосфорном фоне от этих же штаммов - увеличилось ещё на 20,9 и 22,2%.

Максимальный и практически одинаковый вынос азота растениями кукурузы в среднем за 2015-2017 гг. обеспечило применение минеральных удобрений в дозах  $N_{60}P_{40}K_{40}$  и  $N_{60}P_{80}$ , а в блоке вариантов с бактериальными препаратами штамм 2П-9 на фоне азотно-фосфорных удобрений. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 62,6-65,4%. Использование штаммов Мизорин и КЛ-10 на естественном фоне плодородия почвы увеличивали вынос азота по сравнению с контрольным вариантом на 22,5-30,1 кг/га, что практически равнозначно действию удобрений в дозе  $N_{30}P_{40}$ . Под влиянием штаммов 2П-7 и 2П-9 вынос азота возрастал до 55,9-56,0 кг/га. Максимальный отрицательный баланс азота получен на вариантах с применением биопрепаратов. При совместном применении азотфиксирующих бактерий с минеральными удобрениями отмечено снижение дефицита азота. На вариантах с применением минеральных удобрений положительный баланс фосфора был достигнут во все годы исследований. Высокий дефицит фосфора имел место на вариантах с применением бактериальных препаратов - 17,3 до 18,3 кг/га. Внесение калийных удобрений в дозе 40 д.в. кг/га обеспечило положительный баланс этого элемента питания в почве. Профицит составил 26,7 кг/га.

Применение полного минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{40}K_{40}$  увеличивало рентабельность по сравнению с контрольным вариантом на 17%, а себестоимость зерна снижалась на 0,26 руб./кг. Наиболее высокие экономические показатели получены при использовании штамма 2П-9 на фоне азотно-фосфорных удобрений, а на естественном фоне плодородия – штамма 2П-7.

Применение полного минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{40}K_{40}$  под кукурузу обеспечило получение наиболее высокой энергетической эффективности, а применение штаммов Мизорин, 2П-9 и 2П-7 – на азотно-фосфорном и естественном фонах.

### **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

При возделывании кукурузы на зерно на черноземе обыкновенном Нижнего Дона с низкой и средней обеспеченностью почвы подвижным фосфором и средней обменным калием весной под культивацию необходимо применять полное минеральное удобрение в дозе  $N_{60}P_{40}K_{40}$ .

На основании результатов наших исследований рекомендуем провести на черноземе обыкновенном региона широкое производственное испытание новых бактериальных препаратов Всероссийского института сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург):

- бактериальный препарат 2П-7 (300 г/га) при выращивании кукурузы без минеральных удобрений;

- бактериальный препарат 2П-9 (300 г/га) при выращивании кукурузы на фоне внесения азотно-фосфорных удобрений в дозе  $N_{30}P_{40}$ .

**Перспективы дальнейшей разработки темы.** Учитывая высокую эффективность применения полного минерального удобрения при выращивании кукурузы в ходе последующих работ необходимо изучить совместное влияние биопрепарата 2П-9 на азотный, фосфатный и калийный режимы чернозема обыкновенного Нижнего Дона.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Севостьянова, А.А. Влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность среднеспелого гибрида кукурузы в условиях Южного Дона / А.А. Севостьянова, В.В. Турчин, Р.А. Каменев // Наука Кубани. - 2017. - № 4.- С.47-52 (0,25 п.л., авт. – 0,20).

2. Севостьянова, А.А. Оптимизация питания кукурузы путем применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов в условиях черноземов обыкновенных Ростовской области / А.А. Севостьянова, В.В. Турчин, Р.А. Каменев // АгроЭкоИнфо, 2018, №1(31) –С.10. – режим доступа:[http:// agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/1/st\\_133.doc.f](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/1/st_133.doc.f) (0,38 п.л., авт. – 0,30).

3. Турчин, В.В. Сравнительная эффективность применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов на кукурузе в условиях черноземов обыкновенных Ростовской области / В.В. Турчин, Р.А. Каменев, А.А. Севостьянова // Аграрная наука. - 2018. - № 6. - С. 53-55 (0,13 п.л., авт. – 0,10)

4. Севостьянова, А.А. Эффективность биопрепаратов при выращивании кукурузы в условиях Нижнего Дона / А.А. Севостьянова, В.В. Турчин, Р.А. Каменев // Научная жизнь. - 2018. - № 11. - С. – 81-88 (0,33 п.л., авт. – 0,29)

### В прочих изданиях:

5. Севостьянова, А.А. Влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность кукурузы на зерно на черноземе обыкновенном // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы международной научно-практической конференции.- пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2016. – С. 68-72 (0,20 п.л., авт. – 0,20).

6. Севостьянова, А.А. Применение бактериальных препаратов под кукурузу на черноземе обыкновенном // Актуальные проблемы агротехнологий XXI века и концепции их устойчивого развития. Материалы национальной заочной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Департамент научно-технологической политики и образования; ФГБОУ ВО "Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I": / Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, Н.М. Дерканосовой, В.А. Гулевского, 2016. - С. 50-53 (0,17 п.л., авт. – 0,17)

7. Севостьянова, А.А. Эффективность бактериальных препаратов при выращивании кукурузы / А.А. Севостьянова, В.В. Турчин, Р.А. Каменев // Инновации в науке и практике.

Сборник статей по материалам III международной научно-практической конференции. В 4 ч. Ч.4. – Уфа: Изд. Дендра, 2017. – С. 106-111 (0,25 п.л., авт. – 0,20)

8. **Севостьянова, А.А.** Эффективность минеральных удобрений при выращивании кукурузы на черноземе обыкновенном / А.А. Севостьянова, В.В. Турчин, Р.А. Каменев //Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства. Материалы 51-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, приуроченной к «Году экологии в Российской Федерации» (ВНИИА): / Под редакцией академика РАН В.Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2017. – С. 80-84 (0,21 п.л., авт. – 0,18)

9. **Севостьянова, А.А.** Применение биопрепаратов при выращивании кукурузы на зерно/ А.А. Севостьянова, В.В. Турчин, Р.А. Каменев // Агротехнологии XXI века: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова", 2017. - С. 116-119 (0,17 п.л., авт. – 0,12)

10. **Севостьянова, А.А.** Влияние удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество зерна кукурузы / А.А. Севостьянова, В.В. Турчин, Р.А. Каменев // Ресурсосбережение и адаптивность в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и переработки продукции растениеводства: материалы международной научно-практической конференции: - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2018. – С. 78-81 (0,17 п.л., авт. – 0,12)

11. **Севостьянова, А.А.** Влияние бактериальных препаратов на урожайность средне-спелого гибрида кукурузы // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Сборник III Всероссийской (национальной) научной конференции, 2018. - С. 175-177 (0,13 п.л., авт. – 0,13).