

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
доцент Р.А. Каменев

пос. Персиановский - 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 Народно-хозяйственное значение и биологические особенности кукурузы	10
1.2 Применение минеральных удобрений под кукурузу	15
1.3 Биологический азот и его значение в сельском хозяйстве	20
1.4 Применение бактериальных препаратов под сельскохозяйственные культуры	26
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	35
2.1 Характеристика почвы опытного участка	35
2.2 Климат и погодные условия в годы проведения исследований	36
2.3 Методика исследований	47
3. ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ И ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ В ПОЧВЕ	50
3.1 Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в годы исследований	50
3.2 Влияние удобрений на содержание и динамику элементов питания растений в почве	53
3.2.1 Влияние удобрений на содержание аммонийного азота в почве	53
3.2.2 Влияние удобрений на содержание нитратного азота в почве	58
3.2.3 Влияние удобрений на содержание минерального азота в почве	63
3.2.4 Влияние удобрений на содержание подвижного фосфора в почве	69
3.2.5 Влияние удобрений на содержание обменного калия в почве	75
4. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ	79
5. ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЯМИ КУКУРУЗЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ	86
6. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ	99
6.1 Эффективность минеральных удобрений и биопрепаратов на кукурузе	99
6.2 Зависимость эффективности удобрений и биопрепаратов от условий питания растений	105
7. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА КУКУРУЗЫ	111
8. ВЫНОС И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ	

ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ	117
9. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	133
Предложения производству	137
ЛИТЕРАТУРА	138
Приложение 1 «Патент на применение бактериальных препаратов пневматическими сеялками»	156
Приложение 2 " Характеристика погодных условий в годы исследований в сравнении со среднемноголетней нормой"	158
Приложение 3 "Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2015 году, мм"	159
Приложение 4 "Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2016 году, мм"	159
Приложение 5 "Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2017 году, мм"	159
Приложение 6 "Динамика аммонийного азота в почве под кукурузой в 2015 году, кг/га"	160
Приложение 7 "Динамика аммонийного азота в почве под кукурузой в 2016 году, кг/га "	160
Приложение 8 "Динамика аммонийного азота в почве под кукурузой в 2017 году, кг/га "	161
Приложение 9 "Динамика нитратного азота в почве под кукурузой в 2015 году, кг/га "	161
Приложение 10 "Динамика нитратного азота в почве под кукурузой в 2016 году, кг/га"	162
Приложение 11 "Динамика нитратного азота в почве под кукурузой в 2017 году, кг/га"	162
Приложение 12 "Динамика минерального азота в почве под кукурузой в 2015 году, кг/га"	163
Приложение 13 " Динамика минерального азота в почве под кукурузой в 2016 году, кг/га"	163
Приложение 14 "Динамика минерального азота в почве под кукурузой в 2017 году, кг/га"	164
Приложение 15 "Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой в 2015 году, мг/кг "	164
Приложение 16 "Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой в 2016 году, мг/кг "	165
Приложение 17 "Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой в 2017 году, мг/кг "	165

Приложение 18 "Акты внедрения"	166
Приложение 19 "Дисперсионный анализ данных"	170

ВВЕДЕНИЕ

Роль кукурузы ежегодно повышается в общем валовом сборе зерна в России. Площади посевов под эту культуру в России ежегодно увеличиваются в течение семи лет - с 2009 года отмечается рост площадей на 111,5%, то есть более, чем вдвое. Относительно 2015 года показатель вырос на 4,1%, относительно 2014 года - на 7,4%. Согласно данным Росстата, в 2016 году площадь посевов зерновой кукурузы составила 2887 тыс. гектаров. В 2017 году семена кукурузы высеяны в РФ на площади 4378,0 тыс. га, из них на зерно около 3100,0 тыс. га (<http://barley-malt.ru/wp-content/uploads/2018/02/agronomycheskoe-soveschanye-ytogy-2017.pdf>; Итоги работы отрасли растениеводства в 2017 году и задачи на 2018 год Москва 2018 г.).

Больше всего территории под выращивание кукурузы на зерно в России выделяет Краснодарский край. Доля этого региона в общей структуре составляет 22,4% или 621,5 тыс. га (данные 2015 года). Второе и третье места по посевам кукурузы занимают Воронежская область (242,1 тыс. га) и Ростовская область (233,6 тыс. га), доля которых составляет 8,7% и 8,4% соответственно (<https://www.openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-zernovoy-kukuruzy-v-rossii/> Обзор рынка зерновой кукурузы в России).

В 2000 году в Ростовской области урожайность зерна кукурузы составила 1,64, в 2011-2015 гг. – 2,67 т/га, но уровень 1990 г. – 2,87 т/га ещё не достигнут (Агропромышленный комплекс Ростовской области, 2015; данные Росстата РФ за 2015).

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 (Прошкин В.А., Смирнов А.П., 1994; Карашаева А.С., Шахиров А.А, 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 и задачи исследований. Целью исследований являлось изучение влияния минеральных удобрений и биопрепаратов с активными штаммами ассоциа-

тивных микроорганизмов-азотфиксаторов на питательный режим почвы, а также урожайность и качество зерна кукурузы на черноземе обыкновенном Нижнего Дона.

Для решения поставленной цели исследований был определен целый 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 биоэнергетиче-

ская 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.

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.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Народно-хозяйственное значение и биологические особенности кукурузы

Кукуруза является древнейшей и общеизвестной злаковой культурой. Обладая высокой потенциальной продуктивностью и универсальностью использования она имеет большое агрономическое и экономическое значение. Область ее применения обширна - от пищевой и консервной до спиртовой промышленности. Стержни початков кукурузы, стебли и обёртки служат сырьем в производстве бумаги, вискозы, искусственной пробки, изоляционных материалов и линолеума. Рыльца кукурузы и кукурузное масло обладают широким терапевтическим действием. Кукурузное масло богато витамином Е. Рыльца кукурузы содержат: систостерол, стигмастерол, жирные масла, эфирное масло, сапонины, горькое гликозидное вещество, витамины С, К, камедеподобные и другие вещества (Жолобова И.С. и др., 2015). В южных регионах страны, наряду с использованием на зерновые цели, кукурузу возделывают и как страховую культуру.

В сельскохозяйственном производстве растению кукурузы отводится ведущая роль в кормлении животных – зеленая и силосная массы высокопитательны, а зерно не только ценный и концентрированный корм, но и сырье для комбикормовой промышленности. В птицеводческих и животноводческих комплексах потребность в зерне кукурузы возрастает. Приоритет производства зерна кукурузы увеличивается (Сотченко В.С., 2010).

Кормовые достоинства кукурузы значительны: в 1 кг зерна содержится 1,3 к. ед., в нем 65-70% безазотистых экстрактивных веществ, 8-11% белка, 3-5% жира и клетчатка (Акулов А.А., 2010). В одном килограмме силоса, приготовленного из всей массы с початками, содержится 0,25-0,32 к. ед. и 14-18 г переваримого протеина (Минеев В.Г., 2004; Сотченко В.С., 2005; Хохлачев В.В., 2012).

Мощная корневая система кукурузы способна лучше многих сельскохозяйственных культур мобилизовать и усваивать питательные вещества из почвы. Выделение корневой системой кукурузы CO_2 , $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$, а также других соединений благоприятно влияет на азотфиксирующую активность бактерий почвы (Ефимов И.Т., 1974; Шиндин А.П. и др., 2009).

По мнению ряда авторов В.А. Ефремова (1998), А.А. Батакова (1999), Б.А. Ягодина (2003), А.Х. Шеуджена (2010), В.В. Кидина (2012) для получения 1 т зерна кукуруза выносит 24-35 кг азота, 8-12 - фосфора, 24-39 - калия, 6-11 - кальция.

По данным И.У. Марчука с соавт. (2011), современные гибриды кукурузы на формирование 1 т зерна используют 17-24 кг азота, 8-11 кг фосфора и 17-24 кг калия.

Способность кукурузы усваивать элементы питания вплоть до созревания зерна, характеризует ее как растение, предъявляющее высокие требования к условиям минерального питания в сравнении с прочими зерновыми культурами (Киреев В.Н. и др., 1985; Тудель Н.В., 1991; Никитин В.В., Навальнев В.В., 2016). По составу питательных веществ в почве кукуруза является представителем белкового типа обмена веществ и чрезвычайно требовательна к концентрации почвенного раствора. Лучшими для нее считаются плодородные, чистые от сорняков черноземные почвы с высоким содержанием гумуса и азота. Оптимальная реакция почвенного раствора для кукурузы в интервале рН 5,5-7 (Щербаков В.А., 1999; Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В., 2013).

Набухание и прорастание семени кукурузы сопровождается усилением процессов жизнедеятельности и крупные их зародыши нуждаются в хорошей аэрации (Бельтюков Л.П., Тюрин Т.М., 2008).

Согласно данным Б.А. Ягодина (2003) от всходов до 4-5 листьев кукурузой поглощается всего 5-7 % элементов питания от общей потребности, а основное потребление начинается с фазы 9-10 листьев и продолжается до молочной спелости зерна.

В начальный период кукуруза развивается очень медленно, но с фазы 7-8 листьев начинает расти активно (Коршун А., 2009). В результате к фазе развития 9-10 листьев в сравнении с фазой 4-5 листьев содержание сухих веществ в растениях увеличивается в 12 раз, азота, фосфора и калия - в 14, 12 и 22 раза соответственно (Стулин А.Ф., 2014; Шеуджен А.Х., 2010).

Основные элементы питания потребляются растениями по одновершинной кривой, что соответствует закономерному накоплению сухого вещества (Третьяков Н.Н., Кошкин Е.И., Макрушин Н.М., 1998; Шиндин А.П., Багринцева В.Н., Борщ Т.И., 2009).

На первых этапах онтогенеза кукуруза потребляет 41 % N, 29 % P_2O_5 и 71% K_2O . Прекращение процесса накопления сухого вещества в стеблях кукурузы является предвестником начала усиленного перемещения питательных веществ из листостебельной массы в репродуктивные органы. В листьях отток веществ начинается с фазы молочно-восковой спелости зерна, а в стеблях - в начале формирования зерна. За счет реутилизации элементов питания из вегетативных органов кукуруза на формирование и налив зерна потребляется до 58% азота, 35% фосфора и до 81% калия (рисунок 1), а остальное поступает из почвы (Асыка Ю.А., 1986; Шиндин А.П., Багринцева В.Н., Борщ Т.И., 2009).

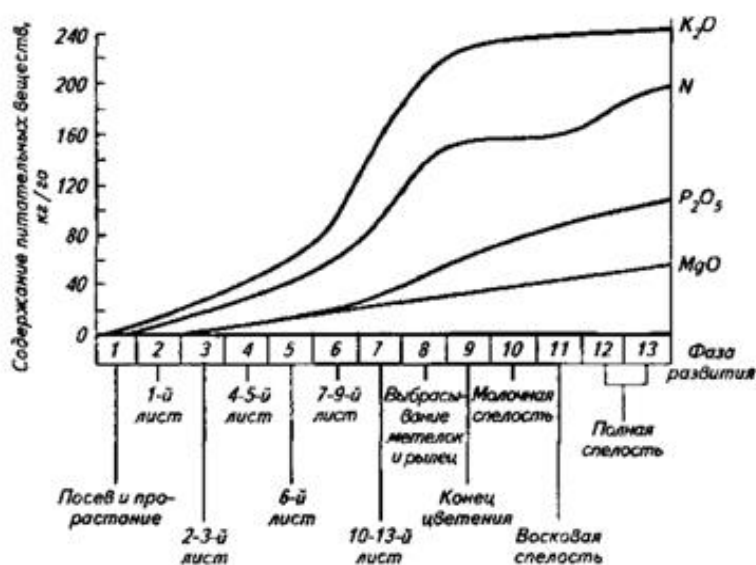


Рисунок 1. Потребность кукурузы в питательных веществах по фазам развития

Азот потребляется кукурузой в течении всего периода вегетации и является основным элементом лимитирующим ее урожайность (Крамарев С.М., 1995). В почвенном азоте растения весьма нуждаются уже с фазы всходов, хотя его накопление опережает образование сухого вещества. С усилением роста интенсивность поступления азота возрастает. За 2-3 недели до выметывания значительно усиливается потребление азота и достигает своего апогея в фазу выметывание метёлки – цветение. Суточная потребность азота в этот период может достигать 5,6 кг/га. К фазе восковой спелости зерна поступление азота в растение полностью прекращается (Уоллес Г., Брессман Е., 1955; Крамарев С.М. и др., 2002; Шелганов И.И., Воронин А.Н., 2008).

Дефицит азота отражается на росте и развитии растения кукурузы. Листья имеют желтовато-зеленую окраску, формируется мелколистность, а также снижается качество зерна – падает содержание белка. Избыточное содержание азота приводит к задержке созревания всего растения и зерна. Признаком излишнего накопления азота у кукурузы служат зеленые рыльца у зрелых початков (Шеуджен А.Х., 2010).

Оптимизация питания растений кукурузы азотом оказывает большое влияние на скорость и характер физиологических и биохимических процессов, на рост растений в процессе онтогенеза, сроки прохождения отдельных фаз вегетации, величину, структуру и качество урожая (Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В., 2013).

В начальные фазы, от появления 3-4 листьев и до 10 листьев, кукуруза особенно чувствительна к фосфорному питанию, так как идёт усиленный рост корневой системы, использующей в больших количествах фосфорную кислоту. Причем в последующем компенсировать недостаток фосфора в этот период развития кукурузы невозможно, поэтому он считается критическим (Уоллес Г., Брессман Е., 1955; Крамарев С.М., 1995; Минеев В.Г., 2004; Толорая Т.Р. и др., 2008; Шеуджен А.Х., 2010; Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В., 2013.). В дальнейшем, после фазы выметывания, наступает интенсивное потребление фосфора, и наибольшее его поглощение отмечают в период цветения (в период формирова-

ния генеративных органов). Дополнительно P_2O_5 кукурузой выносятся в период формирования зерна и продолжается почти до созревания (Дабахова Е.В., 2005).

Характерным симптомом недостатка фосфора в растениях на раннем этапе развития является медленный рост, темно-зеленые листья с фиолетовыми краями и в конечном итоге их отмирание. В поздний период развития кукурузы дефицит P_2O_5 послужит образованием недоразвитых и уродливых початков, увеличением протяженности вегетации и изменением окраски листьев до фиолетово-пурпурного цвета. Отмечается слабая разветвленность корней и мелкое их залегание (Дабахова Е.В., 2005; Дрогалин П.В., Казанков В.И., Тарасенко Н.Д., 1983).

Калий благоприятно воздействует на процесс образования сахаров и крахмала в кукурузе, повышает устойчивость растений к заболеваниям. Он потребляется растением кукурузы до фазы цветения. В начальный же период развития кукуруза способна усваивать до 12 кг/га K_2O ежедневно. К фазе выметывания поглощение калия достигает 90% (Третьяков Н.Н., Кошкин Е.И., Макрушин Н.М., 1998). Калий в растениях подвержен реутилизации путем перемещения из старых листьев в молодые (Штефан В.В., 1981; Лебедев С.И., 1988). Начиная с фазы молочно-восковой спелости зерна, содержание его в тканях кукурузы снижается в результате вымывания осадками и экзоосмоса через корневую систему (Минеев В.Г., 2004; Шеуджен А.Х. и др., 2007).

Недостаток калия проявляется в укорачивании междоузлий и краевом «ожоге» листьев. Калийное голодание ухудшает процессы оплодотворения, початки недоразвиты, а созревание зерна задерживается (Карова И.А., Шаваев М.А., 2006).

Чрезмерное калийное питание растений также негативно отражается на их росте и развитии. Проявляется оно в возникновении между жилками листьев бледных мозаичных пятен, которые со временем буреют, а затем листья опадают.

Согласно данным А.Г. Шестакова (1954), между накоплением органического вещества и потреблением элементов минерального питания кукурузой установлена положительная корреляция. К фазе появления метёлок фосфор поглощается в такой же степени, как органическое вещество - 23% от максимального накопления; в наибольшей мере азот - 43% и 27% калия. К цветению потребление

органического вещества и фосфора повышается до уровня 43-44%, а азота и калия становится одинаковым - 63-64%. К молочной спелости более существенно нарастает преимущество в накоплении массы органического вещества - до 83% от максимального, а содержание калия, азота и фосфора - лишь до 79, 74 и 69% соответственно. Считается, что поглощение всех компонентов растений продолжается до восковой спелости зерна, где оно составляет 100%.

В условиях недостаточного увлажнения кукуруза способна экономно расходовать продуктивную влагу почвы. Она выдерживает засуху и жару, но нуждается в равномерном распределении осадков в период вегетации. Водопотребление кукурузы на формирование одной тонны сухого вещества в сравнении с прочими зерновыми культурами в два раза ниже (Циков В.С., Матюха Л.А., 1989). Но толерантным к водному режиму растение кукурузы считать не следует. Наибольшее потребление влаги кукурузой наступает за десять дней до фазы выметывания и прекращается через двадцать дней после него (Володарский Н.И., 1986). Дефицит доступной влаги в фазу молочно-восковой спелости зерна приводит к снижению урожайности из-за преждевременного прекращения его налива и формирования мелких зерен в верхней части початка (Циков В.С., Матюха Л.А., 1989). А применение удобрений снижает коэффициент водопотребления кукурузы до 25 % (Агафонов Е.В., 1992).

В засушливой зоне Северного Кавказа температурный режим соответствует требованиям кукурузы, однако осадков обычно выпадает в два раза меньше потребности (Сотченко В.С., 2009). По данным А.М. Хлопянникова (2007), кукуруза характеризуется очень обильными выделениями корневой системой экссудата, что позволяет растению получить локальное увлажнение пахотного слоя почвы и использовать питательные вещества в условиях засухи.

1.2 Применение минеральных удобрений под кукурузу

Значительному накоплению сухого вещества, повышению продуктивности фотосинтеза способствует применение удобрений, что положительно отражается

на увеличении урожайности кукурузы. Важным фактором в повышении урожая культуры является не только норма удобрений, но и соотношение элементов питания в ней.

Значительные прибавки зерна можно получить лишь при наличии в почве достаточного количества легкодоступных питательных веществ, о чем свидетельствует их вынос кукурузой на формирование основной и побочной продукции.

Эффективное использование удобрений под кукурузу значительно повышает в зерне содержание белка и жира (Иванова З.А., Нагудова Ф.Х., 2016).

Обобщение более 100 полевых опытов с кукурузой в Европейской части России показало преимущество полного минерального удобрения перед парными сочетаниями в формировании урожая.

По данным В.А. Прошкина, А.П. Смирнова (1994), прибавка урожая по сравнению с N_{60} возрастала вдвое при совместном внесении с азотными удобрениями также фосфорных и калийных удобрений по 60 кг/га.

Исследования А.С. Карашаевой (2016) показали, что применение минерального удобрения в дозе N_{60} отразилось на урожайности зерна положительно. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 1,20 т/га или 19%. Дальнейшее увеличение дозы было неэффективно.

Предпосевное внесение под кукурузу на черноземных почвах лесостепной зоны Западной Сибири минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}$ обеспечивало прибавку урожайности зерна кукурузы, равную 0,48 т/га или 16,0%. Улучшение минерального питания способствовало повышению качества получаемой продукции, увеличивая дополнительный сбор сырого протеина до 89 кг/га (Храмцов И.Ф., Пунда Н.А., 2012).

В исследованиях, проведенных в 2014-2016 гг. на луговой черноземовидной среднетяжелой почве в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области, установлено, что при выращивании кукурузы оптимальной дозой минеральных удобрений является $N_{60}P_{30}$, увеличивающей продуктивность зерна кукурузы на 13,1% по сравнению с неудобренным фоном (Фокин С.А., Черноситова Т.Н., Калашников Р.П., 2017).

В условиях Саратовском Заволжья на орошаемой каштановой почве в опытах В.П. Белоголовцева (2009) установлено, что наибольшая прибавка урожайности зерна кукурузы получена на варианте с применением удобрений в дозе $N_{210}P_{120}$. Продуктивность культуры возросла до 6,56 т/га или 94,7 %.

В полевом стационарном опыте А.Ф. Стулина (2014) выявлено, что на черноземе выщелоченном применение полного минерального удобрения в дозе 60 кг/га способствовало повышению урожайности до 0,8 т/га по сравнению с контрольным вариантом (2,60 т/га).

По данным М.Н. Мышко (2004) в условиях Краснодарского края на выщелоченном черноземе в трехлетнем опыте установлено, что внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{30}$ позволило получить прибавку урожая зерна кукурузы 56,2% или 24,5 ц/га.

В опыте В.В. Дроздовой (2016), проведенном на черноземе выщелоченном в Краснодарском крае отмечено, что максимальная продуктивность кукурузы была отмечена на вариантах $N_{90}P_{90}K_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{40}$, прибавка урожайности составила 46,0% и 45 % или 68,5 и 68,0 ц/га.

Опыты, проведенные в степной зоне России, свидетельствуют о различиях в установлении оптимальных доз удобрений под кукурузу.

По сведениям В.В. Турчина (2007) на черноземе обыкновенном в условиях Ростовской области определены оптимальные дозы минеральных удобрений под кукурузу на зерно. При внесении $N_{50}P_{50}K_{50}$ урожайность кукурузы увеличилась на 25,2%, а при $N_{100}P_{100}K_{100}$ - на 34,0%.

Результаты полевых исследований О.В. Троневой (2011) свидетельствуют, о необходимо внесения минеральных удобрения в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$ под гибриды ранней и среднеранней спелости, а также проведении основной поверхностной мелкой обработке почвы в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

В зоне неустойчивого увлажнения Ставрополя в трехлетнем полевом опыте установлена доза минеральных удобрений, способствующая повышению уро-

жайности зерна гибридов кукурузы по различным видам обработки почвы. На варианте NPK_{30} урожайность увеличилась на 11-18,9 % (Никитин С.В., 2012).

Опыты, проводимые в зоне недостаточного увлажнения с 2005 по 2007 гг. в Ставрополье, свидетельствуют о необходимости применения под среднеспелый и среднепоздний гибриды кукурузы аммиачной селитры в дозе 30 кг/га под предпосевную обработку почвы и внесение NPK_{20} нитроаммофоски при посеве. Уровень урожайности зерна увеличился соответственно на 8,8-9,7 и 8,2-14,4% (Сухоярская Г.Н., 2009).

На черноземе обыкновенном карбонатном в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края среднеспелые гибриды кукурузы проявляют разную отзывчивость на дозы азотного удобрения. Доза азота 60 кг/га в среднем за три года исследований обеспечила наибольшее повышение урожая зерна на гибриде кукурузы Машук 355 МВ и составила 3,50 т/га по сравнению с контролем. На гибриде Машук 390 МВ наибольшее увеличение урожайности отмечено от дозы N_{90} – прибавка 4,10 т/га (Багринцева В.Н., Ивашененко И.Н., 2018).

На черноземе обыкновенном мощном тяжелосуглинистом карбонатном в Ставропольском крае в 2002-2004 гг. проведены исследования эффективности применения хлористого калия под среднеспелый гибрид кукурузы Валентин. Установлено, что внесение K_{60} на фоне азотных удобрений в дозе N_{60} повысило урожайность в сравнении с вариантом без удобрений на 7,3 ц/га или на 12%. На фоне $N_{60}P_{40}$ прибавка урожайности составила лишь 3,8 ц/га или 5,0% (Шмалько И.А., 2006).

В условиях Ростовской области на черноземе обыкновенном при изучении среднеранних и среднеспелых гибридов кукурузы установлено, что оптимальной является доза $N_{60}P_{40}K_{40}$ с прибавкой в среднем за годы исследований в пределах 15,3-24,2%. В формировании урожая зерна доля азота, фосфора и калия составила 73%, 4% и 26 % соответственно (Тюрин И.М., 2010).

При возделывании среднеспелых гибридов кукурузы на зерновые цели в условиях Цимлянского района Ростовской области на темно-каштановых почвах эффективно локальное внесение перед посевом минеральных удобрений в дозе

$N_{60}P_{60}$, среднепоздних – $N_{60} P_{60} K_{60}$ (Батаков А.А., 1999; Агафонов Е.В., Батаков А.А., 2000).

Д.А. Коренькова (1991) установила, что на Северном Кавказе при возделывании кукурузы на орошении в зоне достаточного увлажнения применяют минеральные удобрения в сочетаниях $N_{90-120}P_{90-120}K_{60-90}$, в засушливой - $N_{60-90}P_{60}K_{60}$, на выщелоченном черноземе южной и предгорной зон Северного Кавказа - $N_{90-120}P_{80}K_{60}$.

А.И. Симакин (1976) резюмируя данные более 15 полевых опытов реализованных на черноземе выщелоченном Северного Кавказа подметил, что при урожайности зерна на контроле 4,1 т/га использование $N_{45}P_{35}K_{20}$ увеличит показатель урожайности на 1,23 т/га.

М.П. Балан (1977) утверждает, что на черноземе обыкновенном увеличение урожайности зерна кукурузы на 7,8 ц/га обеспечит использование азота, фосфора и калия в соотношении 2:1:1.

По сведениям С.А. Игнатьева (1995) и Я.И. Исакова, С.А. Игнатьева (1990), в Ростовской области на черноземах предкавказских карбонатных при выращивании кукурузы на зерно оптимальная доза $N_{60}P_{40}K_{30}$.

О.А. Бирюковой и др. (2010) на черноземе обыкновенном Ростовской области выявлена существенная корреляция продуктивности и качества урожая кукурузы на основе биометрической диагностики целого ряда сортов и гибридов кукурузы, химической диагностики минерального питания, сбалансированности макро- и микроэлементов для различных сортов. Такой подход позволил не только повысить урожайность кукурузы, но и сделать применение удобрений более рациональным.

Резюмируя результаты экспериментальных данных сформированных по кукурузе, возделываемой с использованием минеральных удобрений в зоне недостаточного увлажнения Ростовской области и Ставрополья можно сказать, что авторы рекомендуют вносить полное минеральное удобрение. Однако диапазоны оптимальных доз существенно варьируют: по фосфору и калию от 20 до 80 кг/га, по азоту - от 50 до 80 кг/га и лишь в одном случае предложено применять N_{30} .

Объемы применения удобрений в последние десятилетия изменились, в виду дисбаланса цен на удобрения и продукцию растениеводства. Разрабатываются новые подходы в применении удобрений (Рымарь В.Т., 2001; Рымарь В.Т., Новичихин А.М., 2006; Гордеев А.В., 2015), с целью увеличения эффективности сельскохозяйственного производства. Использование эффективных агрохимикатов и биопрепаратов (Брыкалов А.В., Салтанов А.А., Ладухин А.Г., 2012; Коршунов А.А., 2015; Новичихин Л.М., Щеглов Н.В., 2015; Новичихин А.М., Гончаров Г.В., Балюнова Е.А., 2016) позволит обосновать снижение норм внесения традиционных форм удобрений под сельскохозяйственные культуры при сохранении и даже повышении их урожайности.

1.3 Биологический азот и его значение в сельском хозяйстве

Обострение экологической ситуации и повышение стоимости удобрений сформировали интерес к проблеме поиска новых ресурсов питания и защиты растений от патогенов. Одним из направлений мобилизация экологических факторов стало создание экологически адаптированных систем возделывания сельскохозяйственных культур (Завалин А.А., 2005).

В настоящее время наиболее развитые страны мира большое внимание уделяют биологизации, экологизации и устойчивости земледелия. При этом большое значение отводится научно-обоснованному сочетанию применения биологического и минерального азота.

Биологическим азотом называют молекулярный азот потребляемый микроорганизмами почвы, а организмы способные фиксировать этот азот - диазотрофами или азотфиксаторами.

Известны два принципа анализа размеров несимбиотической азотфиксации. Первый заключается в исследовании азотного баланса почвы, а второй – в установлении продуктивности азотфиксации почв с помощью $^{15}\text{N}_2$ (Delwiche C.C., Wihler I., 1956).

В глобальном масштабе при общем содержании азота в почве 105000 млн. т, поступает в растения 1400, минерализуется в почве 3500, фиксируется за счет симбиотической фиксации 120, поступает за счет азотфиксации ассоциативной и свободноживущими микроорганизмами 50, вносится с удобрениями 65 (из которых усваивается растениями только 26), поступает за счет сгорания органических материалов 22, потери за счет денитрификации достигают 135, и теряется в результате вымывания с горизонтальным и вертикальным стоками 85 млн. т азота (Налиухин А.Н., 2010).

Микроорганизмы, пригодные для использования в качестве биологических удобрений, были открыты более чем полвека назад. Однако их внедрению в промышленное сельскохозяйственное производство в нашей стране препятствовали в разное время различные факторы, как объективные, так и субъективные. На первых этапах еще не были достаточно изучены свойства бактерий, не были выделены и отобраны эффективные штаммы. В период относительного экономического благополучия бывшего СССР ставка делалась на технократические решения – «всеобщая химизация», дававшая на текущий момент видимую отдачу. Естественно, что в таких условиях, внедрение бактериальных препаратов было невозможным. В постсоветский период речь могла идти только о выживании сельскохозяйственного производства.

В настоящее время появилась возможность модернизации сельскохозяйственного производства, так как достигнуты существенные успехи в изучении ассоциативной азотфиксации, которая превратилась в самостоятельный раздел учения о «биологическом» азоте. Также необходимо учитывать тот факт, что ассоциативная азотфиксация осуществляется самыми разными бактериями при развитии в ризосфере и филлосфере всех растений, во всех природных зонах, в силу чего имеет большую экологическую значимость.

Размеры фиксации атмосферного азота в зависимости от вида растения и климатической зоны изменяются в пределах 3-600 кг/га за год (Брей С.М., 1986; Завалин А.А., Благовещенская Г.Г., Кожемяков А.П., 2007).

Годовые объемы фиксации азота достигают $2,95 \cdot 10^6$ т для зернобобовых и $18,5 \cdot 10^6$ т для бобово- масличных. Цифра фиксации азота сильно увеличивается при учете рисовой, сахарно-тростниковой, зерновой и масличной (небобовой) фиксации, а также фиксации на лугах, в лесах и в саваннах и достигает $50-70 \cdot 10^6$ т (Herridge David F., 2008).

Потенциальные размеры симбиотической азотфиксации при обеспечении оптимальных условий для симбиоза могут достигать от 130 до 390 кг/га фиксированного азота для зернобобовых культур и от 270 до 550 кг/га – для многолетних бобовых трав (Трепачев Е.П., 1999; Кокорина А.Л., Кожемяков А.П., 2010; Тихонович И.А., Завалин А.А., 2016).

Размеры фиксации атмосферного азота в ассоциациях корней небобовых с диазотрофами очень различны и в зависимости от вида растений и климатических зон изменяются в пределах от 3 до 170 кг/га в год (Vose P.V., 1983). При использовании ассоциативных (ризосферных) диазотрофов в зависимости от почвенно-климатических условий в агроценозы вовлекается от 30 до 60 кг/га азота воздуха (Тихонович И.А., Завалин А.А., 2016).

В почву доступный азот проникает следующим образом: с помощью закрепления симбиотическими микроорганизмами свободного азота; закреплением атмосферного азота свободноживущими почвенными микроорганизмами; ассоциативной азотфиксации осуществляемой в результате несимбиотических связей с ризосферными микроорганизмами (Базилинская М.В., 1985).

По способности взаимодействия диазотрофов с растениями различают ассоциативные и симбиотические бактерии. Ассоциативными называют те бактерии, которые пребывают в сфере непосредственного влияния на растение примыкая к корням в ризосфере почвы или находясь в филлосфере и ризоплане, но не проникая внутрь тканей растений и не формируя разрастаний в них. Симбиотическими же принято называть бактерии определенного вида растений-хозяев, как правило, бобовых культур, проникающих внутрь растительной ткани с образованием определенных разрастаний на корнях или стеблях в форме узелков, клубеньков (Бан-

кин М.П., Банкина Т.А., Коробейникова Л.П., 2005; Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л., 2007).

В роли преобладающего энергетического материала (около одной целой трех десятых) при азотфиксации выступают продукты фотосинтеза растений в форме удобоваримых органических веществ (отмирающих корней и корневых выделений) (Vlassak K., Reynders L., 1981; Klemedtsson L., 1987; Банкин М.П., Банкина Т.А., Коробейникова Л.П., 2005).

Преимущество видов и штаммов бактерий в прилегающей к корням почве зависит от типа фотосинтеза растений. Так, культуры с C_4 - типом фотосинтеза (сорго, кукуруза, некоторые злаковые травы) доминируют *Azospirillum lipoferum*, а под рисом, рожью, пшеницей и ячменем – растениями с C_3 - типом - *A. brasilense* (Vlassak K., Reynders L., 1981; Берестецкий О.А., 1985). В то же время М.В. Базиллинская (1989) в своих трудах установила, что растения расходуют на 1 грамм связанного азота от 4,1 до 24,2 г углерода

P.J. Dart (1986) указывает, что в виде источника энергии в процессе ассоциативной азотфиксации микроорганизмами на ряду со свежими растительными остатками могут использоваться органические удобрения в виде навоза, соломы, компоста и так далее.

Ассоциативные микроорганизмы могут принадлежать как к фототрофам, хемотрофам, так и к анаэробам и аэробам. У всех растений на корнях и корневых волосках образуется слизистый слой - муцигель. По характеру развития ассоциации бактерий принято разделять на две группы: экторизосферные (развивающиеся в почве, примыкающей к корням) и эндоризосферные (находящиеся в муцигеле). Считается, что последние более защищены от неблагоприятных условий среды, в том числе и от избытка кислорода, ингибирующего нитрогеназудиазотрофов (Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л., 2007).

Проявлением прямого интегрирования циклов азота и углерода в сопряжении азотного и углеродного обмена растений и бактерий служит азотфиксирующий симбиоз. Иллюстрацией растительно-микробного сотрудничества является бобово-ризобиальный симбиоз (Тихонович И.А., Проворов Н.А., 2002).

Азотфиксаторами находящимися в симбиозе с высшими растениями являются клубеньковые бактерии рода *Rhizobium*, бобовые симбионты, актиномицеты рода *Frankia*, цианобактерии *Anabaena azollae* и ассоциативные бактерии. Все они применяются в формировании препаратов для совершенствования азотное питание определенных культур (Громов Б.В., Павленко Г.В., 1989).

Сотрудничество бобового растения с клубеньковыми бактериями исключительно сложный процесс. В соответствии с общепринятым видением он протекает в сфере обмена информации генов и продуктов их экспрессии. К настоящему времени сформировалось достаточно четкое представление о результате формирования симбиотической пары «ризобий - бобовые растения». Ризобиям свойственны следующие стадии развития симбиоза относительно фенотипических признаков: 1) реинфекция заключающаяся в заселении корней, прикреплении к корням; 2) инфекция – фактически осуществляется инфекция, инициация клубенька, становление бактериоида; 3) деятельность клубенька - синтез нитрогеназы, существование клубенька (Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л., 2007).

Особый интерес представляют смешанные культуры азотфиксирующих микроорганизмов, важными свойствами которых является высокая стабильность состава и относительное постоянство азотфиксирующей активности. Чаще всего главным показателем, который используют при поисках бактерий, положительно влияющих на растения (PGPR-бактерии, *plantgrowthpromotionregulator*), является их высокая нитрогеназная активность.

Увеличение урожайности растений благодаря экологически безопасным биопрепаратам, произведенным на основе природных штаммов микроорганизмов, реализующим несколько функций - перспективное направление развития науки (Умаров М.М., 1984; Кожемяков А.П., Хотянович А.В., 1997; Завалин А.А. и др., 2010). Формирующим началом бактериальных препаратов или иначе называемых бактериальных удобрений и микробных земледобрильных препаратов служат микроорганизмы. Совокупность их положительного действия на растения заключается не только в фиксации атмосферного азота, а и подавлении развития фитопатогенной микрофлоры, стимуляции роста и развития растений, оптимизации их

минерального питания и влагообмена, усилении устойчивости к стрессам (Кожемяков А.П., Тихонович И.А., 1998; Гамаюн И.М., Пилипенко А.Д., 2000).

Инокулянты усиливают всхожесть семян, образование корней растений, нарастание биомассы культуры по фазам вегетации, вместе с тем особенности их действия определяются видом применяемого препарата, штаммом микроорганизмов, а также сортовыми особенностями растений.

По результатам исследований ряда авторов в различных погодных условиях воздействие ризоагрином и флавобактерином на семена озимой пшеницы позволило снизить развитие корневых гнилей на 14-45%, на озимой тритикале в 1,2-1,3 раза. Кроме того на обеих культурах более эффективной была бинарная инокуляция. Применение биопрепаратов на озимой ржи снижало пораженность корневыми гнилями в 1,5 раза (Завалин А.А., 2011; Тихонович И.А. и др., 2011; Завалин А.А., 2015).

Отличительной особенностью бактериальных препаратов является то, что почву обогащают не элементами питания, а определенными видами почвенных микроорганизмов стимулирующих развитие симбиотической или ассоциативной азотфиксации. Биопрепараты позволяют снизить загрязнение окружающей среды, благоприятствуют процессу почвообразования и повышают плодородие почв, произвести экономию материальных ресурсов, а также получать высококачественные урожаи сельскохозяйственной продукции (Гамаюн И.М., Пилипенко А.Д., 2000).

По средством целенаправленной многоступенчатой селекции из обширного числа изолятов выделяют наиболее вирулентные микроорганизмы хорошо приживающиеся в ризосфере или на корнях растений, способные оказывать продуктивное воздействие на рост и развитие культур, не вызывая при этом токсичного действия в отношении биоценозов (Кожемяков А.П., Хотянович А.В., 1997; Завалин А.А. и др., 2010).

Благоприятная реакция на обработку биопрепаратами происходит, если: 1) внесенный штамм конкурирует с аборигенной популяцией; 2) инокулируемый

штамм имеет повышенную АФА или 3) обладает способностью к синтезу гормонов роста растений (Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л., 2007).

Новым и неожиданным стало выявление у бактерий-азотфиксаторов процесса денитрификации в случае присутствия минеральных соединений азота (нитратов) в среде. Такая «двойственность поведения» выявлена у представителей pp. *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Aquaspirillum*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Desulfovibrio*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Methanobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Spirillum*, *Thiobacillus*, *Vibrio* и этот перечень продолжает расширяться (Умаров М.М., 2001; Burris R.Y., 2003).

На базе ассоциативных diaзотрофов создано более 200 видов почвоудобрительных бактериальных препаратов с достоверным положительным действием на величину урожая. На территории России выпускается более 20 коммерческих препаратов на основе ассоциативных бактерий, такие как «Агрофил», «Мизорин», «Экстрасол» и пр. Каждый из биопрепаратов обладает определенным, спектром действий и условиями эффективного применения. Препараты нетоксичны, не обладают канцерогенным, тератогенным и кумулятивным действием; экологически безопасны для животных, птиц, рыб, насекомых, почвенного биоценоза; не содержат солей тяжелых металлов, патогенной микрофлоры и яиц гельминтов; нетоксичны, пожаро- и взрывобезопасны (Завалин А.А. и др., 2010; Агафонов Е.В. и др., 2017).

1.4 Применение бактериальных препаратов под сельскохозяйственные культуры

Благодаря симбиозам с микроорганизмами, в ходе окультуривания, растения в значительной степени повысили способность адаптироваться к неблагоприятным условиям среды. Использование микробных препаратов, органических соединений или растительных экстрактов - альтернативный путь получения растением питательных элементов и защиты от патогенов (Rose S.,

Parker M., Punja Z.K., 2003; Borkowski et al., 2004; Завалин А.А., 2005; Тихонович И.А., 2005).

Использование биологического азота позволяет в 20-30 раз снизить затраты на производство в сравнении с технической азотом минеральных удобрений, а накопленная тонна белка под действием биологического азота в 9-10 раз дешевле минерального (Ньютон В., 2002). К тому же минеральный азот при избыточных дозах способствует накоплению нитратов в растениях и служит источником загрязнения природной среды. А создание биологических препаратов сохраняющих длительное время свои исходные свойства, особенно на твердом носителе, способствуют расширению географии их применения. В виду этого внедрение в производство биологического азота экологически и экономически целесообразно (Завалин А.А. и др., 2010).

Одним из принципиальных является вопрос о необходимости внесения в почву, точнее в ризосферу и ризоплану, бактерий-азотфиксаторов. Уже в ранних работах по ассоциативной азотфиксации (выполненных с использованием нового в те годы метода ацетиленредукции) показано, что у растений риса, кукурузы и некоторых пастбищных трав азотфиксирующая активность даже в отсутствие инокуляции была высокой и соответствовала фиксации значительного количества азота - до 100 кг/га (Dobereiner J., 1979).

В литературе имеются резко различающиеся данные о размерах ассоциативной азотфиксации под разными видами растений и об усвоении ими фиксированного бактериями азота (Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л., 2007).

В зависимости от почвенно-климатических условий увеличение урожая при инокуляции эффективными штаммами diaзотрофов (*Azospirillumlipoferum*, *Agrobacteriumradiobacter*, *Arthrobactermysorens*, *Flavobacterium* sp) составляет 10-30% для злаковых культур и 20-40% для овощных. В ассоциации с кукурузой некоторые diaзотрофы фиксировали 30-90 кг/га азота.

Внесение ассоциативных азотфиксаторов под озимую пшеницу, рожь и тритикале, а также ячмень и овес равнозначно использованию азотных удобрений в дозе 30 кг/га, под кукурузу - 45-60 кг/га, яровую пшеницу – 30-45 кг/га и карто-

фель - 40-45 кг/га при уровне атмосферных осадков соответствующем близким к среднесулетней норме значениям (Завалин А.А., 2011; Тихонович И.А. и др., 2011; Завалин А.А., 2015).

Наибольшая продуктивность пшеницы получена при совместном использовании небольших доз минерального азота и обработке семян азотфиксирующими бактериями, причем коэффициент использования азота удобрений инокулированными растениями возрастал на 10-15%. Максимальный эффект от инокуляции отмечен при имитации засухи (Завалин А.А., 2005).

Инокуляция семян биопрепаратами повышала на 0,2-0,4 т/га урожайность зерна озимой пшеницы в условиях засухи (Никитин С.Н., Завалин А.А., 2017).

Необходимо отметить, что уровень прибавок урожайности зависит от особенностей культуры, почвенно-микробиологического состояния почвы и погодных условий (Завалин А.А. и др., 2010).

По данным А.А. Завалина (2005) применение азотфиксирующих бактерий под сорго повышало урожайность культуры в зависимости от сортовых особенностей на 15-30 %, при этом вынос азота также увеличивался в размере 20-50%.

При использовании флавобактерина на фоне $N_{30}P_{60}K_{60}$ на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве получен максимальный урожай зерна яровой пшеницы – 42 ц/га. При этом биопрепарат был эффективен при различных погодных условиях. Прибавка урожайности зерна к контролю составила 72,0%. Применение флавобактерина увеличило окупаемость 1 кг вносимых под яровую пшеницу минеральных удобрений с 1,3 до 5,9-8,2 кг зерна (Алметов Н.С., Горячкин Н.В., Назмиев Х.З., 2012).

По данным А.А. Завалина с соавт. (2000, 2004), применение ассоциативных азотфиксаторов позволяет заменить примерно 45 кг азота. Внесение биопрепаратов на ячмене способствовало увеличению концентрации сырого протеина на 0,5-1,0% и возрастанию урожайности зерна на 3-6 ц/га.

По данным J. Doberiner (1987), инокуляция корней кукурузы и пшеницы в вегетационных опытах штаммами *Spirillum lipoferum* приводила к достоверному

увеличению урожайности и повышала содержание азота в листьях и стеблях растений.

В исследованиях А.А. Завалина (2011) установлено, что на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве продуктивность зернотравяных севооборотов под действием микроорганизмов возрастала до 38-48 ц/га корм. ед., а на вариантах с минеральными удобрениями до 33-42 ц/га корм. ед. Инокуляция семян многолетних трав, озимой ржи и овса биопрепаратами увеличила окупаемость фосфорно-калийных удобрений в два раза.

Продуктивность озимой пшеницы и картофеля возрастала на 15-50%, при этом белковость зерна пшеницы и содержание крахмала в клубнях картофеля увеличивалось в размере 10-20%. В испытаниях с микробными препаратами «Флавобактерин», «Мизорин» и «Азоризин» на кормовых, зерновых и овощных культурах получен достоверный положительный эффект. Качественные характеристики на кормовых культурах возрастали, а именно содержание «сырого» белка, каротина, аскорбиновой кислоты, фосфора, калия. В зерне ячменя и клубнях картофеля увеличивалось содержание лизина.

На различных типах почвы в регионах РФ в опытах на озимой пшенице, озимой ржи, озимой тритикале, яровой пшенице, ячмене, овсе, кукурузе на зерно и силос, картофеле выявлено, что обработка семян биопрепаратами ризосферных diaзотрофов не изменила концентрации азота, фосфора и калия в растениях в начальные периоды развития культур. Тем самым обнаружив, что в начале вегетации растений отсутствовало влияния на условия минерального питания культур. Тем не менее, в последующем (например, трубкование и колошение зерновых) уровень азота в органах и тканях начинал возрастать. Обработка семян флавобактерином или препаратами на основе псевдомонад на кукурузе, озимой пшенице, ячмене приводила к возрастанию концентрации фосфора и калия в растениях, что в свою очередь отразилось на повышении устойчивости к болезням и неблагоприятным факторам окружающей среды (Завалин А.А., 2011; Тихонович И.А. и др., 2011).

Обработка гранул азотного удобрения биопрепаратом со штаммом *Bacillus subtilis* Ч-13 способствовала повышению коэффициента использования азота яровой пшеницей из удобрений в 1,2-1,5 раза и возрастанию содержания фосфора и калия в урожае в 1,1-1,4 раза (Завалин А.А., 2011).

В работах С.М. Лукина, Е.В. Марчука (2011) отмечено, что применение биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов под картофель способствовало увеличению его урожайности на 18-36 ц/га, при этом в биологический круговорот вовлекается до 36 кг/га атмосферного азота.

В исследованиях А.А. Алферова с соавт. (2018) установлено, что инокуляция семян яровой пшеницы биопрепаратом ризоагрин обеспечивает прибавку урожайности зерна на фоне РК-удобрений: на черноземах – на 23%, серых лесных – на 14%, дерново-подзолистых почвах – на 13...18%. При применении биопрепаратов диазотрофов коэффициент использования азота на черноземных почвах из минеральных удобрений возрастает в 1,6 раза, а на дерново-подзолистых – в 1,2 раза. Европейской части России на дерново-подзолистых суглинистых почвах в результате ассоциативной азотфиксации под яровой пшеницей накапливается 8...10 кг N/га в год, на черноземах – 12 кг N/га в год.

Инокуляция бактериальными препаратами содействует повышению коэффициента использования основных элементов питания растениями в 1,5-2 раза. Биопрепараты снижают отрицательный баланс азота, поскольку увеличивают его накопление в урожае в 2,3-6,5 раз. Также в пахотном слое почвы дополнительно накапливается до 1,2-1,4 т/га гумуса в результате поступления в почву пожнивно-корневых остатков (Тихонович И.А. и др., 2011; Завалин А.А., 2015).

При инокуляции семян яровых и озимых зерновых культур биопрепаратами ассоциативных диазотрофов (флавобактерин, ризоагрин), прибавка урожайности зерна на почвах разных типов возрасла у яровой пшеницы в пределах 12...18%, ячменя – 17...28%, овса – 19...23%, озимой пшеницы – 10...22%, озимой ржи – 9...10%, озимой тритикале – 22...23%. При достаточном увлажнении действие биопрепаратов ассоциативных микроорганизмов равноценно внесению азотного удобрения в дозе 30...45 кг/га под озимые пшеницу, рожь и тритикале, ячмень,

овес и яровую пшеницу (Алферов А.А., Завалин А.А., 2015; Алферов А.А. и др., 2016).

В опытах с использованием биопрепаратов под кукурузу также установлена высокая эффективность этого агроприема.

По данным В.Ф. Патыка с соавт. (1997) кукуруза, принадлежащая к культурам С₄-типа фотосинтеза более чувствительна к инокуляции ассоциативными diaзотрофами, в сравнении с других злаковыми культурами.

В опытах с кукурузой А.А Завалин с соавторами (2004) установил, что от обработки семян биопрепаратами продуктивность зерна культуры увеличивалась на фоне 60 кг/га фосфора на 1,3-1,4 т/га (25-27%), а от применения 60 кг/га азота - на 1,9 т/га (37%). Эффект от применения ассоциативных азотфиксаторов приравнивался к 45 кг азотных удобрений.

По данным А.А. Завалина с соавторами (2002) доказано, что инокуляция флавобактерином зерна кукурузы с применением азота в дозе 77 кг/га была равнозначна внесению минерального азота в дозе 152 кг/га. Сбор зерна кукурузы составил 72,3 ц/га.

По данным В.Ф. Патыка (1997) выявлено, что инокуляция зерна кукурузы не приводила к изменению концентрации азота, фосфора и калия в растениях в начале вегетации, однако в последующие фазы вегетации содержание азота в растениях кукурузы увеличивалось.

На чернозёме обыкновенном Кабардино-Балкарии изучалось влияние препарата ризосферных diaзотрофов флавобактерина на урожайность и качество зерна гибридов кукурузы КООС- 600СВ и Кавказ 412СВ. Оба гибрида положительно отзывались на инокуляцию семян флавобактерином, как без удобрений, так и при их внесении. Обработка флавобактерином способствовала увеличению в зерне гибрида Кавказ 412СВ содержания сырого белка только на вариантах без минеральных удобрений. Белковость зерна гибрида КООС-600 СВ при инокуляции семян бактериями на фоне N₇₇P₁₁₃ была равна внесению удвоенной дозы азотного удобрения N₁₅₂P₁₁₃ (Азубеков Л.Х., 2000; Завалин А.А., Азубеков Л.Х., Шалов Т.Б., 2002).

В условиях степной зоны Алтайского края эффективность микробных препаратов на основе ассоциативных азотфиксирующих бактерий («Биоплант-К», «Ризоагрин») повышается при их совместном использовании с минеральными удобрениями. Урожайность зеленой массы кукурузы на этом фоне превышала контрольный вариант на 40,4-92,4%. Максимальная урожайность кукурузы получена в оба года исследований при инокулировании семян бинарной смесью препаратов «Биоплант»+«Микориза» на фоне минерального удобрения $N_{30}P_{60}K_{60}$. Урожайность сухой массы на этом варианте составляла в среднем за два года 5,95 т/га, что на 138% превышало контрольный вариант. Применение этой смеси препаратов максимально увеличивало содержание протеина и вынос его с урожаем, способствовало снижению содержания клетчатки и повышению перевариваемости корма (Курсакова В.С., Чернецова Н.В., Гаенко М.А., 2015).

В опытах А.А. Завалин (2011) установил положительный эффект от применения ассоциативных азотфиксаторов на кукурузе в условиях предкавказского чернозема с увеличением продуктивности зерна культуры до 6,6-6,8 т/га при уровне урожая 3,9 т/га.

В Кабардино-Балкарском НИИСХ на черноземе обыкновенном проведен полевой опыт с гибридом кукурузы Кавказ 412 СВ по применению азотфиксирующих биопрепаратов Мобилин, Флавобактерин, Азоспирилл штаммов 6 и 8. Под влиянием минеральных удобрений и биопрепаратов урожайность зерна кукурузы возросла в 1,7 раза и достигала 67,7 ц/га. Совместное применение азотного удобрения и биопрепаратов позволило дополнительно получить от 1,5 до 2,5 т/га (Завалин А.А., Темботов З.М., Азубеков Л.Х., 2008; Азубеков Л.Х., Темботов З.М., 2012).

При инокуляции семян кукурузы урожайность зерна гибридов Камила СВ и Кавказ 375 МВ возрастает на 0,5-1,0 т зерна с 1 га (Кашукоев М.В., Шогенов Р.С., Агиров Р.Ю., 2011).

В работах Ю.А. Шомахова, М.Х. Кодзоковой (2005) отмечено, что с применением флавобактерина на кукурузе окупаемость затрат фосфорного удобрения возрастала в 1,3-1,4 раза, а азотно-фосфорного - в 1,6-1,7 раза.

Установлена высокая экономическая эффективность применения флавобактерина на посевах кукурузы. За счет инокуляции семян препаратом чистый доход составил 2970 руб./т. Максимальный доход выявлен при обработке семян флавобактерином и внесении минеральных удобрений (Кодзокова М.Х., 2009).

Обработка семян и вегетирующих растений биопрепаратами на фоне минерального питания способствовала увеличению выживаемости растений кукурузы по отношению к контролю (Метлина Г.В., Гуреева А.В., Васильченко С.А., 2011).

В условиях Ростовской области применение ассоциативных азотфиксаторов выявило высокую эффективность.

В условиях Семикаракорского района Ростовской области на черноземе обыкновенном, отмечено, что влияние совместного применения бактериальных удобрений и минеральных удобрений под арбуз гораздо выше, чем сумма действия каждого из них в отдельности. Доля наибольшей прибавки урожайности составила 39% (Агафонов Е.В. и др., 2010).

По данным Е.В. Агафопова с соавторами (2006), обработка корней рассады баклажана бактериальными препаратами, содержащими активные штаммы ассоциативных азотфиксаторов Б-6 и Б-8, содействовала значительному улучшению развития растений, возрастанию продуктивности товарных плодов и семян. Влияние штамма Б-8 было равнозначно дозе азота 66,5 кг/га, а Б-6 – 37,7 кг/га. В сочетании с $N_{60}P_{60}K_{60}$ бактериальные удобрения способствовали повышению урожайности семян на 14-22 кг/га, а на фоне $N_{60}P_{120}K_{60}$ – на 18 кг/га.

В работе Е.В. Агафопова, В.В. Клыкова (2013) в опытах, проводимых на черноземе южном, было отмечено, что при обработке семян проса биопрепаратами Азоризин 6 и Азоризин 8 продуктивность возрасла на 13 и 9,1%, однако на фоне минеральных удобрений биопрепараты не оказали существенного влияния на урожайность.

В исследованиях по применению удобрений под картофель, проводимых в 2010-2011 гг. в условиях Усть-Донецкого района Ростовской области на черноземе обыкновенном, среди всех изучаемых штаммов азотфиксирующих бактерий лучшим был штамм 18-5. Сбор клубней при его использовании составил 13,1 т/га,

увеличение прибавки достигало 11,1%. Оптимальное сочетание удобрений при совместном применении минеральных и бактериальных удобрений штамм 18-5 и $N_{60}P_{60}K_{60}$. Урожайность составила 14,5 т/га, а прибавка к контрольному варианту - 22,9% (Агафонов Е.В., Каменский Н.П., Гужвин С.А., 2013).

Несмотря на обилие данных о высокой активности азотфиксации в ризосфере растений, вопрос о масштабах ассоциативной азотфиксации в конкретных почвенно-климатических условиях и под сельскохозяйственными культурами остается дискуссионным. В литературе имеются резко различающиеся данные о размерах ассоциативной азотфиксации под разными видами растений и об усвоении ими фиксированного бактериями азота.

Приведенные выше данные указывают на высокую эффективность применения бактериальных препаратов под сельскохозяйственные культуры. Однако данных по применению бактериальных препаратов под кукурузу в условиях черноземных почв Ростовской области недостаточно, как и нет единого мнения о дозах минеральных удобрений под кукурузу, особенно совместно с бактериальными азотфиксирующими препаратами.

2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика почвы опытного участка

Почва опытного поля УНПК «Донского государственного аграрного университета», на котором проводились исследования (согласно классификации и диагностики почв 1977 г.) - чернозем обыкновенный теплый кратковременно промерзающий (североприазовский).

Данный зональный тип почвы сформировался на лессовидных и желто-бурых глинах, в связи с чем, имеет глинистый механический состав. Несмотря на тяжелый гранулометрический состав, черноземы обыкновенные обладают вполне благоприятными физическими и морфологическими свойствами (таблица 1).

Таблица 1 - Морфологические признаки черноземов обыкновенных (О.С. Безуглова, М.М. Хырхыров, 2008)

Название почвы	Глубина нижней границы почвенных горизонтов, см					Вскипание, см	Верхняя граница появления новообразований, см		
	Апах	А	АВ ₁	АВ ₂	ВС		СаСО ₃		СаSO ₄
							плесень	белоглазка	
Черноземы обыкновенные среднемощные глинистые на лессовидных суглинках	28	35	55	75	93	45	63	95	>300

Групповой состав гумуса фиксируется как гуматный и фульватно-гуматный. Фульвокислоты в повышенных количествах появляются как в нижней части дернового горизонта А (Сгк:Сфк – 1,7), так и в нижней части гумусового горизонта АВ (Сгк:Сфк – 0,9). Фиксируется значительного количества гумусовых веществ, прочно связанных с минеральной частью почвы (гумины), около 40-50%.

Для черноземов обыкновенных типична высокая поглотительная способность, ЕКО составляет 41,5-46,4 мг.-экв./100 г при преобладании обменного каль-

ция. Обменный магний присутствует в количестве 6-12%, натрия 1,0-1,6% от ЕКО, что свидетельствует о качественной экологической оптимальности поглотительной способности черноземов обыкновенных.

Характерен четко выраженный карбонатный профиль с максимумом содержания CaCO_3 в горизонте белоглазки около 15-20%. Фиксируются почвообразования CaCO_3 кроме белоглазки в виде прожилок и даже в ряде случаев в виде карбонатной плесени. С карбонатностью профиля связана слабощелочная реакция среды, рН изменяется в пределах границ типичности от 1,5 до 8,5. Это экологически благоприятно для всех районированных сельскохозяйственных культур.

Физические свойства черноземов обыкновенных характеризуются достаточной водо- и воздухопроницаемостью и высоко влагоемкостью гумусового горизонта. Общая порозность верхней части профиля 50-54%, нижней – 43-49%. Полевая влагоемкость составляет в горизонте А 33-38%, в горизонте В – 31-32%. В верхних горизонтах, имеющих неплотное сложение, плотность почвы составляет 1,10-1,25 г/см³, в нижних, более плотных, 1,35-1,45 г/см³ (иногда 1,50 г/см³), а еще глубже в почвообразующих породах – 1,50-1,60 г/см³ (а в структурных глинах до 1,70 г/см³). Максимальная гигроскопичность варьирует по профилю от 9,5 до 12%, а влажность завядания (т.е. недоступный растениям «мертвый» запас влаги) – от 14,5 до 18%. Такая значительная величина максимальной гигроскопичности и соответственно влажности завядания является отрицательным свойством описываемых черноземов. Однако, благодаря сравнительно высокой полевой влагоемкости возможный запас продуктивной влаги в верхней части профиля довольно значителен и достигает в пахотном слое 18-19%, в горизонте В – 13-16%.

2.2 Климат и погодные условия в годы проведения исследований

Опытное поле УНПК «Донского государственного аграрного университета» с учетом физико-географического положения, почвенно-климатических и экологических условий расположено в Приазовской агроклиматической зоне Ростовской области (Агафонов Е.В., 1999). Климат данной зоны носит континентальный

характер, который характеризуется недостаточным количеством атмосферных осадков, высокой летней температурой, резким переходом от холодной зимы к жаркому лету.

Средняя многолетняя сумма осадков по данным Персиановской метеостанции составляет 468,5 мм (приложение 1). Осадки выпадают в виде кратковременных дождей и ливней, создающих иногда обстановку стихийных бедствий. Однако из-за высокой температуры в этот период большая часть осадков идет на испарение. В холодное время года минимум осадков приходится на январь – февраль месяцы по 30-34 мм. Необходимо отметить крайнюю неустойчивость осадков в осенний период. Другой характерной чертой климата является температура воздуха. Средняя температура воздуха по многолетним данным составляет $9,0^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2).

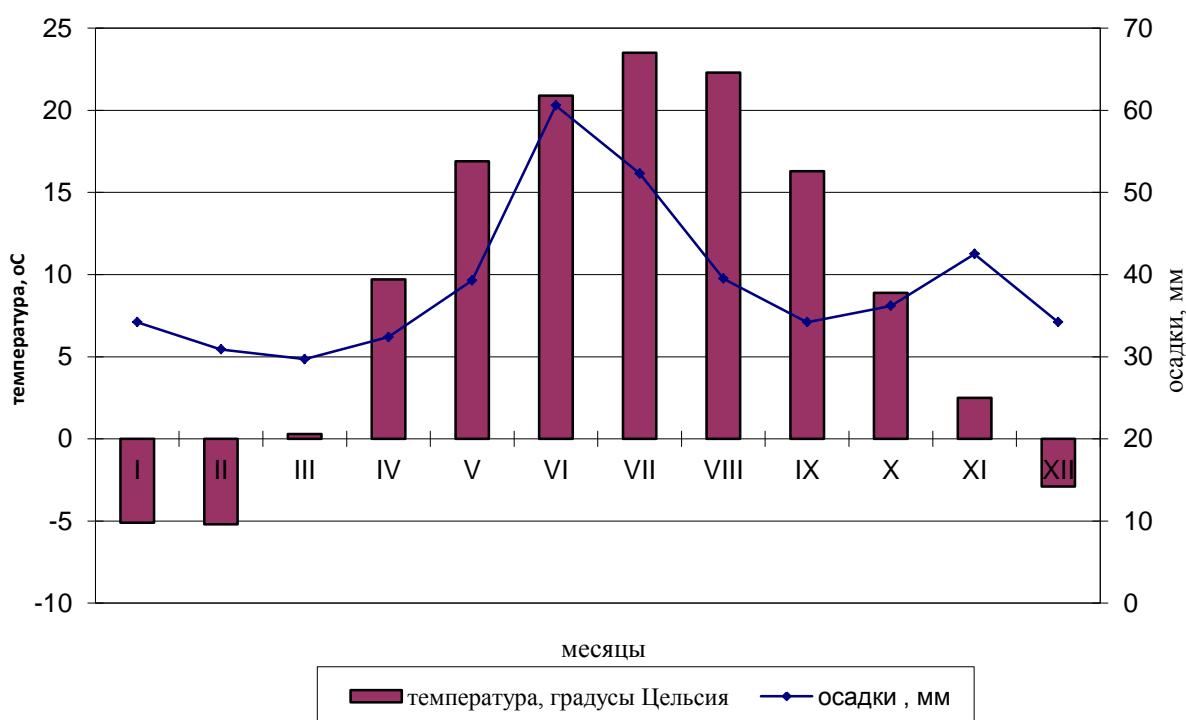


Рисунок 2 - Среднемесячные значения температуры воздуха и осадков в Октябрьском районе по данным метеостанции Персиановская

Самый холодный месяц в году – февраль, со среднемесячной температурой – $5,2^{\circ}\text{C}$, а самый теплый – июль. Средняя месячная температура воздуха равна

23,5⁰С. Абсолютный минимум температуры воздуха достигает – 34,5⁰С, абсолютный максимум - +42,1⁰С. Такие резкие колебания температуры в течение года еще более подчеркивает континентальность климата района.

Зимний период характеризуется неустойчивостью температурного режима. Иногда зимой бывают оттепели, во время которых выпадают осадки в виде дождя (Юкин Н.А., 1969).

За период вегетации сельскохозяйственных культур накапливается 3000-3200⁰ С, безморозный период продолжается 165-175 дней (Хрусталева Ю.П. и др., 2002). Среднегодовое относительная влажность воздуха – 74 %.

Кукуруза является теплолюбивой зерновой культурой. По данным В.Н. Степанова, В.И. Лукьянюк (1971) для вызревания раннеспелых сортов кукурузы на зерно необходима сумма активных температур 2000⁰С, среднеспелых 2500⁰С, позднеспелых 3000⁰С. Исходя из этих требований, можно сделать вывод, что практически все сорта разного срока созревания в зоне проведения исследований обеспечены теплом.

Фактором, который ограничивает успешный рост и развитие кукурузы, является влага. Влагообеспеченность культуры в зоне проведения исследований (по методу А.М. Алпатьева) составляет 35-45% от оптимальной.

Важное значение в технологии возделывания культуры играет срок сева. Удовлетворяющим требованиям кукурузы сроком сева в зоне исследований является начало мая. При выдерживании этих сроков вероятность заделки семян в непрогретую почву не превышает 10%, а вероятность повреждения всходов заморозками – 5%. Поздние посевы – в сроки конец мая - начало июня нецелесообразны из-за непродуктивных потерь влаги весной и повреждения растений в последующими ранними осенними заморозками. Вероятность таких повреждений составляет 5%. Бурный ростовой процесс листьев начинается после 6-го листа (что приходится на первую декаду июня). Оптимальные условия в этот период формируются при среднесуточной температуре воздуха 20-24⁰ С и запасах влаги в полуметровом слое почвы порядка 60-70 мм. Повышение температуры воздуха до 30-35⁰ С способствует приостановке ростовых процессов кукурузы. Фактически за-

пасы влаги в этот период в регионе на уровне удовлетворительных, в свою очередь температурные условия в большинстве лет способствуют хорошему нарастанию зеленой массы.

Общеизвестный факт, что в период за 10-12 дней до выметывания и 20 дней после цветения (июль – начало августа) кукуруза предъявляет наибольшие требования к влаге и температурным условиям. В условиях зоны исследований этот период развития у кукурузы приходится, как правило, на самый жаркий и сухой период лета – июль. Средние суточные температуры воздуха в этом месяце часто превышает значения 25°C . Данное положение периодически обостряется большой повторяемостью суховейных явлений в июле – число дней с суховеями различной интенсивности составляет от 20 до 25 дней.

Период вегетации культуры от молочной до восковой спелости выпадает на вторую половину августа и проходит в условиях спада температуры воздуха. Поэтому потребность растений во влаге снижается, чему также способствует отмирание листовой. Запасы продуктивной влаги к этому времени бывают почти полностью израсходованы растениями. Начинать созревать кукуруза уже в конце августа – начале сентября. Погода, как правило, благоприятствует уборке.

Анализ погодных условий в период проведения исследований позволяет сделать вывод о том, что они в отдельные годы отличались от среднемноголетних норм практически по всем метеорологическим показателям. Это не могло не отразиться на процессах роста и развития кукурузы.

Начиная с рассмотрения главного фактора лимитирующего продуктивность культуры в зоне исследований – влаги, следует отметить явную неравномерность выпадения осадков по годам. По количеству выпавших осадков за год можно выстроить следующий логический ряд в порядке убывания: 2015 с.-х. год > 2014 с.-х. год > 2016 с.-х. год, что в цифровом значении выглядит следующим образом – 572,9 мм > 483 мм > 455,5 мм соответственно при среднемноголетних значениях 468,5 мм (рисунок 3).

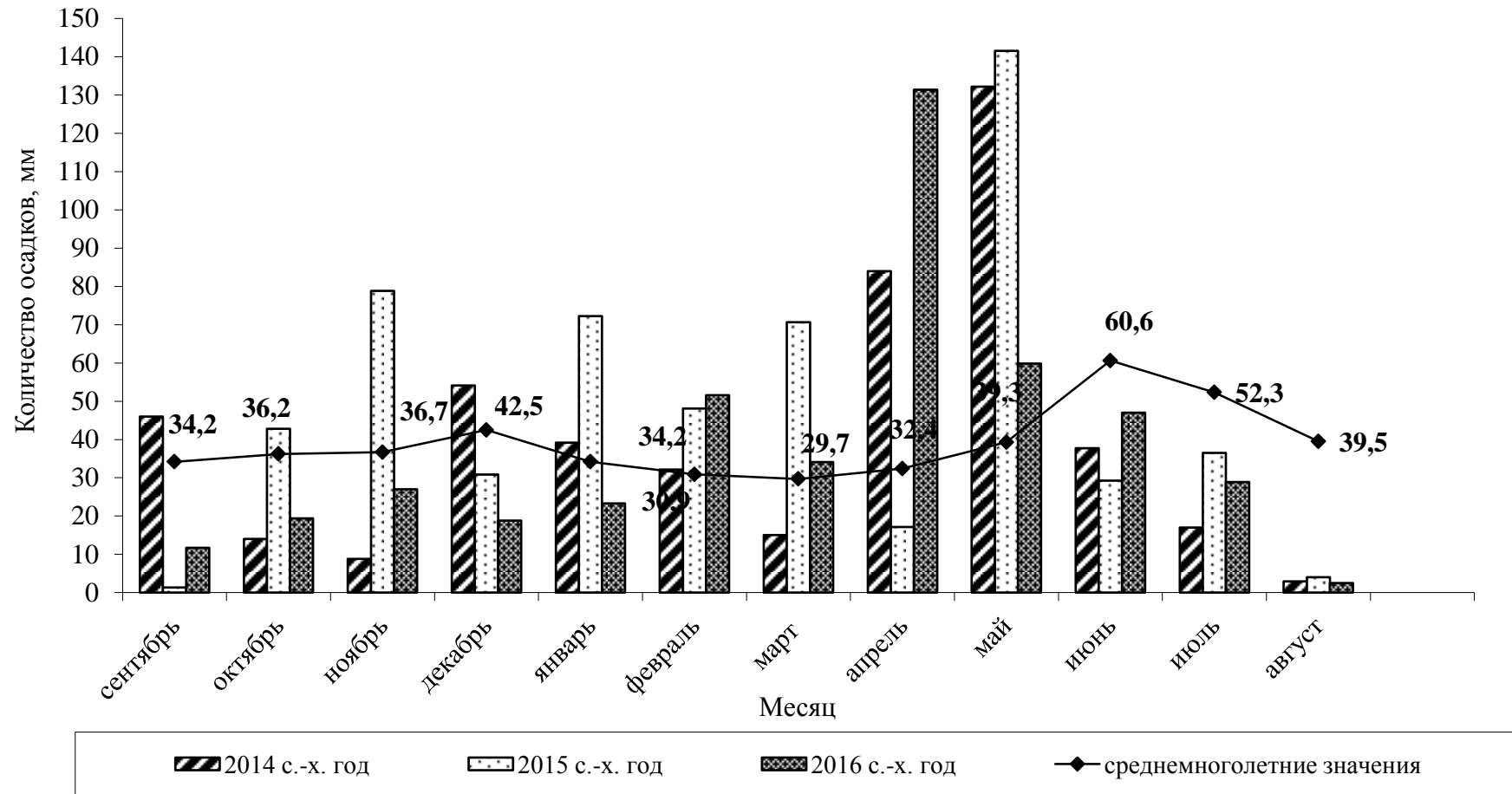


Рисунок 3 - Распределение осадков по месяцам согласно данных Персиановской метеостанции

В разрезе каждого года можно выделить периоды практически отсутствия осадков (август 2014-2016 с.х. гг., сентябрь 2015 с.-х. года), так и превышения среднемноголетних норм в разы (май 2014-2015 с.-х. гг., апрель 2016 с.-х. года).

Максимальное количество осадков в осенний период (сентябрь-ноябрь) в годы исследований зафиксировано в 2015 с.-х. году - 122,9 мм (превышение среднемноголетней нормы составило 15,7 мм), несмотря на практически отсутствие их в сентябре месяце. В 2016 и 2014 с.-х. годы характер увлажнения уступал, как условиям 2015 с.-х. года, так и среднемноголетним значениям.

В зимний период (декабрь-февраль) в 2016 с.-х. году суммарное выпадение осадков несколько уступало нормативным показателям (недобор осадков составил 13,9 мм). Более благоприятные условия увлажнения наблюдались в 2014 с.-х. и 2015 с.-х. гг. где превышение среднемноголетних норм составило 17,8 и 43,5 мм соответственно.

Весенний период (март-май) в годы исследований характеризовался значительными колебаниями месячных величин выпадения осадков с превышением среднемноголетних норм в несколько раз. Это привело к существенной разнице по сравнению со среднемноголетними значения за весь весенний период (более 100 мм).

Однако при сравнении по годам относительные колебания изменений в количестве выпавших осадков были небольшие (в пределах 4-6 мм). Видимо, данная ситуация связана с особенностями выпадения осадков в теплый период в регионе исследований, который как правило носит периодический ливневый характер, зачастую в виде «пятнистого» или локального выпадения.

Летний период (июнь-август) в регионе исследований является самым засушливым временем года. Не исключением являлись погодные условия этого периода в годы проведения исследований. При среднемноголетней норме осадков 152 мм в этот период выпало от 57,6 в 2014 до 78,4 мм в 2016 с.-х. гг. Недобор осадков, вероятно, связан с крайне засушливыми условиями августа. Во все годы исследований в августе отмечалось практически отсутствие выпадения осадков от 2,5 до 4 мм.

Широко известным и наиболее часто используемым показателем оценки влагообеспеченности территории также является гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова.

Средняя многолетняя величина ГТК (за период с температурой выше 10°C) в районе исследования составляет 0,7, что говорит о средней засушливости территории. Показатель ГТК (за период с температурой выше 10°C) за исследуемые годы составил 0,33. Это показывает, что период активной вегетации, в основном, протекает в засушливых условиях.

Однако знать влагообеспеченность по ГТК только за вегетационный период зачастую недостаточно. Для роста и развития растений необходимо владеть информацией о том, как складываются условия увлажнения в различные периоды их вегетации. Динамику условий увлажнения можно проследить по ГТК, рассчитанному за каждый месяц вегетационного периода и период активной вегетации (таблица 2).

Таблица 2 - Значение ГТК в годы исследований

Год	Месяцы					Активная вегетация VI- VIII	Период с температурами больше 10°C V- IX
	V	VI	VII	VIII	IX		
2015	2,6	0,6	0,2	0,04	0,02	0,3	0,6
2016	2,8	0,4	0,5	0,05	0,22	0,3	0,7
2017	1,2	0,7	0,4	0,03	0,03	0,4	0,4
среднемноголетние показатели	0,8	1,0	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7

Период активной вегетации кукурузы по показателю ГТК во все годы исследований практически проходил в условиях засухи. Однако выпавшие осадки сверх нормы в мае месяце позволили сделать солидный запас, который сгладил неблагоприятные погодно-климатические условия последующего периода. В целом за период с мая по сентябрь условия увлажнения не выходили за рамки среднемноголетних норм за исключением 2017 года.

При подведении итогов анализа условий увлажнения за годы исследований можно сделать следующие выводы: наиболее благоприятным годом был 2015 с.-х. год, менее благоприятным 2014 с.-х. год и наиболее засушливым 2016 с.-х. год.

Принято считать, что обеспеченность культуры теплом порядка 80-90% является хорошей, так как производственный риск в данном случае невелик (10-20%). Для характеристики термического режима очень важно знать, как быстро происходит накопление тепла весной и летом, чему равны суммы температур за отдельные отрезки вегетационного периода и в среднем за год. Несмотря на то, что развитие весенних, летних и осенних процессов идет закономерно активное изменение климата в последние годы накладывают свои особенности, которые могут повлиять не только на рост, но и развитие растений.

Среднегодовая температура воздуха на территории исследований составляет $9,0^{\circ}\text{C}$. В период проведения эксперимента превышение среднемноголетних годовых значений составили от $0,9^{\circ}\text{C}$ в 2016 с.-х. году до $2,9^{\circ}\text{C}$ в 2015 с.-х. году (рисунк 4).

Общеизвестно, что в зоне исследований наиболее благоприятным сроком посева кукурузы является начало мая. Вероятность заделки семян в непрогретую почву при посеве в эти сроки может составлять более 10%, а повреждения всходов заморозками до 5%. Погодные условия периода посева в годы исследований в целом не превышали среднемноголетние нормы и по термическому режиму способствовали нормальному протеканию процессов прорастания семян.

После 6-го листа (что приходится на первую декаду июня) начинается интенсивно процесс нарастания листьев. В этот период оптимальные условия по температурному режиму складываются при среднесуточной температуре воздуха около $20-24^{\circ}\text{C}$. В годы проведения эксперимента температура в июне месяца варьировала в оптимальных пределах от $21,3$ до $22,5^{\circ}\text{C}$.

Во второй период вегетации, который начинается за 10-12 дней до выметывания и кончается через 20 дней после цветения (июль – начало августа), как известно кукуруза предъявляет наибольшие требования, как к влаге, так и температурным условиям.

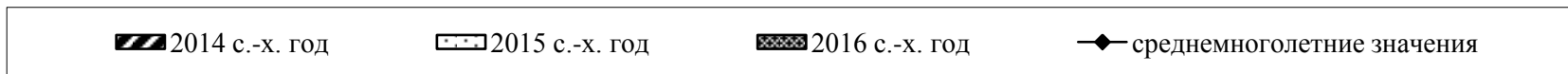
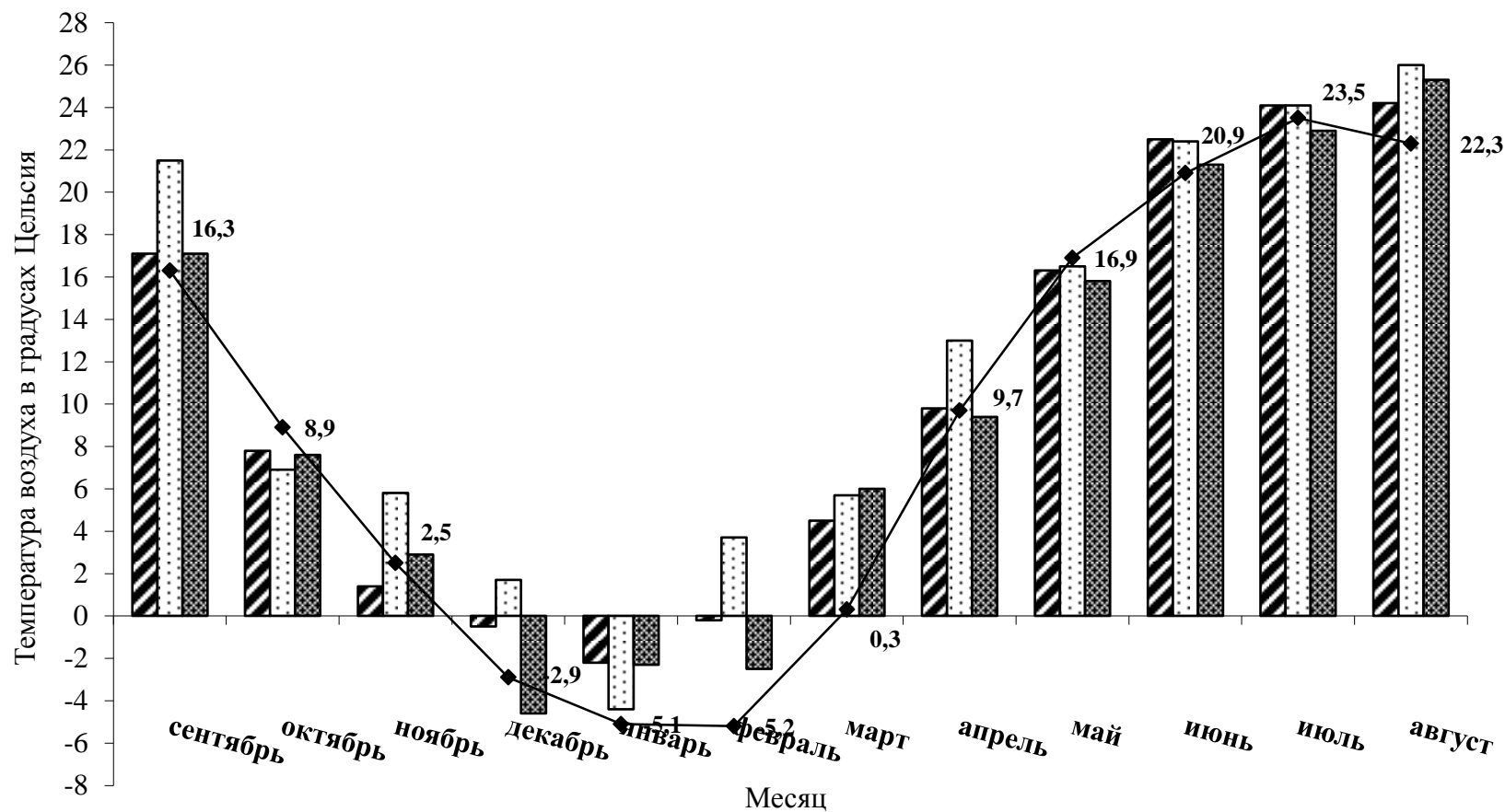


Рисунок 4 - Динамика среднемесячных температур согласно данным Персиановской метеостанции

В условиях Ростовской области, а район проведения исследований не является исключением - этот критический период развития у кукурузы приходится на самый жаркий и сухой период лета – июль. В этот этап развития растений температурные условия 2014 и 2015 с.-х. гг. превышали среднемноголетние значения.

Важной характеристикой погодных условий и климата является относительная влажность воздуха. От ее величины в значительной степени зависит образование облачности и выпадение атмосферных осадков. Средняя годовая относительная влажность по территории исследований составляет 74%. В годы исследований отмечается изменение этого агроклиматического показателя от 69% в 2016 с.-х. году до 72,3% в 2015 с.-х. году (рисунок 5).

Существенные колебания относительной влажности отмечаются, как правило, в течение года. Максимум её (86-88%) приходится на зимние месяцы, начиная с января месяца, понижается, достигая минимального значения летом в июле – августе (59-60%).

Ответственный этап развития кукурузы, когда может проявиться серьезное влияние относительной влажности – период оплодотворения. Появившиеся столбики и рыльца не выносят сухости воздуха (относительная влажность ниже 30%) и высокой температуры (выше 30-32⁰С). Оптимальные условия создаются при относительной влажности выше 50%. В годы проведения эксперимента в этот период развития растений относительная влажность воздуха превышала 50%.

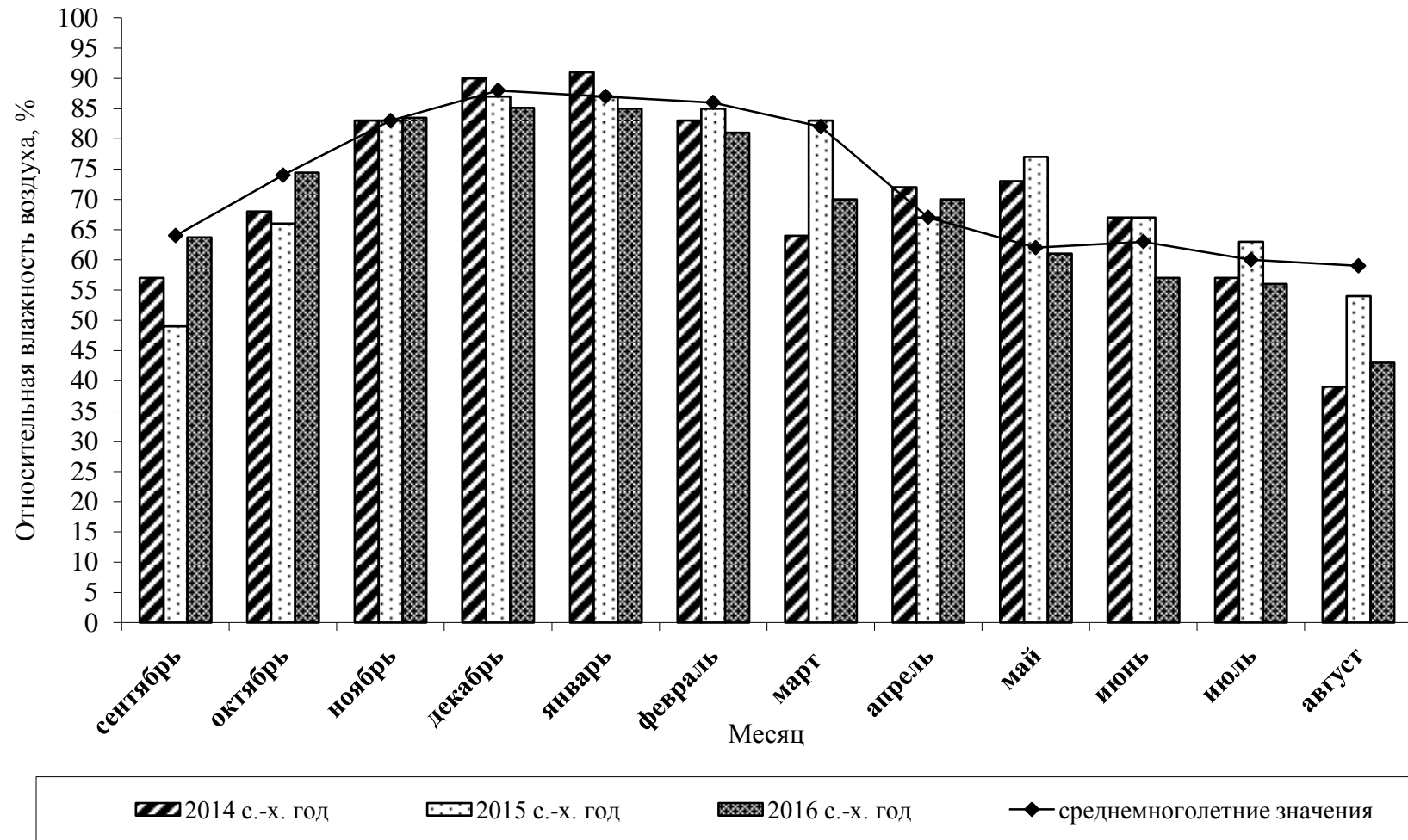


Рисунок 5 - Динамика относительной влажности воздуха по данным Персиановской метеостанции

2.3 Методика исследований

Для выполнения поставленных задач в течение 2015-2017 гг. в условиях Учебно-научного производственного комплекса Донского государственного аграрного университета в Октябрьском районе Ростовской области проводились полевые опыты.

Исследования проводились путем постановки полевых опытов и проведения лабораторных анализов в соответствии с требованиями методики опытного дела Б.А. Доспехова (1985) и методикой агрохимических исследований Ф.А. Юдина (1980).

Объектом исследования являлся гибрид кукурузы Краснодарский 385 (среднеспелый). Гибрид селекции ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко» (г. Краснодар). Год включения в реестр: 2005. Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону на зерно и силос. Группа спелости - среднеспелый. Время цветения метелки среднее. Главная ось метелки выше верхней боковой ветви средней длины, образует с боковыми веточками средний угол. Первичные боковые веточки метелки слегка изогнутые, средней длины, веточек мало - среднее количество. Интенсивность антоциановой окраски шелка слабая. Растение высокое. Початок длинный, слабokonический, ножка средней длины, стержень окрашен. Зерно зубовидное, в верхней части желтое. Средняя урожайность зерна в регионе - 63,6 ц/га, нормализованного сухого вещества - 109,4 ц/га, выше стандартов на 7,3 и 5,9 ц/га соответственно. Гибрид устойчив к южному гельминтоспориозу, пузырчатой головней поражается очень слабо, бактериозом и фузариозом початков – средне. Период роста от всходов до созревания (114-115 дней).

Повторность опыта четырехкратная. Площадь делянки 42 м², учётная – 22,0 м². Агротехника – общепринятая для зоны проведения полевых опытов. Предшественник – озимая пшеница.

Почва опытного участка (согласно классификации и диагностики почв 1977 г.) была представлена черноземом обыкновенным среднесильным тяжелоуглинистым (североприазовским).

Схема однофакторного опыта включала:

Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов при выращивании кукурузы на зерно: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2-9 варианты – применение минеральных удобрений в дозах $N_{30}P_{40}$; $N_{60}P_{40}$; $N_{90}P_{40}$; $N_{60}P_{40}K_{40}$; $N_{30}P_{80}$; $N_{60}P_{80}$; $N_{90}P_{80}$; $N_{60}P_{80}K_{40}$; 10-14 варианты - штаммы азотфиксаторов Мизорин; 204; 2П-9; 2П-7; КЛ-10; 15-19 варианты – сочетание штаммов азотфиксаторов с фоном минеральных удобрений Мизорин+ $N_{30}P_{40}$; 204+ $N_{30}P_{40}$; 2П-9+ $N_{30}P_{40}$; 2П-7+ $N_{30}P_{40}$; КЛ-10+ $N_{30}P_{40}$.

При закладке опыта минеральные удобрения были представлены: аммофосом ($N_{12}P_{52}$), аммиачной селитрой ($N_{34,4}$), хлористым калием (K_2O_{65}). Технология их внесения – разбрасывание вручную 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 туковсевающую систему сеялки СУПН-8 (приложение 1). Уборку урожая кукурузы на зерно производили вручную поделочно.

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;

Химические анализы почвенных и растительных образцов выполнены в лаборатории кафедры агрохимии и экологии имени профессора Е.В. Агафонова.

3 ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ И ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ В ПОЧВЕ

3.1 Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в годы исследований

Достаточная влагообеспеченность является одним из важнейших факторов формирования стабильной продуктивности зерна кукурузы.

По отношению к влаге среди полевых культур кукуруза относится к засухоустойчивым, то есть экономно расходующим влагу. Транспирационный коэффициент для нее равен 230-300. Для формирования 1 т урожая зерна кукуруза использует около 50 мм продуктивной влаги, то есть с 1 мм формируется примерно 20 кг зерна. Кукуруза способна продуктивно использовать весенне-летние осадки, увеличивая урожайность зерна, может выдерживать значительную засуху (Стулин А.Ф., 1994; Федотов В.А., 2015).

Учитывая, что лимитирующим фактором получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур в условиях Ростовской области является влагообеспеченность почвы, так как осадки выпадают неравномерно и водопотребление кукурузы неодинаково на протяжении периода вегетации, очень важно проводить наблюдения за содержанием продуктивной влаги в почве в течение вегетации полевых культур.

Во все годы исследований наблюдения за динамикой продуктивной влаги в почве осуществлялось на контрольном варианте в шесть сроков - от предпосевного до биологической спелости.

Перед посевом кукурузы содержание доступной влаги в слое почвы 0-100 см было в 2015 г. – 187,3 мм, в 2016 г. – 110,2 и в 2017 г. – 159,1 мм (рисунк б).

Лучшая обеспеченность продуктивной влагой в 2015 г. объясняется более обильными и равномерно выпадающими осадками перед севом культуры.

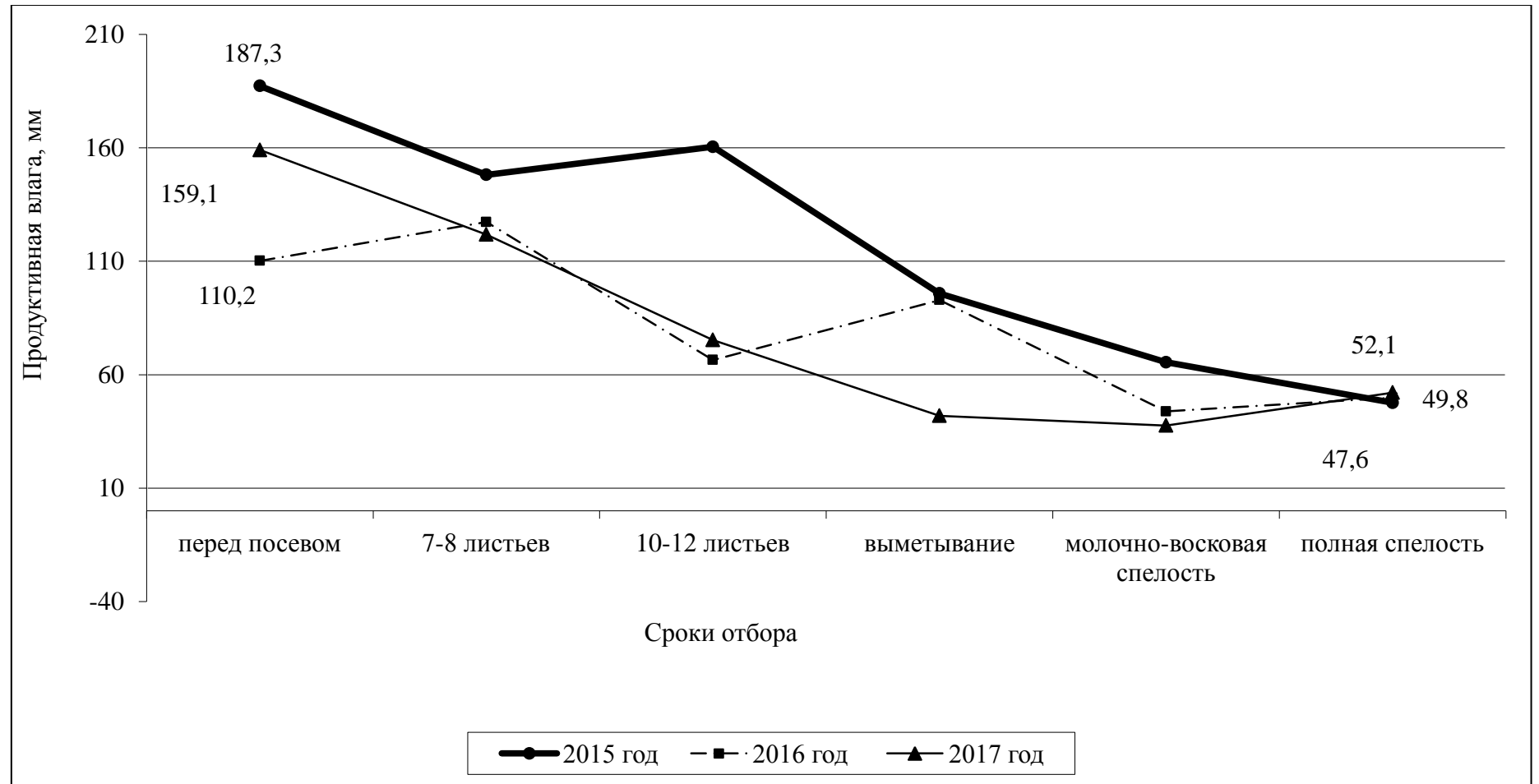


Рисунок 6 – Динамика продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см

Характерной особенностью влагообеспеченности почвы в 2015 году было равномерное снижение запасов продуктивной влаги на протяжении всей вегетации кукурузы. Только к уборке зерна кукурузы верхний 20-сантиметровый слой почвы был полностью иссушен (приложение 1).

К посеву кукурузы в 2016 году весенний запас доступной влаги в слое почвы 0-100 см составил 110,2 мм, что является средним показателем влагообеспеченности почвы для изучаемой культуры. К фазе 7-8 листьев произошло увеличение запасов продуктивной влаги на 17,1 мм за счет обильных осадков в мае, превышающих среднемноголетние нормы.

Известно, что благоприятным запасом продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см к началу интенсивного роста кукурузы – фазе 7-8 листьев в зоне проведения полевых опытов составляет 130 мм, а в отдельных случаях он проявляется и при 100 мм влаги (Агафонов Е.В., 1992).

В дальнейшем, к середине июля, запас доступной влаги уменьшился во всех слоях почвы (приложение 2). Это обусловлено значительным увеличением температуры воздуха по сравнению со среднемноголетними значениями и недостатком осадков в первой декаде июля.

Но к фазе выметывания культуры содержание доступной влаги существенно повысилось, в 60-сантиметровом слое почвы до 49,3 мм, вследствие интенсивного выпадения осадков в третьей декаде июля. К фазе молочно-восковой спелости наблюдалось снижение запасов продуктивной влаги в метровом профиле почвы. В период проведения уборки кукурузы содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы увеличилось по сравнению с предыдущим сроком отбора, но лишь на 6,0 мм.

Зимне-весенние погодные условия 2016-2017 сельскохозяйственного года благоприятно отразились на запасе продуктивной влаги в слое 0-100 см, накопленному к посеву кукурузы, который составил 159,1 мм. В последующем наблюдалось резкое уменьшение запасов доступной влаги, которое носило очень «крутой характер» кривой вплоть до фазы молочно-восковой спелости. Выпавшие осадки способствовали увеличению влажности почвы под

кукурузой к моменту проведения уборки, но они уже никак не повлияли урожайность растений.

Падение запасов почвенной влаги за вегетацию кукурузы в абсолютных величинах в годы проведения полевых опытов в метровом слое почвы от момента сева до полной спелости наибольшими были в 2015 г. 139,7 мм, в 2017 г. – 107 мм и наименьшими в 2016 г. – 60,4 мм.

Подводя итог, следует отметить, что по влагообеспеченности посевов кукурузы в целом за период вегетации можно построить следующий логический ряд в порядке убывания: 2015 г. > 2017 г. > 2016 г.

3.2 Влияние удобрений на содержание и динамику элементов питания растений в почве

3.2.1 Влияние удобрений на содержание аммонийного азота в почве

Минеральный азот в почве поглощается корнями растений в виде аниона NO_3^- и катиона NH_4^+ . Эти составляющие доступного азота образуются постоянно из органики в процессе аммонификации и нитрификации благодаря активной деятельности микроорганизмов при определенных условиях (Прянишников Д.Н., 1965; Лебедев С.И., 1988; Ягодин Б.А., 1989).

Запас N-NH_4 в 60-сантиметровом слое почвы перед посевом кукурузы в годы проведения полевых опытов существенно различался. Наибольшее его количество зафиксировано в 2015 г. 54,9 кг/га, в 2017 г. – 40,7 и меньше всего его было в 2016 г. – 21,5 кг/га. За 2015-2017 гг. его содержание составило 39,0 кг/га.

В 2015 и 2016 гг. динамика изменений запасов N-NH_4 в почве на контрольном варианте была сходной (таблица 3). От посева и до уборки кукурузы в слое почвы 0-60 см происходило равномерное снижение его количества.

Это обусловлено, по-видимому, следующими причинами. Интенсивным потреблением этой формы азота растениями кукурузы в течение вегета-

ции, окислением до N-NO₃, вследствие усиливающихся в почве нитрификационных процессов, а также необменной фиксации в межпакетных пространствах почвенных минералов из-за снижения влажности почвы (Минеев В.Г., 1999; Ряховский А.В. и др., 2007).

Таблица 3 - Динамика аммонийного азота в слое почвы 0-60 см, кг/га

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	7-8 листьев	10-12 листьев	молочно-восковая спелость	уборка	
2015 г.					
Контроль	38,1	37,8	22,7	11,2	27,5
N ₃₀ P ₄₀	41,2	35,3	21,4	11,0	27,2
N ₆₀ P ₄₀	47,0	36,9	19,3	12,8	29,0
N ₉₀ P ₄₀	41,5	35,2	24,4	11,3	28,1
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	43,9	35,9	22,1	11,2	28,3
N ₆₀ P ₈₀	41,5	40,5	25,1	11,7	29,7
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	41,8	39,3	21,3	12,1	28,6
НСР ₀₅	1,1	0,4	0,3	0,3	0,6
2016 г.					
Контроль	14,6	13,7	8,0	3,0	9,8
N ₃₀ P ₄₀	18,1	12,5	9,9	5,3	11,5
N ₆₀ P ₄₀	19,3	15,1	11,0	3,4	12,2
N ₉₀ P ₄₀	19,0	13,6	10,9	5,3	12,2
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	18,0	12,3	9,4	6,1	11,5
N ₆₀ P ₈₀	19,1	16,4	10,4	5,4	12,8
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	16,0	15,4	10,9	3,1	11,4
НСР ₀₅	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
2017 г.					
Контроль	33,5	18,1	3,5	6,7	15,5
N ₃₀ P ₄₀	35,4	17,8	4,4	6,6	16,1
N ₆₀ P ₄₀	37,3	20,2	4,5	6,4	17,1
N ₉₀ P ₄₀	40,5	19,8	5,3	6,6	18,1
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	35,6	17,7	4,7	7,5	16,4
N ₆₀ P ₈₀	35,5	18,2	4,5	4,7	15,7
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	36,3	17,3	5,2	6,9	16,4
НСР ₀₅	1,0	0,9	0,5	0,7	0,5

В 2017 году уменьшение количества аммонийного азота в 60-сантиметровом происходило вплоть до молочно-восковой спелости зерна ку-

курузы. Вероятно, это связано с более интенсивным снижением влажности почвы из-за дефицита осадков в этот год проведения опытов по сравнению с двумя предыдущими, и, как следствие, снижению интенсивности процессов аммонификации в почве. Осадки, выпавшие в августе и сентябре месяце, усилили процессы аммонификации в почве, а также уменьшилось, по-видимому, потребление почвенного азота растениями кукурузы, что к уборке способствовало увеличению запасов N-NH₄.

Внесение азотных удобрений в дозах 30, 60 и 90 кг/га в составе туковой смеси под сплошную культивацию перед посевом к фазе 7-8 листьев в слое почвы 0-60 см по сравнению с контрольным вариантом увеличивало запас аммонийного азота в 2015 году на 8,1-23,4%, в 2016 г. – на 23,3-32,2% и в 2017 г. – на 5,7-20,9%. В 2015 и 2016 гг. наибольшим количеством N-NH₄ в эту фазу было при внесении 60 кг/га азотных удобрений, в 2017 г. – 90 кг/га.

Использование биопрепарата Мизорин на фоне предпосевного внесения азотно-фосфорных удобрений в дозе N₃₀P₄₀ к фазе 7-8 листьев кукурузы в 2015 и 2017 гг. не оказало существенного влияния на содержание аммонийного азота в слое почвы 0-60 см по сравнению с содержанием на варианте с применением только минеральных удобрений в этой дозе. Но в 2016 году запас N-NH₄ математически достоверно уменьшился на 2,1 кг/га или на 13,1%. Вероятно, это связано с более низким запасом продуктивной влаги в почве в 2016 года на начальном этапе вегетации кукурузы и более интенсивной иммобилизацией аммонийного азота почвенными микроорганизмами.

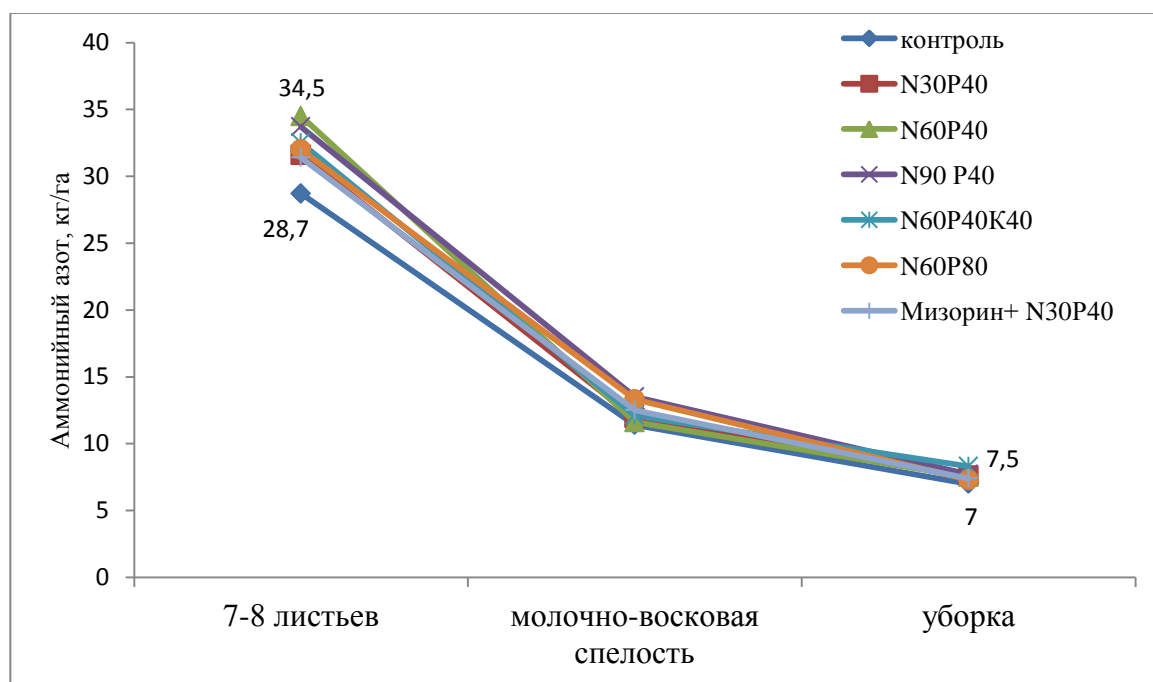
В дальнейшем изменения содержания N-NH₄ на вариантах с минеральными удобрениями и биопрепаратом была сходной с динамикой на контрольном варианте.

За 2015-2017 гг. в 60-сантиметровом слое почвы на варианте без применения удобрений от момента сева до полной спелости происходило уменьшение содержания аммонийного азота.

К фазе 7-8 листьев кукурузы в среднем за 3 года внесение азотных удобрений в дозах 30, 60 и 90 кг/га в составе туковой смеси под сплошную

культивацию перед посевом способствовало существенному увеличению аммонийного азота в слое почвы 0-60 см (рисунок 7). Прибавка по сравнению вариантом без применения удобрений составила 10,1-20,2%. Наибольшим увеличением было при внесении 60 кг/га азотных удобрений.

На варианте с совместным применением биопрепарата Мизорин и минеральных удобрений увеличение запаса аммонийного азота к контролю составило 2,7 кг/га. Но данная прибавка меньше НСР опыта.



НСР₀₅

2,8 кг/га

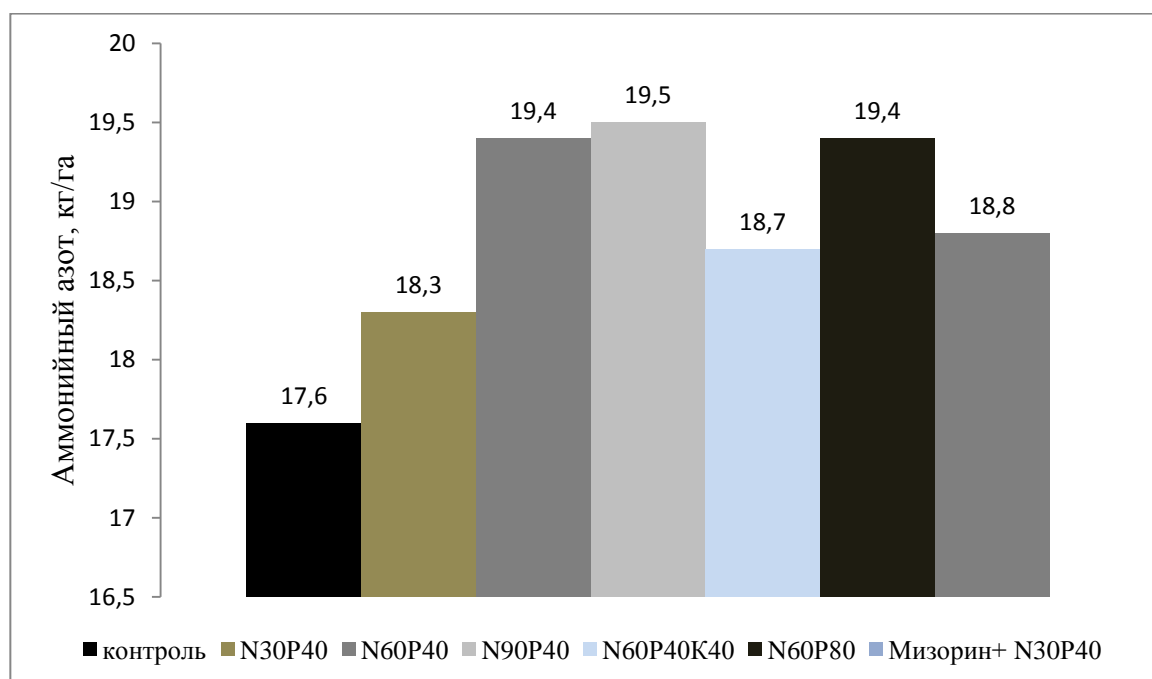
2,3 кг/га

1,9 кг/га

Рисунок 7 – Динамика аммонийного азота в слое почвы 0-60 см, кг/га (среднее за 2015-2017 гг.)

В течение вегетации кукурузы под влиянием минеральных удобрений изменения содержания аммонийного азота в слое почвы 0-60 см были сходными с динамикой на варианте без применения удобрений.

В среднем за вегетацию кукурузы в среднем за 2015-2017 гг. наибольшая обеспеченность почвы в 60-сантиметровом слое N-NH₄ достигнута от 60 и 90 кг/га азота. Увеличение к варианту без применения удобрений составило 10,2-10,8% (рисунок 8).



$$HCP_{05} = 1,2 \text{ кг/га}$$

Рисунок 8 – Содержание аммонийного азота в слое почвы 0-60 см в среднем за вегетацию кукурузы, кг/га. Среднее за 2015-2017 гг.

Использование минеральных удобрений под предпосевную культивацию кукурузы к фазе 7-8 листьев способствовало повышению запаса аммонийного азота в 20-сантиметровом слое почвы в каждый год проведения полевых опытов (приложение 6, приложение 7, приложение 8). В 2015 и 2016 гг. максимальное количество аммонийного азота в 20-сантиметровом слое по сравнению с контрольным вариантом достигнуто от применения 30 и 60 кг/га азотных удобрений в составе туковой смеси, в 2017 г. – 90 кг/га (таблица 4).

В среднем за 2015-2017 гг. запас аммонийного азота в слое почвы 0-20 см к фазе 7-8 листьев увеличивался по сравнению с контрольным вариантом от применения 30 кг/га азотных удобрений на 3,1 кг/га или на 23,3%, 60 и 90 кг/га – соответственно на 4,9 и 4,7 кг/га или на 36,8 и 35,3%.

На вариантах с применением минеральных удобрений и бактериального препарата динамика содержания аммонийного азота в слое почвы 0-20 см была сходной с изменениями на контрольном варианте.

Таблица 4 - Динамика аммонийного азота в почве под кукурузой, кг/га.
Среднее за 2015-2017 гг.

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			МОЛОЧНО-ВОСКОВАЯ спелость			уборка		
СЛОЙ ПОЧВЫ, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
13,3	10,0	5,4	9,0	9,4	4,8	4,5	4,1	2,8	2,6	2,7	1,7
N ₃₀ P ₄₀											
16,4	10,3	4,8	8,4	9,4	4,1	4,7	4,5	2,7	3,1	3,3	1,3
N ₆₀ P ₄₀											
18,2	10,4	5,9	10,4	8,4	5,3	4,9	4,1	2,6	3,3	2,9	1,4
N ₉₀ P ₄₀											
18,0	10,3	5,4	10,0	8,1	4,8	5,7	5,0	2,8	3,0	2,8	2,0
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
16,1	10,9	5,5	9,3	8,1	4,5	5,0	4,0	3,1	3,1	3,2	1,9
N ₆₀ P ₈₀											
15,5	11,1	5,4	10,5	10,0	4,5	5,7	4,3	3,3	3,0	2,8	1,5
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀											
15,4	10,4	5,6	8,9	10,1	5,0	4,9	3,9	3,7	3,1	2,5	1,7
НСР ₀₅											
2,4	1,3	1,2	1,6	2,3	1,6	1,5	1,0	1,0	2,8	2,4	2,3

В слоях почвы 20-40 и 40-60 см к фазе 7-8 листьев растений кукурузы запас N-NH₄ существенно не изменялся в зависимости от дозы минеральных удобрений, внесённых под предпосевную культивацию.

3.2.2 Влияние удобрений на содержание нитратного азота в почве

По результатам многочисленных исследований Е.В. Агафонова (1992) установлено, что основным источником питания растений азотом на черноземе обыкновенном является нитратная форма почвенного азота. По сравнению с аммиачным азотом форма N-NO₃ существенно увеличивает урожайность полевых культур.

Запас нитратного азота перед посевом кукурузы в 60-сантиметровом слое почвы на варианте без внесения удобрений был минимальным 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.

От момента сева и достижения фазы 7-8 листьев изменения в динамике содержания N-NO₃ в годы проведения полевых опытов на контрольном варианте существенно различались. В 2017 г. запас нитратного азота в слое почвы 0-60 см снизился за этот период на 12,4 кг/га, в 2016 г. – лишь на 2,8 кг/га. Но в 2015 году, наоборот, его количество существенно увеличилось – с 9,1 до 30,3 кг/га. Это обусловлено интенсивным окислением аммонийного азота до нитратного под действием сложившихся благоприятных погодных условий и наибольшей исходной обеспеченностью N-NH₄, так как в этот год его запас в почве был максимальным - 54,9 кг/га (таблица 5).

Внесение азотных удобрений весной под сплошную культивацию в дозах 30, 60 и 90 кг/га в составе туковой смеси удобрений способствовало существенному увеличению содержания нитратного азота в слое почвы 0-60 см к фазе 7-8 листьев по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшая прибавка в 2015 г. получена при внесении 60 кг/га азота и составила 42,6%, в 2016 и 2017 гг. от 90 кг/га – 116,0 и 120,9%.

Применение биопрепарата Мизорин на фоне предпосевного внесения азотных удобрений в дозе N₃₀ к фазе 7-8 листьев кукурузы в 2016 и 2017 гг. способствовало существенному увеличению запаса нитратного азота в слое почвы 0-60 см по сравнению с содержанием на варианте с применением только минеральных удобрений в этой дозе. Но в 2015 году запас N-NO₃ достоверно уменьшался на 5,8 кг/га или на 19,1%. Вероятно, это обусловлено интенсивной иммобилизацией нитратного азота почвенными микроорганизмами.

В дальнейшем изменения содержания N-NO₃ в 60-сантиметровом слое почвы на вариантах с минеральными удобрениями и биопрепаратом была сходной с динамикой на варианте без применения удобрений.

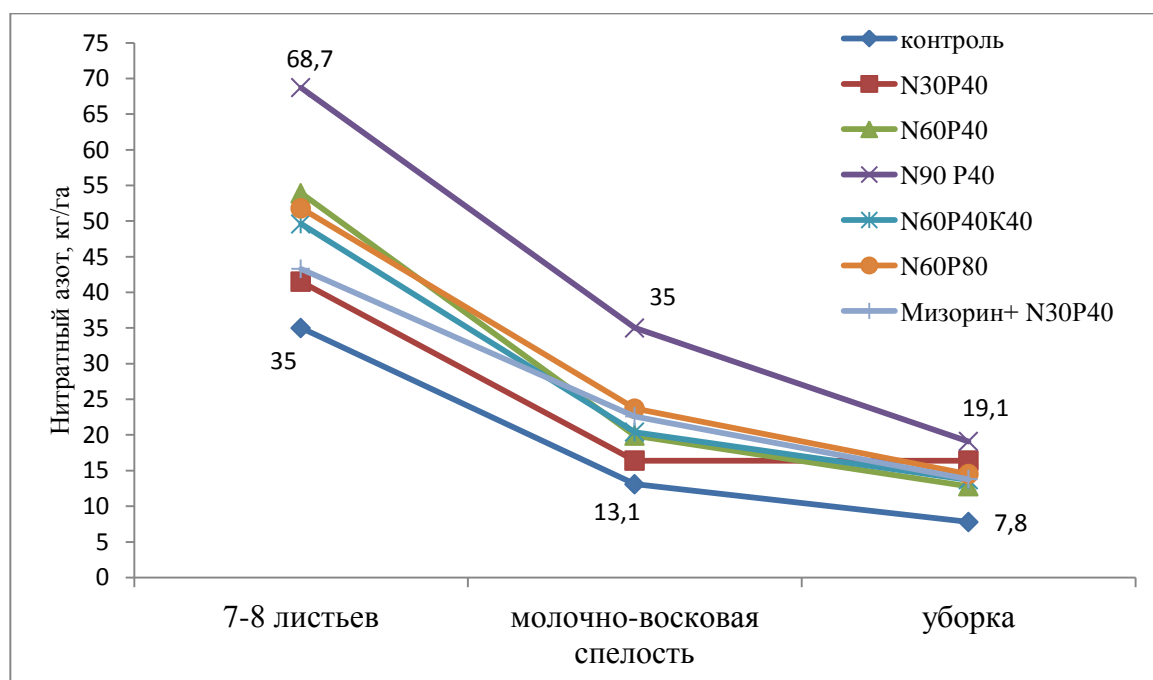
Таблица 5 - Динамика нитратного азота в слое почвы 0-60 см, кг/га

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	7-8 листьев	10-12 листьев	молочно-восковая спелость	уборка	
2015 г.					
Контроль	30,3	19,4	13,2	7,9	17,7
N ₃₀ P ₄₀	36,1	30,0	19,4	7,2	23,2
N ₆₀ P ₄₀	44,0	38,4	26,1	12,4	30,2
N ₉₀ P ₄₀	43,2	40,4	37,7	9,4	32,7
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	37,9	34,3	28,8	9,1	27,5
N ₆₀ P ₈₀	43,8	38,0	24,0	14,0	30,0
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	30,3	25,4	24,5	10,9	22,8
НСР ₀₅	0,5	1,4	0,3	0,4	7,4
2016 г.					
Контроль	38,2	33,0	15,6	7,0	23,5
N ₃₀ P ₄₀	45,7	39,3	18,3	10,0	28,3
N ₆₀ P ₄₀	63,4	42,8	17,3	15,1	34,7
N ₉₀ P ₄₀	82,5	65,1	32,4	23,7	50,9
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	55,6	38,9	18,1	22,9	33,9
N ₆₀ P ₈₀	62,0	58,8	32,4	21,8	43,8
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	50,8	39,0	27,7	17,4	33,7
НСР ₀₅	3,0	0,7	0,4	0,8	2,5
2017 г.					
Контроль	36,4	23,2	10,5	8,4	19,6
N ₃₀ P ₄₀	42,6	37,6	11,5	12,9	26,2
N ₆₀ P ₄₀	54,3	43,8	15,4	11,0	31,1
N ₉₀ P ₄₀	80,4	69,8	34,9	24,2	52,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	55,4	42,9	14,2	9,2	30,4
N ₆₀ P ₈₀	49,5	37,4	14,6	7,7	27,3
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	48,9	19,2	15,6	13,1	24,2
НСР ₀₅	1,4	1,4	0,7	0,7	3,6

В среднем за 3 года повышение количества нитратного азота в слое почвы 60-сантиметровом слое на варианте без применения удобрений составило 2,0 кг/га в период от посева до фазы 7-8 листьев растений.

К фазе 7-8 листьев кукурузы в среднем за 3 года применение азотных удобрений под сплошную культивацию перед посевом способствовало существенному увеличению содержания нитратного азота в слое почвы 0-60 см

только в дозах 60 и 90 кг/га. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 48,0-96,3% (рисунок 9).



НСР₀₅

11,6 кг/га

7,7 кг/га

8,1 кг/га

Рисунок 9 –Динамика нитратного азота в слое почвы 0-60 см, кг/га (среднее за 2015-2017 гг.)

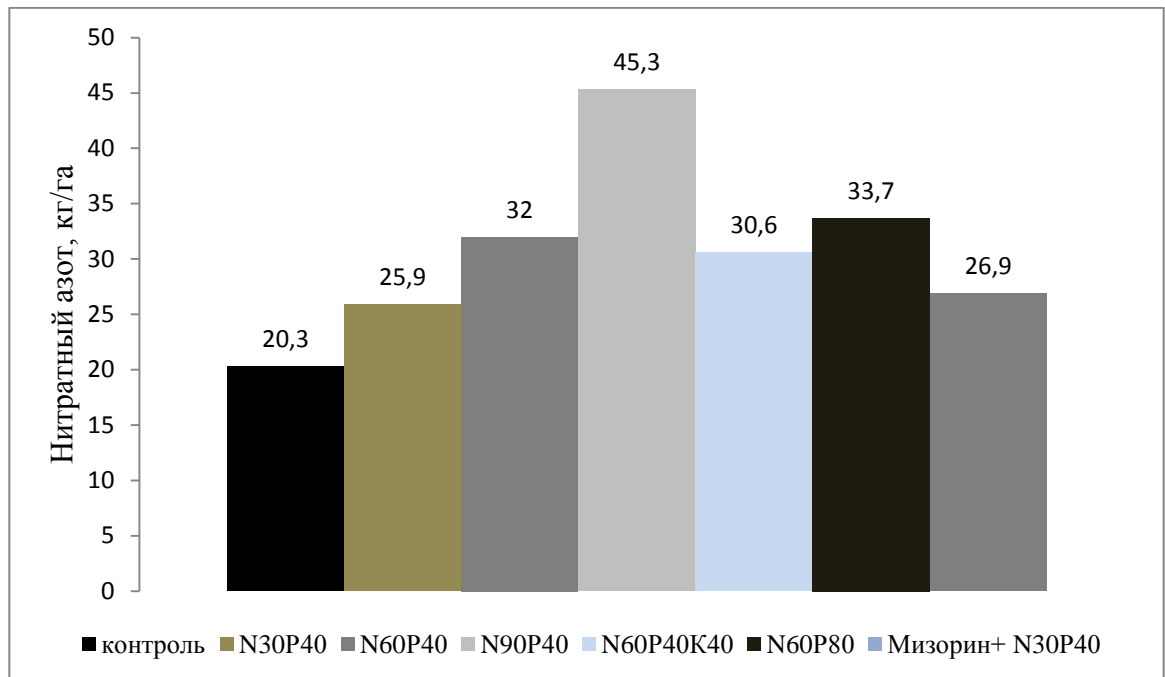
Применение азотных удобрений в дозе 30 кг/га, как и сочетание с применением биопрепарата Мизорин, не оказало математически достоверного влияния на содержание нитратного азота в 60-сантиметровом слое почвы.

От фазы 7-8 листьев до уборки кукурузы во все годы проведения полевых опытов в 60-сантиметровом слое почвы происходило равномерное снижение нитратного азота на всех вариантах опыта, что обусловлено интенсивным потреблением данной формы азота растениями и, возможно, процессами денитрификации.

В среднем за вегетацию кукурузы максимальное содержание в слое почвы 0-60 см нитратного азота получено на вариантах с применением максимальной дозы азота 90 кг/га (рисунок 10).

К фазе 7-8 листьев при внесении азотных удобрений во всех дозах под предпосевную культивацию содержание нитратного азота в верхнем 20-

сантиметровом слое почвы существенно увеличивалось во все годы исследований.



$$HCP_{05} = 7,7 \text{ кг/га}$$

Рисунок 10 – Содержание нитратного азота в слое почвы 0-60 см в среднем за вегетацию кукурузы, кг/га. Среднее за 2015-2017 гг.

Наибольшее повышение получено на варианте с максимальной дозой азота 90 кг/га (приложение 9, приложение 10, приложение 11). Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила в среднем за 2015-2017 гг. 33,1 кг/га или 247% (таблица 6).

В слое почвы 20-40 см при внесении азотных удобрений в дозе 90 кг/га достигнуто повышение количества N-NO₃ в 2016 и 2017 гг., в 2015 г. – от 60 кг/га. Это, вероятно, объясняется миграцией N-NO₃ из верхнего слоя почвы вследствие обильного выпадения осадков на начальном этапе вегетации кукурузы. Но в среднем за 2015-2017 гг. эти различия математически недостоверны.

Таблица 6 - Динамика нитратного азота в почве под кукурузой, кг/га. Среднее за 2015-2017 гг.

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			МОЛОЧНО-ВОСКОВАЯ СПЕЛОСТЬ			уборка		
СЛОЙ ПОЧВЫ, СМ											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
12,1	13,6	9,3	8,6	9,2	7,4	7,1	4,7	1,3	5,0	2,4	0,4
N ₃₀ P ₄₀											
20,1	13,3	8,1	18,6	12,9	4,2	8,4	5,5	2,5	6,1	2,7	1,2
N ₆₀ P ₄₀											
30,9	15,1	7,9	23,9	14,0	3,8	11,2	6,3	2,1	6,7	3,5	2,6
N ₉₀ P ₄₀											
45,2	16,5	7,0	39,5	14,9	4,0	22,9	9,4	2,7	10,8	7,1	1,2
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
29,9	13,1	6,6	24,1	10,9	3,7	12,9	5,3	2,1	7,8	3,5	2,4
N ₆₀ P ₈₀											
29,0	14,6	8,2	24,3	14,1	6,4	12,6	7,8	3,2	6,6	5,4	2,5
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀											
20,9	13,6	8,8	13,7	9,7	4,4	13,2	5,8	3,6	6,9	5,4	1,4
НСР ₀₅											
9,8	3,9	3,1	9,7	5,7	5,2	5,9	4,8	1,8	4,9	4,0	1,8

3.2.3 Влияние удобрений на содержание минерального азота в почве

Общую характеристику обеспеченности почвы доступными формами для питания растений почвенного азота в течение вегетации кукурузы даёт суммарная обеспеченность аммонийным и нитратным азотом.

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 наибольшей в 2017 г. – 89,5 кг/га. В среднем за 2015-2017 гг. запас N_{мин} в почве составило 72,0 кг/га.

От момента сева до фазы 7-8 листьев кукурузы на контрольном варианте в слое почвы 0-60 см в 2016 и 2017 гг. количество минерального азота сни-

зилось, что, безусловно, обусловлено потреблением растениями на начальном этапе вегетации (таблица 7).

Таблица 7 - Динамика минерального азота в слое почвы 0-60 см, кг/га

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	7-8 листьев	10-12 листьев	молочно-восковая спелость	уборка	
2015 г.					
Контроль	68,4	57,2	35,9	19,1	45,2
N ₃₀ P ₄₀	77,3	65,3	40,8	18,2	50,4
N ₆₀ P ₄₀	91,0	75,3	45,4	25,2	59,2
N ₉₀ P ₄₀	84,7	75,6	62,1	20,7	60,8
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	81,8	70,2	50,9	20,3	55,8
N ₆₀ P ₈₀	85,3	78,5	49,1	25,7	59,7
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	72,1	64,7	45,8	23,0	51,4
НСР ₀₅	1,5	1,7	0,5	0,5	3,5
2016 г.					
Контроль	52,8	46,7	23,6	10,0	33,3
N ₃₀ P ₄₀	63,8	51,8	28,2	15,3	39,8
N ₆₀ P ₄₀	82,7	57,9	28,3	18,5	46,9
N ₉₀ P ₄₀	101,5	78,7	43,3	29,0	63,1
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	73,6	51,2	27,5	29,0	45,3
N ₆₀ P ₈₀	81,1	75,2	42,8	27,2	56,6
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	66,8	54,4	38,6	20,5	45,1
НСР ₀₅	3,2	0,7	0,17	1,1	2,7
2017 г.					
Контроль	69,9	41,3	14,0	15,1	35,1
N ₃₀ P ₄₀	78,0	55,4	15,9	19,5	42,2
N ₆₀ P ₄₀	91,6	64,0	19,9	17,4	48,2
N ₉₀ P ₄₀	120,9	89,6	40,2	30,8	70,4
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	91,0	60,6	18,9	16,7	46,8
N ₆₀ P ₈₀	85,0	55,6	19,1	12,4	43,0
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	85,2	36,5	20,8	20,0	40,6
НСР ₀₅	1,4	2,0	0,7	1,2	4,1

В 2015 году содержание N_{мин} за этот период в почве увеличилось, что связано с повышением количества нитратной формы в составе доступного азота за счёт окисления аммонийной формы.

В 2015 и 2016 гг. от фазы 7-8 листьев до уборки культуры в 60-сантиметровом слое на варианте без применения удобрений происходило

снижение количества минерального азота. В 2017 году уменьшение количества $N_{\text{мин}}$ происходило до фазы молочно-восковой спелости. К уборке запас минерального азота в этот год исследований незначительно повысился по сравнению с содержанием в предыдущий срок отбора, но лишь на 1,1 кг/га.

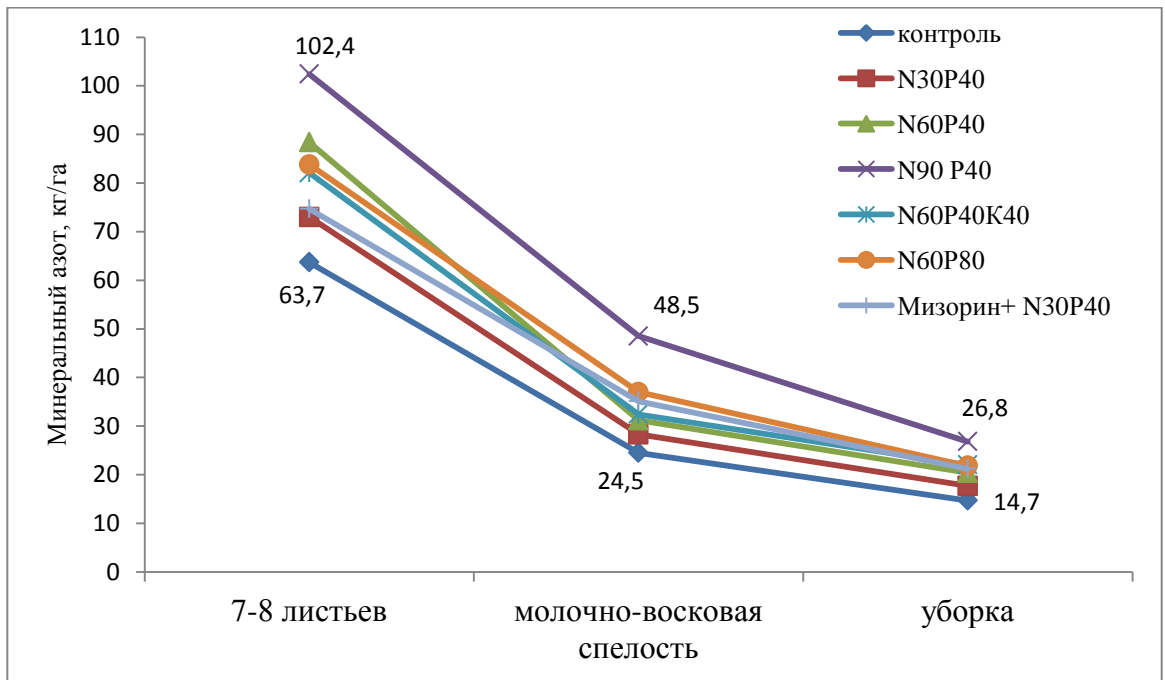
Использование минеральных удобрений и биологического препарата во все годы существенно повышало количество $N_{\text{мин}}$ к фазе 7-8 листьев по сравнению с количеством на варианте без применения удобрений в 60-сантиметровом слое почвы.

В 2016 и 2017 гг. наибольшее увеличение достигнуто при внесении азота минеральных удобрений в дозе 90 кг/га, которое составило по сравнению с контрольным вариантом соответственно 92,2 и 73,0%. В 2015 году максимальный эффект был достигнут от 60 кг/га азота, внесённого в составе туковой смеси. Прибавка в увеличении запаса $N_{\text{мин}}$ к контролю составила 33,0%.

На вариантах с минеральными удобрениями и биопрепаратом во все годы происходило снижение количества минерального азота в слое почвы 0-60 см от фазы 7-8 листьев до уборки зерновой кукурузы. Запас минерального азота в этот срок отбора в почве был минимальным.

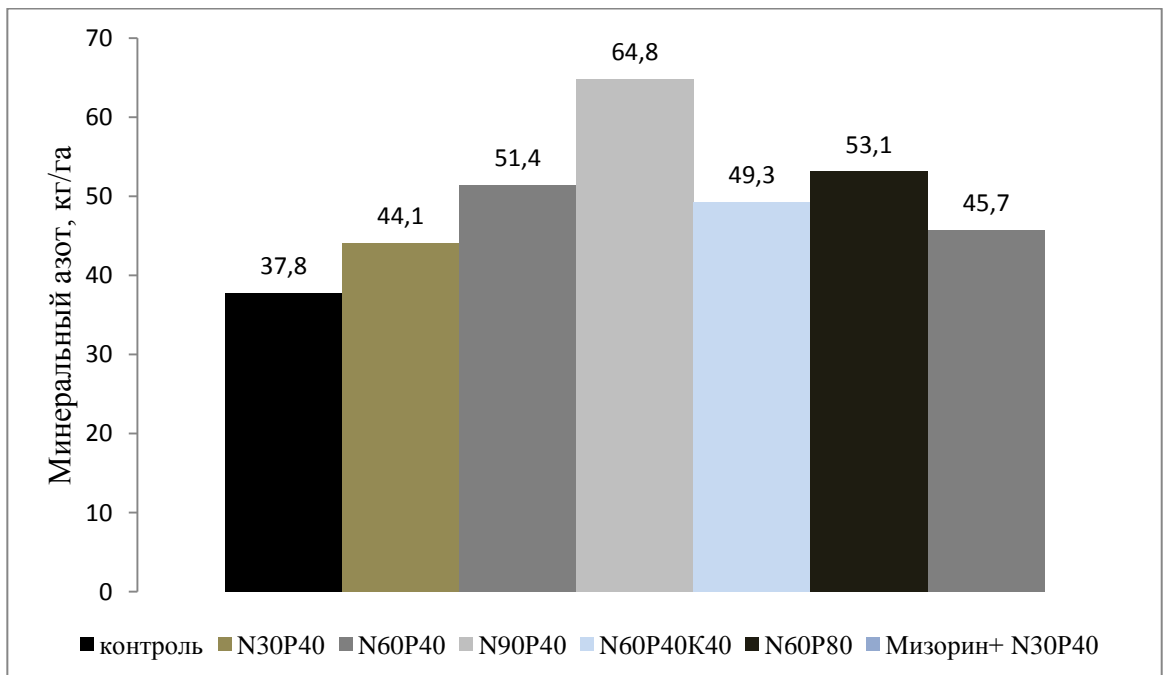
В среднем за 2015-2017 гг., как на варианте без применения удобрений, так и на вариантах с внесением минеральных удобрений и биопрепарата в слое почвы 0-60 см происходило равномерное снижение запаса минерального азота в течение вегетации кукурузы.

В фазу 7-8 листьев существенное увеличение количество $N_{\text{мин}}$ в слое почвы 0-60 см в среднем за 3 года получено лишь при внесении азотных удобрений в дозе 60 и 90 кг/га (рисунок 11). Прибавка по сравнению с содержанием на контрольном варианте составила 28,9 и 60,8%. Применение 30 кг/га азотных удобрений в составе туковой смеси, как и использование на этом фоне биопрепарата Мизорин, увеличивало запас минерального азота на 9,3-11,0 кг/га. Но данная прибавка меньше НСР опыта.



НСР₀₅ 13,0 кг/га 7,3 кг/га $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$
 Рисунок 11 – Динамика минерального азота в слое почвы 0-60 см, кг/га (среднее за 2015-2017 гг.)

В среднем за вегетацию культуры максимальная обеспеченность почвы в среднем за 2015-2017 гг. в среднем за вегетацию кукурузы обеспечило применением азотных удобрений в дозе 90 кг/га (рисунок 12).



НСР₀₅ = 8,7 кг/га

Рисунок 12 – Содержание минерального азота в слое почвы 0-60 см в среднем за вегетацию кукурузы, кг/га. Среднее за 2015-2017 гг.

Увеличение по сравнению с контрольным вариантом составило 71,4%.

Существенные изменения в содержании $N_{\text{мин}}$ в 20-сантиметровом слое почвы обусловлены внесением минеральных удобрений под культивацию (таблица 8, приложение 12, приложение 13, приложение 14).

Таблица 8 - Динамика минерального азота в почве под кукурузой, кг/га.
Среднее за 2015-2017 гг.

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			МОЛОЧНО-ВОСКОВАЯ СПЕЛОСТЬ			уборка		
СЛОЙ ПОЧВЫ, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
25,4	23,6	14,7	17,6	18,6	12,2	11,7	8,7	4,1	8,0	5,1	2,1
$N_{30}P_{40}$											
36,5	23,6	12,9	27,0	22,3	8,2	13,1	10,0	5,3	9,0	6,0	2,5
$N_{60}P_{40}$											
49,1	25,5	13,8	34,3	22,3	9,1	16,1	10,4	4,7	10,0	6,4	4,0
$N_{90}P_{40}$											
63,1	26,8	12,4	49,5	22,9	8,8	28,6	14,4	5,5	14,0	9,8	3,2
$N_{60}P_{40}K_{40}$											
46,0	24,0	12,1	33,4	19,0	8,2	17,9	9,3	5,2	11,0	6,7	4,3
$N_{60}P_{80}$											
44,4	25,8	13,6	34,8	24,1	10,8	18,4	12,2	6,5	10,0	8,2	4,0
Мизорин+ $N_{30}P_{40}$											
36,3	24,0	14,4	22,7	19,8	9,4	18,1	9,7	7,3	10,0	8,0	3,2
НСП ₀₅											
10,4	4,1	3,4	10,3	6,4	5,7	5,6	5,1	1,8	5,2	4,6	2,0

Различия в количестве минерального азота в нижележащих слоях почвы в зависимости от дозы азота являются математически недостоверными.

Подсчет соотношения аммонийной и нитратной форм азота в составе минерального в среднем за 2015-2017 гг. в слое почвы 0-60 см от фазы 7-8 листьев до момента проведения уборки на контрольном варианте показал, что на начальном этапе вегетации преобладание нитратной формы над аммонийной составило 10%, в последующие сроки лишь 4-6%, а в среднем за вегетацию 7% (таблица 9, рисунок 13).

Таблица 9 – Содержание аммонийного и нитратного азота в составе минерального в слое 0-60 см, %. Среднее за 2015-2017 гг.

Варианты	Срок отбора							
	7-8 листьев		10-12 листьев		МОЛОЧНО-восковая спелость		уборка	
	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃
Контроль	45	55	48	52	47	53	48	53
N ₃₀ P ₄₀	43	57	38	62	42	58	43	56
N ₆₀ P ₄₀	39	61	37	63	37	63	37	63
N ₉₀ P ₄₀	33	67	28	72	28	72	29	71
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	40	60	36	64	37	63	38	62
N ₆₀ P ₈₀	38	62	36	64	36	64	33	67

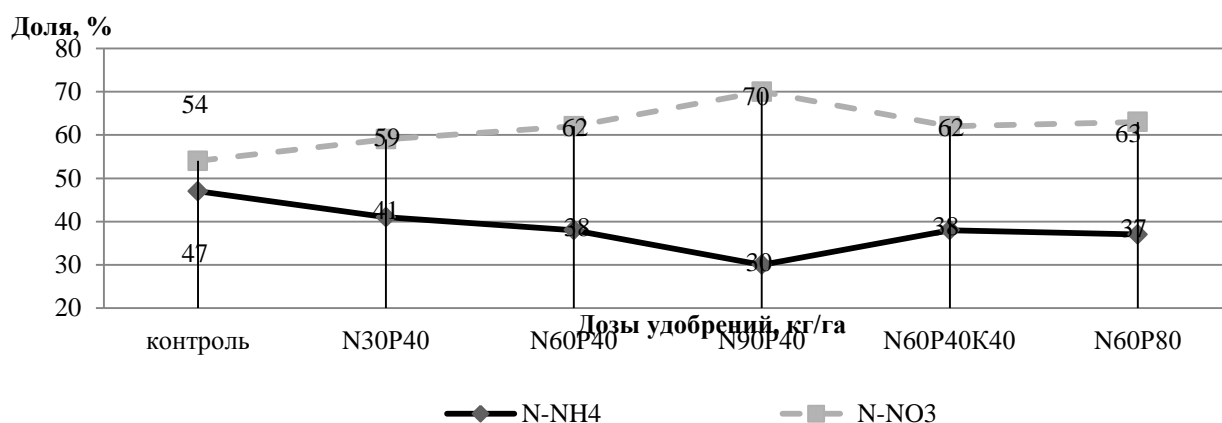


Рисунок 13 - Изменение доли N-NO₃ и N-NH₄ в составе N_{мин} в почве при внесении минеральных удобрений в целом за вегетацию кукурузы, %. Среднее за 2015-2017 гг., слой 0-60 см

Применение азотных удобрений, как и увеличение их дозы, в составе туковой смеси, внесённых по культивацию, способствовало увеличению содержания нитратной формы азота в составе минерального в течение всей вегетации кукурузы. При применении 30 кг/га азота удобрений в среднем за вегетацию кукурузы преобладание нитратной формы составило 18%, 60 кг/га – 24% и 90 кг/га – 40%.

По-видимому, полученные результаты можно объяснить тем, что с увеличением дозы азотных удобрений происходило улучшение не только питания растений, но и стимулирование развития нитрификационных процес-

сов в почве и, как следствие, более интенсивное окисление аммонийной формы азота в почве.

3.2.4 Влияние удобрений на содержание подвижного фосфора в почве

В начальный период вегетации растений обеспечение их доступным фосфором имеет важное значение для будущего урожая. Недостаток его на начальном этапе вегетации невосполним обильным питанием в последующие периоды (Минеев В.Г., 2004).

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 обеспеченности в 2017 г. - 22,1 мг/кг почвы. В среднем за 2015-2017 гг. перед посевом кукурузы содержание подвижного фосфора в 40-сантиметровом слое составило 16,6 мг/кг почвы.

В течение вегетации кукурузы во все годы проведения полевых опытов в слое почвы 0-40 см на контрольном варианте происходило снижение доступного фосфора от момента сева и до полной спелости (таблица 10).

Использование фосфорных удобрений в 2015 году в дозах 40 и 80 кг/га в сочетании с 60 и 90 кг/га азота под культивацию кукурузы к фазе 7-8 листьев увеличивало содержание подвижного фосфора в слое 0-40 см по сравнению с контрольным вариантом на 0,6-1,4 мг/кг почвы или на 6,5-15,2%. Максимум достигнут на варианте с наибольшей дозой фосфорных удобрений.

Но на варианте с дозой $N_{30}P_{40}$ количество доступного P_2O_5 увеличилось в 40-сантиметровом слое почвы лишь на 0,1 мг/кг почвы. Данная прибавка меньше НСР опыта. Вероятно, это можно объяснить, что на вариантах с дозами азота 60 и 90 кг/га в составе туковой смеси за счет увеличения нитратной формы азота в почве происходило подкисление почвенного раствора, что

обусловило снижение скорости химического связывания доступных фосфатов в почве при внесении фосфорных удобрений вразброс под культивацию.

На вариантах с минеральными удобрениями и биопрепаратом в 2015 году изменения в содержании доступного P_2O_5 в 40-сантиметровом слое почвы была одинаковой.

Таблица 10 - Динамика подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см, мг/кг почвы

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	7-8 листьев	10-12 листьев	молочно-восковая спелость	уборка	
2015 г.					
Контроль	9,2	9,0	8,3	7,6	8,5
N ₃₀ P ₄₀	9,3	9,4	9,2	9,4	9,3
N ₆₀ P ₄₀	10,0	9,6	9,3	9,2	9,5
N ₉₀ P ₄₀	10,0	9,2	8,1	8,0	8,8
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	9,8	7,9	6,3	6,2	7,6
N ₆₀ P ₈₀	10,6	9,2	6,7	6,3	8,2
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	9,1	8,8	9,0	9,3	9,1
НСР ₀₅	0,4	0,6	0,3	0,5	0,3
2016 г.					
Контроль	13,1	10,2	8,9	6,8	9,8
N ₃₀ P ₄₀	14,4	12,4	10,6	7,7	11,3
N ₆₀ P ₄₀	14,0	12,6	8,5	7,5	10,7
N ₉₀ P ₄₀	14,1	11,7	9,9	6,9	10,7
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	14,1	11,9	7,2	4,7	9,5
N ₆₀ P ₈₀	16,2	14,3	9,8	5,8	11,5
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	14,9	11,3	9,2	6,6	10,5
НСР ₀₅	0,4	0,3	0,8	0,5	0,6
2017 г.					
Контроль	19,4	18,1	12,6	10,8	15,2
N ₃₀ P ₄₀	21,3	19,2	14,5	11,1	16,5
N ₆₀ P ₄₀	20,7	17,0	12,9	10,5	15,3
N ₉₀ P ₄₀	19,8	18,6	13,7	9,6	15,4
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	21,0	16,0	13,6	10,5	15,3
N ₆₀ P ₈₀	22,0	20,0	15,7	11,3	17,3
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	20,0	18,7	13,2	12,3	16,1
НСР ₀₅	1,5	0,5	0,4	0,2	0,8

От момента сева до фазы молочно-восковая спелость зерна культуры происходило равномерное снижение количества доступного P_2O_5 . Это, безусловно, объясняется потреблением фосфора растениями кукурузы. В дальнейшем в течение вегетации культуры до уборки содержание подвижного фосфора в почве практически не изменялось.

В среднем за вегетацию кукурузы наименьшим содержание доступного P_2O_5 в 40-сантиметровом слое почвы было на варианте с полным минеральным удобрением. Вероятно, улучшение азотно-калийного питания растений способствовало более интенсивному потреблению почвенного фосфора кукурузой.

В 2015 году в 20-сантиметровом слое почвы в фазу 7-8 листьев наибольшее количество подвижного фосфора по сравнению с содержанием на контрольном варианте получено при внесении максимальной дозы фосфора 80 кг/га (приложение 15). В слое почвы 20-40 см существенных различий во влиянии фосфорных удобрений на количество подвижного фосфора по сравнению с контрольным вариантом не было.

В 2016 году в слое почвы 0-40 см к фазе 7-8 листьев, после внесения фосфорных удобрений под сплошную культивацию в дозах 40 и 80 кг/га, достигнуто увеличение количества подвижного P_2O_5 по сравнению с контрольным вариантом, которое составило 6,9-23,7%. Наибольшим количеством подвижного фосфора в почве, как и в предыдущем 2015 году, получено на варианте с наибольшей дозой фосфорных удобрений.

В 2016 году динамика подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см была очень сходной с изменениями на контрольном варианте. От посева и до уборки зерновой кукурузы происходило равномерное снижение доступного фосфора в почве. Как и в предыдущем году, в 2016 году в среднем за вегетацию кукурузы наименьшее количество P_2O_5 зафиксировано от применения полного минерального удобрения, что объясняется более интенсивным потреблением фосфора на этом варианте.

Анализ содержания подвижного фосфора в 2016 г. в слое почвы 0-20 и 20-40 см показал, что зависимости были очень сходными с показателями предыдущего 2015 года (приложение 16). Максимум содержания доступного фосфора к фазе 7-8 листьев был отмечен при внесении под сплошную предпосевную культивацию кукурузы 80 кг/га фосфорных удобрений в составе туковой смеси. В слое почвы 20-40 см различий от дозы внесенных удобрений не было.

В 2017 году в слое почвы 0-40 см при средней обеспеченности почвы подвижным фосфором по градации Мачигина, так же как в 2015 и 2016 гг. при низкой обеспеченности, в фазу 7-8 листьев наибольшее содержание доступного фосфора достигнуто при внесении под культивацию 80 кг/га фосфорных удобрений. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 2,6 мг/кг почвы или 13,4%.

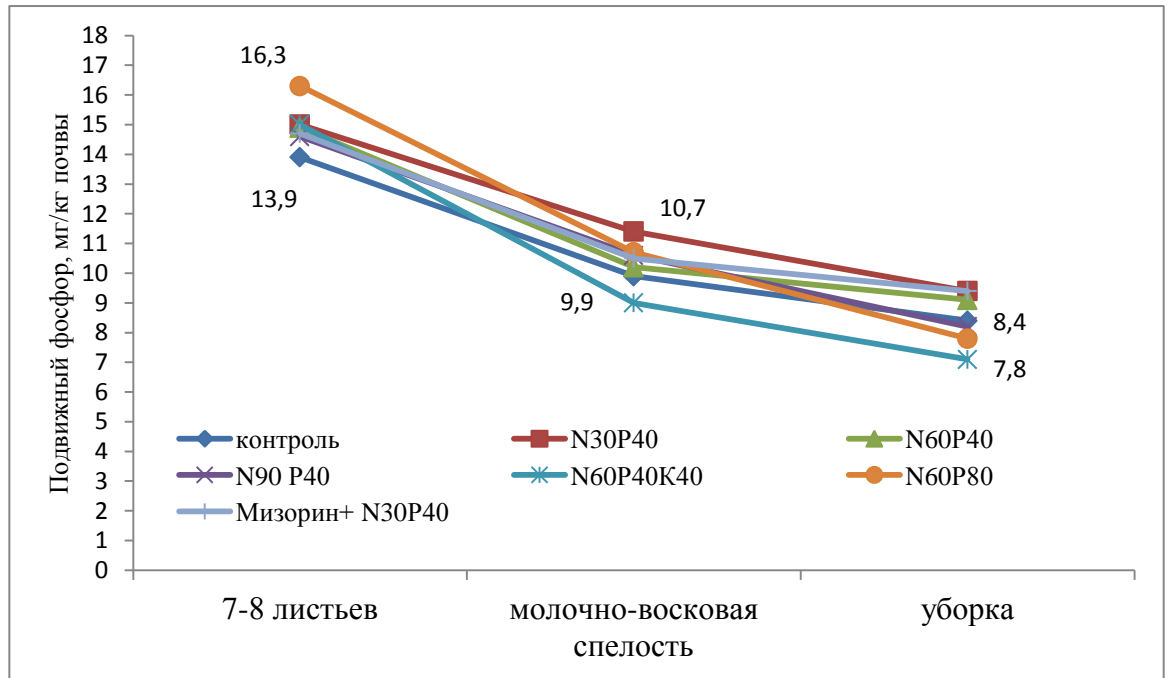
В течение вегетации кукурузы в почве происходило равномерное снижение доступного фосфора в почве вплоть до фазы полной спелости зерна кукурузы. В среднем за вегетацию зерновой кукурузы максимальная обеспеченность почвы подвижным фосфором получена при внесении фосфорных удобрений в дозе 80 кг/га. При внесении удобрений в дозе 40 кг/га обеспеченность почвы подвижным фосфором в среднем за вегетацию была на уровне контрольного варианта.

В 2017 году в слое почвы 0-20 см после применения фосфорных удобрений под культивацию кукурузы в дозах 40 и 80 кг/га в составе туковой смеси к фазе 7-8 листьев содержание подвижного фосфора по сравнению с контрольным вариантом увеличивалось на 11,1-24,6%. В слое почвы 20-40 см, как и в предыдущие годы, существенных различий не было в зависимости от дозы (приложение 17).

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 кг/га фосфорных удобрений в составе

туковой смеси. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 2,4 мг/кг почвы или 17,3% (рисунок 14).

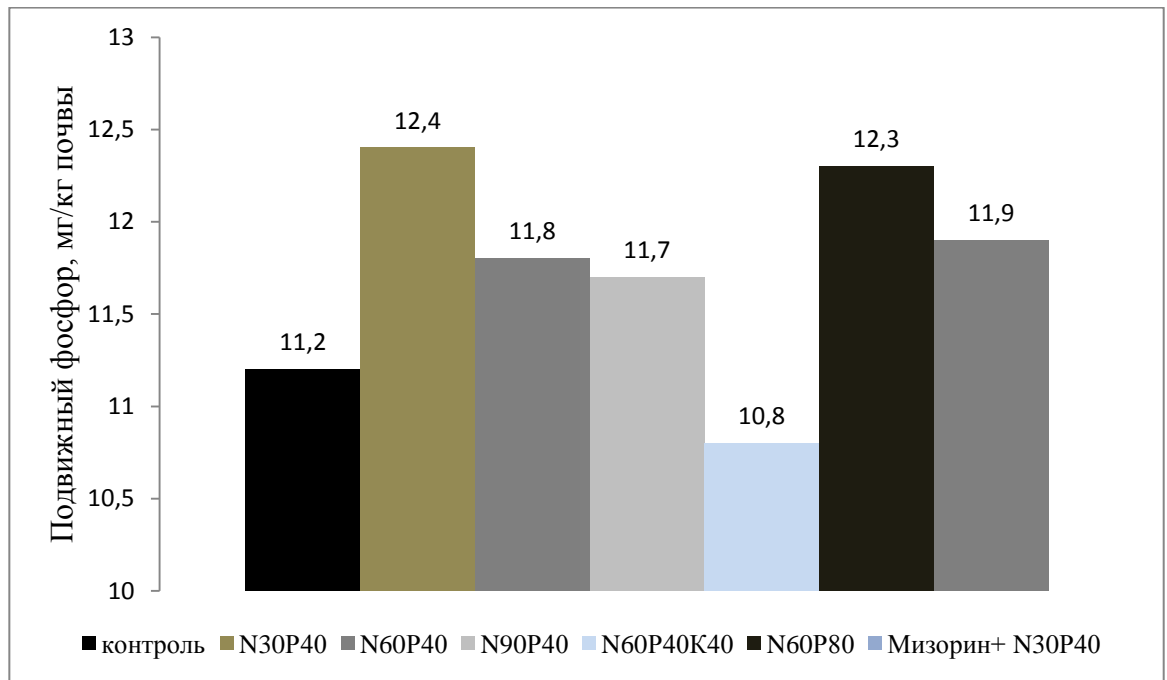
От посева и до уборки зерна кукурузы в слое почвы 0-40 см, как на варианте без применения удобрений, так и на вариантах с минеральными удобрениями и биопрепаратом происходило равномерное снижение количества доступного фосфора. Минимальным его содержание было в уборку.



НСР₀₅ 0,9 мг/кг $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$ 1,5 мг/кг
 Рисунок 14 – Динамика подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см, мг/кг почвы (среднее за 2015-2017 гг.)

В среднем за вегетацию кукурузы в среднем за 3 года наиболее низкая обеспеченность почвы подвижным фосфором в 40-сантиметровом слое отмечено на варианте с использованием минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$ (рисунок 15).

В среднем за 2015-2017 гг. в слое почвы 0-20 см применение фосфорных удобрений в дозах 40 и 80 кг/га в составе туковой смеси под первую сплошную культивацию к фазе 7-8 листьев кукурузы увеличивало количество подвижного фосфора по сравнению с контрольным вариантом на 1,6-4,2 мг/кг почвы или на 10,5-27,5% (таблица 11).



$$НСП_{05} = 1,0 \text{ мг/кг почвы}$$

Рисунок 15 – Содержание минерального азота в слое почвы 0-40 см в среднем за вегетацию кукурузы, кг/га. Среднее за 2015-2017 гг.

Таблица 11 - Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой в годы исследований, мг/ кг почвы. Среднее за 2015-2017 гг.

Срок отбора							
7-8 листьев		10-12 листьев		МОЛОЧНО-восковая спелость		уборка	
слой почвы, см							
0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Контроль							
15,3	12,5	13,6	11,2	10,3	9,5	8,6	8,1
N ₃₀ P ₄₀							
17,3	12,6	15,4	11,9	13,0	9,8	8,9	9,8
N ₆₀ P ₄₀							
17,3	12,3	14,8	11,2	11,3	9,1	10,8	7,4
N ₉₀ P ₄₀							
16,9	12,3	15,0	11,3	11,4	9,7	8,5	7,7
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀							
17,5	12,4	13,1	10,8	9,7	8,3	6,7	7,5
N ₆₀ P ₈₀							
19,5	13,0	16,9	12,0	11,1	10,4	8,1	7,5
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀							
16,9	12,3	14,0	11,7	11,5	9,3	9,6	9,1
НСП ₀₅							
1,6	1,0	2,1	1,5	2,3	2,1	2,6	2,0

В слое почвы 20-40 см в эту фазу существенных различий с контрольным вариантом в зависимости от дозы применяемых удобрений не было.

В течение вегетации кукурузы от фазы 7-8 листьев до момента проведения уборки в обоих слоях почвы происходило равномерное снижение доступного фосфора.

3.2.5 Влияние удобрений на содержание обменного калия в почве

Третьим (не по значимости) макроэлементом в питании растения является калий. Основным критерием обеспеченности почвы калием является содержание его обменной формы.

Перед посевом кукурузы содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см варьировало в пределах от 280 мг/кг в 2015 г., 263 в 2017 г. и 217 мг/кг почвы в 2016 г. и соответствовало средней обеспеченности по градации Мачигина.

В разные годы динамика обменного калия в почве имела разнонаправленный характер. В 2015 году снижение обеспеченности почвы обменным калием происходило от посева до самой уборки, как на варианте без применения удобрений, так и на вариантах с удобрениями и биопрепаратом (таблица 12). Это, безусловно, объясняется потреблением обменного калия растениями кукурузы в течение всей вегетации.

Применение калийных удобрений в 2015 г. в дозе 40 кг/га в составе туковой смеси вразброс под сплошную культивацию к фазе 7-8 листьев не увеличивало содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см. Наоборот, количество K_2O на этом варианте было достоверно меньше на 18 мг/кг почвы или на 7,3%, чем содержание на контрольном варианте. Вероятно, использование полного минерального удобрения способствовало существенному увеличению потребления обменного калия не только из удобрений, но и из почвы.

Применение калийных удобрений в дозе 40 кг/га в составе смешанных удобрений весной под сплошную культивацию в 2016 и 2017 гг. к фазе 7-8 листьев способствовало математически достоверному увеличению содержания обменного калия в слое почвы 0-40 см по сравнению с количеством на варианте без применения удобрений на 11 и 7 мг/кг почвы или на 5,6 и 2,8% соответственно.

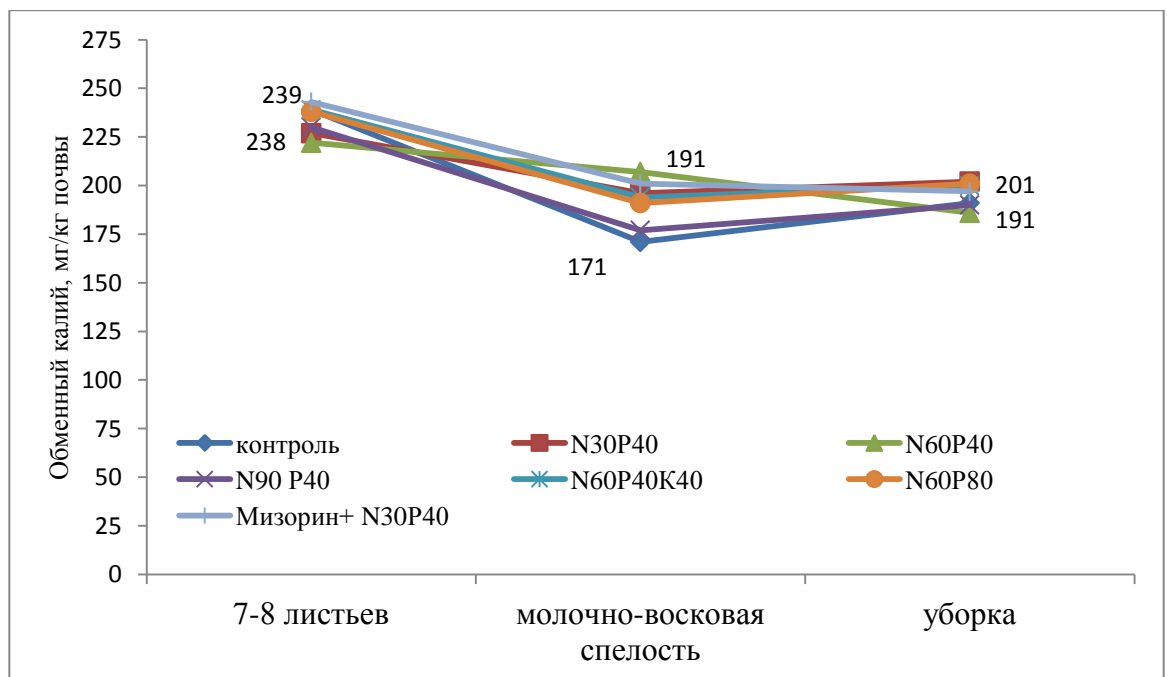
Таблица 12 - Динамика обменного калия в слое почвы 0-40 см, мг/кг почвы

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	7-8 листьев	10-12 листьев	молочно-восковая спелость	уборка	
2015 г.					
Контроль	265	253	240	221	245
N ₃₀ P ₄₀	266	258	245	237	252
N ₆₀ P ₄₀	254	251	238	213	239
N ₉₀ P ₄₀	263	255	216	207	235
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	247	242	236	221	237
N ₆₀ P ₈₀	259	249	241	231	245
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	282	267	244	220	253
НСР ₀₅	5	4	2	3	3
2016 г.					
Контроль	198	163	129	159	162
N ₃₀ P ₄₀	171	142	148	177	160
N ₆₀ P ₄₀	171	161	137	161	158
N ₉₀ P ₄₀	171	139	134	165	152
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	209	161	157	189	179
N ₆₀ P ₈₀	206	150	140	169	166
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	206	174	170	174	181
НСР ₀₅	9	4	5	6	8
2017 г.					
Контроль	253	225	144	194	204
N ₃₀ P ₄₀	245	222	195	191	213
N ₆₀ P ₄₀	242	208	182	183	204
N ₉₀ P ₄₀	256	216	182	198	213
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	260	238	188	189	219
N ₆₀ P ₈₀	249	214	192	204	215
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	242	215	189	196	211
НСР ₀₅	6	2	7	4	4

В 2016 и 2017 гг. от фазы 7-8 листьев до фазы молочно-восковая спелость зерна в 40-сантиметровом слое почвы на всех вариантах опыта наблюдалось уменьшение содержания обменного калия. Это, по-видимому, можно объяснить следующими причинами. Уменьшением поглощения обменного калия растениями кукурузы к фазе полной спелости, выпавшие осадки способствовали вымыванию калия из листьев растений, а также, возможно, восстановлению равновесия между обменной и необменными формами калия в почве. В среднем за 2015-2017 гг. количество K_2O обменного калия перед посевом кукурузы в 40-сантиметровом слое почвы составило 253 мг/кг почвы.

Применение калийных удобрений в дозе 40 кг/га вразброс под сплошную культивацию не оказало существенного влияния на количество обменного калия в слое почвы 0-40 см к 7-8 листьев растений кукурузы. Обеспеченность оставалась на уровне содержания обменного калия на контрольном варианте.

В среднем за 2015-2017 гг. от посева до фазы молочно-восковая спелость кукурузы в слое почвы 0-40 см на всех вариантах происходило снижение обменного калия (рисунок 16).



НСР₀₅

$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$

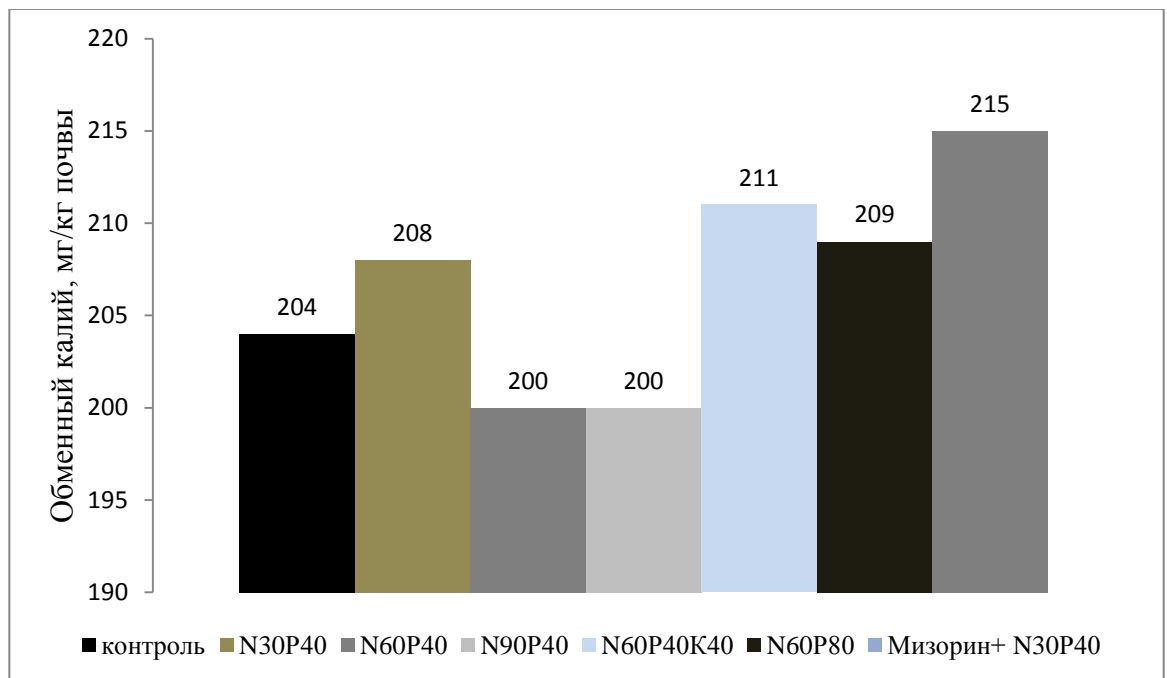
$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$

$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$

Рисунок 16 – Динамика обменного калия в слое почвы 0-40 см, мг/кг почвы (среднее за 2015-2017 гг.)

К уборке кукурузы количество обменного калия в 40-сантиметровом слое почвы на всех вариантах опыта незначительно повысилось или оставалось на уровне обеспеченности в предыдущую фазу.

В среднем за 2015-2017 гг. наименьшая обеспеченность почвы обменным калием в среднем за вегетацию в слое почвы 0-40 см была на вариантах с применением минеральных удобрений в дозах $N_{90}P_{40}$ и $N_{60}P_{40}K_{40}$ (рисунок 17).



$$HCP_{05} = 13 \text{ мг/кг почвы}$$

Рисунок 17 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см в среднем за вегетацию кукурузы, мг/кг почвы. Среднее за 2015-2017 гг.

4 ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ

На формирование вегетативной массы растений кукурузы в течение вегетации в годы исследований оказали существенное влияние условия увлажнения и обеспеченность почвы элементами питания.

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 и наибольшим содержанием продуктивной влаги в метровом слое почвы 187,0 мм (таблица 13 и таблица 14).

Таблица 13 - Влияние удобрений на высоту растений кукурузы в фазу 10-12 листьев, см

Варианты	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее за три года	Прибавка к контро- лю	
					см	%
Контроль	134	124	97	118	-	-
N ₃₀ P ₄₀	139	137	141	139	21	17,8
N ₆₀ P ₄₀	141	136	144	140	22	18,6
N ₉₀ P ₄₀	142	137	145	141	23	19,5
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	143	143	140	142	24	20,3
N ₃₀ P ₈₀	138	140	142	140	22	18,6
N ₆₀ P ₈₀	139	142	145	142	24	20,3
N ₉₀ P ₈₀	140	136	148	141	23	19,5
N ₆₀ P ₈₀ K ₄₀	144	143	145	144	26	22,0
Мизорин	139	137	137	138	20	16,9
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	143	138	138	140	22	18,6
204	140	136	125	134	16	13,6
204 + N ₃₀ P ₄₀	141	139	134	138	20	16,9
2П-9	140	137	142	140	22	18,6
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	139	141	142	141	23	19,5
2П-7	130	137	118	128	10	8,5
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	134	138	122	131	13	11,0
КЛ-10	131	134	122	129	11	9,3
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	131	136	123	130	12	10,2
НСР ₀₅	3	4	3		4	

Таблица 14 - Влияние удобрений на массу растений кукурузы в фазу 10-12 листьев, г

Варианты	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее за три года	Прибавка к контро- лю	
					г	%
Контроль	340	250	220	270	-	-
N ₃₀ P ₄₀	360	270	410	347	77	28,5
N ₆₀ P ₄₀	410	280	430	373	103	38,1
N ₉₀ P ₄₀	410	300	470	393	123	45,6
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	420	320	475	405	135	50,0
N ₃₀ P ₈₀	390	380	445	405	135	50,0
N ₆₀ P ₈₀	400	290	420	370	100	37,0
N ₉₀ P ₈₀	400	300	435	378	108	40,0
N ₆₀ P ₈₀ K ₄₀	420	330	440	397	127	47,0
Мизорин	400	280	445	375	105	38,9
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	420	300	485	402	132	48,9
204	370	260	288	306	36	13,3
204 + N ₃₀ P ₄₀	400	280	315	332	62	23,0
2П-9	380	270	358	336	66	24,4
2П-9 + N ₃₀ P ₄₀	420	290	410	373	103	38,1
2П-7	330	270	310	303	33	12,2
2П-7 + N ₃₀ P ₄₀	340	280	340	320	50	18,5
КЛ-10	330	270	292	297	27	10,0
КЛ-10 + N ₃₀ P ₄₀	330	280	310	307	37	13,7
НСР ₀₅	9	7	6		59	

В два последующие годы из-за ухудшения агроклиматических условий, и прежде всего условий увлажнения, наблюдались более низкие параметры биометрических значений растений кукурузы.

Минеральные удобрения и бактериальные препараты способствовали улучшению процессов роста и развития растений, но эффективность от их применения была неодинаковой.

На вариантах с минеральными удобрениями в фазу 10-12 листьев высота растений в 2015 году максимально увеличилась под действием полного минерального удобрения в дозах N₆₀P₄₀₋₈₀K₄₀ со 134 см на контрольном варианте до 144 см, а масса 1 сырого растения – с 340 до 420 г. Таким образом, на фоне средней обеспеченности почвы обменным калием применение калий-

ных удобрений в дозе 40 кг/га способствовало улучшению азотно-фосфорного питания растений кукурузы.

На фоне естественного плодородия почвы применение штаммов азотфиксаторов Мизорин, 204 и 2П-9 способствовало существенному повышению высоты и массы растений по сравнению с контрольным вариантом.

На азотно-фосфорном фоне наибольшие биометрические показатели получены при использовании штамма Мизорин. Прибавки в увеличении высоты и массы растений кукурузы достигали уровня этих значений на варианте $N_{60}P_{40}K_{40}$.

В 2016 году в фазу 10-12 листьев применение полного минерального удобрения в дозах $N_{60}P_{40-80}K_{40}$ оказало наибольшее влияние на высоту растений кукурузы, как и в предыдущем 2015 году. Но максимальная масса 1 сырого растения была сформирована на варианте $N_{30}P_{80}$ и составила 380 г, что больше, чем на контрольном варианте на 52,0%.

Применение азотфиксаторов всех изучаемых штаммов без использования минеральных удобрений в этот год проведения полевых опытов способствовало существенному увеличению биометрических показателей растений по сравнению с контрольным вариантом. На фоне азотно-фосфорных удобрений формирование наибольшей высоты и массы растений отмечено на фоне штамма Мизорин, как и в предыдущем 2015 году.

В 2017 году в фазу 10-12 листьев максимальное увеличение высоты растений кукурузы достигнуто на варианте с дозой азотно-фосфорного удобрения $N_{90}P_{80}$. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 51 см или 52,6%, однако масса растения больше всего возростала от действия полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$ – на 115,9%.

Применение ассоциативных азотфиксаторов без использования минеральных удобрений обеспечило достоверное увеличение высоты и массы 1 растения по сравнению с контрольным вариантом. Максимальные значения достигнуты под влиянием штаммов Мизорин и 2П-9, на фоне азотно-фосфорных удобрений - штамм Мизорин.

В среднем за 2015-2017 гг. в фазу 10-12 листьев высота растений кукурузы на варианте без применения удобрений достигала 118 см, а масса – 270 г.

Под действием минеральных удобрений в эту фазу наибольшая высота растений кукурузы получена под действием полного минерального удобрения в дозах $N_{60}P_{40-80}K_{40}$ и азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{60}P_{80}$. Прибавки по сравнению с контрольным вариантом составили 20,3-22,0%. Наибольшая масса 1 сырого растения сформирована при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{40}K_{40}$ и $N_{30}P_{80}$. Увеличение по сравнению с контрольным вариантом составило 135 г или 50,0%.

В среднем за 3 года наибольшая высота растений кукурузы сформирована при использовании штамма азотфиксаторов 2П-9, на азотно-фосфорном фоне – Мизорин и 2П-9. Максимальная масса 1 сырого растения достигнута при использовании штамма Мизорин на фоне $N_{30}P_{40}$. Прибавка составила по сравнению с контрольным вариантом 132 г или 48,9%, что лишь на 1,1% меньше, чем на варианте с полным минеральным удобрением в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$.

К фазе молочно-восковой спелости на контрольном варианте наибольшие биометрические показатели сформированы в 2015 году. Высота 1 растения составила 228 см, а масса – 800 г (таблица 15 и таблица 16). Наименьшая высота 1 растения в эту фазу на контроле получена в 2017 году – 121 см, а масса в 2016 году – 430 г.

Наибольшее увеличение высоты растений кукурузы обеспечило применение полного минерального удобрения в 2015 году в дозе $N_{60}P_{80}K_{40}$ (238 см) и в 2016 году в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$ (192 см), в 2017 году – от азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{90}P_{80}$ (166 см).

Максимальное действие минеральных удобрений на массу 1 сырого растения в 2015 и 2017 гг. оказало применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{80}K_{40}$. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 28,8-29,5%. В 2016 году эффективнее было применение азотно-

фосфорного удобрения $N_{90}P_{80}$. Масса 1 растения увеличилась по сравнению с контрольным вариантом на 46,5%.

Действие биопрепаратов на высоту растений на фоне естественного плодородия почвы наиболее существенно было при использовании в 2015 и 2016 гг. штамма 2П-9 и Мизорин, а в 2017 году - Мизорина и 204. Наибольшее увеличение массы растений во все годы получено на варианте со штаммом 2П-9, а в 2017 году также на варианте со штаммом 204.

Таблица 15 - Влияние удобрений на высоту растений кукурузы в фазу молочно-восковая спелость, см

Варианты	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее за три года	Прибавка к контро- лю	
					см	%
Контроль	228	171	121	173	-	-
$N_{30}P_{40}$	231	174	147	184	11	6,4
$N_{60}P_{40}$	232	176	150	186	13	7,5
$N_{90}P_{40}$	236	178	153	189	16	9,2
$N_{60}P_{40}K_{40}$	234	192	160	195	22	12,7
$N_{30}P_{80}$	230	177	159	189	16	9,2
$N_{60}P_{80}$	230	183	162	192	19	11,0
$N_{90}P_{80}$	232	182	166	193	20	11,6
$N_{60}P_{80}K_{40}$	238	180	164	194	21	12,1
Мизорин	225	177	149	184	11	6,4
Мизорин + $N_{30}P_{40}$	229	182	148	186	13	7,5
204	222	175	143	180	7	4,0
204 + $N_{30}P_{40}$	223	180	151	185	12	6,9
2П-9	226	177	136	180	7	4,0
2П-9+ $N_{30}P_{40}$	230	181	157	189	16	9,2
2П-7	223	173	142	179	6	3,5
2П-7+ $N_{30}P_{40}$	224	174	140	179	6	3,5
КЛ-10	220	171	131	174	1	0,6
КЛ-10+ $N_{30}P_{40}$	225	172	137	178	5	2,9
НСР ₀₅	3	3	4	9		

На фоне азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$ в фазу молочно-восковой спелости зерна кукурузы наибольшие биометрические показатели получены при использовании штаммов Мизорин и 2П-9.

В среднем за 2015-2017 гг. на контрольном варианте высота растений кукурузы в фазу молочно-восковая спелость составила 173 см, а масса – 613 г.

На вариантах с минеральными удобрениями в эту фазу наибольшие биометрические показатели растений кукурузы сформированы под действием полного минерального удобрения в дозах $N_{60}P_{40-80}K_{40}$. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом в увеличении высоты растений составила 12,1-12,7%, а массы – 27,2-32,1%.

Таблица 16 - Влияние удобрений на массу 1 сырого растения кукурузы в фазу молочно-восковая спелость, г

Варианты	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее за три года	Прибавка к контро- лю	
					г	%
Контроль	800	430	610	613	-	-
$N_{30}P_{40}$	920	560	680	720	107	17,5
$N_{60}P_{40}$	920	600	730	750	137	22,3
$N_{90}P_{40}$	930	600	766	765	152	24,8
$N_{60}P_{40}K_{40}$	950	610	780	780	167	27,2
$N_{30}P_{80}$	940	490	710	713	100	16,3
$N_{60}P_{80}$	910	620	750	760	147	24,0
$N_{90}P_{80}$	940	630	770	780	167	27,2
$N_{60}P_{80}K_{40}$	1030	610	790	810	197	32,1
Мизорин	910	540	590	680	67	10,9
Мизорин + $N_{30}P_{40}$	990	560	620	723	110	17,9
204	860	530	630	673	60	9,8
204 + $N_{30}P_{40}$	970	540	650	720	107	17,5
2П-9	920	560	630	703	90	14,7
2П-9 + $N_{30}P_{40}$	1010	580	670	753	140	22,8
2П-7	880	540	590	670	57	9,3
2П-7 + $N_{30}P_{40}$	910	550	620	693	80	13,1
КЛ-10	830	430	540	600	-13	-2,1
КЛ-10 + $N_{30}P_{40}$	950	440	570	653	40	6,5
НСР ₀₅	7	10	6		69	

Во влиянии штаммов азотфиксаторов на биометрические показатели растений без применения удобрений закономерности не выявлено, так как

наибольшая высота растений сформирована на вариантах со штаммом Мизорин, а масса – со штаммом 2П-9.

На азотно-фосфорном фоне максимальная высота и масса сформирована под влиянием штамма 2П-9. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом в увеличении высоты 1 растения составила 16 см или 9,2%, а масса – 140 г или 22,8%.

5 ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЯМИ КУКУРУЗЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ

В 2015 году в фазу 10-12 листьев в растениях кукурузы количество НРК в сухом веществе на вариантах с минеральными удобрениями существенно повышалось по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшая концентрация азота и фосфора в растениях в эту фазу вызвало применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$ - 3,85 и 0,97% (таблица 17). Увеличение калия в растениях составило от 4,67% на варианте без удобрений до 5,17-6,01% под влиянием минеральных удобрений и достигало максимума при их применении в дозе $N_{60}P_{80}$. Соответственно, на фоне низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором применение наибольшей дозы фосфорных удобрений способствовало увеличению поглощения растениями почвенного калия.

Внесение в почву ассоциативных азотфиксаторов при посеве кукурузы на естественном фоне плодородия оказало неравномерное воздействие на концентрацию азота в растениях кукурузы в фазу 10-12 листьев. Существенное превышение содержания азота по сравнению с контрольным вариантом отмечено на вариантах со штаммами азотфиксаторов 204 и КЛ-10.

Повышение содержание фосфора и калия в растениях кукурузы было значительнее, чем азота. Исключение составляет вариант со штаммом Мизорин, на котором концентрация фосфора меньше этого показателя на контрольном варианте. Это объясняется формированием наибольших биометрических показателей растений на этом варианте и, как следствие, эффектом «ростового разбавления» на фоне низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором. Но на остальных вариантах содержание P_2O_5 варьировало от 0,44 до 0,79%. Концентрация калия в растениях увеличивалась до 4,78-5,62%.

Таблица 17 - Содержание NPK в растениях кукурузы в 2015 году, % на сухое вещество

Варианты	10-12 листьев			Молочно-восковая спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	2,64	0,39	4,67	1,03	0,32	1,71
N ₃₀ P ₄₀	2,99	0,92	5,17	0,79	0,72	1,63
N ₆₀ P ₄₀	3,34	0,49	5,73	0,79	0,44	1,56
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	3,85	0,97	5,62	0,94	0,87	1,57
N ₆₀ P ₈₀	3,38	0,93	6,01	0,98	0,82	1,71
Мизорин	2,71	0,34	5,62	0,81	0,30	1,82
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	3,04	0,87	5,56	0,94	0,81	1,52
204	3,27	0,49	5,23	0,98	0,70	1,66
204 + N ₃₀ P ₄₀	3,44	0,39	4,50	1,02	0,78	1,50
2П-9	2,67	0,79	5,51	0,92	0,56	1,59
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	3,39	0,96	5,23	1,00	0,48	1,51
2П-7	2,66	0,44	4,78	0,98	0,51	1,86
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	3,04	0,46	4,67	0,93	0,62	1,44
КЛ-10	2,95	0,79	5,56	1,03	0,77	1,61
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	3,04	0,89	5,34	1,02	0,81	1,70
НСР ₀₅	0,08	0,05	0,11	0,10	0,12	0,11
ПОЛНАЯ СПЕЛОСТЬ						
варианты	вегетативная масса			зерно		
Контроль	0,93	0,38	1,50	1,69	0,37	0,40
N ₃₀ P ₄₀	0,94	0,47	1,70	1,71	0,49	0,31
N ₆₀ P ₄₀	0,96	0,44	1,47	1,80	0,50	0,40
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	1,05	0,47	1,19	1,76	0,61	0,40
N ₆₀ P ₈₀	1,26	0,56	1,31	1,82	0,72	0,41
Мизорин	0,95	0,29	1,31	1,73	0,39	0,45
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	0,85	0,35	1,25	1,80	0,52	0,40
204	1,19	0,38	1,14	1,76	0,44	0,40
204 + N ₃₀ P ₄₀	0,90	0,48	1,70	1,83	0,65	0,39
2П-9	1,32	0,40	1,31	1,87	0,40	0,35
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	1,15	0,44	1,59	1,83	0,68	0,39
2П-7	1,48	0,37	1,36	1,80	0,42	0,36
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	0,94	0,45	1,43	1,85	0,70	0,40
КЛ-10	1,44	0,31	1,13	1,77	0,45	0,37
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	1,52	0,47	1,70	1,88	0,69	0,37
НСР ₀₅	0,05	0,06	0,12	0,04	0,03	0,02

Применение биопрепаратов на фоне азотно-фосфорных удобрений способствовало увеличению концентрации азота на всех вариантах со штаммами азотфиксаторов в растениях кукурузы по сравнению с контролем, а фосфора и калия - лишь со штаммами 2П-9 и КЛ-10.

Этому, вероятно, способствовало улучшение азотно-фосфорного питания растений на фоне низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором и средней обеспеченности обменным калием.

К фазе молочно-восковая спелость зерна кукурузы в 2015 году на контрольном варианте содержание азота в растениях уменьшилось в 2,6 раза, калия – в 2,7 раза. Но концентрация фосфора в растениях снизилась незначительно – с 0,39 до 0,32%.

На вариантах с применением минеральными удобрениями и биопрепаратом концентрация азота и калия в растениях кукурузы соответствовало количеству на варианте без применения удобрений, либо существенно уменьшилось, что, вероятно, объясняется формированием большей вегетативной массы на этих вариантах опыта. Но на вариантах с применением штаммов Мизорин и 2П-7 содержание калия в растениях больше, чем на варианте без удобрений на 0,11 и 0,15%.

Содержание P_2O_5 к фазе молочно-восковая спелость зерна в растениях кукурузы на варианте без удобрений достигала 0,32%, а на вариантах с удобрениями и биопрепаратами увеличилась в 1,4-2,7 раза. Исключение составляет вариант с применением штамма Мизорин, на котором концентрация фосфора в растениях практически соответствовала содержанию на контрольном варианте. Вероятно, это обусловлено улучшением азотно-фосфорного питания растений на вариантах с минеральными удобрениями, а на вариантах с биопрепаратами улучшение азотного питания способствовало формированию более мощной корневой системы растений и поглощению фосфора из большего объёма почвы.

К фазе полная спелость зерна наблюдалось перераспределение азота в растениях кукурузы. В вегетативной массе его становится меньше, а в зерне -

больше. Наибольшая концентрация азота и фосфора в основной продукции кукурузы получена при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{80}$, а также при сочетании применения штаммов 2П-7 и 2П-9 на фоне применения азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$.

Концентрация калия в зерне и вегетативной массе растений кукурузы в фазу полной спелости была в 3,6-3,8 раза больше, чем в зерне. Но строгой зависимости в содержании этого элемента питания от дозы минеральных удобрений и биопрепаратов не отмечено.

В 2016 году концентрация NP в фазу 10-12 листьев растений больше, чем в 2015 году, а калия – меньше (таблица 18). Это объясняется формированием небольшой вегетативной массы в 2016 году из-за меньшей влажности почвы.

Использование минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{40}K_{40}$ и $N_{60}P_{80}$ увеличивало концентрацию азота в растениях до 4,65-4,78%. Внесение фосфорных удобрений в дозах 40 и 80 кг/га на фоне низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором увеличивало концентрацию P_2O_5 на 0,11-0,26% в абсолютном выражении по сравнению с контрольным вариантом (0,63%).

Наибольшее содержание калия в растениях достигнуто на варианте с применением $N_{60}P_{40}$, которое составило 3,98%, что больше, чем на контрольном варианте на 0,20%.

Применение ассоциативных азотфиксаторов при посеве не способствовало существенному увеличению содержания азота в растениях кукурузы в фазу 10-12 листьев, кроме варианта со штаммом КЛ-10, на котором концентрация этого элемента в растениях увеличилась до 3,88% и превосходила содержание на контрольном варианте на 0,23%. Возможно, более низкая обеспеченность почвы продуктивной влагой на начальном этапе вегетации кукурузы снизило микробиологическую активность изучаемых биопрепаратов, что уменьшило фиксацию азота.

Содержание фосфора в растениях кукурузы при использовании азотфиксаторов на естественном фоне плодородия варьировало от 0,66 до 0,79%.

Таблица 18 - Содержание NPK в растениях кукурузы в 2016 году, % на сухое вещество

Варианты	10-12 листьев			Молочно-восковая спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	3,65	0,63	3,78	0,87	0,38	2,57
N ₃₀ P ₄₀	4,12	0,89	3,88	1,12	0,48	2,45
N ₆₀ P ₄₀	4,27	0,88	3,98	1,41	0,56	2,54
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	4,65	0,74	3,63	1,53	0,63	2,68
N ₆₀ P ₈₀	4,78	0,88	3,53	1,59	0,58	2,67
Мизорин	3,67	0,69	3,56	0,89	0,44	2,57
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	4,04	0,77	3,66	1,23	0,50	2,72
204	3,70	0,74	3,77	0,80	0,39	2,60
204 + N ₃₀ P ₄₀	4,17	0,82	3,80	1,23	0,46	2,55
2П-9	3,70	0,79	3,81	1,02	0,35	2,52
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	3,98	0,86	3,85	1,25	0,41	2,54
2П-7	3,71	0,70	3,71	0,81	0,37	2,52
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	3,89	0,74	3,68	0,97	0,44	2,51
КЛ-10	3,88	0,66	3,77	0,88	0,30	2,66
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	3,94	0,80	3,84	0,95	0,41	2,64
НСР ₀₅	0,08	0,06	0,05	0,21	0,06	0,03
ПОЛНАЯ СПЕЛОСТЬ						
варианты	вегетативная масса			зерно		
Контроль	1,12	0,36	1,87	1,58	0,49	0,26
N ₃₀ P ₄₀	1,23	0,31	1,76	1,84	0,43	0,23
N ₆₀ P ₄₀	1,34	0,31	1,68	1,94	0,44	0,26
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	1,37	0,34	1,65	1,92	0,48	0,23
N ₆₀ P ₈₀	1,57	0,30	1,66	1,85	0,67	0,22
Мизорин	1,17	0,38	1,83	1,69	0,37	0,25
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	1,29	0,41	1,66	1,77	0,54	0,21
204	1,13	0,31	1,70	1,88	0,40	0,23
204 + N ₃₀ P ₄₀	1,29	0,44	1,65	1,92	0,48	0,23
2П-9	1,27	0,36	1,70	1,75	0,45	0,25
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	1,31	0,34	1,96	1,90	0,54	0,22
2П-7	1,22	0,39	1,77	1,74	0,41	0,24
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	1,30	0,36	1,43	1,83	0,55	0,25
КЛ-10	1,25	0,39	1,88	1,79	0,42	0,22
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	1,27	0,45	1,90	1,85	0,51	0,23
НСР ₀₅	0,11	0,04	0,06	0,04	0,03	0,02

На фоне азотно-фосфорных удобрений содержание P_2O_5 в растениях возрастала на 0,07-0,14%, за исключением штамма 2П-7, где увеличение меньше НСР опыта.

Содержание калия в растениях в фазу 10-12 листьев растений кукурузы было или меньше концентрации на контрольном варианте, либо соответствовало ей. Кроме варианта 2П-9 на фоне азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$, где достигнута максимальная концентрация – 3,85% в этом блоке вариантов.

К фазе молочно-восковая спелость зерна произошло снижение концентрации NPK в растениях кукурузы на всех вариантах опыта. Наиболее сильно уменьшилось содержание азота. Но на вариантах с применением минеральных удобрений содержание NPK в растениях кукурузы была больше по сравнению с контрольным вариантом. Концентрация азота увеличивалась с 0,87 до 1,59%, фосфора – с 0,38 до 0,63%, а калия – с 2,57 до 2,68%. Наибольшие содержание азота достигнуто на варианте с дозой $N_{60}P_{80}$, фосфора и калия – при внесении полного минерального удобрения $N_{60}P_{40}K_{40}$.

Содержание азота в растениях на вариантах с бактериальными препаратами на фоне без удобрений было на уровне контроля или ниже его значений. Концентрация фосфора существенно увеличивалась по сравнению с контрольным вариантом при применении штамма Мизорин, калия – штамма 204 и КЛ-10.

Применение азотно-фосфорных удобрений и бактериальных препаратов увеличивало содержание NPK в эту фазу как по сравнению с контролем, так и вариантами с использованием азотфиксаторов на естественном фоне плодородия на варианте со штаммом Мизорин, азота и фосфора – со штаммом 204 и только калия – со штаммом КЛ-10.

К фазе полная спелость зерна содержание азота в основной продукции кукурузы на вариантах с применением минеральных удобрений и биопрепаратов было выше контроля. Наиболее высоким содержание азота было на варианте с дозой минерального удобрения $N_{60}P_{40}$, а фосфора - при внесении

$N_{60}P_{80}$. Концентрация калия в сухом веществе зерна кукурузы было на уровне содержания на контрольном варианте или существенно меньше его.

В вегетативной массе кукурузы в фазу полная спелость также как и в зерне, наибольшее содержание азота получено на варианте с дозой минеральных удобрений $N_{60}P_{40}$, фосфора – при совместном внесении штамма биопрепарата Мизорина и 204 на фоне азотно-фосфорных удобрений, калия – от штамма 2П-9 и $N_{30}P_{40}$.

В 2017 году в фазу 10-12 листьев содержание фосфора в растениях было больше, чем в два предыдущих года. На контрольном варианте оно составило 1,04% (таблица 19). Применение изучаемых агрохимических приемов не способствовало повышению концентрации P_2O_5 в сухом веществе растений кукурузы, кроме варианта с применением штамма 2П-9 на фоне азотно-фосфорных удобрений, где получено математически достоверное увеличение в абсолютном выражении на 0,13%.

Содержание азота в растениях кукурузы, наоборот, существенно увеличивалось при внесении в почву минеральных удобрений и бактериальных препаратов. Максимальным оно было при внесении $N_{60}P_{80}$. Исключение составляет вариант с применением штамма Мизорин, где увеличение концентрации содержание азота в растениях меньше НСР опыта.

Содержание K_2O в растениях на вариантах с применением удобрений и биопрепаратов в эту фазу соответствовала содержанию на контроле или была существенно меньше. Максимум в увеличении содержания калия в растениях достигнут на вариантах с дозой $N_{30}P_{40}$ и бактериального препарата 2П-9. Но закономерности во влиянии удобрений на содержание этого элемента питания в растениях не выявлено.

В фазу молочно-восковая спелость зерна кукурузы на контрольном варианте концентрация азота уменьшилась по сравнению с содержанием в фазу 10-12 листьев в 3,2 раза, фосфора – в 2,6 раза, а калия - в 1,6 раза.

Таблица 19 - Содержание NPK в растениях кукурузы в 2017 году, % на сухое вещество

Варианты	10-12 листьев			Молочно-восковая спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	2,46	1,04	3,63	0,77	0,40	2,21
N ₃₀ P ₄₀	3,22	0,93	3,69	0,91	0,44	2,23
N ₆₀ P ₄₀	3,41	0,96	3,55	0,95	0,47	2,30
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	3,44	1,01	3,67	0,89	0,50	2,47
N ₆₀ P ₈₀	3,50	1,12	3,51	1,05	0,48	2,44
Мизорин	2,54	1,00	3,63	0,80	0,41	2,66
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	2,87	0,95	3,43	0,93	0,43	2,41
204	3,17	0,93	3,53	0,80	0,38	2,30
204 + N ₃₀ P ₄₀	3,36	1,05	3,53	0,88	0,41	2,45
2П-9	2,92	1,08	3,73	0,79	0,40	2,51
2П-9+N ₃₀ P ₄₀	3,47	1,17	3,43	0,88	0,39	2,44
2П-7	3,11	1,09	3,55	0,99	0,37	2,55
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	3,40	1,03	3,61	1,02	0,42	2,60
КЛ-10	2,99	0,95	3,48	0,80	0,40	2,55
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	3,21	1,07	3,55	0,95	0,45	2,47
НСР ₀₅	0,11	0,10	0,05	0,05	0,06	0,08
ПОЛНАЯ СПЕЛОСТЬ						
варианты	вегетативная масса			зерно		
Контроль	0,82	0,29	1,84	1,56	0,84	0,28
N ₃₀ P ₄₀	0,99	0,33	1,77	1,68	0,90	0,33
N ₆₀ P ₄₀	1,05	0,39	1,69	1,78	0,88	0,34
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	1,09	0,41	1,73	1,79	0,90	0,30
N ₆₀ P ₈₀	1,12	0,38	1,80	1,80	0,80	0,28
Мизорин	0,84	0,27	1,77	1,58	0,78	0,26
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	0,63	0,38	1,83	1,61	0,96	0,23
204	0,71	0,37	1,86	1,66	0,77	0,21
204 + N ₃₀ P ₄₀	0,92	0,40	1,68	1,76	0,72	0,24
2П-9	1,05	0,42	1,86	1,79	0,63	0,21
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	0,95	0,35	1,55	1,82	0,70	0,23
2П-7	1,02	0,33	1,85	1,69	0,73	0,23
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	1,05	0,29	1,79	1,71	0,61	0,25
КЛ-10	0,90	0,27	1,81	1,74	0,80	0,21
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	0,95	0,35	1,84	1,80	0,77	0,22
НСР ₀₅	0,11	0,04	0,05	0,03	0,02	0,02

Содержание азота в сухом веществе растений кукурузы было выше, чем на контрольном варианте на всех вариантах опыта, кроме использования штаммов биопрепаратов Мизорин, 204, 2П-9 и КЛ-10, используемых на естественном фоне плодородия без минеральных удобрений.

Максимальная концентрация азота в растениях, как и в фазу 10-12 листьев, достигнута при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{80}$ – 1,05%, что на 0,28% больше, чем на варианте без применения удобрений.

Существенное увеличение содержания фосфора в растениях кукурузы в эту фазу отмечено лишь при внесении максимальной дозы азота 60 кг/га на фоне 40 и 80 кг/га фосфора и 40 кг/га калия. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом (0,40%) составила 0,07-0,10%.

Концентрация калия в растениях кукурузы была существенно больше, чем на контрольном варианте на всех вариантах опыта, кроме применения минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$. Но, как и в предыдущую фазу, зависимости во влиянии удобрений на этот показатель не выявлено.

К фазе полная спелость зерна кукурузы в 2017 году произошло перераспределение азота и фосфора в растениях – отмечено уменьшение их содержания в вегетативной массе.

В основной продукции кукурузы наибольшее влияние на увеличение содержания NPK по сравнению с контрольным вариантом оказало применение $N_{30}P_{40}$, $N_{60}P_{40}$ и полного минерального удобрения $N_{60}P_{40}K_{40}$. В вегетативной массе максимальная концентрация макроэлементов достигнута при внесении $N_{60}P_{80}$, а также штаммов азотфиксирующих бактерий 2П-9 и 2П-7.

В среднем за 2015-2017 гг. к фазе 10-12 листьев содержание азота в сухом веществе растений кукурузы на контрольном варианте составило 2,92% (таблица 20). Существенное превышение концентрации азота в растениях отмечено на всех вариантах опыта, кроме вариантов с применением штаммов азотфиксаторов Мизорин, 2П-9 и 2П-7.

Таблица 20 - Содержание NPK в растениях кукурузы, % на сухое вещество (среднее за 2015-2017 гг.)

Варианты	10-12 листьев			Молочно-восковая спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	2,92	0,69	4,03	0,89	0,37	2,16
N ₃₀ P ₄₀	3,44	0,91	4,25	0,94	0,55	2,10
N ₆₀ P ₄₀	3,67	0,78	4,42	1,05	0,49	2,13
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	3,98	0,91	4,31	1,12	0,67	2,24
N ₆₀ P ₈₀	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 ₃₀ P ₄₀	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 ₃₀ P ₄₀	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 ₃₀ P ₄₀	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 ₃₀ P ₄₀	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 ₃₀ P ₄₀	3,40	0,92	4,24	0,97	0,56	2,27
НСР ₀₅	0,25	0,11	0,20	0,12	0,09	0,18
ПОЛНАЯ СПЕЛОСТЬ						
варианты	вегетативная масса			зерно		
Контроль	0,96	0,34	1,74	1,61	0,57	0,31
N ₃₀ P ₄₀	1,05	0,37	1,74	1,74	0,61	0,29
N ₆₀ P ₄₀	1,12	0,38	1,61	1,84	0,61	0,33
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	1,17	0,41	1,52	1,82	0,66	0,31
N ₆₀ P ₈₀	1,32	0,41	1,59	1,82	0,73	0,30
Мизорин	0,99	0,31	1,64	1,67	0,51	0,32
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	0,92	0,38	1,58	1,73	0,67	0,28
204	1,01	0,35	1,57	1,77	0,54	0,28
204 + N ₃₀ P ₄₀	1,04	0,44	1,68	1,84	0,62	0,29
2П-9	1,21	0,39	1,62	1,80	0,49	0,27
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	1,14	0,38	1,70	1,85	0,64	0,28
2П-7	1,24	0,36	1,66	1,74	0,52	0,28
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	1,10	0,37	1,55	1,80	0,62	0,30
КЛ-10	1,20	0,32	1,61	1,77	0,56	0,27
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	1,25	0,42	1,81	1,84	0,66	0,27
НСР ₀₅	0,24	0,09	0,25	0,09	0,16	0,05

Максимальная концентрация азота в эту фазу развития растений получена при внесении полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 1,06% в абсолютном выражении и 36,3% в относительном.

Существенное увеличение содержания фосфора на раннем этапе развития кукурузы достигнуто лишь на варианте с применением азотно-фосфорных удобрений в максимальной дозе $N_{60}P_{80}$ и при сочетании штамма 2П-9 на фоне $N_{30}P_{40}$. Увеличение концентрации фосфора по сравнению с контрольным вариантом составило 0,29-0,31% в абсолютном выражении.

Достоверного влияния изучаемых агрохимических приемов в среднем за 2015-2017 гг. на концентрацию калия в растениях кукурузы в эту фазу не выявлено.

В фазу молочно-восковая спелость зерна кукурузы в среднем за 2015-2017 гг. концентрация азота в сухом веществе растений на варианте без удобрений уменьшилась по сравнению с содержанием в фазу 10-12 листьев в 3,3 раза, фосфора и калия – в 1,9 раза и составила 0,89-0,37-2,16%.

В эту фазу уменьшилось действие азотных удобрений на концентрацию в растениях азота и, наоборот, повысилось действие фосфорных на концентрацию P_2O_5 . Существенное увеличение азота зафиксировано лишь при внесении максимальной дозы азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{60}P_{80}$. Прибавка по сравнению с контролем в относительном выражении составила 36,0%.

Применение фосфорных удобрений в дозах 40 и 80 кг/га под культивацию, а также использования $N_{30}P_{40}$ в качестве фона для штаммов биопрепаратов Мизорин, 204 и КЛ-10 увеличивало содержание фосфора в фазу молочно-восковая спелость зерна на 0,18-0,30% по сравнению с контрольным вариантом.

Зависимостей от применения изучаемых агрохимических приемов на концентрацию K_2O в растениях кукурузы в фазу молочно-восковая спелость, как и в предыдущую фазу, не выявлено. Максимальная концентрация калия

достигнута на варианте с применением биопрепарата Мизорин на естественном фоне плодородия почвы.

Содержание азота в зерне кукурузы в среднем за 2015-2017 гг. на варианте без применения удобрений составило 1,61%. Существенное и математически достоверное увеличение концентрации азота в зерне кукурузы получено на всех вариантах опыта, за исключением варианта с применением штамма биопрепарата Мизорин на естественном фоне плодородия почвы. Наибольшее увеличение по сравнению с контрольным вариантом обеспечило внесение под культивацию азотных удобрений в дозе 60 кг/га, а также в дозе 30 кг/га и использованием штаммов 204, 2П-9, 2П-7 и КЛ-10. Прибавка к контролю составила 0,19-0,24%.

В вегетативной массе растений кукурузы в фазу полная спелость зерна математически достоверное увеличение концентрации азота произошло под влиянием штаммов 2П-9, 2П-7 и КЛ-10.

Влияние минеральных удобрений на содержание фосфора в растениях кукурузы было существенно меньше, чем на концентрацию азота. Максимальная прибавка в увеличении концентрации фосфора в зерне кукурузы получено при внесении наибольшей дозы фосфорных удобрений под предпосевную культивацию в дозе 80 кг/га.

Концентрация калия в зерне и вегетативной массе кукурузы под действием минеральных удобрений и бактериальных препаратов существенно не изменялась.

Содержание азота в зерне кукурузы в среднем за 2015-2017 гг. на контрольном варианте составило 1,61%. Существенное и математически достоверное увеличение концентрации азота в зерне кукурузы получено на всех вариантах опыта, за исключением варианта с применением штамма биопрепарата Мизорин на естественном фоне плодородия почвы. Наибольшее увеличение по сравнению с контрольным вариантом обеспечило внесение под культивацию азотных удобрений в дозе 60 кг/га, а также в дозе 30 кг/га и ис-

пользованием штаммов 204, 2П-9, 2П-7 и КЛ-10. Прибавка к контролю составила 0,19-0,24%.

В вегетативной массе растений кукурузы в фазу полная спелость зерна математически достоверное увеличение концентрации азота произошло под влиянием штаммов 2П-9, 2П-7 и КЛ-10.

Влияние минеральных удобрений на содержание фосфора в растениях кукурузы было существенно меньше, чем на концентрацию азота. Максимальная прибавка в увеличении концентрации фосфора в зерне кукурузы получено при внесении наибольшей дозы фосфорных удобрений под предпосевную культивацию 80 кг/га.

Концентрация калия в зерне и вегетативной массе кукурузы под действием минеральных удобрений и бактериальных препаратов существенно не изменялась.

6 ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ

6.1 Эффективность минеральных удобрений и биопрепаратов на кукурузе

Благоприятные условия увлажнения в 2015 году обусловили формирование наибольшей урожайности зерна кукурузы на контрольном варианте (без применения удобрений) - 3,51 т/га, существенно меньше в 2016 и 2017 гг. – соответственно 2,84 и 2,71 т/га (таблица 21).

Таблица 21 - Урожайность кукурузы на зерно, т/га

Варианты	2015 г.	Прибавка к контролю		2016 г.	Прибавка к контролю		2017 г.	Прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
Контроль	3,51	-	-	2,84	-	-	2,71	-	-
N ₃₀ P ₄₀	4,83	1,32	37,6	3,33	0,49	17,2	3,05	0,34	12,5
N ₆₀ P ₄₀	4,99	1,48	42,2	3,83	0,99	34,9	3,44	0,73	26,9
N ₉₀ P ₄₀	5,06	1,55	44,2	4,22	1,38	48,6	3,81	1,10	40,6
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	5,94	2,43	69,2	4,56	1,72	60,7	4,10	1,39	51,3
N ₃₀ P ₈₀	4,94	1,43	40,7	3,74	0,90	31,6	3,22	0,51	18,8
N ₆₀ P ₈₀	5,06	1,55	44,2	4,16	1,32	46,3	3,80	1,09	40,2
N ₉₀ P ₈₀	5,45	1,94	55,3	4,35	1,51	53,2	4,25	1,54	56,8
N ₆₀ P ₈₀ K ₄₀	5,57	2,06	58,7	4,63	1,79	63,1	4,50	1,79	66,1
Мизорин	4,91	1,40	39,9	3,93	1,09	38,5	3,83	1,12	41,3
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	5,28	1,77	50,4	4,55	1,71	60,1	4,21	1,50	55,4
204	4,93	1,42	40,5	3,56	0,72	25,3	3,37	0,66	24,4
204 + N ₃₀ P ₄₀	5,17	1,66	47,3	4,23	1,39	49,1	3,88	1,17	43,2
2П-9	5,31	1,80	51,3	3,75	0,91	31,9	3,50	0,79	29,2
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	5,36	1,85	52,7	4,50	1,66	58,3	4,21	1,50	55,4
2П-7	5,11	1,60	45,6	4,06	1,22	42,9	3,52	0,81	29,9
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	5,21	1,70	48,4	4,50	1,66	58,3	4,33	1,62	59,8
КЛ-10	4,79	1,28	36,5	3,43	0,59	20,9	3,12	0,41	15,1
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	5,00	1,49	42,5	3,91	1,07	37,6	3,32	0,61	22,5
НСР ₀₅		0,40			0,41			0,13	

Использование азотно-фосфорных удобрений под предпосевную культивацию кукурузы в 2015 году в дозе $N_{30}P_{40}$ повышало урожайность зерна по сравнению с вариантом без применения удобрений на 1,32 т/га или на 37,6%. Увеличение дозы азота до 60 и 90 кг/га на фоне P_{40} обуславливало лишь тенденцию к повышению урожайности ещё на 0,16-0,23 т/га. Но данные прибавки меньше НСР опыта.

Максимальная урожайность зерна кукурузы была достигнута от применения полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 2,43 т/га или 69,2%, а по сравнению с азотно-фосфорными удобрениями в дозе $N_{60}P_{40}$ – 0,95 т/га или 27,0%. Таким образом, на фоне средней обеспеченности почвы обменным калием применение калийных удобрений в дозе 40 кг/га обусловило существенное увеличение урожайности.

Повышение дозы фосфора с 40 до 80 кг/га на фоне $N_{30}-N_{90}$, как и добавление в состав туковой смеси калия, не способствовало росту урожайности по сравнению с аналогичными вариантами с дозой фосфора 40 кг/га.

От применения ассоциативных азотфиксаторов на естественном фоне плодородия в 2015 году достигнут положительный эффект во влиянии на урожайность зерна кукурузы. Наибольшие прибавки урожайности по сравнению с контрольным вариантом получены при использовании штаммов микроорганизмов 2П-9 и 2П-7 – 1,60-1,80 т/га или 45,6-51,3%, биопрепаратов 204, КЛ-10 и Мизорина – 1,28-1,42 т/га или 36,5-40,5%.

Применение минеральных удобрений в сочетании с биопрепаратами вызывало лишь тенденцию увеличения урожайности по сравнению с вариантами, где применялись ассоциативные азотфиксаторы на естественном фоне плодородия.

В 2016 году урожайность на контрольном варианте была на 0,67 т/га меньше, чем в 2015 году. Внесение азотных удобрений в дозах 30, 60 и 90 кг/га на фоне P_{40} способствовало равномерному увеличению урожайности по сравнению с контрольным вариантом (2,84 т/га) на 17,2-48,6%.

Доведение дозы фосфорных удобрений до 80 кг/га увеличивало урожайность лишь от действия наименьшей дозы азота 30 кг/га по сравнению с вариантом $N_{30}P_{40}$ – на 0,41 т/га или на 14,4%.

Достоверный эффект от калийных удобрений получен и в 2016 году. Использование полного минерального удобрения в дозах $N_{60}P_{40}K_{40}$ и $N_{60}P_{80}K_{40}$ увеличивало урожайность зерна кукурузы по сравнению с контрольным вариантом практически одинаково – на 1,72-1,79 т/га или на 60,7-63,1%.

Положительный эффект на урожайность зерновой кукурузы достигнуто от ассоциативных азотфиксаторов в 2016 году на естественном фоне плодородия. Максимальные прибавки урожайности получены от штаммов Мизорин и 2П-7, которые по сравнению с контрольным вариантом составили 1,09 и 1,22 т/га или 38,5 и 42,9%.

Внесение ассоциативных азотфиксаторов на фоне $N_{30}P_{40}$ увеличивало урожайность зерна кукурузы по сравнению с аналогичными вариантами с биопрепаратами на фоне естественного плодородия. Наибольшие прибавки получены от штаммов 2П-7, 2П-9 и Мизорин, которые по сравнению с контрольным вариантом составили 1,66-1,71 т/га или 58,3-60,1%.

В 2017 году в блоке вариантов с применением азотно-фосфорных удобрений в дозах 30-90 кг/га на фоне P_{40} сохранились такие же зависимости, полученные в два предыдущие года – урожайность зерна кукурузы увеличивалась по сравнению с контролем на 0,34-1,10 т/га или на 12,5-40,6%. Но в этот год исследований при повышении дозы фосфора до P_{80} на всех вариантах опыта отмечено существенный рост урожайности зерна по сравнению с аналогичными вариантами с фоном фосфора P_{40} на 0,17, 0,36 и 0,44 т/га или на 6,3, 13,3 и 16,2%.

Максимальную урожайность зерна кукурузы в 2017 г., как и в предыдущие годы, обеспечило применение полного минерального удобрения. Но в этот год зафиксировано положительное влияние от повышения дозы фосфора с 40 до 80 кг/га. Прибавки по сравнению с вариантом без минеральных удобрений составили 1,39-1,79 т/га или 51,3-66,1%.

Высокий эффект от влияния биопрепаратов на урожайность кукурузы на естественном фоне плодородия получен от всех изучаемых штаммов. Наибольшие прибавки урожайности обеспечило использование штаммов 2П-9 и 2П-7 – 29,2-29,9% и Мизорина – 41,3%.

Эффект от биопрепаратов на фоне применения азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$ существенно увеличивался во влиянии на урожайность кукурузы от всех штаммов. Здесь также наиболее эффективные штаммы 2П-9, 2П-7 и Мизорина. Но прибавки увеличились ещё на 14,1, 26,2 и 29,9%.

В среднем за 2015-2017 гг. урожайность зерна кукурузы на варианте без применения удобрений составила 3,02 т/га (таблица 22).

Таблица 22 - Урожайность кукурузы на зерно в среднем за 2015-2017 гг., т/га

Варианты	Урожайность зерна, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
Контроль	3,02	-	-
$N_{30}P_{40}$	3,74	0,72	23,8
$N_{60}P_{40}$	4,09	1,07	35,4
$N_{90}P_{40}$	4,36	1,34	44,4
$N_{60}P_{40}K_{40}$	4,87	1,85	61,3
$N_{30}P_{80}$	3,97	0,95	31,5
$N_{60}P_{80}$	4,34	1,32	43,7
$N_{90}P_{80}$	4,68	1,66	55,0
$N_{60}P_{80}K_{40}$	4,90	1,88	62,3
Мизорин	4,22	1,20	39,7
Мизорин + $N_{30}P_{40}$	4,68	1,66	55,0
204	3,95	0,93	30,8
204 + $N_{30}P_{40}$	4,43	1,41	46,7
2П-9	4,19	1,17	38,7
2П-9+ $N_{30}P_{40}$	4,69	1,67	55,3
2П-7	4,23	1,21	40,1
2П-7+ $N_{30}P_{40}$	4,68	1,66	55,0
КЛ-10	3,78	0,76	25,2
КЛ-10+ $N_{30}P_{40}$	4,08	1,06	35,1
HCP_{05}	0,30		

На фоне применения P_{40} под предпосевную культивацию наибольший эффект в действии на урожайность зерновой кукурузы получена от дозы азота 90 кг/га. Прибавка по сравнению с вариантом без удобрений составила 1,34 т/га или 44,4%. Повышение дозы фосфора до 80 кг/га способствовало дальнейшему повышению урожайности зерна ещё на 0,32 т/га или на 10,6%.

Максимальное влияние на урожайность зерна кукурузы в среднем за 2015-2018 гг. 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%.

Анализ структуры урожайности кукурузы на зерно показал, что к моменту уборки количество растений на вариантах с удобрениями было больше, чем на контрольном варианте во все годы проведения полевых опытов (таблица 23). В 2016 и 2017 гг. на растениях было сформировано по 1 початку, а в 2015 г., в виду сложившихся благоприятных погодных условий, число початков на вариантах с удобрениями достигало 1,1 шт./растения. Это способствовало увеличению массы зерна с одного растения.

Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов увеличило массу зерна с 1 растения кукурузы по сравнению с контрольным вариантом. Внесение полного минерального удобрения эффективно отразилось на увеличении массы зерна с 1 растения. На этих вариантах сформирована наибольшая масса зерна кукурузы во все годы. Лучшими штаммами на естественном фоне плодородия, а также при совместном действии на фоне минеральных удобрений, оказались Мизорин, 2П-9, 2П-7.

Урожайность вегетативной массы кукурузы на контрольном варианте максимальной была в благоприятном по увлажнению 2015 году 9,7 т/га, в 2016 г. – 6,8 и в 2017 г. – 7,8 т/га, а в среднем за 2015-2017 гг. - 8,1 т/га (таблица 24).

Таблица 23 - Структура урожая кукурузы в 2015-2017 гг.

Варианты	2015 год			2016 год			2017 год		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Контроль	38828	1,0	90	40293	1,0	70	37190	1,0	73
N ₃₀ P ₄₀	41026	1,3	118	41026	1,0	81	38909	1,0	78
N ₆₀ P ₄₀	43223	1,2	115	41026	1,0	93	38304	1,0	90
N ₉₀ P ₄₀	43223	1,1	117	41758	1,0	101	39348	1,0	97
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	44689	1,2	133	42491	1,0	107	38250	1,0	107
N ₃₀ P ₈₀	41026	1,2	120	41026	1,0	91	39364	1,0	82
N ₆₀ P ₈₀	43223	1,0	117	41758	1,0	100	39864	1,0	95
N ₉₀ P ₈₀	43223	1,0	126	41758	1,0	104	40522	1,0	105
N ₆₀ P ₈₀ K ₄₀	44689	1,1	125	42491	1,0	109	39750	1,0	113
Мизорин	40293	1,0	122	41026	1,0	96	37571	1,0	102
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	42491	1,0	124	41758	1,0	109	38217	1,0	110
204	40293	1,0	122	41026	1,0	87	37667	1,0	89
204 + N ₃₀ P ₄₀	42491	1,1	122	41758	1,0	101	37045	1,0	105
2П-9	40293	1,0	132	41026	1,0	91	37524	1,0	93
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	42491	1,3	126	41758	1,0	108	39095	1,0	108
2П-7	40293	1,0	127	41026	1,0	99	37762	1,0	93
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	42491	1,0	123	41758	1,0	108	39238	1,0	110
КЛ-10	40293	1,0	119	41026	1,0	84	37524	1,0	83
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	42491	1,0	118	41758	1,0	94	37909	1,0	88

Примечание: 1 - Количество растений, тыс. шт./га; 2 - количество початков с 1 растения, шт.; 3- масса зерна с 1 растения, г.

Во влиянии минеральных удобрений и биопрепаратов, а также их совместного действия на урожайность вегетативной массы кукурузы к моменту проведения уборки кукурузы, отмечены сходные закономерности с их действием на формирование зерна во все годы проведения полевых опытов. Увеличение дозы азотно-фосфорного удобрения способствовало существенному нарастанию надземной массы кукурузы по сравнению с контролем.

Применение минеральных удобрений в дозах N₆₀P₄₀K₄₀ и N₆₀P₈₀K₄₀ в среднем за 2015-2017 гг. обеспечило максимальную и практически одинаковую прибавку урожайности вегетативной массы кукурузы к контролю на 28,4-30,9%.

Таблица 24 - Урожайность вегетативной массы кукурузы, т/га

Варианты	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее за 2015-2017 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
Контроль	9,7	6,8	7,8	8,1	-	-
N ₃₀ P ₄₀	10,7	7,4	8,6	8,9	0,8	9,9
N ₆₀ P ₄₀	11,7	7,8	8,8	9,4	1,3	16,0
N ₉₀ P ₄₀	12,3	8,4	9,1	9,9	1,8	22,2
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	13,0	8,9	9,2	10,4	2,3	28,4
N ₃₀ P ₈₀	11,3	8,6	8,7	9,5	1,4	17,3
N ₆₀ P ₈₀	11,9	8,8	8,8	9,8	1,7	21,0
N ₉₀ P ₈₀	12,3	8,8	9,3	10,1	2,0	24,7
N ₆₀ P ₈₀ K ₄₀	13,4	8,9	9,5	10,6	2,5	30,9
Мизорин	11,3	7,0	7,9	8,7	0,6	7,4
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	12,3	7,5	8,8	9,5	1,4	17,3
204	9,3	7,0	7,9	8,1	0	0,0
204 + N ₃₀ P ₄₀	11,5	7,9	8,2	9,2	1,1	13,6
2П-9	12,9	7,2	7,9	9,3	1,2	14,8
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	14,9	7,9	8,2	10,3	2,2	27,2
2П-7	12,1	7,4	7,9	9,1	1,0	12,3
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	11,9	8,4	8,2	9,5	1,4	17,3
КЛ-10	8,9	6,6	7,9	7,8	-0,3	-3,7
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	10,2	7,5	8,3	8,7	0,6	7,4
НСР ₀₅	0,4	0,5	0,4	1,22		

Положительное влияние на урожайность вегетативной массы кукурузы получено от применения бактериальных препаратов на естественном фоне плодородия, а также на фоне минеральных удобрений показал вариант 2П-9.

6.2 Зависимость эффективности удобрений и биопрепаратов от условий питания растений

Анализ полученных данных урожайности зерновой кукурузы при внесении минеральных удобрений по сравнению с контролем, а также варьирование урожайности в урожайности между вариантами с удобрениями, позволяют выделить действие отдельных элементов питания или изменения доз, с

исходным содержанием доступных форм элементов питания в почве, позволяет сделать следующие выводы.

В 2015 году при обеспеченности почвы минеральным азотом – 68,4 кг/га в слое 0-60 см и очень низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором 9,2 мг/кг почвы в слое 0-40 см существенное увеличение урожайности обеспечило применение $N_{30}P_{40}$ (таблица 25). Увеличение дозы азотных удобрений на 30 и 60 кг/га повышало содержание минерального азота до 91 и 84,7 кг/га, но не способствовало росту урожайности зерна кукурузы.

На фоне средней обеспеченности почвы обменным калием в 2015 году добавление в состав азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$ 40 кг/га калия обеспечивало максимальную прибавку урожайности зерна кукурузы.

Увеличение дозы фосфора с 40 до 80 кг/га, как и использование азотных удобрений в дозах 30, 60 и 90 кг/га на этом фоне, не оказало существенного влияния на урожайность кукурузы. Добавление 40 кг/га калийных удобрений совместно с $N_{60}P_{80}$ также было не эффективно. Применение более высоких доз калийных удобрений схемой опыта было не предусмотрено.

По-видимому, содержание в почве 247-266 мг/кг обменного калия в слое 0-40 см, даже не смотря на очень низкую обеспеченность почвы подвижным фосфором, было лимитирующим фактором ограничивающим прибавку урожайности зерна кукурузы.

В 2016 году при содержании в слое почвы 0-60 см 52,8 кг/га минерального азота и низкой обеспеченности почвы подвижным калием, как и в предыдущем 2015 году, применение $N_{30}P_{40}$ обеспечило существенную прибавку урожайности зерна кукурузы. Увеличение дозы азотных удобрений на фоне P_{40} было неэффективно.

В 2016 году в фазу 7-8 листьев обеспеченность почвы обменным калием в слое 0-40 см соответствовало низкой обеспеченности. Поэтому наибольший уровень урожайности достигнут при внесении полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$.

Таблица 25 – Изменение эффективности минеральных удобрений, вносимых под кукурузу на зерно, от содержания доступных форм элементов питания в почве в начале вегетации (фаза 7-8 листьев)

Варианты	Урожайность	Изменения урожайности при изменении дозы и добавлении элемента, т/га	Содержание в почве		
			N _{мин.} , кг/га в слое почвы 0-60 см	подвижный фосфор, мг/кг в слое почвы 0-40 см	обменный калий, мг/кг в слое почвы 0-40 см
2015 г.					
Контроль	3,51	-	68,4	9,2	265
N ₃₀ P ₄₀	4,83	1,32	77,3	9,3	266
N ₆₀ P ₄₀	4,99	0,16	91,0	10,0	254
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	5,94	0,95	81,8	9,8	247
N ₉₀ P ₄₀	5,06	0	84,7	10,0	263
N ₃₀ P ₈₀	4,94	0	-	-	-
N ₆₀ P ₈₀	5,06	0,12	85,3	10,6	259
N ₉₀ P ₈₀	5,45	0,39	-	-	-
N ₆₀ P ₈₀ K ₄₀	5,57	0,12	-	-	-
HCP ₀₅	0,40	-	1,5	0,4	5
2016 г.					
Контроль	2,84	-	52,8	13,1	198
N ₃₀ P ₄₀	3,33	0,49	63,8	14,4	171
N ₆₀ P ₄₀	3,83	0,50	82,7	14,0	171
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	4,56	0,73	73,6	14,1	209
N ₉₀ P ₄₀	4,22	0	101,5	14,1	171
N ₃₀ P ₈₀	3,74	0	-	-	-
N ₆₀ P ₈₀	4,16	0,42	81,1	16,2	206
N ₉₀ P ₈₀	4,35	0,19	-	-	-
N ₆₀ P ₈₀ K ₄₀	4,63	0,28	-	-	-
HCP ₀₅	0,41	-	3,2	0,4	9
2017 г.					
Контроль	2,71	-	69,9	19,4	253
N ₃₀ P ₄₀	3,05	0,34	78,0	21,3	245
N ₆₀ P ₄₀	3,44	0,39	91,6	20,7	242
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	4,10	0,66	91,0	21,0	260
N ₉₀ P ₄₀	3,81	0	120,9	19,8	256
N ₃₀ P ₈₀	3,22	0	-	-	-
N ₆₀ P ₈₀	3,80	0,58	85,0	22,0	249
N ₉₀ P ₈₀	4,25	0,45	-	-	-
N ₆₀ P ₈₀ K ₄₀	4,50	0,25	-	-	-
HCP ₀₅	0,13	-	1,4	1,5	6

Повышение дозы фосфора с 40 до 80 кг/га и увеличение содержания доступного P_2O_5 в слое 0-40 см в фазу 7-8 листьев кукурузы до средней обеспеченности 16,2 мг/кг почвы оказало существенное влияние на повышение урожайности зерна кукурузы. Добавление 40 кг/га калийных удобрений обусловило лишь тенденцию увеличения урожайности.

Таким образом, в 2016 году содержание в слое почвы 0-60 см 73,6 кг/га минерального азота в фазу 7-8 листьев на фоне низкой обеспеченности подвижным фосфором в слое 0-40 см было достаточным для получения урожайности зерна кукурузы, равной 4,56 т/га, на фоне низкой обеспеченности почвы обменным калием при внесении полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$.

В 2017 г. отмечены очень сходные зависимости урожайности зерна кукурузы с содержанием доступных форм элементов питания в почве. Существенным различием является более высокая обеспеченность почвы подвижным фосфором, которая соответствовала средней обеспеченности в слое 0-40 см в фазу 7-8 листьев – 19,4 мг/кг. Как и предыдущие годы, оптимальным было применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$ для получения максимальной урожайности зерна кукурузы.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о существенном увеличении урожайности зерна кукурузы при улучшении калийного питания растений даже на фоне низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором.

Как было отмечено выше совместное применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов показало высокую эффективность. При этом прибавка урожайности на большинстве вариантов с внесением бактериальных препаратов была меньше, чем суммарное действие эффекта, чем от каждого из факторов в отдельности.

Расчет доли возможного участия каждого фактора в создании прибавки урожайности как среднего значения действия фактора в чистом виде и его влияние в парной комбинации за вычетом полного эффекта от другого фактора позволил сделать следующие выводы. Наибольшее действие на урожай-

ность кукурузы было у наиболее вирулентных и активных штаммов микроорганизмов Мизорин, 2П-9 и 2П-7 (таблица 26).

Таблица 26– Сравнительная оценка влияния минеральных и бактериальных препаратов на урожайность зерна кукурузы (среднее за 2015-2017 гг.)

Совместное действие минеральных и бактериальных удобрений		Доля участия минеральных и бактериальных препаратов в повышении урожайности зерна кукурузы			
доза NP и штамм бактерий	прибавка урожайности к контролю, т/га	доза NP или штамм бактерий	прибавка урожайности от действия NP или штамма бактерий в чистом виде, т/га	расчетная доля влияния NP или штамма бактерий на урожайность при совместном применении (за вычетом действия другого в чистом виде), т/га	среднее значение действия NP или штамм бактерий, т/га
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	1,66	Мизорин	1,20	0,94	1,07
		N ₃₀ P ₄₀	0,72	0,46	0,59
204 + N ₃₀ P ₄₀	1,41	204	0,93	0,69	0,81
		N ₃₀ P ₄₀	0,72	0,48	0,60
2П-9 + N ₃₀ P ₄₀	1,67	2П-9	1,17	0,95	1,06
		N ₃₀ P ₄₀	0,72	0,50	0,61
2П-7 + N ₃₀ P ₄₀	1,66	2П-7	1,21	0,94	1,08
		N ₃₀ P ₄₀	0,72	0,45	0,59
КЛ-10 + N ₃₀ P ₄₀	1,06	КЛ-10	0,76	0,34	0,55
		N ₃₀ P ₄₀	0,72	0,30	0,51

Относительная доля участия изучаемых штаммов ассоциативных азотфиксаторов в формировании урожая зерна кукурузы совместно с NP варьировала от 34,4 до 64,5% и наглядно представлена на рисунке 18. Максимальный вклад в прибавку урожайности достигнут на вариантах с применением бактериальных препаратов Мизорин, 2П-9 и 2П-7, минимальный - КЛ-10.

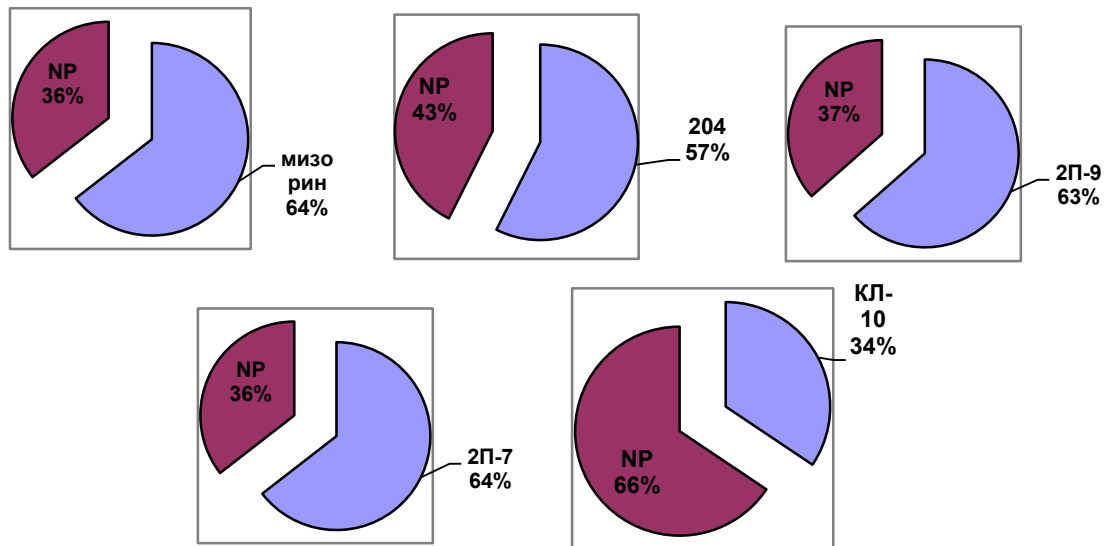


Рисунок 18 - Доля участия минеральных и бактериальных удобрений в повышении урожайности зерна кукурузы, %

7 ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

Белковость зерна кукурузы на контроле в годы проведения полевых опытов варьировало от 8,9 (2017 г.) до 9,6% (2015 г.), (таблица 27).

Таблица 27 – Содержание белка в зерне кукурузы, %

Варианты	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее за 2015-2017 гг.	
				белковость	прибавка к контролю
Контроль	9,6	9,0	8,9	9,2	-
N ₃₀ P ₄₀	9,8	10,5	9,6	9,9	0,7
N ₆₀ P ₄₀	10,3	11,1	10,2	10,5	1,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	10,0	10,9	10,2	10,4	1,2
N ₆₀ P ₈₀	10,4	10,6	10,3	10,4	1,2
Мизорин	9,9	9,6	9,0	9,5	0,3
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	10,3	10,1	9,2	9,8	0,6
204	10,0	10,7	9,5	10,1	0,9
204 + N ₃₀ P ₄₀	10,4	10,9	10,0	10,5	1,3
2П-9	10,7	10,0	10,2	10,3	1,1
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	10,4	10,8	10,4	10,6	1,4
2П-7	10,3	9,9	9,6	9,9	0,7
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	10,6	10,4	9,8	10,2	1,0
КЛ-10	10,1	10,2	9,9	10,1	0,9
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	10,7	10,6	10,3	10,5	1,3
НСР ₀₅	0,2	0,2	0,2	0,5	

Внесение минеральных удобрений под предпосевную положительно отразилось на содержании белка в зерне кукурузы. Наибольшее влияние на этот показатель качества продукции оказали азотные удобрения и их дозы, нежели улучшение фосфорно-калийного питания растений. В 2015 г. применение азотных удобрений в дозе 60 кг/га увеличивало белковость зерна по сравнению с контрольным вариантом на 0,7-0,8%, в 2016 г. – на 1,6-2,1 и в 2017 г. – на 1,3-1,4%.

Использование биопрепаратов на фоне без удобрений оказало положительное влияние на белковость зерна во все годы проведения полевых опы-

тов за исключением штамма Мизорин в 2017 г., где отмечена лишь тенденция в увеличении этого показателя.

Применение биопрепаратов всех штаммов на фоне применения азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$ способствовало существенному и математически достоверному увеличению белковости зерна кукурузы. Исключение составляет лишь использование штамма 2П-9 в 2015 г., когда улучшение азотно-фосфорного питания снизило белковость зерна по сравнению с фоном естественного плодородия. Это обусловлено формированием более высокой урожайности вегетативной массы на варианте с сочетанием применения биопрепарата и удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$ под предпосевную культивацию. Вследствие эффекта «ростового разбавления» азота в надземной массе кукурузы, несмотря на практически одинаковый уровень формирования зерна кукурузы, содержание белка в зерне уменьшилось.

В среднем за 2015-2017 гг. при внесении минеральных удобрений под предпосевную культивацию наблюдалось достоверное увеличение содержания белка в зерне (0,7-1,2%). Максимальная прибавка на варианте с внесением $N_{60}P_{40}$, где к контролю она составила 1,3%. 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 связано с формированием высокой урожайностью и большим потреблением азота на рост вегетативной массы.

При использовании биологических азотфиксаторов наибольший эффект достигнут на варианте 2П-9. В сочетании с минеральными удобрениями в дозе $N_{30}P_{40}$ значительное повышение белковости зерна кукурузы по сравнению с контролем (9,2%) получено при использовании штаммов 2П-9 (10,6%), 204 и КЛ-10 (10,5 %).

Наиболее тесная корреляционная зависимость рассчитана от концентрации азота в растениях кукурузы в фазу 10-12 листьев содержанием белка в зерне, $r = 0,812 \pm 0,176$ (рисунок 19).

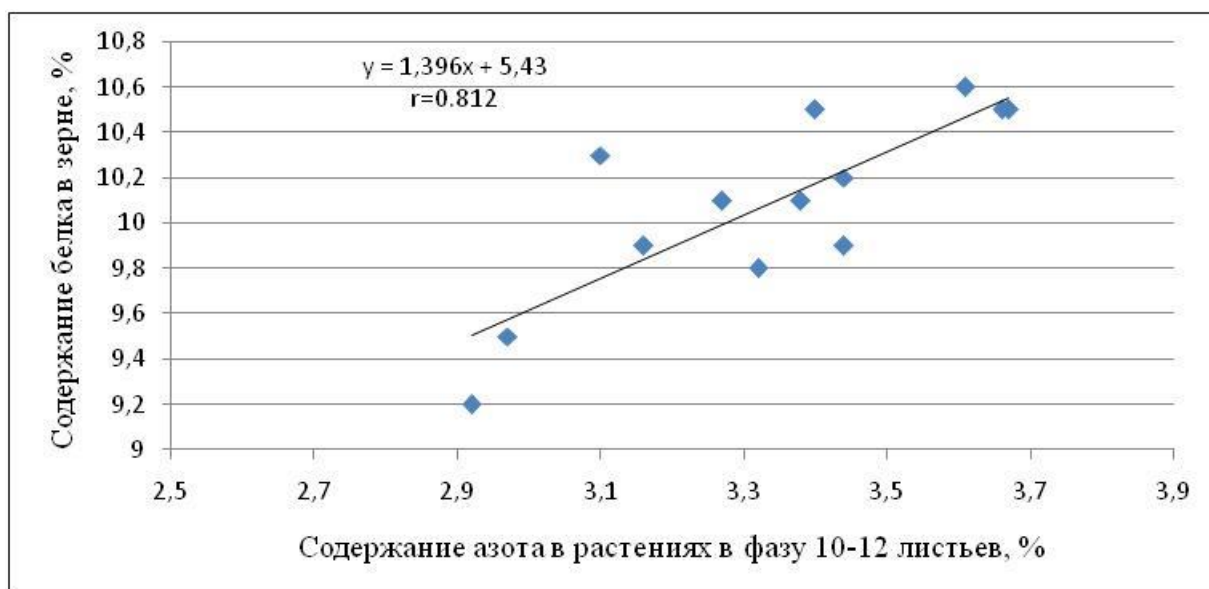


Рисунок 19 – Зависимость белковости зерна кукурузы от содержания азота в растениях кукурузы в фазу 10-12 листьев

Сбор белка в урожае зерна кукурузы с 1 га в 2015 году превосходит значения данных 2016 и 2017 гг., как на контрольном варианте, так и вариантах с удобрениями. Это произошло вследствие более высокой урожайности культуры в 2015 году. На контрольном варианте сбор белка составил в 2015 г. 291 кг/га, в 2016 г. – 220 и в 2017 – 207 кг/га. Наибольший результат во все годы получен от применения полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 512 – 429 – 360 кг/га с 2015 по 2017 годы (таблица 28).

Действие биологических препаратов на сбор белка в урожае зерновой кукурузы на фоне без удобрений проявилось на варианте со штаммом 2П-9 в 2015 и 2017 гг., а в 2016 г. – на штамме 2П-7. При совместном внесении био-препаратов с минеральными удобрениями на фоне $N_{30}P_{40}$ наибольший эффект получен в блоке 2П-9 во все годы проведения полевых опытов.

Таблица 28 – Сбор белка в урожае зерна кукурузы с 1 га в 2015-2017 гг., кг

Варианты	2015 г.	Прибавка к контролю		2016 г.	Прибавка к контролю		2017 г.	Прибавка к контролю	
		кг/га	%		кг/га	%		кг/га	%
Контроль	291	-	-	220	-	-	207	-	-
N ₃₀ P ₄₀	405	114	39,2	300	80	36,4	251	44	21,3
N ₆₀ P ₄₀	440	149	51,2	364	144	65,5	300	93	44,9
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	512	221	75,9	429	209	95,0	360	153	73,9
N ₆₀ P ₈₀	451	160	55,0	377	157	71,4	335	128	61,8
Мизорин	416	125	43,0	326	106	48,2	297	90	43,5
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	466	175	60,1	395	175	79,5	332	125	60,4
204	425	134	46,0	328	108	49,1	274	67	32,4
204 + N ₃₀ P ₄₀	464	173	59,5	398	178	80,9	335	128	61,8
2П-9	487	196	67,4	322	102	46,4	307	100	48,3
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	481	190	65,3	419	199	90,5	376	169	81,6
2П-7	451	160	55,0	346	126	57,3	292	85	41,1
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	472	181	62,2	404	184	83,6	363	156	75,4
КЛ-10	416	125	43,0	301	81	36,8	266	59	28,5
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	461	170	58,4	355	135	61,4	293	86	41,5
НСР ₀₅		34			39			13	

В среднем за 2015-2017 гг. сбор белка в урожае зерна кукурузы на варианте без применения минеральных удобрений составил 239 кг/га (таблица 29). Получены достоверные изменения сбора белка в урожае зерна кукурузы по сравнению с контролем на всех вариантах опыта под влиянием минеральных удобрений и биопрепаратов. Наибольшим 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 вариантом без применения минеральных удобрений составило 51,9 и 55,6%.

Улучшение азотно-фосфорного питания за счет применения минеральных удобрений обеспечило увеличение эффекта. Наибольшие результаты выявлены на вариантах 2П-7 и 2П-9. Повышение в сборе белка в урожае зер-

на по сравнению с вариантами на естественном фоне плодородия составило 20,9 и 22,2%.

Таблица 29 – Сбор белка в урожае зерна кукурузы в среднем за 2015-2017 гг., кг/га

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

Содержание крахмала в зерне кукурузы на контрольном варианте изменялось в пределах от 56% (2015 г.) до 69% (2016 г.) и в среднем за 2015-2017 гг. составило 64% (таблица 30).

Но содержание крахмала в зерне кукурузы не зависело от уровня минерального питания и погодных условий в различные годы (А.А. Завалин, 2002; 2008).

Наибольшее влияние на этот показатель оказал уровень урожайности зерна кукурузы. В благоприятном по увлажнению 2015 году при формировании наибольшей урожайности зерна содержание крахмала составило 54-58%, в засушливые 2016 и 2017 гг. – 65-70%.

Таблица 30 – Содержание крахмала в зерне кукурузы в 2015-2017 гг., %

Варианты	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее за 2015-2017 гг.
Контроль	56	69	67	64
N ₃₀ P ₄₀	57	68	68	64
N ₆₀ P ₄₀	57	68	66	64
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	57	68	66	64
N ₆₀ P ₈₀	57	70	66	64
Мизорин	54	67	65	62
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	54	67	67	63
204	56	68	65	63
204 + N ₃₀ P ₄₀	54	68	66	63
2П-9	57	70	70	66
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	57	69	69	65
2П-7	58	68	68	65
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	54	69	68	64
КЛ-10	55	68	69	64
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	56	68	68	64
НСР ₀₅	F _{ф.} <F _{теор.}	F _{ф.} <F _{теор.}	F _{ф.} <F _{теор.}	F _{ф.} <F _{теор.}

8 ВЫНОС И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ

Вынос азота зерном кукурузы на контрольном варианте в 2015 г. составил 51,0 кг/га, существенно меньше он был в 2016 и 2017 гг. вследствие меньшей урожайности зерновой кукурузы – 38,6 и 36,4 кг/га соответственно, а в среднем за 2015-2017 гг. – 42,0 кг/га (таблица 31).

Применение азотных минеральных удобрений и ассоциативных азотфиксаторов увеличивало вынос азота зерном кукурузы. Наибольший вынос азота основной продукцией кукурузы во все годы проведения опытов получен при использовании минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$. В среднем за 3 года по отношению к варианту без удобрений он возрастал на 34,1 кг/га или на 81,2%. Таким образом, улучшение фосфорно-калийного питания растений способствовало усилению поглощения азота растениями кукурузы.

Применение ассоциативных азотфиксаторов также увеличивало вынос азота зерном кукурузы по сравнению с контролем, и не уступали по действию на этот показатель использования минеральных удобрений.

Но влияние штаммов в этом отношении было различным: препараты Мизорин, 204, КЛ-10 увеличивали вынос азота зерном на уровне эффекта от дозы азота 30 кг/га, а препараты 2П-9 и 2П-7 - 60 кг/га.

Совместное применение ассоциативных азотфиксаторов с минеральными удобрениями дополнительно увеличивало вынос азота по сравнению с действием штаммов на фоне естественного плодородия. Наибольший вынос азота зерном кукурузы в среднем за 3 года получен под влиянием штамма 2П-9 на фоне $N_{30}P_{40}$. Он лишь на 1,5 кг/га меньше показателя, полученного от полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$ (76,1 кг/га).

Вынос азота с побочной продукцией кукурузы был больше, чем зерном, что обусловлено большим уровнем урожайности вегетативной массы.

Таблица 31 - Вынос азота урожаем зерна и вегетативной массой кукурузы, кг/га

Варианты	Вынос с урожаем зерна				Вынос с урожаем вегетативной массы				Суммарный вынос			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в сред- нем за 3 года	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в сред- нем за 3 года	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в сред- нем за 3 года
Контроль	51,0	38,6	36,4	42,0	77,6	65,5	55,1	66,1	128,6	104,1	91,5	108,1
N ₃₀ P ₄₀	71,0	52,7	44,1	55,9	86,5	78,3	72,9	79,2	157,5	131,0	117,0	135,2
N ₆₀ P ₄₀	77,2	63,9	52,7	64,6	96,6	89,9	79,6	88,7	173,8	153,8	132,3	153,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	89,9	75,3	63,1	76,1	117,4	104,9	86,1	102,8	207,3	180,2	149,2	178,9
N ₆₀ P ₈₀	79,2	66,2	58,8	68,1	128,9	118,8	84,5	110,7	208,1	185,0	143,3	178,8
Мизорин	73,1	57,1	52,0	60,7	92,3	70,4	57,0	73,2	165,4	127,5	109,0	134,0
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	81,7	69,3	58,3	69,8	89,9	83,2	47,6	73,6	171,6	152,5	105,9	143,3
204	74,6	57,6	48,1	60,1	95,2	68,0	48,3	70,5	169,8	125,6	96,4	130,6
204 + N ₃₀ P ₄₀	81,4	69,8	58,7	70,0	89,0	87,6	64,5	80,4	170,4	157,4	123,2	150,3
2П-9	85,4	56,4	53,9	65,2	146,4	78,6	71,2	98,7	231,8	135,0	125,1	164,0
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	84,4	73,5	65,9	74,6	147,4	89,0	67,1	101,2	231,8	162,5	133,0	175,8
2П-7	79,1	60,8	51,2	63,7	154,0	77,6	69,6	100,4	233,1	138,4	120,8	164,1
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	82,9	70,8	63,7	72,5	96,2	93,9	74,4	88,2	179,1	164,7	138,1	160,6
КЛ-10	72,9	52,8	46,7	57,5	110,2	71,0	61,0	80,7	183,1	123,8	107,7	138,2
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	80,8	62,2	51,4	64,8	133,3	81,9	68,1	94,4	214,1	144,1	119,5	159,2
НСР ₀₅	6,0	6,7	2,3	5,0	10,2	8,0	8,7	24,4	14,8	16,2	10,2	27,1

На контрольном варианте (без применения удобрений) в урожае побочной продукции кукурузы вынос варьировал в пределах от 55,1 кг/га (2017 г.) до 77,6 кг/га (2015 г.), а в среднем за 3 года составил 66,1 кг/га.

В блоке вариантов с минеральными удобрениями во все годы наибольший вынос азота побочной продукцией достигнут при внесении полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$ и азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{60}P_{80}$. Увеличение по сравнению с контрольным вариантом составило в среднем за 2015-2017 гг. 55,5 и 67,4%.

В среднем за 3 года применение бактериальных препаратов штаммов 2П-7 и 2П-9 обеспечило максимальный вынос азота вегетативной массой кукурузы, который лишь на 2,4-4,1 кг/га меньше, чем на варианте с дозой полного минерального удобрения $N_{60}P_{40}K_{40}$ (102,8 кг/га).

Суммарный вынос азота кукурузой (основной и побочной продукцией) наибольшим был в 2015 г. 128,6 кг/га и минимальным в 2017 г. – 91,5 кг/га, а в среднем за 2015-2017 гг. – 108,1 кг/га.

Наибольший и практически одинаковый вынос азота растениями культуры в среднем за 2015-2017 гг. получено от использования минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{40}K_{40}$ и $N_{60}P_{80}$ – 179 кг/га, в блоке вариантов с бактериальными препаратами штамм 2П-9 на фоне азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$ – 175,8 кг/га. Увеличение выноса основной и побочной продукцией на этих вариантах по сравнению с контрольным вариантом составило 62,6-65,4% (рисунок 20).

Использование штаммов азотфиксаторов на естественном фоне плодородия почвы Мизорин и КЛ-10 увеличивали вынос азота по сравнению с контрольным вариантом на 22,5-30,1 кг/га, что практически равнозначно прибавке при применении минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$. Ещё более вынос азота растениями возрастал под влиянием штаммов 2П-7 и 2П-9. Увеличение к варианту без удобрений составило 55,9-56,0 кг/га или на 51,7-51,8 кг/га.

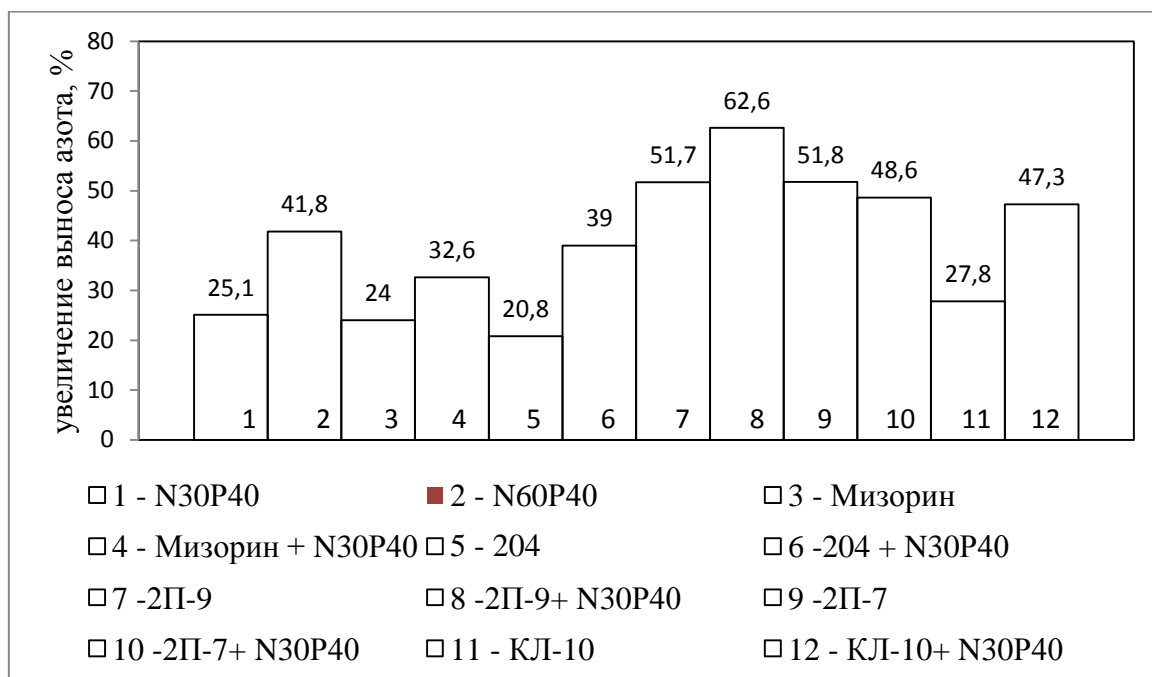


Рисунок 20 – Относительное увеличение выноса основной и побочной продукцией кукурузы по сравнению с контрольным вариантом, %. Среднее за 2015-2017 гг.

Вынос фосфора растениями кукурузы значительно уступал выносу азота. Содержание фосфора в вегетативной массе кукурузы в среднем за 3 года на варианте без применения удобрений составило 24,1 кг/га, в зерне – в 1,7 раза меньшем (таблица 32). Максимальный вынос фосфора основной и побочной продукцией кукурузы обеспечило применение удобрений в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$, который больше, чем на варианте без удобрений на 25,8 кг/га или на 67,2%. На варианте с максимальной дозой азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{60}P_{80}$ суммарный вынос фосфора меньше лишь на 0,8 кг/га.

Использование штаммов азотфиксаторов на естественном фоне плодородия почвы не способствовало математически достоверному увеличению выносу фосфора по сравнению с контрольным вариантом в зерне и вегетативной массе кукурузы.

На фоне азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$ применение штаммов азотфиксаторов обеспечило существенное увеличение фосфора основной и побочной продукцией кукурузы. Наибольший суммарный вынос на этом фоне обеспечило применение штамма 2П-9. Он лишь на 3,6 кг/га или на 5,6% меньше, чем на варианте с полным минеральным удобрением в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$.

Таблица 32 - Вынос фосфора с урожаем зерна и вегетативной массы кукурузы, кг/га

Варианты	Вынос с урожаем зерна				Вынос с урожаем вегетативной массы				Суммарный вынос			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года
Контроль	11,2	12,0	19,6	14,3	31,7	21,1	19,5	24,1	42,9	33,1	39,1	38,4
N ₃₀ P ₄₀	20,4	12,3	23,6	18,8	43,2	19,7	24,3	29,1	63,6	32,0	47,9	47,8
N ₆₀ P ₄₀	21,5	14,5	26,0	20,7	44,3	20,8	29,5	31,5	65,8	35,3	55,5	52,2
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	31,2	18,8	31,7	27,2	52,5	26,0	32,4	37,0	83,7	44,8	64,1	64,2
N ₆₀ P ₈₀	31,3	24,0	26,1	27,1	57,3	22,7	28,7	36,2	88,6	46,7	54,8	63,4
Мизорин	16,5	12,5	25,7	18,2	28,2	22,9	18,3	23,1	44,7	35,4	44,0	41,4
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	23,6	21,1	34,8	26,5	37,0	26,4	28,7	30,7	60,6	47,5	63,5	57,2
204	18,7	12,2	22,3	17,7	30,4	18,7	25,2	24,8	49,1	30,9	47,5	42,5
204 + N ₃₀ P ₄₀	28,9	17,5	24,0	23,5	47,5	29,9	28,0	35,1	76,4	47,4	52,0	58,6
2П-9	18,3	14,5	19,0	17,3	44,4	22,3	28,5	31,7	62,7	36,8	47,5	49,0
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	31,3	20,9	25,3	25,8	56,4	23,1	24,7	34,7	87,7	44,0	50,0	60,6
2П-7	18,5	14,3	22,1	18,3	38,5	24,8	22,5	28,6	57,0	39,1	44,6	46,9
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	31,4	21,3	22,7	25,1	46,1	26,0	20,6	30,9	77,5	47,3	43,3	56,0
КЛ-10	18,5	12,4	21,5	17,5	23,7	22,1	18,3	21,4	42,2	34,5	39,8	38,8
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	29,7	17,1	22,0	22,9	41,2	29,0	25,1	31,8	70,9	46,1	47,1	54,7
НСР ₀₅	2,1	2,0	1,2	5,8	10,0	3,4	2,3	9,1	9,9	4,3	2,5	13,0

Вынос калия растениями кукурузы был максимальным вегетативной массой кукурузы и в среднем за 2015-2017 гг. на варианте без удобрений составил 119,4 кг/га, в зерне существенно меньше – в 14,4 раза. Суммарный вынос калия основной и побочной продукцией калия на варианте без применения удобрений составил 127,7 кг/га (таблица 33).

Существенное увеличение калия в зерне кукурузы в среднем за 3 года обеспечило применение фосфорных и фосфорно-калийных удобрений в сочетании дозой азота 60 кг/га. В вегетативной массе кукурузы на этих вариантах различия в выносе калия по сравнению с контролем несущественны.

Использование штаммов биопрепаратов Мизорин и 2П-7 на фоне естественного плодородия почвы способствовало достоверному увеличению выноса калия в зерне кукурузы по сравнению с контрольным вариантом.

В среднем за 3 года существенное увеличение выноса калия в зерне и вегетативной массе кукурузы обеспечило применение биопрепарата 2П-9 на фоне азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$. Это объясняется формированием наибольшей вегетативной массы на этом варианте опыта в благоприятном по увлажнению 2015 году и, как следствие, наибольшим выносом в побочной продукции кукурузы. В среднем за 2015-2017 гг. прибавка в увеличении выноса в зерне и вегетативной массе по сравнению с контрольным вариантом составила 32,7 кг/га или 25,6%.

Таблица 33 - Вынос калия с урожаем зерна и вегетативной массой кукурузы, кг/га

Варианты	Вынос с урожаем зерна				Вынос с урожаем вегетативной массы				Суммарный вынос			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года
Контроль	12,1	6,4	6,5	8,3	125,1	109,4	123,6	119,4	137,2	115,8	130,1	127,7
N ₃₀ P ₄₀	12,9	6,6	8,7	9,4	156,4	112,0	130,3	132,9	169,3	118,6	139,0	142,3
N ₆₀ P ₄₀	17,2	8,6	10,1	12,0	147,9	112,7	128,0	129,5	165,1	121,3	138,1	141,5
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	20,4	9,0	10,6	13,3	133,0	126,3	136,6	132,0	153,4	135,3	147,2	145,3
N ₆₀ P ₈₀	17,8	7,9	9,2	11,6	134,1	125,6	135,8	131,8	151,9	133,5	145,0	143,5
Мизорин	19,0	8,4	8,6	12,0	127,3	110,2	120,1	119,2	146,3	118,6	128,7	131,2
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	18,2	8,2	8,3	11,6	132,2	107,1	138,3	125,9	150,4	115,3	146,6	137,4
204	17,0	7,0	6,1	10,0	91,2	102,3	126,5	106,7	108,2	109,3	132,6	116,7
204 + N ₃₀ P ₄₀	17,3	8,4	8,0	11,2	168,1	112,1	117,8	132,7	185,4	120,5	125,8	143,9
2П-9	16,0	8,1	6,3	10,1	145,3	105,3	126,0	125,5	161,3	113,4	132,3	135,7
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	18,0	8,5	8,3	11,6	203,7	133,2	109,4	148,8	221,7	141,7	117,7	160,4
2П-7	15,8	8,4	7,0	10,4	141,5	112,6	126,2	126,8	157,3	121,0	133,2	137,2
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	17,9	9,7	9,3	12,3	146,3	103,3	126,8	125,5	164,2	113,0	136,1	137,8
КЛ-10	15,2	6,5	5,6	9,1	86,5	106,7	122,7	105,3	101,7	113,2	128,3	114,4
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	15,9	7,7	6,3	10,0	149,1	122,6	132,0	134,6	165	130,3	138,3	144,5
НСР ₀₅	1,5	1,0	0,8	1,8	4,6	4,0	3,9	28,5	5,0	4,4	3,6	28,3

Хозяйственный баланс элементов минерального питания представляется как разность между поступлением их с удобрениями и выносом с урожаем.

С учетом того, что побочная продукция кукурузы (вегетативная масса) не отчуждается с поля, баланс элементов питания рассчитан только исходя из выноса зерном кукурузы.

Отрицательный баланс азота на контрольном варианте (без применения удобрений) изменялся от 51 кг/га (2015 г.) до 36,4 кг/га (2017 г.) и в среднем за 3 года составил 42,0 кг/га (таблица 34).

На вариантах с применением минеральных удобрений положительный баланс достигнут лишь в 2017 г. при внесении под предпосевную культивацию 60 кг/га азотных удобрений на фоне P_{40} и P_{80} .

В среднем за 2015-2017 гг. минимальный отрицательный баланс азота достигнут при внесении под предпосевную культивацию $N_{60}P_{40}$ и $N_{60}P_{80}$ – 4,6 и 8,1 кг/га.

Максимальный отрицательный баланс азота получен на вариантах с применением бактериальных препаратов с ассоциативными азотфиксаторами. Дефицит азота по сравнению с его параметрами на контрольном варианте увеличился 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.

Можно предположить, что дефицит баланса азота на этих вариантах в значительной мере компенсировался за счет использования азота, фиксированного бактериями из воздуха за счет активной работы их на фоне дополнительного минерального питания.

В исследованиях Донского ГАУ в 2001-2016 гг. с применением биопрепаратов, содержащих активные штаммы ассоциативных азотфиксаторов, установлено увеличение потребления азота у ряда полевых и овощных культур под их влиянием на 20-60 кг/га (Фарский Б.С., 2004; Барыкин В.С., 2004; Агафонов Е.В., Абраменко С.В., 2010).

Таблица 34 - Баланс азота при выращивании кукурузы на зерно, кг/га

Варианты	Вынос с зерном, кг/га				Приход азота с удобрениями	Баланс			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года		2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года
Контроль	51,0	38,6	36,4	42,0	-	-51,0	-38,6	-36,4	-42,0
N ₃₀ P ₄₀	71,0	52,7	44,1	55,9	30	-41,0	-22,7	-14,1	-25,9
N ₆₀ P ₄₀	77,2	63,9	52,7	64,6	60	-17,2	-3,9	7,3	-4,6
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	89,9	75,3	63,1	76,1	60	-29,9	-15,3	-3,1	-16,1
N ₆₀ P ₈₀	79,2	66,2	58,8	68,1	60	-19,2	-6,2	1,2	-8,1
Мизорин	73,1	57,1	52,0	60,7	-	-73,1	-57,1	-52	-60,7
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	81,7	69,3	58,3	69,8	30	-51,7	-39,3	-28,3	-39,8
204	74,6	57,6	48,1	60,1	-	-74,6	-57,6	-48,1	-60,1
204 + N ₃₀ P ₄₀	81,4	69,8	58,7	70,0	30	-51,4	-39,8	-28,7	-40,0
2П-9	85,4	56,4	53,9	65,2	-	-85,4	-56,4	-53,9	-65,2
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	84,4	73,5	65,9	74,6	30	-54,4	-43,5	-35,9	-44,6
2П-7	79,1	60,8	51,2	63,7	-	-79,1	-60,8	-51,2	-63,7
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	82,9	70,8	63,7	72,5	30	-52,9	-40,8	-33,7	-42,5
КЛ-10	72,9	52,8	46,7	57,5	-	-72,9	-52,8	-46,7	-57,5
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	80,8	62,2	51,4	64,8	30	-50,8	-32,2	-21,4	-34,8
НСР ₀₅	6,0	6,7	2,3	5,0	-	6,0	6,7	2,3	5,0

При анализе баланса фосфора следует отметить его дефицит на контрольном варианте – некомпенсируемый вынос варьировал от 11,2 кг/га (2015 г.) до 19,6 кг/га (2017 г.) и в среднем за 3 года составил 14,3 кг/га (таблица 35).

На вариантах с применением минеральных удобрений положительный баланс фосфора был достигнут во все годы исследований. Максимальный профицит фосфора получен в среднем за 2015-2017 гг. при внесении под предпосевную культивацию P_{80} – 52,9 кг/га, при внесении P_{40} – 12,8-21,2 кг/га.

Высокий дефицит фосфора имел место на вариантах с применением бактериальных препаратов с ассоциативными азотфиксаторами. Он варьировал в зависимости от применяемых препаратов от 17,3 до 18,3 кг/га.

На вариантах с совместным применением бактериальных препаратов и минеральными удобрениями достигнут положительный баланс фосфора. Профицит составил 13,5-17,1 кг/га.

Подводя итог необходимо отметить, что бактериальные препараты обеспечили максимальный отрицательный баланс в опыте по фосфору.

Это обусловлено значительным выносом фосфора с урожаем вследствие улучшения азотного питания и отсутствием компенсационных статей поступления в почву этого макроэлемента.

Отрицательный баланс калия на контрольном варианте (без применения удобрений) изменялся от 6,4 кг/га (2016 г.) до 12,1 кг/га (2015 г.) и в среднем за 2015-2017 гг. составил 8,3 кг/га (таблица 36).

На вариантах с применением азотно-фосфорных минеральных удобрений, биопрепаратов, а также их совместным использованием отрицательный баланс калия составил 9,1-12,3 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.

Таблица 35 - Баланс фосфора при выращивании кукурузы на зерно, кг/га

Варианты	Вынос				приход азота с удобрениями	Баланс			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года		2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года
Контроль	11,2	12,0	19,6	14,3	-	-11,2	-12,0	-19,6	-14,3
N ₃₀ P ₄₀	20,4	12,3	23,6	18,8	40	19,6	27,7	16,4	21,2
N ₆₀ P ₄₀	21,5	14,5	26,0	20,7	40	18,5	25,5	14,0	19,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	31,2	18,8	31,7	27,2	40	8,8	21,2	8,3	12,8
N ₆₀ P ₈₀	31,3	24,0	26,1	27,1	80	48,7	56,0	53,9	52,9
Мизорин	16,5	12,5	25,7	18,2	-	-16,5	-12,5	-25,7	-18,2
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	23,6	21,1	34,8	26,5	40	16,4	18,9	5,2	13,5
204	18,7	12,2	22,3	17,7	-	-18,7	-12,2	-22,3	-17,7
204 + N ₃₀ P ₄₀	28,9	17,5	24,0	23,5	40	11,1	22,5	16,0	16,5
2П-9	18,3	14,5	19,0	17,3	-	-18,3	-14,5	-19,0	-17,3
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	31,3	20,9	25,3	25,8	40	8,7	19,1	14,7	14,2
2П-7	18,5	14,3	22,1	18,3	-	-18,5	-14,3	-22,1	-18,3
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	31,4	21,3	22,7	25,1	40	8,6	18,7	17,3	14,9
КЛ-10	18,5	12,4	21,5	17,5	-	-18,5	-12,4	-21,5	-17,5
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	29,7	17,1	22,0	22,9	40	10,3	22,9	18,0	17,1
НСР ₀₅	2,1	2,0	1,2	5,8	-	2,1	2,0	1,2	5,8

Таблица 36 - Баланс калия при выращивании кукурузы на зерно, кг/га

Варианты	Вынос				приход азота с удобрениями	Баланс			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года		2015 г.	2016 г.	2017 г.	в среднем за 3 года
Контроль	12,1	6,4	6,5	8,3	-	-12,1	-6,4	-6,5	-8,3
N ₃₀ P ₄₀	12,9	6,6	8,7	9,4	-	-12,9	-6,6	-8,7	-9,4
N ₆₀ P ₄₀	17,2	8,6	10,1	12,0	-	-17,2	-8,6	-10,1	-12,0
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	20,4	9,0	10,6	13,3	40	19,6	31,0	29,4	26,7
N ₆₀ P ₈₀	17,8	7,9	9,2	11,6	-	-17,8	-7,9	-9,2	-11,6
Мизорин	19,0	8,4	8,6	12,0	-	-19	-8,4	-8,6	-12,0
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	18,2	8,2	8,3	11,6	-	-18,2	-8,2	-8,3	-11,6
204	17,0	7,0	6,1	10,0	-	-17	-7,0	-6,1	-10,0
204 + N ₃₀ P ₄₀	17,3	8,4	8,0	11,2	-	-17,3	-8,4	-8,0	-11,2
2П-9	16,0	8,1	6,3	10,1	-	-16	-8,1	-6,3	-10,1
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	18,0	8,5	8,3	11,6	-	-18	-8,5	-8,3	-11,6
2П-7	15,8	8,4	7,0	10,4	-	-15,8	-8,4	-7,0	-10,4
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	17,9	9,7	9,3	12,3	-	-17,9	-9,7	-9,3	-12,3
КЛ-10	15,2	6,5	5,6	9,1	-	-15,2	-6,5	-5,6	-9,1
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	15,9	7,7	6,3	10,0	-	-15,9	-7,7	-6,3	-10,0
НСР ₀₅	1,5	1,0	0,8	1,8	-	1,5	1,0	0,8	1,8

9 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

В современных условиях актуальной проблемой ускорения развития сельского хозяйства является повышение эффективности отрасли. Экономическая эффективность - относительный показатель, соизмеряющий полученный эффект с затратами или ресурсами, использованными для получения данного эффекта (Кундиус В.А., 2010). В сельском хозяйстве - это получение максимального количества продукции с единицы площади при наименьших затратах живого и овеществленного труда (Кузнецов В.В., 2004).

Были положены в основу расчета экономической эффективности следующие показатели: внесение минеральных удобрений 9 руб. за внесение 100 кг минеральных удобрений. Затраты на погрузку, транспортировку минеральных удобрений составляют 30% от затрат на их внесение. Стоимость аммиачной селитры – 12350 руб./т, аммофоса – 24400 руб./т, хлористого калия – 13800 руб./т. Стоимость 1 тонны зерна кукурузы 7000 руб. Стоимость бактериальных препаратов 300 рублей за гектарную норму.

Расчет экономической эффективности показал, что при выращивании кукурузы на зерно в условиях УНПК Донского ГАУ без применения удобрений в среднем за 2015-2017 гг. себестоимость 1 кг зерна составила 3,38 рублей, а уровень рентабельности - 107% (таблица 37).

Применение азотно-фосфорных минеральных удобрений под предпосевную культивацию снижало уровень рентабельности производства зерна кукурузы и увеличивало себестоимость по сравнению с контрольным вариантом.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$ увеличивало рентабельность по сравнению с контрольным вариантом на 17%, а себестоимость производства 1 кг зерна снизилась на 0,26 руб./кг.

Использование биопрепаратов, как на естественном фоне плодородия, так и на фоне применения под предпосевную культивацию азотно-фосфорных удобре-

ний в дозе $N_{30}P_{40}$ увеличивало показатели экономической эффективности выращивания кукурузы на зерно.

Таблица 37 - Экономическая оценка применения удобрений 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. Уровень рентабельности больше, чем на контрольном варианте на 36% при снижении себестоимости на 0,49 руб./кг.

Наиболее оптимальные показатели экономической эффективности в опыте получены от применения штамма ассоциативного биопрепарата 2П-7 на естественном фоне плодородия. Уровень рентабельности выше, чем на контрольном варианте на 69%, при снижении себестоимости 0,84 руб./кг.

Анализ биоэнергетической оценки применения минеральных удобрений в среднем за 2015-2017 гг. показал, что они повышали затраты техногенной энергии по отношению к варианту без применения удобрений на 3,6-9,8 ГДж/га и достигало максимума на варианте с дозой N₉₀P₈₀ (таблица 38).

Таблица 38 - Биоэнергетическая оценка применения минеральных удобрений и биопрепаратов под кукурузу

Исследуемые технологические операции	Урожайность, т/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Энергия, накопленная в урожае, ГДж/га	Энергетическая эффективность	Энергоемкость продукции, ГДж/т	Прирост энергии в урожае сухого вещества, ГДж/га
Контроль	3,02	13,8	52,4	3,79	4,57	38,6
N ₃₀ P ₄₀	3,74	17,4	64,9	3,73	4,65	47,5
N ₆₀ P ₄₀	4,09	20,0	71,0	3,55	4,89	51,0
N ₉₀ P ₄₀	4,36	22,6	75,6	3,35	5,18	53,0
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	4,87	20,3	84,5	4,16	4,17	64,2
N ₃₀ P ₈₀	3,97	18,4	68,9	3,75	4,63	50,5
N ₆₀ P ₈₀	4,34	21,0	75,3	3,59	4,84	54,3
N ₉₀ P ₈₀	4,68	23,6	81,2	3,44	5,04	57,6
N ₆₀ P ₈₀ K ₄₀	4,90	21,3	85,0	3,99	4,35	63,7
Мизорин	4,22	13,8	73,2	5,29	3,27	59,4
Мизорин + N ₃₀ P ₄₀	4,68	17,4	81,2	4,66	3,72	63,8
204	3,95	13,8	68,5	4,95	3,49	54,7
204 + N ₃₀ P ₄₀	4,43	17,4	76,9	4,41	3,93	59,5
2П-9	4,19	13,8	72,7	5,25	3,29	58,9
2П-9+ N ₃₀ P ₄₀	4,69	17,4	81,4	4,67	3,71	64,0
2П-7	4,23	13,8	73,4	5,30	3,26	59,6
2П-7+ N ₃₀ P ₄₀	4,68	17,4	81,2	4,66	3,72	63,8
КЛ-10	3,78	13,8	65,6	4,74	3,65	51,8
КЛ-10+ N ₃₀ P ₄₀	4,08	17,4	70,8	4,07	4,26	53,4

Применение полного минерального удобрения в дозе N₆₀P₄₀K₄₀ под кукурузу в блоке вариантов с минеральными удобрениями обеспечило получение наиболее

высокой энергетической эффективности 4,16, что больше, чем на контрольном варианте на 0,37. Прирост энергии в урожае сухого вещества увеличился на 25,6 ГДж/га. Но энергоёмкость продукции на этом варианте также увеличилась на 0,4 ГДж/тонну.

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

Применение этих же штаммов биопрепаратов на фоне азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$ снижало энергетическую эффективность на 1,96-2,04 и увеличивал затраты на производство продукции на 0,45-0,46 ГДж/тонну. Но прирост энергии в сухом веществе урожая зерна существенно увеличивался, и достигал уровня содержания на варианте с полным минеральным удобрением в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 63,8-64,0

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 контрольным вариантом 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 вариантах

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 к контролю 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 полным 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 $N_{30}P_{40}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов, Е.В. Влияние бактериальных удобрений в сочетании с минеральными на урожайность зернового сорго / Е.В. Агафонов, С.В. Абраменко // Удобрения, мелиоранты и средства защиты растений в современном земледелии: матер. науч. конф. – пос. Персиановский. Донской ГАУ, 2010. – С. 153-157.
2. Агафонов, Е.В. Влияние совместного применения бактериальных и минеральных удобрений на урожайность зернового сорго / Е.В. Агафонов, С.В. Абраменко // Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: матер. междунар. науч.-практ. конф. – п. Персиановский, Донской ГАУ, 2005. – С. 24-25.
3. Агафонов, Е.В. Влияние удобрений и бактериальных препаратов на урожайность и качество клубней картофеля на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, Н.П. Каменский, С.А. Гужвин // Плодородие. - 2013. - №3. – С.17-19.
4. Агафонов, Е.В. Оптимизация питания и удобрение культур полевого севооборота на карбонатном чернозёме / Е.В. Агафонов. - М.: Изд-во ТСХА. - 1992. - 160 с.
5. Агафонов, Е.В. Почвы и удобрения Ростовской области / Е.В. Агафонов, Е.В. Полуэктов. - п. Персиановский, 1999. - 87 с.
6. Агафонов, Е.В. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под просо на черноземе южном / Е.В. Агафонов, В.В. Клыков // Зерновое хозяйство России. – 2013. - № 4. – С. 53-55.
7. Агафонов, Е.В. Система удобрения гибридов кукурузы разного срока созревания / Е.В. Агафонов, А.А. Батаков. – п. Каменоломни, «Сервис-связь», 2000. – 86 с.
8. Агафонов, Е.В. Удобрение арбуза при орошении с максимальным использованием биологического азота / Е.В. Агафонов, В.С. Барыкин, С.А. Гужвин, А.Я. Чернов. - пос. Персиановский, ДонГАУ, 2010. – 140 с.

9. Агафонов, Е.В. Удобрение баклажана / Е.В. Агафонов, Б.С. Фарский, А.Я. Чернов, А.Н. Богачев. – Донской гос. аграрный ун-т. - Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2006. – 144 с.
10. Агрономическая химия: под ред. А.Г. Шестакова. - М.: Сельхозгиз, 1954. - 432 с.
11. Агропромышленный комплекс Ростовской области / МСХП Ростов.обл. – Ростов-на-Дону: «Альтаир», 2015. – 55 с.
12. Азотфиксация и ее практическое использование: учебное пособие / Е.В. Агафонов, С.А. Гужвин, В.В. Турчин, А.А. Громаков. - Новочеркасск: Издательство Донского ГАУ. - 2017. – 88 с.
13. Азубеков, Л.Х. Использование минеральных удобрений, протравителя и биопрепаратов на кукурузе / Л.Х. Азубеков, З.М. Темботов // Земледелие. - 2012. - № 8. – С. 15-16.
14. Азубеков, Л.Х. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от удобрений и биопрепаратов / Л.Х. Азубеков // Бюллетень ВИУА. - №113. – М. - 2000. – С. 103-104.
15. Акулов, А.А. Теоретические и практические возможности возделывания кукурузы на фуражное зерно / А.А.Акулов // Кормопроизводство. – 2010. - № 2.- С. 3-5.
16. Алметов, Н.С. Эффективность применения минеральных удобрений и биопрепарата флавобактерин на яровой пшенице / Н.С. Алметов, Н.В. Горячкин, Х.З. Назмиев // Плодородие. - №5. - 2012. – С. 34-35.
17. Алпатьев, А.М. Влагообороты в природе и их преобразования / А.М. Алпатьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 323 с.
18. Алферов, А.А. Оценка эффективности действия азотного удобрения при использовании Ризоагрина на яровой пшенице / А.А. Алферов, Л.С. Чернова, Н.Я. Шмырева, А.А. Завалин // Плодородие. - 2016. - № 6 (93). - С. 4-6.
19. Алферов, А.А. Роль биологического азота в сохранении плодородия почвы и обеспечении растений азотом / А.А. Алферов, А.А. Завалин // Проблемы управ-

ления водными и земельными ресурсами. Материалы международного научного форума: в 3 частях. - 2015. - С. 119-125.

20. Алферов, А.А. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы при инокуляции семян Ризоагрином / А.А. Алферов, А.А. Завалин, Л.С. Чернова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2018. - № 2. - С. 12-16.

21. Асыка, Ю.А. Роль отдельных межфазных периодов в продолжительности вегетации и продуктивности кукурузы / Ю.А. Асыка // Науч.-техн. бюлл. ВСГИ. – Одесса, 1986. – Вып.4. – С. 24-30.

22. Багринцева, В.Н. Влияние доз азотного удобрения на урожайность гибридов кукурузы (*zea mays l.*) / В.Н. Багринцева, И.Н. Ивашененко // Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. - № 1.- С. 13-18.

23. Базилинская, М.В. Биоудобрения / М.В. Базилинская. – М.: Агропромиздат, 1989. – 128 с.

24. Базилинская, М.В. Использование биологического азота в земледелии / М.В. Базилинская. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1985. – 56 с.

25. Балан, М.П. Урожай и качество кукурузы в связи с систематическим применением удобрений / М.П. Балан // Тез. 3-го регионального совещания участников географической сети опытов с удобрениями Молдавской и Украинской ССР. - Кишинев. - 1977. - Ч. 1. - С. 101-102.

26. Банкин, М.П. Физико-химические методы в агрохимии и биологии почв: учеб. пособие / М.П. Банкин, Т.А. Банкаина, Л.П. Коробейникова. - СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. - 2005. - 177 с.

27. Барыкин, В.С. Система удобрения среднераннего арбуза на черноземе обыкновенном в условиях орошения: автореф. дис...канд. с.-х. наук:06.01.04 / Барыкин Виктор Савельевич; Донской государственный аграрный университет. – п. Персиановский, 2009. – 22 с.

28. Батаков, А.А. Система удобрения гибридов кукурузы разного срока созревания на темно-каштановой почве Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Батаков Андрей Анатольевич; Донской государственный аграрный университет. - п. Персиановский, 1999. - 21 с.

29. Безуглова, О.С. Почвы Ростовской области / О.С. Безуглова, М.М. Хырхырова: учеб. пособие. - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ. - 2008. - 352 с.
30. Белоголовцев, В.П. Диагностика минерального питания кукурузы на каштановой почве Саратовского Заволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Белоголовцев Виктор Петрович; Саратовский государственный аграрный университет. - Саратов, 2009. - 18 с.
31. Бельтюков, Л.П. Реакция гибридов кукурузы на удобрения в южной зоне Ростовской области / Л.П. Бельтюков, Т.М. Тюрин // Вестник аграрной науки Дона. – 2008. - №3. – С. 55-56.
32. Берестецкий, О.А. Фиксация азота микроорганизмами в ризосфере и ризопланенебобовых культур / О.А. Берестецкий // Бюл. ВНИИСХ микробиологии. – 1985. - № 42. – С.3-5.
33. Бирюкова, О.А. Оперативная диагностика питания растений / О.А. Бирюкова, И.И. Ельников, В.С. Крыщенко. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2010. - 168 с.
34. Брыкалов, А.В. Современные удобрения и регуляторы роста растений для применения в сельском хозяйстве / А.В. Брыкалов, А.А. Салтанов, А.Г. Ладухин. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 2012. – 168 с.
35. Брэй, С.М. Азотный обмен в растениях / С.М. Брэй. - М.: Агропромиздат, 1986. - 200 с.
36. Володарский, Н.И. Биологические основы возделывания кукурузы / Н.И. Володарский. - М.: Агропромиздат, 1986. - 189 с.
37. Гамаюн, И.М. Бактериальные удобрения / И.М. Гамаюн, А.Д. Пилипенко // Сб. науч. трудов: Наука производству. – Тирасполь, 2000. – С. 219-224.
38. Гордеев, А.В. Совершенствование системы применения удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии / А.В. Гордеев. – Каменная Степь: Изменение плодородия черноземных почв в результате антропогенеза и способы его воспроизводства в современных системах земледелия, 2015. – 499 с.
39. Громов, Б.В. Экология бактерий: учеб. пособие / Б.В. Громов, Г.В. Павленко. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. – 248 с.

40. Гужвин, С.А Влияние биопрепаратов на урожайность озимой пшеницы и сои / С.А. Гужвин, В.Д. Кумачёва// Инновационные технологии в растениеводстве и экологии. Матер. Междун. научн.-практ. конференции, посвященной 80-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Тимофеевича Фарниева. - 2017. - С. 14-15.
41. Гужвин, С.А. Влияние предпосевной инокуляции семян биопрепаратами на продуктивность гороха и ярового ячменя в условиях Ростовской области / С.А. Гужвин, Л.И. Минаева, Н.В Токарева // Вестник Донского государственного аграрного университета. - 2015. - № 1-1 (15). -С. 63-67.
42. Гужвин, С.А. Система удобрения сои на обыкновенном черноземе Ростовской области: автореф. дис...канд. с.-х. наук:06.01.04 / Гужвин Сергей Александрович: Донской государственный аграрный университет. – п. Персиановский, 2003. – 23 с.
43. Дабахова, Е.В. Продуктивность кукурузы на почвах с различным содержанием подвижных фосфатов / Е.В. Дабахова // Плодородие. – 2005. - №1. – С. 10-11.
44. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - 5-е изд., доп. и перераб. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
45. Дрогалин, П.В. Севооборот, урожай, качество / П.В. Дрогалин, В.И. Казанков, Н.Д. Тарасенко. - Краснодар: кн. изд.- во, 1983. - 111 с.
46. Дроздова, В.В. Влияние норм и сочетаний минеральных удобрений на урожайность кукурузы и агрохимические показатели плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / В.В. Дроздова, Н.Е. Редина // Политем. сет. электрон. науч. жур. КубГАУ. - Краснодар: КубГАУ, 2016. - № 121. - С. 1732-1748.
47. Ефимов, И.Т. Орошаемая кукуруза / И.Т. Ефимов. – М.: Колос, 1974. – 223 с.
48. Ефремов, В.А. Эффективность куриного помета и биогумуса в звене полевого севооборота кукуруза-ячмень-просо на карбонатном черноземе Ростовской

- области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. / Ефремов Виталий Александрович; Донской гос. аграрный ун-т. - п. Персиановский, 1998. - 20 с.
49. Жолобова, И.С. Химический состав зерна кукурузы и содержание в нем каротина / И.С. Жолобова, Н.А. Гранкина, В.В. Борисенко, В.И. Николаенко // Молодой ученый. - 2015. - №5.1. - С. 9-12.
50. Завалин, А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А.А. Завалин. - М.: ВНИИА, 2005. - 302 с.
51. Завалин, А.А. Вклад биологического азота бобовых культур в азотный баланс земледелия России / А.А. Завалин, Г.Г. Благовещенская, А.П. Кожемяков. - М.: Россельхозакадемия, 2007. - 44 с.
52. Завалин, А.А. Влияние биопрепаратов и азотного питания на продуктивность кукурузы на обыкновенном чернозёме / А.А. Завалин, А.С. Карашаева, Л.Х. Азубеков // Агрехимический вестник. – 2004. - № 2. – С. 28–32.
53. Завалин, А.А. Влияние минеральных удобрений и флавобактерина на урожайность кукурузы на чернозёме обыкновенном / А.А. Завалин, Л.Х. Азубеков, Т.Б. Шалов // Агрехимия. – 2002. - № 4. – С. 32-37.
54. Завалин, А.А. Влияние удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество клубней картофеля / А.А. Завалин, Н.С. Алметов, М.И. Мартьянов // Агрехимия. – 2000. - № 4. – С. 63-67
55. Завалин, А.А. Новые технологии производства и применения биопрепаратов комплексного действия / А.А. Завалин, А.П. Кожемяков, О.А. Андреев, Ю.В. Лактионов и др. Под редакцией А.А. Завалина, А.П. Кожемякова. - Санкт-Петербург, 2010. – 64 с.
56. Завалин, А.А. Оптимизация минерального питания и продуктивности растений при использовании биопрепаратов и удобрений / А.А. Завалин // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. -№ 5. – С. 26-28.
57. Завалин, А.А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур / А.А. Завалин // Достижения науки и техники АПК. – 2011. - № 8. – С. 9-11.

58. Завалин, А.А. Продуктивность кукурузы на силос при использовании биопрепаратов и азотного удобрения / А.А. Завалин, Х.Г. Контагора, Т.М. Духанина, Л.Х. Азубеков // *Агрохимия*. – 2002. - № 11. – С. 27-36.
59. Завалин, А.А. Урожайность зерна кукурузы при использовании удобрений, витавакса и биопрепаратов / А.А. Завалин, З.М. Темботов, Л.Х. Азубеков // *Плодородие*. – 2008. - № 3(42). – С. 12-13.
60. Иванова, З.А. Прирост сухого вещества и продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от удобрений / З.А. Иванова, Ф.Х. Нагудова // *Успехи современного естествознания*. – 2016. – № 7. – С. 51-55.
61. Игнатъев, С.А. Формирование продуктивности гибридов кукурузы при разных уровнях минерального питания на предкавказских карбонатных черноземах: автореф. дис ...канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Игнатъев Станислав Александрович; Донской селекцион. центр: Волгоград, 1995. - 25 с.
62. Исаков, Я.И. Отзывчивость на минеральное питание / Я.И. Исаков, С.А. Игнатъев // *Кукуруза и сорго*. - 1990. - №5. - С. 3-37.
63. Итоги работы отрасли растениеводства в 2017 году и задачи на 2018 год / Москва. – 2018 [Электронный ресурс] - Режим доступа:<http://barley-malt.ru/wp-content/uploads/2018/02/agronomycheskoe-soveschanye-ytogy-2017.pdf>.
64. Карашаева, А.С. Продуктивность зерновой кукурузы в зависимости от условий минерального питания / А.С. Карашаева, А. А. Шахиров // *Молодой ученый*. - 2016. - №5. - С. 257-259.
65. Карова, И.А. Урожай и качество зерна кукурузы в зависимости от минерального питания и погодных условий / И.А. Карова, М.А. Шаваев // *Агрохимический вестник*. – 2006. - №5. – С. 28-30.
66. Кашукоев, М.В. Продуктивность позднеспелых гибридов кукурузы при разных режимах минерального питания / М.В. Кашукоев, Р.С. Шогенов, Р.Ю. Агиров // *Вестник РАСХН*. – 2011. - № 6. – С. 38-39.
67. Кидин, В.В. Система удобрения: учебник / В.В. Кидин. - М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. - 534 с.

68. Киреев, В.Н. Производство кукурузы на силос / В.Н. Киреев, М.А. Федин, Е.В. Клушина, А.В. Кузютин. - М.: Россельхозиздат, 1985. - 159 с.
69. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 224 с.
70. Климат и агроклиматические ресурсы ростовской области /Ю.П. Хрусталева, В.Н. Василенко, И.В. Свисюк, В.Д. Панов, Ю.А. Ларионов. – Ростов-на-Дону: Батальское книжное изд-во, 2002. – 184 с.
71. Клыков, В.В. Влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность и качество проса на черноземе южном: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Клыков Василий Васильевич; Ставропольский государственный аграрный университет. – п. Персиановский, 2013. – 22 с.
72. Кодзокова, М.Х. Вынос азота зерном и побочной продукцией в зависимости от доз минеральных удобрений и биопрепарата флавобактерина / М.Х. Кодзокова, Ю.А. Шомахов // Матер. науч.-практ. конф. «Проблемы современного управления АПК». - Владикавказ. - 2005. - С. 174-177.
73. Кодзокова, М.Х. Эффективность использования минеральных удобрений и флавобактерина под гибриды кукурузы в предгорной зоне Кабардино-Балкарской республики: : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Кодзокова Марина Хабаловна; Донской государственный аграрный университет.- п. Персиановский, 2009. - 22 с.
74. Кожемяков, А.П. Использование инокулянтов бобовых и биопрепаратов комплексного действия в сельском хозяйстве / А.П. Кожемяков, И.А. Тихонович // Доклады Россельхозакадемии. - 1998. - №6. - С. 7-10.
75. Кожемяков, А.П. Перспективы применения биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов в сельском хозяйстве / А.П. Кожемяков, А.В. Хотянович // Бюлл. ВИУА. - № 110. - 1997. - С. 4-5.
76. Кокорина, А.Л. Бобово-ризобиальный симбиоз и применение микробиологических препаратов комплексного действия – важный резерв повышения продуктивности пашни / А.Л. Кокорина, А.П. Кожемяков. СПб.:СПГАУ. - 2010. - 50 с.

77. Кореньков, Д.А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях / Д.А. Кореньков. - М., 1991. - 168 с.
78. Коршун, А. Потенциал кукурузы: как реализовать его в полной мере / А. Коршун // Главный агроном. – 2009. - №3. – С. 18-21.
79. Коршунов, А.А. Совершенствование технологии возделывания озимой пшеницы с применением регуляторов роста нового поколения на черноземе обыкновенном Западного Предкавказья: автореф... дис. канд. с.-х. наук:06.01.01 / Коршунов Александр Андреевич; Кубан. гос. аграр. ун-т. - Краснодар, 2015. - 24 с.
80. Крамарев, С.М. Интенсивность поступления основных макроэлементов в растения кукурузы в онтогенезе / С.М. Крамарев, Л.Н. Скрипник, Ю.И. Усенко, Т.А. Журавель, Л.Ю. Хорсева, Т.Ф. Яковишина // Агрохимия. – 2002. - №12. – С. 21-30.
81. Крамарев, С.М. Потребление основных элементов питания кукурузой при комплексном применении средств химизации / С.М. Крамарев // Бюл. ВНИИК. - 1995. - №80. - С. 43-50.
82. Кузнецов, В.В. Экономика сельского хозяйства: учебное пособие / под ред. Академика Россельхозакадемии В.В. Кузнецова.- изд. 2-е перераб. и доп. РГЭУ «РИНХ», Ростов - на Дону, 2004. -496 с.
83. Кукуруза. Современная технология возделывания / А.П. Шиндин, В.Н. Багринцева, А.Г. Горбачева, Т.И. Борщ, В.С. Сотченко, Е.Ф. Сотченко, Ю.В. Сотченко. – ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы Россельхозакадемии, Москва. – 2009. – 125 с.
84. Кукуруза: учеб. практ. руководство по выращиванию кукурузы /Под общ. ред. В.А. Щербакова. – Мн.: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
85. Кундиус, В.А. Экономика Агропромышленного комплекса: учебное пособие / В.А. Кундиус. – М.: КНОРУС, 2010. – 544 с.
86. Курсакова, В.С. Формирование продуктивности посевов кукурузы в зависимости от препаратов азотфиксирующих бактерий, микоризы и уровня азотного питания в условиях степной зоны Алтайского Приобья / В.С. Курсакова, Н.В.

- Чернецова, М.А. Гаенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. - № 4 (126). С. 10-16
87. Лебедев, С.И. Физиология растений: учебник для вузов / С.И. Лебедев. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1988. - 544 с.
88. Лукин, С.М. Влияние биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов на урожайность сельскохозяйственных культур / С.М. Лукин, Е.В. Марчук // Достижения науки и техники. – 2011. - №8. – С. 18-21.
89. Метлина, Г.В. Влияние биопрепаратов на продуктивность среднеспелого гибрида кукурузы Зерноградский 354 МВ / Г.В. Метлина, А.В. Гуреева, С.А. Васильченко // Зерновое хозяйство России. – 2011. - № 5(17). – С. 56-59.
90. Минеев, В.Г. Агрохимия и экологические функции калия / В.Г. Минеев. – Москва: Изд-во Московского государственного университета, 1999. – 332 с.
91. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, изд-во «КолосС», 2004. - 720 с.
92. Михайличенко, Е.Н. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность нута на черноземе обыкновенном / Е.Н. Михайличенко, К.И. Пимонов, А.Н. Данилов, Н.Н. Гусакова // Аграрный научный журнал. - 2018. - № 4. - С. 16-21.
93. Мышко, М.Н. Урожайность и качество кукурузы в зависимости от удобрений на выщелоченном черноземе Кубани: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Мышко Марина Николаевна; Кубанский государственный аграрный университет. - Краснодар, 2004. – 21 с.
94. Налиухин, А.Н. Современные подходы к повышению биологической азотфиксации бобовых культур / А.Н. Налиухин // Матер. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии в агрохимии и комплексное обслуживание сельскохозяйственных предприятий на их основе». – Курск. – 2010. – С. 22-25.
95. Никитин, В.В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество кукурузы / В.В. Никитин, В.В. Навальнев // Кукуруза и сорго. - 2016. - № 1. – С. 32-35.

96. Никитин, С.В. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность гибридов кукурузы в зоне неустойчивого увлажнения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Никитин Сергей Васильевич; Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы. - Ставрополь, 2012. - 22 с.
97. Никитин, С.Н. Влияние удобрений и биопрепаратов на продуктивность зернопарового севооборота, потоки элементов питания и свойства чернозема выщелоченного в лесостепи Среднего Поволжья / С.Н. Никитин, А.А. Завалин // Агротехнология. - 2017. - № 6. – С. 12-29
98. Новичихин, А. М. Система применения удобрений под кукурузу в Центрально-черноземном регионе / А.М. Новичихин, Г.В. Гончарова, Е.А. Балюнова // Международный научно-исследовательский журнал. - 2016. - № 1-3 (43) Часть 3. - С. 30-35.
99. Новичихин, Л.М. Эффективность применения современных агропрепаратов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / Л.М. Новичихин, Н.В. Щеглов // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2015. – № 3. – С. 40-47.
100. Ньютон, В. Rhizobiaceae - молекулярная биология бактерий взаимодействующих с растениями / В. Ньютон. - СПб.: 2002. - С. 175-186.
101. Обзор рынка зерновой кукурузы в России [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-zernovoy-kukuruzy-v-rossii/>
102. Патыка, В.Ф. Роль азотфиксирующих микроорганизмов в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур / В.Ф. Патыка: реф. дисс. ... д-ра биол. наук.:03.00.07/ Патыка Владимир Филиппович; Академия Наук Украины. Институт микробиологии и вирусологии имени Д. К. Заболотного; – Л., 1991. – 48 с.
103. Патыка, В.Ф. Роль азотфиксирующих микроорганизмов в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений / В.Ф. Патыка, А.В. Калиниченко, М.В. Колмаз, М.В. Кислухина // Микробиологический журнал. - 1997. - Т. 59. - № 4. - С. 3-14.

104. Пимонов, К.И. Эффективность биопрепаратов и минерального удобрения на нуте, выращиваемом на семена / К.И. Пимонов, В.Н. Тимошенко // Матер. Межд.науч.-прак. конф. «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах». - Ставропольский ГАУ.- 2018. - С. 419-423.
105. Прошкин, В.А. Сравнительная эффективность минеральных удобрений на различных почвах / В.А. Прошкин, А.П. Смирнов // Агрехимия. - 1994. - № 5. - С. 35.
106. Прянишников, Д. Н. Популярная агрохимия / Д. Н. Прянишников. - М.: Наука, 1965. - 396 с.
107. Пугач, Е.И. Применение минеральных и бактериальных удобрений под нут на черноземе обыкновенном Ростовской области: автореф. дисс...канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Пугач Елена Ивановна; Донской государственный аграрный университет. – п. Персиановский, 2005. – 22 с.
108. Растениеводство [Электронный ресурс]: учебник / В.А. Федотов и др. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 336 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65961>.
109. Растениеводство: учебник / под ред. В.Н. Степанова, В.И. Лукьянюка. - 3-е изд., перераб. - М.: Колос, 1971. - 488 с.
110. Рымарь, В.Т. Особенности применения удобрений на черноземах с разной обеспеченностью элементами питания / В.Т. Рымарь, А.М. Новичихин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 3. – С. 49-51.
111. Рымарь, В.Т. Рациональное применение удобрений в Центрально-Черноземной зоне / В.Т. Рымарь. – Каменная Степь – Санкт-Петербург, 2001. – 16 с.
112. Ряховский, А.В. Достоинства и недостатки органических удобрений // А.В. Ряховский, В.Н. Кравченко, С.И. Лысенко / Плодородие. - №3. - 2007. – С. 2-3.
113. Симакин, А.И. Почвенно-климатические условия Северного Кавказа и эффективность удобрений / А.И. Симакин // Докл. советских участников на 8 Международном конгрессе по минеральным удобрениям. - М., 1976. - Ч. 1. - С. 89-95.

114. Сотченко, В.С. Перспективная ресурсосберегающая технология производства кукурузы на зерно: метод. рекомендации / В.С. Сотченко, В.Н. Багринцева, Е.Ф. Сотченко, А.Г. Горбачева А.Г. и др. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 72 с.
115. Сотченко, В.С. Перспективы производства зерна и семян кукурузы в Российской Федерации на период до 2020 г. / В.С. Сотченко // Кукуруза и сорго. - 2010. - №4. – С. 3-8.
116. Сотченко, В.С. Состояние и перспективы производства зерна кукурузы в Российской Федерации / В.С. Сотченко // Главный агроном. – 2005. - № 9. – С. 3 – 11.
117. Стукалов, М.Ю. Система применения минеральных и бактериальных удобрений под горох на обыкновенном карбонатном черноземе в Ростовской области: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Стукалов Михаил Юрьевич; Донской государственный аграрный университет. – п. Персиановский, 1999. – 18 с.
118. Стулин, А.Ф. Агрохимические свойства длительно удобряемого чернозема в монокультуре кукурузы / А.Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. - 2014. - №2. - С. 8-12.
119. Стулин, А.Ф. Влияние погодных условий на продуктивность кукурузы и эффективность удобрений в Воронежской области / А.Ф. Стулин // Агрохимия. - 1994. - №12. - С. 48-52.
120. Сухоярская, Г.Н. Продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости при применении удобрений на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Сухоярская Галина Николаевна; Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы. - п. Рассвет, 2009. - 23 с.
121. Тихонович, И.А. Rhizobiaceae - молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями / Ред. Герман Спайнк и др.; Рус. пер. под ред. И.А. Тихоновича и Н.А. Проворова. - Спб. : ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. - 2002. - 567 с.
122. Тихонович, И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве / И.А. Тихонович. - М.: Россельхозакадемия. - 2005. - 153 с.

123. Тихонович, И.А. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений / И.А. Тихонович, А.А. Завалин, Г.Г. Благовещенская, А.П. Кожемяков // Плодородие. – 2011. - № 3. - С. 9-13.
124. Тихонович, И.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации в РФ / И.А. Тихонович, А.А.Завалин // Плодородие. – 2016. - № 5. – С. 28-32.
125. Толорая, Т.Р. Влияние корневой подкормки минеральными удобрениями на урожайность и качество зерна кукурузы / Т.Р. Толорая, В.П. Малаканова, Д.В. Ломовской, А.И. Елисеев // Агрехимия. - 2008. - № 2 - С. 35-39.
126. Трепачев, Е.П. Агрехимические аспекты биологического азота в современной земледелии / Е.П. Трепачев. - М.: ВИУА. - 1999. - 532 с.
127. Третьяков, Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин. – М.: Колос. - 1998. – 640 с.
128. Тронева, О.В. Влияние основной обработки почвы при разных уровнях минерального питания на урожайность гибридов кукурузы в зоне неустойчивого увлажнения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Тронева Олеся Владимировна; Ставропольский государственный аграрный университет. - Ставрополь, 2011. - 22 с.
129. Тудель, Н.В. Интенсивная технология производства кукурузы / Н.В. Тудель. - М.: Росагропромиздат, 1991. - 272 с.
130. Турчин, В.В. Обеспеченность чернозёма обыкновенного различными формами калия и эффективность калийных удобрений на озимой пшенице и кукурузе на силос: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Турчин Владимир Валерьевич; Донской госагроуниверситет. - Персиановский, 2007. - 24 с.
131. Турчин, В.В. Отзывчивость льна масличного на применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов в условиях Ростовской области / В.В. Турчин, И.В. Нужнов, В.К. Мухортова // Матер. межд. науч.-практ. конф. «Ресурсосберегающие и адаптивность в технологиях возделывания сельскохозяйствен-

ных культур и переработки продукции растениеводства». – пос. Персиановский, 2018. – 99-102.

132. Тюрин, И.М. Продуктивность новых гибридов кукурузы в зависимости от уровня минерального питания в южной зоне Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Тюрин Иван Михайлович; Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. - Зерноград, 2010. - 21 с.

133. Удобрение баклажана / Е.В. Агафонов, Б.С. Фарский, А.Я. Чернов, А.Н. Богачев. – Донской госагроуниверситет. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2006. – 144 с.

134. Удобрение и их использование: справочник / И.У. Марчук, А.В. Савчук, Е.А. Филонов, В.М. Макаренко, В.Е. Розстальный. - М.: 2011. - 350 с.

135. Умаров, М.М. Ассоциативная азотфиксация в биогеоценозах / М.М. Умаров // Почвенные организмы, как компонент биогеоценоза. – М. 1984. - С.185-199.

136. Умаров, М.М. Микробиологическая трансформация азота в почве / М.М. Умаров, А.В. Кураков, А.Л. Степанов. - М.: ГЕОС. - 2007. - 138 с.

137. Умаров, М.М. Современное состояние и перспективы исследования микробной азотфиксации // Перспективы развития почвенной биологии: труды Всерос.конф. – Москва, 2001. - С. 47-52.

138. Уоллес, Г. Кукуруза и её возделывание / Г. Уоллес, Е. Брессман - пер. с англ. - Изд-во Иностранной литературы. - М., 1955. - 256 с.

139. Фарский, Б.С. Удобрение баклажана на черноземе обыкновенном: автореф.дис...канд.с.-х. наук: 06.01.04 / Фарский Борис Сергеевич; Донской госагроуниверситет. – п. Персиановский, 2004. – 22 с.

140. Фокин, С.А. Влияние минеральных удобрений на продуктивность кукурузы в условиях Амурской области / С.А. Фокин, Т.Н. Черноситова, Р.П. Калашников // Дальневосточный аграрный вестник. - 2017. - №2(42). - С. 45-53.

141. Хлопяников, А.М. Формирование корневой системы кукурузы / А.М. Хлопяников // Кукуруза и сорго. – 2007. - №1. – С. 13-16.

142. Хохлачев, В.В. Из истории кукурузы / В.В. Хохлачев // Кукуруза и сорго. - 2012. - № 3. – С. 35.

143. Храмцов, И.Ф. Эффективность удобрений при возделывании кукурузы на зерно на черноземных почвах лесостепи Западной Сибири / И.Ф. Храмцов, Н.А. Пунда // Достижения науки и техники АПК. - 2012. - №3. - С. 24-25.
144. Циков, В.С. Интенсивная технология возделывания кукурузы / В.С. Циков, Л.А. Матюха. - М.: Агропромиздат, 1989. - 245 с.
145. Шелганов, И.И. Особенности минерального питания кукурузы / И.И. Шелганов, А.Н. Воронин // Кукуруза и сорго. – 2008. - №4. – С. 10-11.
146. Шеуджен, А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2013.- 572 с.
147. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Кукуруза / А.Х. Шеуджен. - Майкоп: Изд-во ООО «Аякс», 2010. - 20 с.
148. Шеуджен, А.Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Л.М. Онищенко. - Краснодар: КубГАУ. - 2007. - 498 с.
149. Шиндин, А.П. Кукуруза: современная технология возделывания / А.П. Шиндин, В.Н. Багринцева, Т.И. Борщ: монография. - Москва: ВНИИ кукурузы, 2009. - 127 с.
150. Шмалько, И.А. Совершенствование элементов технологии возделывания кукурузы на зерно на чернозёме обыкновенном: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Шмалько Ирина Анатольевна; Ставроп. гос. аграр. ун-т. - Ставрополь, 2006. - 22 с.
151. Шомахов, Ю.А. Действие флавобактерина и удобрений на концентрацию элементов питания в растении кукурузы в период вегетации / Ю.А. Шомахов, М.Х. Кодзокова // Зерновое хозяйство. - №8. – 2006. - С. 26-28.
152. Штефан, В.К. Жизнь растений и удобрения / В.К. Штефан. - М.: Московский рабочий, 1981. - 241 с.
153. Юдин, Ф.А. Методика агрохимических исследований / Ф.А. Юдин. - М.: Колос, 1980. – 366 с.

154. Юкин, Н.А. Почвенный очерк к почвенной карте учебно-опытного хозяйства «Донское» Октябрьского района Ростовской области / Под редакцией зав. каф. почвоведения, кандидата биологических наук, доцента А.Г. Калмыкова. - ст. Персиановка, 1969. - 50 с.
155. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Под. ред. Б.А. Ягодина. - М.: Колос, 2003. - 584 с.
156. Ягодин, Б.А. Агрохимия: учебник для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям / Под редакцией академика ВАСХНИЛ Б.А. Ягодина. - 2-е издание, переработанное и дополненное. - М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.
157. Borkowski J., Dyki B., Niekraszewicz A., Struszczyk H., Effect of the preparations Biochikol 020 PC, Tytanit, Biosept 33 SL and others on the healthiness of tomato plants and their fruiting in glasshouse. Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives Monograph. 2004 X, H. Struszczyk (ed.). Polish Chitin Society, P. 167-173.
158. Burris, R.Y. //J. Biol. Chem., 2003. P. 24-29.
159. Dart, P.J. Nitrogen fixation associated with non-legumes in agriculture /P.J. Dart //Plant and Soil. – 1986. – V.90. - №1-3. – P.303-334.
160. Delwiche, C.C. Non-symbiotic nitrogen fixation in soils / C.C. Delwiche, I.Wihler //Plant and Soil. – 1956. – V.7. - №2. – P.14-19.
161. Dobereiner, J. // Isotop. Biol. DinitrogenFixat. Proc. Vienna, 1979. P. 51-69.
162. Herridge David F. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems / David F. Herridge, Mark B. Peoples, Robert M. Boddey // Plant and Soil. – 2008. 311, № 1-2. S.1-18.
163. Rose, S. Efficacy of biological and chemical treatments for control of Fusarium root and stem rot on greenhouse cucumber. / S. Rose, M. Parker, Z.K. Punja //Plant Disease 2003. – 87 (12), - P.1462-1470.
164. Klemetsson, L. Dinitrogen and nitrous oxide produced by denitrification and nitrification in soil with and without barley plant / L. Klemetsson, B.H. Svensson, T. Rosswall // Plant Soil, 1987. – Vol. 99. – P. 303-319.

165. Vlassak, K. Agronomic aspects biological dinitrogen fixation by *Azospirillum* spp in temperate region // K. Vlassak, L. Reynders, //Associative N₂ – Fixation. – 1981. V.1. – P. 93-101.
166. Vose, P.B. Developments in non – legume N₂ – fixing system / P.B. Vose // Canad. J. Microbiol, 1983. Vol. 29. – P. 837-850.



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2454060

СПОСОБ ВНЕСЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В РИЗОСФЕРУ РАСТЕНИЙ, ВЫСЕВАЕМЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ СЕЯЛКАМИ НА ЧЕРНОЗЕМАХ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный аграрный университет" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2010147197

Приоритет изобретения **18 ноября 2010 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **27 июня 2012 г.**

Срок действия патента истекает **18 ноября 2030 г.**



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 454 060** (13) **C1**(51) МПК
A01C 21/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2010147197/13, 18.11.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.11.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.11.2010

(45) Опубликовано: 27.06.2012 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2193837 C2, 10.12.2002. RU 2137340
C1, 20.09.1999. RU 2081541 C1, 20.06.1997.
EP 2223586 A1, 01.09.2010.

Адрес для переписки:

346493, Ростовская обл., Октябрьский (с) р-н,
п. Персиановский, Донской ГАУ, каб.25,
НИЧ

(72) Автор(ы):

Агафонов Евгений Васильевич (RU),
Барыкин Виктор Савельевич (RU),
Чернов Александр Ярославович (RU),
Гужвин Сергей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Донской
государственный аграрный университет"
(RU)(54) СПОСОБ ВНЕСЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В РИЗОСФЕРУ РАСТЕНИЙ,
ВЫСЕВАЕМЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ СЕЯЛКАМИ НА ЧЕРНОЗЕМАХ

(57) Формула изобретения

Способ внесения бактериальных удобрений в ризосферу растений, высеваемых пневматическими сеялками на черноземах, заключающийся в использовании для этого имеющихся у сеялок такого типа ящиков для внесения удобрений и туковывсевающих аппаратов механического действия, куда помещается сухая смесь бактериальных удобрений, с гектарной нормой примерно 280 г/га, и балласта - сухого чернозема с диаметром агрегатов 1-3 см, из расчета 0,7-0,8 частей от массы гектарной нормы минеральных удобрений, на внесение которых настроен туковывсевающий аппарат сеялки.

RU 2 4 5 4 0 6 0 C 1

RU 2 4 5 4 0 6 0 C 1

Приложение 2

Характеристика погодных условий в годы исследований в сравнении со среднемноголетней нормой

Месяц	Среднемесячная температура воздуха, °С				Относительная влажность воздуха, %				Сумма осадков, мм			
	2014-2015 с.-х. год	2015- 2016 с.-х. год	2016- 2017 с.-х. год	средне- много- летние	2014- 2015 с.-х. год	2015- 2016 с.-х. год	2016- 2017 с.-х. год	средне- много- летние	2014- 2015 с.-х. год	2015- 2016 с.-х. год	2016- 2017 с.- х. год	средне- много- летние
Сентябрь	17,1	21,5	17,1	16,3	57	49	63,7	64	46,0	1,3	11,7	34,2
Октябрь	7,8	6,9	7,6	8,9	68	66	74,4	74	14,0	42,8	19,4	36,2
Ноябрь	1,4	5,8	2,9	2,5	83	83	83,5	83	8,8	78,8	27,0	36,7
Декабрь	-0,5	1,7	- 4,6	-2,9	90	87	85,1	88	54,1	30,8	18,8	42,5
Январь	-2,2	-4,4	- 2,3	-5,1	91	87	85	87	39,2	72,2	23,3	34,2
Февраль	-0,2	3,7	- 2,5	-5,2	83	85	81	86	32,1	48,1	51,6	30,9
Март	4,5	5,7	6,0	0,3	64	83	70	82	15,0	70,6	34,1	29,7
Апрель	9,8	13,0	9,4	9,7	72	67	70	67	84	17,1	131,4	32,4
Май	16,3	16,5	15,8	16,9	73	77	61	62	132,2	141,5	59,8	39,3
Июнь	22,5	22,4	21,3	20,9	67	67	57	63	37,7	29,2	47,0	60,6
Июль	24,1	24,1	22,9	23,5	57	63	56	60	17,0	36,5	28,9	52,3
Август	24,2	26,0	25,3	22,3	39	54	43	59	2,9	4,0	2,5	39,5
Среднее	10,4	11,9	9,9	9,0	70	72,3	69	74	-	-	-	-
Сумма	-	-	-	-	-	-	-	-	483	572,9	455,5	468,5

Приложение 3

Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2015 году, мм

Слой почвы, см	Срок отбора					
	перед посевом 12.05.15	фаза 7-8 листьев 16.06.15	фаза 10-12 листьев 24.06.15	выметывание 11.07.15	фаза молочно- восковой спелости 1.08.15	уборка на зерно 14.09.15
0-20	37,9	19,3	26,2	10,4	6,6	0,0
20-40	37,9	30,3	30,5	15,6	12,0	6,2
40-60	37,4	34,1	34,8	19,9	14,6	12,7
60-80	37,2	31,4	32,9	22,1	15,3	14,6
80-100	36,9	33,1	36,3	27,8	17,0	14,1
0-60	111,8	83,7	91,6	45,9	33,2	18,9
0-100	187,3	148,1	160,5	95,8	65,5	47,6

Приложение 4

Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2016 году, мм

Слой почвы, см	Срок отбора					
	перед посевом 18.05.2016	фаза 7-8 листьев 22.06.2016	фаза 10-12 листьев 13.07.2016	выметывание 26.07.2016	фаза молочно- восковой спелости 12.08.2016	уборка на зерно 16.09.2016
0-20	21,4	14,4	4,8	15,8	0	0,5
20-40	18,8	23,1	9,6	14,5	7,3	7,9
40-60	19,8	30,8	12,4	19,1	11,5	12,7
60-80	24,8	29,6	17,2	20,4	11,6	13,5
80-100	25,4	29,5	22,5	23,2	13,5	15,1
0-60	60,0	68,2	26,8	49,3	18,7	21,1
0-100	110,2	127,3	66,5	92,9	43,8	49,8

Приложение 5

Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2017 году, мм

Слой почвы, см	Срок отбора					
	перед посевом 05.05.2017	фаза 7-8 листьев 26.06.2017	фаза 10-12 листьев 17.07.2017	выметывание 27.07.2017	фаза молочно- восковой спелости 11.08.2017	уборка на зерно 12.09.2017
0-20	31,7	16,7	9,0	5,7	0,6	7,1
20-40	27,6	24,6	10,6	7,0	4,9	9,7
40-60	32,8	25,7	14,9	7,7	9,7	9,1
60-80	31,8	25,8	17,4	9,6	9,9	11,2
80-100	35,2	29,1	23,4	11,8	12,7	14,9
0-60	92,1	67,0	34,5	20,5	15,1	26,0
0-100	159,1	121,8	75,3	41,9	37,6	52,1

Приложение 6

Динамика аммонийного азота в почве под кукурузой 2015 году, кг/га

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			молочно-восковая спелость			уборка		
слой почвы, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
17,1	14,5	6,5	15,9	16,5	5,4	8,7	8,5	5,5	3,5	4,9	2,8
N ₃₀ P ₄₀											
20,7	15,6	4,9	13,9	16,7	4,7	9,4	7,5	4,5	3,9	5,9	1,2
N ₆₀ P ₄₀											
24,9	15,1	7,0	17,3	12,8	6,8	8,1	7,0	4,2	4,9	5,7	2,2
N ₉₀ P ₄₀											
21,6	13,8	6,1	16,4	13	5,8	11,1	9,1	4,2	3,9	5,0	2,4
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
22,4	14,9	6,6	15,5	14,4	6	9,1	8,0	5,0	4,0	4,2	3,0
N ₆₀ P ₈₀											
20,5	15	6,0	17,1	18	5,4	10,7	8,9	5,5	4,3	5,0	2,4
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀											
20,7	16,1	5,0	16,1	17,6	5,6	8,5	6,0	6,8	4,0	5,0	3,1
НСР ₀₅											
1,4	0,5	1,1	1,0	1,2	0,5	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5

Приложение 7

Динамика аммонийного азота в почве под кукурузой в 2016 году, кг/га

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			молочно-восковая спелость			уборка		
слой почвы, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
6,6	5,1	2,9	3,7	6,0	4,0	3,4	2,5	2,1	1,2	0,8	1,0
N ₃₀ P ₄₀											
10,1	5,5	2,5	3,2	6,5	2,8	3,0	4,4	2,5	2,4	1,9	1,0
N ₆₀ P ₄₀											
10,7	5,5	3,1	5,9	5,7	3,5	4,2	3,8	3,0	1,5	1,0	0,9
N ₉₀ P ₄₀											
9,9	6,0	3,1	4,8	5,3	3,5	3,8	4,0	3,1	2,1	1,2	2,0
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
8,0	5,9	4,1	4,8	4,1	3,4	3,9	2,4	3,1	2,1	2,8	1,2
N ₆₀ P ₈₀											
9,1	6,3	3,7	6,5	5,9	4,0	4,4	2,7	3,3	2,2	2,0	1,2
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀											
6,8	6,1	3,1	4,2	6,6	4,6	3,9	4,0	3,0	1,7	0,5	0,9
НСР ₀₅											
0,1	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Приложение 8

Динамика аммонийного азота в почве под кукурузой в 2017 году, кг/га

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			молочно-восковая спелость			уборка		
слой почвы, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
16,3	10,3	6,9	7,4	5,7	5,0	1,5	1,2	0,8	3,2	2,3	1,2
N ₃₀ P ₄₀											
18,4	9,9	7,1	8,0	5,1	4,7	1,7	1,5	1,2	2,9	2	1,7
N ₆₀ P ₄₀											
19,1	10,5	7,7	8,1	6,6	5,5	2,3	1,5	0,7	3,4	1,9	1,1
N ₉₀ P ₄₀											
22,4	11,1	7,0	8,8	5,9	5,1	2,1	2,0	1,2	3,0	2,1	1,5
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
17,9	11,9	5,8	7,7	5,9	4,1	2,0	1,5	1,2	3,3	2,7	1,5
N ₆₀ P ₈₀											
16,8	12,1	6,6	8,0	6,2	4,0	2,1	1,4	1,0	2,4	1,3	1,0
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀											
18,6	8,9	8,8	6,5	6,0	4,8	2,2	1,8	1,2	3,6	2,1	1,2
HCP ₀₅											
0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2

Приложение 9

Динамика нитратного азота в почве под кукурузой в 2015 году, кг/га

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			молочно-восковая спелость			уборка		
слой почвы, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
14,4	13,9	2,0	10,1	7,8	1,5	7,7	4,4	1,1	3,5	3,9	0,5
N ₃₀ P ₄₀											
21,3	13,3	1,5	19,8	8,9	1,3	14,8	3,4	1,2	3,1	3,2	0,9
N ₆₀ P ₄₀											
26,1	16,0	1,9	22,2	14,7	1,5	18,1	7,0	1,0	7,3	4,0	1,1
N ₉₀ P ₄₀											
29,8	12,1	1,3	27,1	11,9	1,4	24,6	11,6	1,5	5,8	2,7	0,9
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
24,8	11,7	1,4	23,2	9,9	1,2	22,9	4,8	1,1	7,0	1,8	0,3
N ₆₀ P ₈₀											
26,6	15,9	1,3	22,9	13,6	1,5	16,5	5,8	1,7	7,9	4,9	1,2
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀											
19,9	9,2	1,2	18,7	5,8	0,9	20	3,8	0,7	4,6	5,2	1,1
HCP ₀₅											
1,5	0,4	0,2	2,5	0,6	0,3	0,6	0,5	0,2	0,4	0,3	0,1

Приложение 10

Динамика нитратного азота в почве под кукурузой в 2016 году, кг/га

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			молочно-восковая спелость			уборка		
слой почвы, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
6,7	12,3	19,2	5,5	10,1	17,4	9,5	4,4	1,7	5,1	1,2	0,7
N ₃₀ P ₄₀											
15,8	13,1	16,8	14,3	18,2	6,8	5,8	7,1	5,4	7,4	1,5	1,1
N ₆₀ P ₄₀											
35,2	13,5	14,7	23	12,8	7,0	7,2	6,9	3,2	7,4	3,6	4,1
N ₉₀ P ₄₀											
51,4	17,8	13,3	45,1	14,9	5,1	22,5	5,2	4,7	11,1	11,1	1,5
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
31,1	13,3	11,2	23,9	9,1	5,9	8,1	6,6	3,4	12,5	5,4	4,9
N ₆₀ P ₈₀											
29,9	14,3	17,8	28,5	16	14,3	13,7	13,3	5,5	7,7	9,2	4,9
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀											
18,4	15,5	16,9	14,4	17,1	7,5	13,7	8,6	5,4	8,8	6,9	1,7
HCP ₀₅											
1,2	0,2	0,3	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3

Приложение 11

Динамика нитратного азота в почве под кукурузой в 2017 году, кг/га

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			молочно-восковая спелость			уборка		
слой почвы, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
15,1	14,7	6,6	10,1	9,7	3,4	4,2	5,2	1,2	6,3	2,1	0
N ₃₀ P ₄₀											
23,2	13,5	5,9	21,7	11,5	4,4	4,5	6,0	1,0	7,7	3,5	1,7
N ₆₀ P ₄₀											
31,4	15,8	7,1	26,4	14,4	3,0	8,3	5,1	2,0	5,5	3,0	2,5
N ₉₀ P ₄₀											
54,3	19,7	6,4	46,4	17,8	5,6	21,7	11,4	1,8	15,5	7,4	1,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
33,9	14,4	7,1	25,1	13,7	4,1	7,7	4,6	1,9	3,9	3,2	2,1
N ₆₀ P ₈₀											
30,4	13,7	5,4	21,4	12,7	3,3	7,7	4,4	2,5	4,3	2,1	1,3
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀											
24,4	16,2	8,3	8,1	6,2	4,9	6	4,9	4,7	7,4	4,2	1,5
HCP ₀₅											
0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3

Динамика минерального азота в почве под кукурузой в 2015 году, кг/га

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			молочно-восковая спелость			уборка		
слой почвы, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
31,5	28,4	8,5	26,0	24,3	6,9	16,4	12,9	6,6	7,0	8,8	3,3
N ₃₀ P ₄₀											
42,0	28,9	6,4	33,7	25,6	6,0	24,2	10,9	5,7	7,0	9,1	2,1
N ₆₀ P ₄₀											
51,0	31,1	8,9	39,5	27,5	8,3	26,2	14,0	5,2	12,2	9,7	3,3
N ₉₀ P ₄₀											
51,4	25,9	7,4	43,5	24,9	7,2	35,7	20,7	5,7	9,7	7,7	3,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
47,2	26,6	8,0	38,7	24,3	7,2	32	12,8	6,1	11	6,0	3,3
N ₆₀ P ₈₀											
47,1	30,9	7,3	40,0	31,6	6,9	27,2	14,7	7,2	12,2	9,9	3,6
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀											
40,6	25,3	6,2	34,8	23,4	6,5	28,5	9,8	7,5	8,6	10,2	4,2
HCP ₀₅											
2,2	0,8	1,1	2,9	1,5	0,6	0,6	0,8	0,66	1,0	0,6	0,4

Динамика минерального азота в почве под кукурузой в 2016 году, кг/га

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			молочно-восковая спелость			уборка		
слой почвы, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
13,3	17,4	22,1	9,2	16,1	21,4	12,9	6,9	3,8	6,3	2,0	1,7
N ₃₀ P ₄₀											
25,9	18,6	19,3	17,5	24,7	9,6	8,8	11,5	7,9	9,8	3,4	2,1
N ₆₀ P ₄₀											
45,9	19	17,8	28,9	18,5	10,5	11,4	10,7	6,2	8,9	4,6	5,0
N ₉₀ P ₄₀											
61,3	23,8	16,4	49,9	20,2	8,6	26,3	9,2	7,8	13,2	12,3	3,5
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
39,1	19,2	15,3	28,7	13,2	9,3	12,0	9,0	6,5	14,6	8,2	6,1
N ₆₀ P ₈₀											
39,0	20,6	21,5	35,0	21,9	18,3	18,1	16,0	8,8	9,9	11,2	6,1
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀											
25,2	21,6	20	18,6	23,7	12,1	17,6	12,6	8,4	10,5	7,4	2,6
HCP ₀₅											
1,2	0,3	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3

Динамика минерального азота в почве под кукурузой в 2017 году, кг/га

Срок отбора											
7-8 листьев			10-12 листьев			молочно-восковая спелость			уборка		
слой почвы, см											
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Контроль											
31,4	25,0	13,5	17,5	15,4	8,4	5,7	6,4	2,0	9,5	4,4	1,2
N ₃₀ P ₄₀											
41,6	23,4	13,0	29,7	16,6	9,1	6,2	7,5	2,2	10,6	5,5	3,4
N ₆₀ P ₄₀											
50,5	26,3	14,8	34,5	21,0	8,5	10,6	6,6	2,7	8,9	4,9	3,6
N ₉₀ P ₄₀											
76,7	30,8	13,4	55,2	23,7	10,7	23,8	13,4	3,0	18,5	9,5	2,8
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀											
51,8	26,3	12,9	32,8	19,6	8,2	9,7	6,1	3,1	7,2	5,9	3,6
N ₆₀ P ₈₀											
47,2	25,8	12,0	29,4	18,9	7,3	9,8	5,8	3,5	6,7	3,4	2,3
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀											
43,0	25,1	17,1	14,6	12,2	9,7	8,2	6,7	5,9	11	6,3	2,7
НСР ₀₅											
0,5	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,2	0,4	0,3	0,5	0,5	0,3

Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой в 2015 году, мг/кг почвы

Срок отбора							
7-8 листьев		10-12 листьев		молочно-восковая спелость		уборка	
слой почвы, см							
0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Контроль							
10,1	8,3	10	7,9	9,2	7,4	7	8,1
N ₃₀ P ₄₀							
9,7	8,9	10,2	8,6	11,3	7	8,4	10,3
N ₆₀ P ₄₀							
10,7	8,8	10,5	8,6	10,5	8,1	10,4	8
N ₉₀ P ₄₀							
11	9	10,5	7,8	9,4	6,8	8,8	7,1
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀							
10,8	8,8	8,6	7,1	6,1	6,5	5,8	6,6
N ₆₀ P ₈₀							
12,1	9	10,5	7,8	7	6,4	6,8	5,8
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀							
9,4	8,7	9,2	8,3	9,5	8,4	9,4	9,2
НСР ₀₅							
1,4	0,8	1,1	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5

Приложение 16

Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой в 2016 году, мг/кг почвы

Срок отбора							
7-8 листьев		10-12 листьев		молочно-восковая спелость		уборка	
слой почвы, см							
0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Контроль							
15,9	10,2	12,4	8	9	8,7	6,8	6,7
N ₃₀ P ₄₀							
18,2	10,5	15,6	9,2	12,1	9,1	6,3	9
N ₆₀ P ₄₀							
18	10	16,1	9	10,5	6,4	11	4
N ₉₀ P ₄₀							
17,7	10,5	14,3	9,1	10,6	9,1	7,2	6,5
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀							
18,8	9,3	14	9,8	9	5,4	3,6	5,8
N ₆₀ P ₈₀							
21,5	10,8	18,9	9,7	9,6	10	5	6,5
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀							
19	10,7	13,6	8,9	10,9	7,5	6,9	6,2
НСР ₀₅							
1,5	1,0	0,3	0,4	0,7	0,5	0,6	0,7

Приложение 17

Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой в 2017 году, мг/ кг почвы

Срок отбора							
7-8 листьев		10-12 листьев		молочно-восковая спелость		уборка	
слой почвы, см							
0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Контроль							
19,9	18,9	18,4	17,7	12,7	12,5	11,9	9,6
N ₃₀ P ₄₀							
24,1	18,5	20,5	17,9	15,7	13,2	12,1	10
N ₆₀ P ₄₀							
23,3	18	17,9	16,1	13	12,8	10,9	10,1
N ₉₀ P ₄₀							
22,1	17,4	20,2	17	14,1	13,3	9,6	9,5
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀							
22,9	19	16,6	15,4	14,1	13	10,7	10,2
N ₆₀ P ₈₀							
24,8	19,2	21,3	18,6	16,6	14,8	12,5	10,1
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀							
22,3	17,6	19,3	18	14,2	12,1	12,5	12
НСР ₀₅							
1,4	1,4	0,3	0,7	0,5	0,4	0,6	0,3

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по НИР ДонГАУ
Громаков А.А.

«28» сентября 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель хозяйства
Бельгин А.А.

«26» сентября 2018 г.

А К Т

внедрения результатов научно-исследовательских работ
«20» сентября 2018 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Донского государственного аграрного университета доцент, доктор с.-х. наук Каменев Р.А., аспирант Севостьянова А.А.
(должность, фамилия, имя, отчество)

_____, с одной стороны,
и представители СПК «Победа» Азовского района Ростовской области

(наименование предприятия, учреждения, организации)

председатель Бельгин Андрей Анатольевич
главный агроном Понятовский Вячеслав Владимирович
(должность, фамилия, имя, отчество)

_____, с другой стороны,
составили настоящий акт в том, что в 2018 г.
(сроки внедрения)

в результате проведения научно-исследовательских работ по теме: «Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под кукурузу на зерно на черноземе обыкновенном по соглашению от «10» февраля 2018 г.
на полях СПК «Победа» Азовского района Ростовской области

(наименование предприятия, организации, учреждения)

внедрено применение бактериальных азотфиксирующих препаратов на посевах кукурузы на зерно на черноземе обыкновенном
(наименование процесса, машины, материала и др.)

В процессе внедрения выполнены следующие работы

На площади 35 и 60 га посевов кукурузы в 2018 г. отобраны почвенные образцы, исследована обеспеченность растений доступными формами элементов питания, определено действие бактериальных препаратов и минеральных удобрений на урожайность зерна кукурузы

От внедрения получен следующий технико-экономический эффект (в рублях и других показателях) _____

Применение бактериального препарата 2П-7 при посеве кукурузы увеличивало урожайность зерна кукурузы на 0,56 т/га или на 22,1%. дополнительный условно чистый доход с 1 га повысился на 6250 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 22%, себестоимость продукции снизилось на 0,52 руб./кг.

Применение бактериального препарата Мизорин при посеве кукурузы увеличивало урожайность зерна кукурузы на 0,61 т/га или на 18,4%. дополнительный условно чистый доход с 1 га повысился на 5780 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 17%, себестоимость продукции снизилось на 0,35 руб./кг.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ

Для повышения экономической эффективности возделывания зерновой кукурузы рекомендуется внедрить применения бактериальных препаратов 2П-7 и Мизорин на всей площади возделываемой кукурузы, согласно структуры посевных площадей хозяйства.

Акт составлен в 3 экземплярах:

1-й и 3-й экз. — ДонГАУ

2-й — заказчику

Представители ДонГАУ _____

Р.А. Каменев (Каменев Р.А.)
А.А. Севостьянова (Севостьянова А.А.)

Представители заказчика _____



(Бельгин А.А.)

(Понятовский В.В.)

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по НИР ДонГАУ
Громаков А.А.

«18» сентября 2018 г.



«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель хозяйства
Борщенко А.П.

«14» сентября 2018 г.



А К Т

внедрения результатов научно-исследовательских работ

«5» сентября 2018 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Донского государственного аграрного университета доцент, доктор с.-х. наук Каменев Р.А., ассистент Севостьянова А.А.
(должность, фамилия, имя, отчество)

_____, с одной стороны,
и представители ООО «Заря» Обливского района Ростовской области

(наименование предприятия, учреждения, организации)

генеральный директор Борщенко Александр Петрович

главный агроном Ключев Игорь Витальевич

(должность, фамилия, имя, отчество)

_____, с другой стороны,
составили настоящий акт в том, что в 2018 г.

(сроки внедрения)

в результате проведения научно-исследовательских работ по теме: «Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под кукурузу на зерно» по соглашению от «15» марта 2018 г.

на полях ООО «Заря» Обливского района Ростовской области

(наименование предприятия, организации, учреждения)

внедрено применение бактериальных азотфиксирующих препаратов на посевах кукурузы на зерно

(наименование процесса, машины, материала и др.)

В процессе внедрения выполнены следующие работы

На площади 45 га посевов кукурузы в 2018 г. отобраны почвенные образцы, исследована обеспеченность растений доступными формами элементов питания, определено действие бактериальных препаратов на урожайность зерна кукурузы

От внедрения получен следующий технико-экономический эффект (в рублях и других показателях)

Применение бактериального препарата 2П-7 при посеве кукурузы увеличивало урожайность зерна кукурузы на 0,43 т/га или на 37,2%, дополнительный условно чистый доход с

1 га повысился на 4330 руб., уровень рентабельности увеличился по сравнению с контрольным вариантом на 18%, себестоимость продукции снизилась на 0,45 руб./кг.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ

Для повышения экономической эффективности возделывания зерновой кукурузы рекомендуется внедрить применения бактериального препарата 2П-7 на всей площади возделываемой кукурузы, согласно структуры посевных площадей хозяйства.

Акт составлен в 3 экземплярах :

1-й и 3-й экз. — ДонГАУ

2-й — заказчику

Представители ДонГАУ _____

Каменев (Каменев Р.А.)
Севостьянова (Севостьянова А.А.)

Представители заказчика _____

Борщенко (Борщенко А.П.)
Клюев (Клюев И.В.)



Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна кукурузы в 2015 г.

3,59	4,93	5,13	5,35	5,91	4,93	5,02	5,13	5,35	4,79	4,81	5,02	5,32	4,9	5,21	5,36	5,43	4,56	4,84
3,65	4,59	4,79	4,63	5,68	5,16	5,18	6,07	5,29	5,25	5,43	5,13	5,32	5,59	5,04	5,02	5,21	4,67	4,84
3,39	4,93	5,02	5,24	6,19	4,7	5,07	5,35	6,19	4,79	5,65	5,02	4,93	5,25	5,43	5,02	5,09	4,56	4,61
3,41	4,85	5,01	5,02	5,96	4,96	4,96	5,24	5,46	4,79	5,21	4,56	5,09	5,48	5,77	5,02	5,09	5,36	5,71

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	20,573	75			
повторностей	0,052	3			
вариантов	16,014	18	0,8897	10,7	1,74
остатка	4,507	54	0,08346		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,08346^2}{4}} = 0,204$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 1,98 \cdot 0,204 = 0,40$$

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна кукурузы в 2016 г.

3,14	3,7	4,16	4,67	5,1	4,06	4,67	4,93	5,1	3,5	4,1	3,5	4,43	3,5	4,17	4,25	4,69	3,25	3,65
2,96	2,96	3,64	3,9	4,3	3,55	3,9	3,9	4,3	4	4,93	3,5	4,17	3,75	4,43	4,25	4,69	3,25	4,17
2,9	3,2	3,64	4,16	4,56	3,8	3,9	4,41	4,83	4,5	4,69	3,75	4,43	4	4,69	3,75	4,17	3,5	3,91
2,66	3,45	3,9	4,16	4,3	3,55	4,16	4,16	4,3	3,75	4,43	3,5	3,91	3,75	4,69	4	4,43	3,75	3,91

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	21,351	75			
повторностей	0,566	3			
вариантов	16,237	18	0,9021	10,7	1,74
остатка	4,548	54	0,08422		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,08422^2}{4}} = 0,205$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 1,98 \cdot 0,205 = 0,41$$

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна кукурузы в 2017 г.

2,66	2,97	3,29	3,76	3,88	3,21	3,69	4,12	4,56	3,79	4,33	3,29	3,82	3,46	4,28	3,56	4,35	3,09	3,3
2,67	2,93	3,41	3,69	3,94	3,19	3,76	4,28	4,47	3,92	4,18	3,35	3,87	3,56	4,21	3,51	4,31	3,14	3,33
2,78	3	3,45	3,79	4,2	3,25	3,92	4,22	4,39	3,86	4,23	3,47	3,91	3,41	4,25	3,48	4,38	3,12	3,38
2,73	3,3	3,61	4	4,38	3,23	3,83	4,38	4,58	3,75	4,1	3,37	3,92	3,57	4,1	3,53	4,28	3,13	3,27

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	18,386	75			
повторностей	0,088	3			
вариантов	17,811	18	0,9895	109,8	1,74
остатка	0,487	54	0,00901		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,00901^2}{4}} = 0,067$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 1,98 \cdot 0,067 = 0,13$$

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна кукурузы в 2015-2017 гг.

3,51 4,83 4,99 5,06 5,94 4,94 5,06 5,45 5,57 4,91 5,28 4,93 5,17 5,31 5,36 5,11 5,21 4,79 5
 2,84 3,33 3,83 4,22 4,56 3,74 4,16 4,35 4,63 3,93 4,55 3,56 4,23 3,75 4,5 4,06 4,5 3,43 3,91
 2,71 3,05 3,44 3,81 4,1 3,22 3,8 4,25 4,5 3,83 4,21 3,37 3,88 3,5 4,21 3,52 4,33 3,12 3,32

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	32,674	56			
повторностей	19,960	2			
вариантов	11,498	18	0,6388	18,9	1,79
остатка	1,217	36	0,03380		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,03380^2}{3}} = 0,15$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,01 \cdot 0,15 = 0,30$$

Результаты дисперсионного анализа белковость в зерне кукурузы в 2015 г.

9,3 9,6 10,1 9,9 10,2 9,7 10,1 10 10,3 10,7 10,3 10,1 10,4 10 10,6
 9,5 9,9 10 10,1 10,4 10 10 9,8 10,2 10,5 10,5 10,2 10,5 9,9 10,8
 9,7 9,7 10,1 10 10,3 10,1 10,2 10,1 10,4 10,6 10,4 10,3 10,7 10,2 10,5
 10 9,9 10,8 10,1 10,6 9,6 10,8 10,2 10,8 10,8 10,5 10,4 10,6 10,3 11

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	7,902	59			
повторностей	0,974	3			
вариантов	5,764	14	0,412	14,9	1,74
остатка	1,164	42	0,028		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,028^2}{4}} = 0,12$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,01 \cdot 0,12 = 0,24$$

Результаты дисперсионного анализа белковость в зерне кукурузы в 2016 г.

8,9 10,4 11,1 11,1 10,6 9,4 10,2 10,6 10,9 9,9 10,7 9,8 10,3 10 10,7
 8,9 10,5 10,9 10,9 10,8 9,8 10 10,5 11,1 10,1 10,9 10,1 10,4 10,1 10,6
 9,1 10,7 11,1 11,1 10,4 9,7 10,1 10,8 10,8 10 10,9 10 10,5 10 10,5
 9,1 10,4 11,1 10,7 10,4 9,6 10,1 11 10,9 9,9 10,8 9,8 10,6 10,7 10,4

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	18,867	59			
повторностей	0,051	3			
вариантов	17,652	14	1,261	45,5	1,74
остатка	1,164	42	0,028		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,028^2}{4}} = 0,12$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,01 \cdot 0,12 = 0,24$$

Результаты дисперсионного анализа белковость в зерне кукурузы в 2017 г.

8,8 9,5 10,3 10,2 10,3 8,8 9,1 9,5 9,9 10,4 10,3 9,5 9,6 9,7 10,5
 8,7 9,4 10 10 10,1 9,1 9,3 9,3 10 10 10,2 9,7 9,7 10 10,2
 8,9 9,6 10,1 10,3 10,2 8,9 9,1 9,5 10,2 10,2 10,4 9,7 9,8 10 10,1
 9,1 9,7 10,3 10,4 10,4 9,2 9,2 9,5 10,1 10,3 10,6 9,6 9,8 10 10,3

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	14,717	59			
повторностей	0,284	3			
вариантов	13,782	14	0,984	63,5	1,74
остатка	0,651	42	0,016		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,016^2}{4}} = 0,09$$

$$HCP_{05} = t_{05}^* Sd = 2,01 \cdot 0,09 = 0,18$$

Результаты дисперсионного анализа белковость в зерне кукурузы в годы исследований

9,63 9,75 10,26 10,03 10,37 9,86 10,26 10,03 10,43 10,66 10,43 10,26 10,55 10,09 10,72
 9,01 10,49 11,06 10,94 10,55 9,63 10,09 10,72 10,94 9,98 10,83 9,92 10,43 10,2 10,55
 8,89 9,58 10,15 10,2 10,26 9,01 9,18 9,46 10,03 10,2 10,37 9,63 9,75 9,92 10,26

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	11,742	44			
повторностей	2,598	2			
вариантов	6,595	14	0,4711	5,2	1,91
остатка	2,548	28	0,09101		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,09101^2}{3}} = 0,25$$

$$HCP_{05} = t_{05}^* Sd = 2,05 \cdot 0,25 = 0,51$$

Результаты дисперсионного анализа сбор белка в зерне кукурузы в 2015 г.

289 406 448 504 440 402 417 431 472 452 460 465 487 391 441
 297 389 411 493 465 450 466 433 467 507 455 440 470 398 448
 284 411 436 531 447 416 496 438 440 479 487 445 467 400 416
 293 411 467 520 452 397 483 400 474 508 523 450 464 473 540

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	176313,9	59			
повторностей	4611,9	3			
вариантов	147118,4	14	10508,5	18,0	1,74
остатка	24583,6	42	585,3		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 585,3^2}{4}} = 17,11$$

$$HCP_{05} = t_{05}^* Sd = 2,01 \cdot 17,11 = 34$$

Результаты дисперсионного анализа сбор белка в зерне кукурузы в 2016 г.

242 330 398 485 426 283 360 319 417 297 384 358 414 279 336
 199 267 343 403 361 337 423 316 397 325 417 369 418 284 380
 232 293 346 436 350 375 407 347 413 345 439 322 376 302 353
 207 309 373 396 371 311 384 331 368 320 435 337 404 344 349

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	202301,9	59			
повторностей	578,7	3			
вариантов	170541,4	14	12181,5	16,4	1,74
остатка	31181,8	42	742,4		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 742,4^2}{4}} = 19,27$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,01 \cdot 19,27 = 39$$

Результаты дисперсионного анализа сбор белка в зерне кукурузы в 2017 г.

202 243 290 340 327 288 340 269 324 309 378 291 360 258 298
 200 237 293 338 328 306 334 269 332 305 369 293 361 271 292
 214 249 299 371 344 297 330 282 343 299 381 292 369 268 293
 213 277 319 391 342 296 326 276 340 315 374 291 361 269 289

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	121434,6	59			
повторностей	1251,3	3			
вариантов	116595,3	14	8328,2	97,5	1,74
остатка	3588,0	42	85,4		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 85,4^2}{4}} = 6,54$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,01 \cdot 6,54 = 13$$

Результаты дисперсионного анализа сбор белка в зерне кукурузы в годы исследований

291 405 440 512 451 416 466 425 464 487 481 451 472 416 461
 220 300 364 429 377 326 395 328 398 322 419 346 404 301 355
 207 251 300 360 335 297 332 274 335 307 376 292 363 266 293

дисперсия	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F _ф	F ₀₅
общая	253770,4	44			
повторностей	144894,0	2			
вариантов	100863,8	14	7204,6	25,2	1,91
остатка	8012,622	28	286,2		

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 286,2^2}{3}} = 13,8$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 13,8 = 28$$