

*На правах рукописи*

**Власов Павел Николаевич**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ  
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО  
В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность 06.01.04 – Агрохимия

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»

Научный руководитель: **Моисеев Анатолий Андреевич**,  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Официальные оппоненты: **Пронько Виктор Васильевич**, доктор  
сельскохозяйственных наук, профессор, Научно-  
производственное объединение «Сила жизни»,  
зав. отделом науки и развития  
**Семина Светлана Александровна**, доктор  
сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ  
ВО Пензенская ГСХА, профессор кафедры  
переработки сельскохозяйственной продукции

Ведущая организация: ФГБНУ «Научно-исследовательский институт  
сельского хозяйства Юго-Востока»

Защита состоится «8» декабря 2016 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» по адресу 410012, г. Саратов, Театральная пл., д. 1.

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

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

Автореферат разослан

2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Нарушев Виктор Бисенгалиевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Вопрос отзывчивости сельскохозяйственных культур на внесение удобрений изучается давно, однако до настоящего времени эти исследования остаются актуальными, что обусловлено рядом причин. В.Г. Минеев (1993) указывал, что ведущим фактором увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур выступают удобрения, их применение способствует увеличению прибавок урожая до 60 %.

Кукуруза является одной из важнейших сельскохозяйственных культур в мире из-за высокой потенциальной урожайности и универсальности использования. В условиях северной зоны лесостепи Среднего Поволжья кукуруза возделывается, начиная со второй половины 50-х годов XX века, как основная силосная культура. С появлением скороспелых гибридов, которые потенциально способны обеспечить высокие урожаи зерна (8-10 т/га), стало эффективным выращивание культуры в этой сельскохозяйственной зоне. Однако на сегодняшний день технология возделывания кукурузы на зерно для почвенно-климатических условий северной части лесостепи Среднего Поволжья не разработана, в особенности это касается элементов, связанных с применением минеральных удобрений. Не осуществлен подбор наиболее отзывчивых на удобрения, адаптированных и стабильных по урожайности гибридов. Изучение этих вопросов и составляет основу представленной диссертационной работы, определяет ее актуальность, научное и практическое значение.

Исследования проводились в рамках темы «Повышение плодородия почвы и устойчивости агрофитоценозов к неблагоприятным факторам окружающей среды и совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных и декоративных культур в адаптивно-ландшафтном земледелии» (№ гос. регистрации 01.201.002631), которая входила в план НИОКР ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

**Степень разработанности проблемы.** Изучением приемов возделывания кукурузы на зерно в Поволжье занимались А.А. Беляева (2003), А.Ф. Дружкин (2004,2015), Е.В. Александрова (2007), С.А. Семина (2007,2009,2012,2013, 2014, 2015), А.И. Волков (2012,2013,2014,2015). Наши исследования направлены на развитие существующего учения о применении удобрений под кукурузу при выращивании на зерно в лесостепи Среднего Поволжья.

**Цель и задачи исследований.** Цель исследований заключалась в определении эффективности минеральных удобрений и микроудобрения микроэл при возделывании на зерно гибридов кукурузы различных групп спелости на черноземе выщелоченном лесостепи Среднего Поволжья.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

– выявить действие минеральных удобрений и микроудобрения микроэл, а также их сочетаний на урожайность, качество и химический состав зерна различных гибридов кукурузы;

– установить коэффициенты использования азота, фосфора и калия из удобрений различными гибридами кукурузы при выращивании на зерно в зоне черноземов выщелоченных лесостепи Среднего Поволжья;

– определить баланс азота, фосфора и калия при возделывании различных гибридов кукурузы на зерно;

– оценить влияние удобрений на рост и развитие, фотосинтетическую деятельность и продукционный процесс различных гибридов кукурузы при выращивании на зерно;

– дать экономическую, энергетическую и экологическую оценку применения удобрений при возделывании различных гибридов кукурузы на зерно в зоне черноземов выщелоченных лесостепи Среднего Поволжья.

**Научная новизна исследований.** Впервые применительно к зоне черноземов выщелоченных лесостепи Среднего Поволжья проведена оценка влияния минеральных удобрений и микроудобрения микроэл на продуктивность различных гибридов кукурузы при выращивании на зерно.

Разработаны новые элементы технологии возделывании кукурузы на зерно, связанные с применением удобрений на черноземе выщелоченном. Выявлена высокая эффективность применения различных удобрений и оптимальные дозы их внесения под гибриды кукурузы различных групп спелости в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

**Теоретическая и практическая ценность работы.** Теоретическая значимость работы заключается в определении показателей фотосинтетической деятельности, особенностей роста, развития растений, продукционного процесса, качества, химического состава зерна различных гибридов кукурузы в зависимости от удобрений в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Использование рекомендуемых доз удобрений при возделывании скороспелых гибридов кукурузы в зоне черноземов выщелоченных лесостепи Среднего Поволжья позволяет получать стабильные урожаи на уровне 8-10 т/га высококачественного зерна.

Внедрение усовершенствованной технологии применения удобрения при возделывании кукурузы в ООО «Нива» Октябрьского района Республики Мордовия повысило урожайность зерна на 1,14-2,80 т/га и обеспечило условный чистый доход 24-34 тыс. руб./га при уровне рентабельности 102-114%.

**Объекты и предмет исследований.** Объект исследований – минеральные удобрения, микроудобрение микроэл, гибриды кукурузы.

Предмет исследований – особенности влияния различных видов, доз и сочетаний удобрения на формирование продуктивности скороспелых гибридов кукурузы при выращивании на зерно.

**Методология и методы исследований.** Методология основана на использовании результатов ранее проведенных исследований. Теоретические методы – изучение и анализ научной литературы отечественных и зарубежных авторов, обработка результатов исследований методами параметрической статисти-

стики. Эмпирические методы – лабораторные и полевые исследования, графическое и табличное отображение полученных результатов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Особенности влияния минеральных удобрений и микроудобрения микрорезл на продуктивность, химический состав и качественные показатели зерна гибридов кукурузы различных групп спелости.

2. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из удобрений различными гибридами кукурузы при выращивании на черноземе выщелоченном лесостепи Среднего Поволжья.

3. Характер изменения баланса азота, фосфора и калия в зависимости от применения удобрений и изучаемых гибридов кукурузы.

4. Закономерности воздействия различных удобрений на рост и развитие, фотосинтетическую деятельность и продукционный процесс различных гибридов кукурузы при выращивании на зерно.

5. Показатели экономической, энергетической и экологической оценки применения удобрений при выращивании различных гибридов кукурузы на зерно в зоне черноземов выщелоченных лесостепи Среднего Поволжья.

**Степень достоверности результатов исследований.** Объективность и достоверность полученных результатов подтверждена многолетним периодом исследований, применением современных методик закладки и проведения опытов, статистической обработкой экспериментальных данных.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались на Международной научной конференции в ГНУ «Ульяновский НИИСХ» «Актуальные вопросы современного земледелия: опыт, проблемы, перспективы» (Ульяновск, 2015), на Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 65-летию Мордовского НИИСХ «Научные основы современных агротехнологий в сельскохозяйственном производстве» (Саранск, 2015).

**Публикации.** По материалам исследований опубликовано 8 научных статей, в том числе 3 статьи в изданиях из перечня ВАК РФ.

**Структура объем и диссертации.** Диссертация изложена на 158 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения и предложений производству, включает 28 таблиц, 74 приложения. Список литературы содержит 213 источников, в т.ч. 4 – зарубежных авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во «**Введении**» изложена актуальность проблемы, общая характеристика работы, цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, представлены результаты апробации работы.

В первой главе «**Обзор литературы**» на основании обзора научных публикаций показана степень изученности проблемы, приведены наиболее важные

сведения по влиянию макро- и микроудобрений на продуктивность зерновой кукурузы в России и за рубежом. Рассмотрена отзывчивость гибридов кукурузы различной скороспелости на уровень минерального питания.

Во второй главе «Программа, методика и условия проведения исследований» приведены почвенные и климатические условия, схемы опытов и методики проведения исследований.

Двухфакторный полевой опыт проводился в 2012-2014 гг. на территории землепользования ООО «Нива» Октябрьского района Республики Мордовия методом рендомизированных повторений. Повторность в опытах – трехкратная. Площадь делянки 70 м<sup>2</sup> (5,6 × 12,5 м).

Фактор А (гибриды кукурузы) включал следующие варианты: 1. *ПР39Х32* (ФАО 180, компания «Дюпон-Пионер»); 2. *НК Фалькон* (ФАО 190, компания «Сингента»); 3. *Делитон* (ФАО 210, компания «Сингента»); 4. *Роналдинио* (ФАО 210, компания «КВС»); 5. *ПР39В45* (ФАО 220, компания «Дюпон-Пионер»); 6. *Белкорн 250МВ* (ФАО 220, компания НСХСС ООО «Белкорн»).

Фактор В (дозы удобрений) состоял из следующих вариантов: 1. Без удобрения (контроль); 2. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> под предпосевную культивацию; 3. N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> под предпосевную культивацию; 4. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> под предпосевную культивацию + микроэл, 0,2 л/га – опрыскивание посевов в период 5-7 листьев кукурузы; 5. N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> под предпосевную культивацию + микроэл, 0,2 л/га – опрыскивание посевов в период 5-7 листьев кукурузы; 6. Микроэл, 0,2 л/га – опрыскивание посевов в период 5-7 листьев кукурузы.

Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса – 7,2%, подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 128-189 и 125-172 мг/кг почвы соответственно. Гидролитическая кислотность – 7,4-8,3 смоль/кг, сумма поглощенных оснований – 26,8-38,9 смоль/кг, степень насыщенности основаниями – 79-84%, рН<sub>KCl</sub> – 5,7-6,5. Содержание в почве подвижных форм бора и меди высокое, молибдена, марганца и кобальта – среднее.

В годы исследований погодные условия вегетационного периода кукурузы были различными, о чем говорит показатель ГТК. 2012 г. был средне увлажнен и хорошо обеспечен теплом (ГТК=1,1): осадков выпало 224 мм, сумма активных температур выше 10°C составила 1985°C. Эти показатели мало отличались от средних многолетних значений. 2013 г. был достаточно увлажнен и хорошо обеспечен теплом (ГТК=1,4): осадков выпало 280 мм, сумма активных температур выше 10°C составила 2084°C. 2014 г. характеризовался как остро засушливый (ГТК=0,5): осадков выпало 113 мм при повышенных значениях суммы активных температур – 2268°C.

Исследования, учеты, наблюдения и анализы проводились в соответствии с общепринятыми методиками (Доспехов Б.А., 1972, 1985; Агрохимические методы..., 1975; Программа и методика..., 1990) и по соответствующим ГОСТам.

В почвенных образцах (А<sub>п</sub>) перед закладкой опыта определяли: гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-91), рН<sub>сол</sub> – потенциометрическим методом ЦИНАО

(ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-91), сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91) с последующим определением фосфора на фотоколориметре, а калия – на пламенном фотометре.

Коэффициенты использования элементов питания из удобрений (КИУ) рассчитывали методом разности между выносами азота, фосфора и калия урожаем на удобренных вариантах опыта и контроле без удобрений с последующим расчетом процентного показателя по отношению к количеству питательных веществ, внесенных в почву с удобрениями (Юдин Ф.А., 1980).

Баланс азота, фосфора и калия в почве рассчитывали по общепринятой методике на основании данных выноса основных питательных веществ с урожаем и их поступления в почву (Методические указания..., 2000).

Фенологические наблюдения, учет густоты, высоты растений, определение структуры урожая осуществляли по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985). Площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал (ФП), чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), определяли по методике А.А. Ничипоровича (1961) и И.С. Шатилова (1973). Учет урожая зерна кукурузы проводился методом пробного снопа вручную в период восковая – полная спелость зерна при одновременном подсчете растений, початков и листостебельной массы.

Химический состав зерна кукурузы определяли на инфракрасном анализаторе «Инфра Люм», массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89.

Содержание в урожае валовой и обменной энергии, энергетических кормовых единиц рассчитывали с учетом коэффициентов переваримости по М.Ф.Томмэ (1969). Энергетическая оценка рекомендуемых приемов возделывания кукурузы выполнена по методике РАСХН (Методическое пособие..., 1997), экономическая – по нормативным и фактическим затратам с применением технологических карт возделывания культуры (Методические указания..., 1979; Опытное дело в полеводстве, 1982).

Результаты исследований обработаны статистически методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов (Доспехов Б.А., 1972, 1985; Уланова Е.С., Забелин В.Н., 1990; Зайцев Г.Н. 1991).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**В третьей главе «Влияние удобрений на продуктивность, качественный и химический состав зерна гибридов кукурузы»** приведены данные по урожайности, качеству зерна, отзывчивости гибридов кукурузы на внесение удобрений, оценке их эффективности.

В проведенных исследованиях выявлено существенное действие минеральных удобрений и микроудобрения микроэл на урожайность зерна гибридов кукурузы в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

В среднем по гибридам (фактор А) наименьшая урожайность зерна получена у гибрида отечественной селекции *Белкорн 250МВ* – 6,70 т/га, а наибольшая у *ПР39В45* – 8,65 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние различных фонов минерального питания на урожайность гибридов кукурузы, т/га (среднее за 2012-2014 гг.)

Гибриды кукурузы (А)	Удобрение (В)						Среднее по фактору (А)
	Без удобрений (контроль)	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +микроэл	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +микроэл	микроэл	
<i>ПР39Х32</i>	6,13	7,65	8,42	7,88	8,70	6,40	7,53
<i>НК Фалькон</i>	6,82	8,44	9,09	8,76	9,41	7,05	8,26
<i>Делитон</i>	7,16	8,72	9,49	9,10	9,65	7,38	8,58
<i>Роналдинио</i>	6,19	7,77	8,43	8,11	8,55	6,50	7,59
<i>ПР39В45</i>	7,09	8,83	9,55	9,07	9,88	7,48	8,65
<i>Белкорн 250МВ</i>	5,63	6,77	7,39	6,91	7,55	5,93	6,70
Среднее по фактору (В)	6,51	8,03	8,73	8,30	8,96	6,79	7,88
Fф (А)	62,85*			F <sub>05</sub> (А)	2,35		
Fф (В)	114,35*			F <sub>05</sub> (В)	2,35		
Fф (А + В)	0,37			F <sub>05</sub> (А + В)	1,68		
HCP <sub>05</sub> (А)	0,27						
HCP <sub>05</sub> (В)	0,27						

На контрольном варианте без удобрений урожайность зерна в среднем по гибридам составила 6,51 т/га. При внесении дозы минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> получена прибавка зерна 1,52 т/га или 23%. При увеличении дозы азота в составе полного минерального удобрения до N<sub>90</sub> отмечен дальнейший достоверный рост урожайности зерна – в среднем на 2,22 т/га или 34%. Некорневая подкормка посевов микроудобрением микроэл обеспечила рост урожайности гибридов на 4%. Наибольшее влияние на продуктивность гибридов кукурузы оказало совместное применение N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+микроэл. При этом дополнительный сбор зерна составил 2,45 т/га или 37%.

Наибольшую урожайность зерна обеспечили гибриды *Делитон* и *ПР39В45* на варианте с совместным применением N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+микроэл – соответственно 9,65 и 9,88 т/га.

При анализе элементов продуктивности установлено, что наибольшая густота стояния растений перед уборкой была у гибрида *Делитон* – 67,1 тыс. шт./га. Применение минеральных удобрений и микроудобрения микроэл не оказали существенного влияния на этот структурный показатель урожая.

На формирование количества початков на 1 га посева достоверное влияние оказали биологические особенности возделываемых гибридов и условия минерального питания растений. Наибольшее количество початков формировалось в посевах гибрида *ПР39В45* – 77,2 тыс. шт./га. На контроле, а также на вариантах с внесением N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и микроэла отмечено практически равное число початков – 72,3, 73,2 и 72,0 тыс. шт./га соответственно.

Достоверное увеличение числа початков на 3-4 % отмечено на вариантах с применением  $N_{60}P_{60}K_{60}$ +микроэл и  $N_{90}P_{60}K_{60}$  как отдельно, так и совместно с микроудобрением микроэл.

Наименьшее количество початков на 100 растений сформировалось на гибридах *НК Фалькон* и *Делитоп* – соответственно 109 и 111 шт., а наибольшее – на гибридах *Белкорн 250МВ* и *ПР39В45* – 117 шт. у обоих.

Наименьшее число зерен в початке отмечено у гибрида *Роналдинио* – 427 шт., а наибольшее их число – у гибрида *ПР39В45* – 519 шт. На варианте без удобрений в среднем по гибридам получено 416 зерен в початке. Применение минеральных удобрений и микроудобрения микроэл увеличивало озерненность початков на 15-26%.

На массу зерна с початка наибольшее влияние оказали удобрения и в меньшей мере биологические особенности изучаемых гибридов. Наименьшая масса зерна с 1 початка была у гибрида *Белкорн 250МВ* – 109 г. Наиболее полновесные початки формировались у гибрида *ПР39В45*, со средней массой 131 г зерна с 1 початка. На варианте без удобрений в среднем с 1 початка получено 102 г зерна. Минеральные удобрения в дозах  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и  $N_{90}P_{60}K_{60}$  повышали этот структурный показатель на 21 и 32% соответственно, а на вариантах с их совместным применением с микроудобрением микроэл он увеличился на 25 и 35% соответственно.

Роль отдельных элементов структуры в формировании урожайности посевов показывают рассчитанные корреляционные зависимости и коэффициенты корреляции (таблица 2).

Таблица 2 – Корреляционные зависимости между урожайностью и структурными показателями

Корреляционная зависимость	Коэффициент корреляции (r)	Уравнение регрессии	Значимые для x
Урожайность – густота растений перед уборкой, тыс. шт./га	0,63; $t_{\phi} = 4,67$ ;	$Y = -15,7 + 0,36x$	62,5–67,1
Урожайность – количество початков, тыс. шт./га	0,64; $t_{\phi} = 4,87$ ;	$Y = -14,4 + 0,30x$	71,7–77,2
Урожайность – количество початков на 100 растений, шт.	0,09; $t_{\phi} = 0,56$ ;	$Y = 3,69 + 0,03x$	109–117
Урожайность – число зерен в початке, шт.	0,83; $t_{\phi} = 8,51$ ;	$Y = -0,903 + 0,018x$	426–518
Урожайность – масса зерна с початка, г	0,98; $t_{\phi} = 29,6$ ;	$Y = -1,05 + 0,073x$	109–131

Примечание.  $t_{05} = 2,02$  в этой таблице и далее

Результаты исследований показывают, что окупаемость минеральных удобрений напрямую зависела от дозы их внесения и величины прибавок урожайности, погодных условий, а также от высеваемого гибрида. В вариантах  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл получена наибольшая окупаемость 1 кг д.в. удобрений –

11,7 кг зерна в среднем по гибридам. При этом несколько большей она была на гибриде *ПР39В45* – 13,3 кг/кг. Самая низкая окупаемость туков зерном получена при выращивании гибрида *Белкорн 250МВ* – 9,1 кг/кг.

Установлено, что как по годам, так и в среднем за годы исследований биологические особенности гибридов и фоны минерального питания существенно не повлияли на Кхоз – в среднем по опыту этот показатель варьировал от 0,42 в 2013 году до 0,43 в 2012 и 2014 годах.

Сбор сухого вещества зависел в большей мере от удобрений и в меньшей степени от генетических особенностей гибридов. По средним данным 2012-2014 гг. наименьший сбор сухого вещества отмечен на гибриде *Белкорн 250 МВ* – 16,0 т/га, а наибольший – на гибриде *ПР39В45* – 20,51 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние различных фонов минерального питания на сбор сухого вещества, т/га (среднее за 2012-2014 гг.)

Гибриды кукурузы (А)	Удобрение (В)						Среднее по фактору (А)
	Без удобрений (контроль)	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	микроэл	
<i>ПР39Х32</i>	14,44	16,86	18,78	17,40	19,35	14,49	16,89
<i>НК Фалькон</i>	15,66	18,68	20,37	19,26	20,66	16,12	18,46
<i>Делитоп</i>	16,38	19,50	21,07	19,64	21,14	16,79	19,09
<i>Роналдинио</i>	14,87	17,80	19,64	18,86	20,01	15,54	17,79
<i>ПР39В45</i>	16,96	20,64	22,58	21,59	23,19	18,07	20,51
<i>Белкорн 250МВ</i>	14,21	16,12	16,91	16,37	17,67	14,70	16,00
Среднее по фактору (В)	15,42	18,27	19,89	18,85	20,34	15,95	18,12
Fф (А)	120,40*			F <sub>05</sub> (А)	2,35		
Fф (В)	192,45*			F <sub>05</sub> (В)	2,35		
Fф (А + В)	1,46			F <sub>05</sub> (А + В)	1,68		
HCP <sub>05</sub> (А)	0,41						
HCP <sub>05</sub> (В)	0,41						

На фоне без применения удобрений (контрольный вариант) сбор сухого вещества составил 15,42 т/га.

Внесение N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> увеличивало сбор сухого вещества на 19-29%, а при совместном использовании с микроудобрением микроэл – на 23-29%. Некорневая обработка растений кукурузы микроудобрением микроэл увеличивала сбор сухого вещества на 4%.

В среднем за 2012-2014 гг. наименьшее количество сырого протеина отмечено на контроле в зерне гибрида *Делитоп* – 6,72%, а у гибридов *ПР39В45* и *НК Фалькон* оно было больше на 0,35 и 0,87% соответственно.

На удобренных вариантах содержание сырого протеина в зерне кукурузы было выше на 0,57-0,70%, чем на контроле, где его количество в среднем за три года не превышало 7,13%.

Наибольшее содержание крахмала в опыте отмечено в зерне гибрида *Делитон* – 59,8% (таблица 4). Применение удобрений вызывало уменьшение величины данного показателя по сравнению с контролем (59,7%) на 1,2 и 1,3%. Наибольшее количество крахмала было в варианте без удобрений в зерне гибрида *Делитон* (60,6%), а наименьшее в зерне гибрида *ПР39В45* (57,0%) на фоне  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Таблица 4 – Влияние различных фонов минерального питания на качественные показатели зерна кукурузы (среднее за 2012-2014 гг.)

Удобрение (В)	Содержание, % на абсолютно сухое вещество				
	сырой протеин	крахмал	сырой жир	сырая клетчатка	БЭВ
<i>НК Фалькон</i>					
Без удобрений (контроль)	7,59	58,8	5,25	2,42	73,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$	7,83	59,0	5,21	2,55	73,2
$N_{90}P_{60}K_{60}$ + микроэл	8,01	57,9	5,25	2,70	72,7
<i>Делитон</i>					
Без удобрений (контроль)	6,72	60,6	5,19	2,53	74,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$	7,46	59,0	5,10	2,71	73,4
$N_{90}P_{60}K_{60}$ + микроэл	7,42	59,7	5,14	2,71	73,5
<i>ПР39В45</i>					
Без удобрений (контроль)	7,07	59,7	4,94	2,23	74,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	7,80	57,0	5,05	2,34	73,8
$N_{90}P_{60}K_{60}$ + микроэл	8,05	57,9	4,64	2,44	74,1
$F_{\phi}$ (А)	23,18*	16,3*	16,38*	36,50*	33,6*
$F_{\phi}$ (В)	31,94*	12,8*	2,10	17,87*	16,8*
$F_{\phi}$ (А + В)	2,38	4,6*	2,67	0,81	2,3
$HCP_{05}$ (А)	0,19	0,60	0,14	0,08	0,3
$HCP_{05}$ (В)	0,19	0,60		0,08	0,3
$HCP_{05}$ (А + В)		1,05			
$F_{05}$ (А) = 3,37, $F_{05}$ (В) = 3,37, $F_{05}$ (А + В) = 2,74					

Повышенным содержанием жира отличалось зерно гибрида *НК Фалькон* – 5,21-5,25%. Существенного влияния изучаемых фонов удобрений на этот показатель не установлено.

Содержание клетчатки в зерне варьировало по гибридам от 2,23 (гибрид *ПР39В45* на контроле) до 2,71% (гибрид *Делитон* на удобренных вариантах). В среднем по изучаемым гибридам на варианте без удобрений содержание клетчатки в зерне составило 2,39%. На вариантах  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл отмечено ее достоверное увеличение на 0,14 и 0,22% соответственно.

Содержание БЭВ в зерне гибрида *ПР39В45* составило 74,2 %, а в зерне гибридов *Делитон* и *НК Фалькон* было меньше на 0,4 и 1,1% соответственно. Внесение удобрений снижало количество БЭВ на 0,6% в зерне изучаемых гибридов (на контроле составляло 74,1%).

Зерно кукурузы высокого качества играет огромную роль в обеспечении рационального кормления сельскохозяйственных животных. Полученное нами в опыте зерно кукурузы отличалось высоким содержанием как валовой, так и обменной энергии, значения которых варьировали в узких пределах – от 12,16 до 12,22 и от 17,12 до 17,24 МДж/кг сухого вещества соответственно. Содержание в зерне энергетических кормовых единиц для всех гибридов и по всем фонам минерального питания составило 1,22 (таблица 5).

Таблица 5 – Кормовая ценность зерна кукурузы (среднее за 2012-2014 гг.)

Удобрение (В)	Валовая энергия	Обменная энергия	ЭКЕ	Сбор, т/га		
				сырой протеин	крахмал	жир
МДж/кг						
<i>НК Фалькон</i>						
Без удобрений (контроль)	17,22	12,21	1,22	0,52	4,01	0,36
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,24	12,20	1,22	0,66	4,98	0,44
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	17,24	12,17	1,22	0,75	5,45	0,49
<i>Делитон</i>						
Без удобрений (контроль)	17,17	12,21	1,22	0,48	4,34	0,37
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,18	12,16	1,22	0,65	5,15	0,44
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	17,20	12,18	1,22	0,72	5,76	0,50
<i>ПР39В45</i>						
Без удобрений (контроль)	17,12	12,18	1,22	0,50	4,23	0,35
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,24	12,22	1,22	0,69	5,04	0,45
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	17,20	12,16	1,22	0,79	5,72	0,46

Сбор сырого протеина был наибольшим на гибриде *ПР39В45* – 0,66 т/га в среднем по вариантам опыта. При улучшении условий минерального питания сбор его увеличивался, и это происходило в основном за счет роста урожайности ( $r=0,97$ ). На контроле было собрано сырого протеина в среднем по гибридам 0,50 т/га, а при внесении удобрений выход увеличился на 0,17-0,25 т/га, или на 33-51%.

Сбор крахмала на гибридах *ПР39В45* и *Делитон* был практически одинаковым – 5,00 и 5,08 т/га соответственно. При внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> отдельно и совместно с микроудобрением микроэл сбор его возрастал на 0,86 т/га (прирост 21%) и 1,45 т/га (прирост 35%) соответственно.

Сбор жира по гибридам варьировал в пределах от 0,42 т/га у гибрида *ПР39В45* до 0,44 т/га у гибрида *Делитон*. При внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+микроэл сбор жира увеличивался на 0,08 т/га (прирост 23%) и 0,12 т/га (прирост 34%) соответственно.

Одна из основных характеристик современных гибридов кукурузы и важным показателем качества зерна является масса 1000 зерен. Наименьшая масса 1000 зерен в опыте отмечена на гибриде *Белкорн 250МВ* – 233 г, а наиболее крупное зерно получено на гибридах *НК Фалькон* и *Роналдинио* – по 278 г. На

контроле без удобрений масса 1000 зерен составила 248 г. На удобренных вариантах этот показатель увеличивался на 12,2-19,1 г, или на 5-7%.

Установлено, что на содержание в зерне сырой золы и основных элементов питания определенное влияние оказывали особенности возделываемых гибридов и дозы вносимых удобрений (таблица 6).

Таблица 6 – Химический состав зерна кукурузы  
(среднее за 2012-2014 гг.)

Удобрение (В)	Содержание, % на абсолютно сухое вещество			
	сырая зола	азот	фосфор	калий
<i>НК Фалькон</i>				
Без удобрений (контроль)	1,29	1,33	0,17	0,23
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,29	1,37	0,20	0,24
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	1,33	1,41	0,17	0,25
<i>Делитон</i>				
Без удобрений (контроль)	1,30	1,18	0,19	0,27
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,34	1,31	0,21	0,23
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	1,35	1,30	0,18	0,25
<i>ПР39В45</i>				
Без удобрений (контроль)	1,19	1,24	0,17	0,27
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,22	1,35	0,21	0,25
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	1,24	1,41	0,20	0,25
<i>Fф (А)</i>	18,89*	19,97*	3,13	3,04
<i>Fф (В)</i>	2,93	26,73*	11,26*	1,86
<i>Fф (А + В)</i>	0,21	2,02	1,50	2,71
<i>HCP<sub>05</sub> (А)</i>	0,04	0,04		
<i>HCP<sub>05</sub> (В)</i>		0,04	0,01	
$F_{05} (A) = 3,37, F_{05} (B) = 3,37, F_{05} (A + B) = 2,74$				

Содержание азота в зерне гибрида *НК Фалькон* было наибольшим – 1,37%, а наименьшим в зерне гибрида *Делитон* – 1,26%. Удобрения достоверно повышали содержание азота в зерне изучаемых гибридов. На контроле без удобрений его концентрация составила 1,25%, а на вариантах N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+микроэл – 1,34 и 1,37% соответственно.

В среднем за годы исследований в сухом веществе зерна гибридов кукурузы накопилось 0,17-0,21% фосфора, но существенных различий по вариантам опыта не отмечено.

Содержание калия в зерне гибридов кукурузы в среднем за годы исследований по вариантам опыта также существенно не отличалось и изменялось в пределах 0,23-0,27%.

Полученные данные позволили рассчитать вынос азота, фосфора и калия с урожаем зерна кукурузы и определить коэффициенты использования питательного вещества из удобрений (таблица 7).

Наименьший вынос азота с урожаем зерна обеспечил гибрид *Делитон* – 108 кг/га, а наибольший – гибрид *ПР39В45* – 115 кг/га. На фоне контроля без

удобрений в среднем по гибридам вынос азота составил 87,9 кг/га, а при внесении  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл он увеличился на 28,5-44,4 кг/га.

Таблица 7 – Вынос элементов питания с урожаем зерна кукурузы (среднее за 2012-2014 гг.)

Удобрение (В)	Вынос с урожаем зерна, кг/га			КИУ, %		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
<i>НК Фалькон</i>						
Без удобрений (контроль)	90,8	11,7	15,5	–	–	–
$N_{60}P_{60}K_{60}$	115,6	16,8	20,4	41,3	8,5	8,2
$N_{90}P_{60}K_{60}$ + микроэл	132,4	15,9	23,1	46,2	7,0	12,7
<i>Делитон</i>						
Без удобрений (контроль)	84,6	13,5	19,2	–	–	–
$N_{60}P_{60}K_{60}$	114,5	18,2	20,7	50,0	7,9	2,5
$N_{90}P_{60}K_{60}$ + микроэл	125,4	17,8	24,0	45,3	7,1	8,0
<i>ПР39В45</i>						
Без удобрений (контроль)	88,2	12,1	19,5	–	–	–
$N_{60}P_{60}K_{60}$	119,0	18,2	22,2	51,2	10,2	4,6
$N_{90}P_{60}K_{60}$ + микроэл	139,0	19,7	24,3	56,5	12,7	8,0

Гибриды *Делитон* и *ПР39В45* отличались большим выносом фосфора, чем гибрид *НК Фалькон* на 1,7 и 1,9 кг/га соответственно.

На неудобренном фоне значение данного показателя в среднем по гибридам составило 12,4 кг/га, а на удобренных фонах – по 17,8 кг/га.

Хозяйственный вынос калия на гибриде *НК Фалькон* был наименьшим – 19,6 кг/га в среднем по вариантам, а наибольшим – на гибриде *ПР39В45* – 22,0 кг/га. В среднем по гибридам на контроле без удобрений вынос калия с урожаем зерна составил 18,1 кг/га. При внесении  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл вынос калия вырос на 3,0 и 5,7 кг/га соответственно.

При внесении  $N_{60}P_{60}K_{60}$  коэффициент использования азота из удобрений по гибридам (КИУ) составил 41,3-51,2%, при  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл – 45,3–56,5%.

При внесении  $N_{60}P_{60}K_{60}$  КИУ фосфора по гибридам составил 8,5-10,2%, а при внесении  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл данный показатель по гибридам *НК Фалькон* и *Делитон* снизился до 7%, а на гибриде *ПР39В45* повысился до 12,7%.

На варианте  $N_{60}P_{60}K_{60}$  КИУ калия из удобрений составил по гибридам 2,5-8,2%, а при совместном использовании  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл он повысился и варьировал в пределах 8,0-12,7%.

Существенное влияние на предуборочную влажность зерна в опыте оказали в большей мере гибриды и в меньшей степени фоны минерального питания. У гибрида *НК Фалькон* она была минимальной – 36,7%, а максимальной у гибрида *Белкорн 250МВ* – 38,2%. На варианте без удобрений предуборочная влажность зерна в среднем по гибридам составила 37,4%; на удобренных вариантах она варьировала в пределах 37,1-37,7 %.

Изучение баланса элементов питания при возделывании кукурузы проведено на основе экспериментальных данных опыта с использованием нормативных показателей, которые представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Баланс азота, фосфора и калия при выращивании кукурузы на зерно (среднее за 2012-2014 гг.)

Гибриды кукурузы (А)	Удобрение (В)	Нетто-баланс, кг/га			Интенсивность баланса, %		
		азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
<i>НК Фалькон</i>	Без удобрений (контроль)	-72,5	-11,9	-11,2	19	1	31
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-34,1	43,6	44,5	69	364	316
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	-18,3	44,4	42,2	85	383	285
<i>Делитон</i>	Без удобрений (контроль)	-67,1	-13,5	-14,4	20	1	26
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-32,5	42,4	44,5	70	340	316
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	-12,3	42,9	41,4	90	349	275
<i>ПР39В45</i>	Без удобрений (контроль)	-70,1	-12,4	-14,6	19	1	26
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-37,0	42,4	43,1	67	340	296
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	-24,1	41,1	41,2	82	316	273

Установлено, что интенсивность баланса азота в среднем по гибридам на делянках без применения удобрений была резко отрицательной – 19%, а на удобренных вариантах – допустимо отрицательной – 69-86 %. Нетто-баланс фосфора и калия на контроле в среднем по гибридам был отрицательным – соответственно –12,6 и –13,4 кг/га, а при внесении удобрений он был положительным с интенсивностью баланса 348-350 и 278-310% соответственно.

Следует отметить, что вынос азота, фосфора и калия с урожаем был низким. Это можно объяснить тем, что с урожаем отчуждалось лишь зерно, а вся листостебельная масса оставлялась в поле.

**В четвертой главе «Влияние применения удобрений на фотосинтетическую деятельность посевов гибридов кукурузы»** изложены закономерности прироста площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала и определена продуктивность фотосинтеза у изучаемых в опыте гибридов кукурузы на различных фонах применения удобрений.

Установлено, что в фазу 6-7 листьев средняя по опыту площадь листовой поверхности составила 3,2 тыс. м<sup>2</sup>/га. Гибрид *Белкорн 250МВ* отличался меньшей площадью листьев – 2,4 тыс. м<sup>2</sup>/га, а наибольшей она была у гибридов *ПР39Х32* и *НК Фалькон* – по 3,8 тыс. м<sup>2</sup>/га. В последующий период роста и развития растений кукурузы площадь листовой поверхности возросла почти в 7 раз и в фазу выметывания метелки достигла 20,9 тыс. м<sup>2</sup>/га. В фазу молочно-восковой спелости зерна отмечена максимальная величина площади листового аппарата у всех изучаемых гибридов – в среднем по опыту 23,1 тыс. м<sup>2</sup>/га. Максимальная площадь листьев в эту фазу отмечена на фоне N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+микроэл у гибрида *ПР39В45* – 29,6 тыс. м<sup>2</sup>/га. В период восковой – полной спелости

зерна площадь листьев заметно уменьшилась. Это произошло в основном за счет отмирания листьев нижнего яруса. При использовании удобрений площадь листовой поверхности по всем исследуемым фазам роста и развития увеличивалась в среднем по гибридам на 8-21% по сравнению с контролем.

У гибрида *Белкорн 250МВ* фотосинтетический потенциал (ФП) был наименьшим – 2447 тыс. м<sup>2</sup>\*суток/га. У гибридов *Делитон*, *Роналдинио*, *НК Фалькон* и *ПР39Х32* он был больше на 8-10%. Наибольший ФП имел гибрид *ПР39В45* – 3203 тыс. м<sup>2</sup>\*суток/га. На варианте без удобрений в среднем по гибридам он составил 2481 тыс. м<sup>2</sup>\*суток/га. Внесение N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> способствовало повышению ФП на 10-15%, а их совместное использование с микроудобрением микроэл – на 14-15%.

В исследованиях установлены тесные корреляционные зависимости между фотосинтетическим потенциалом и урожайностью, структурными и качественными показателями (таблица 9).

Таблица 9 – Корреляционные зависимости между фотосинтетическим потенциалом и урожайностью, структурными и качественными показателями

Корреляционная зависимость	Коэффициент корреляции (r)	Уравнение регрессии	Значимые для x, тыс. м <sup>2</sup> *сут./га
Урожайность – ФП	0,734; t <sub>ф</sub> = 6,32;	Y = 0,054 + 0,002x	2 447–3 204
Число зерен в 1 початке – ФП	0,680; t <sub>ф</sub> = 5,51;	Y = 148 + 0,12x	2 447–3 204
Масса зерна с 1 початка – ФП	0,710; t <sub>ф</sub> = 5,98;	Y = 19,7 + 0,03x	2 447–3 204
Масса 1000 зерен – ФП	0,330; t <sub>ф</sub> = 2,04;	Y = 206 + 0,01x	2 447–3 204

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) была наибольшей у гибридов *НК Фалькон* и *Делитон* – соответственно 6,91 и 7,28 г/м<sup>2</sup>\*сутки (таблица 10).

Таблица 10 – Влияние различных фонов минерального питания на чистую продуктивность фотосинтеза, г/м<sup>2</sup>\*сутки (среднее за 2012-2014 гг.)

Гибриды кукурузы (А)	Удобрение (В)						Среднее по фактору (А)
	Без удобрений (контроль)	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + микроэл	микроэл	
<i>ПР39Х32</i>	5,98	5,86	6,35	6,23	7,09	6,02	6,26
<i>НК Фалькон</i>	6,15	6,72	7,51	6,95	7,71	6,43	6,91
<i>Делитон</i>	6,71	7,38	7,68	7,00	7,57	7,35	7,28
<i>Роналдинио</i>	6,24	6,83	6,76	6,91	7,06	6,25	6,67
<i>ПР39В45</i>	5,89	6,65	6,70	6,22	6,72	6,08	6,38
<i>Белкорн 250МВ</i>	6,33	6,53	6,81	6,41	6,89	6,16	6,52
Среднее по фактору (В)	6,22	6,66	6,97	6,62	7,17	6,38	6,67
F <sub>ф</sub> (А)	48,61*			F <sub>05</sub> (А)	2,35		
F <sub>ф</sub> (В)	43,34*			F <sub>05</sub> (В)	2,35		
F <sub>ф</sub> (А + В)	3,07*			F <sub>05</sub> (А + В)	1,68		
HCP <sub>05</sub> (А)	0,15						
HCP <sub>05</sub> (В)	0,15						
HCP <sub>05</sub> (А + В)	0,37						

На варианте без применения удобрений ЧПФ составила в среднем по гибридам  $6,22 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сутки}$ . Внесение минеральных удобрений увеличивало этот показатель на 8-12%, а при их совместном использовании с микроудобрением микроэл – на 6-16%.

Максимальная ЧПФ отмечена в посевах гибрида *НК Фалькон* на варианте  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60} + \text{микроэл}$  –  $7,71 \text{ г/м}^2/\text{сутки}$ .

**В пятой главе «Влияние удобрений на рост, развитие и морфометрические показатели гибридов кукурузы»** приведены данные по продолжительности периода вегетации, формированию густоты и высоты растений изучаемых гибридов кукурузы на различных фонах минерального питания.

Более коротким периодом вегетации отличались раннеспелые гибриды *ПР39Х32* и *НК Фалькон* – от 119 до 123 дней, у гибридов *Делитон*, *Роналдинио*, *ПР39В45* и *Белкорн 250МВ* в среднем он был длиннее на 4 дня. В засушливых условиях 2014 года период вегетации у гибридов *ПР39Х32*, *НК Фалькон*, *Делитон* и *Роналдинио* составил по 122 дня, а у гибридов *ПР39В45* и *Белкорн 250МВ* он увеличивался на 5 и 6 дней соответственно.

Высокую полевую всхожесть и густоту растений обеспечили гибриды зарубежной селекции – 69,7-72,7 тыс. шт./га, несколько ниже был показатель у отечественного гибрида *Белкорн 250МВ* – 69,0 тыс. шт./га. Наибольшее количество растений к уборке сохранилось при возделывании гибрида *Делитон* – 92,4%, а наименьшее – в посевах гибрида *Белкорн 250МВ* – 90,5%.

Высота растений в начальный период роста и развития (6-7 листьев) по гибридам кукурузы изменялась незначительно – от 38,5 см на гибриде *Роналдинио* до 43,3 см на гибриде *Делитон*. Самый интенсивный рост в высоту у всех изучаемых гибридов отмечен в межфазный период от 9-10 листьев до выметывания метелки. При этом растения гибрида *Белкорн 250МВ* были самыми низкорослыми в данный период. В фазу молочно-восковой спелости зерна у всех изучаемых гибридов отмечена наибольшая высота растений. Самые высокие растения в эту фазу наблюдались у гибрида *ПР39Х32* на варианте  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60} + \text{микроэл}$  – 226 см. Прирост линейной длины растений кукурузы от удобрений в исследуемые фазы составил в пределах 6-12%.

**В шестой главе «Экологическая, экономическая и энергетическая оценка применения удобрений при возделывании гибридов кукурузы»** приведено содержание тяжелых металлов в зерне кукурузы, а также основные показатели экономической и энергетической эффективности.

Результаты исследований показали, что концентрация тяжелых металлов в зерне изучаемых гибридов кукурузы была в разы ниже ПДК (таблица 11).

Экономическая эффективность применения микроудобрения микроэл и различных доз минеральных удобрений и их совместное действие при возделывании изучаемых в опыте гибридов кукурузы была различной. Самая низкая

себестоимость 1 т зерна была на варианте с применением микроудобрения микроэл – в среднем по гибридам 2571 руб., а на контроле без удобрений – 2621 руб. На вариантах с внесением  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и  $N_{90}P_{60}K_{60}$  себестоимость зерна существенно возросла и составила в среднем по гибридам 3230-3209 руб., а при совместном использовании с микроудобрением микроэл – 3173-3167 руб.

Таблица 11 – Влияние фона минерального питания на содержание тяжелых металлов в зерне кукурузы (среднее за 2012-2014 гг.)

Удобрение (В)	Тяжелые металлы, мг/кг			
	медь	цинк	марганец	железо
<i>НК Фалькон</i>				
Без удобрений (контроль)	1,05	15,8	3,24	17,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,11	16,0	3,51	17,9
$N_{90}P_{60}K_{60}$ + микроэл	1,25	16,1	3,60	18,0
<i>Делитон</i>				
Без удобрений (контроль)	1,13	16,0	3,50	18,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,23	16,2	3,87	17,9
$N_{90}P_{60}K_{60}$ + микроэл	1,32	16,2	3,96	18,1
<i>ПР39В45</i>				
Без удобрений (контроль)	1,06	16,1	3,18	18,2
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,04	16,3	3,72	18,0
$N_{90}P_{60}K_{60}$ + микроэл	1,18	16,3	3,70	18,1
ПДК	10,0	50,0	–	100,0
<i>F</i> ф (А)	14,32*	9,4*	45,82*	1,7
<i>F</i> ф (В)	23,87*	9,1*	96,48*	1,7
<i>F</i> ф (А + В)	1,22	0,2	2,63	0,3
<i>HCP</i> <sub>05</sub> (А)	0,05	0,1	0,07	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> (В)	0,05	0,1	0,07	
$F_{05} (A) = 3,37, F_{05} (B) = 3,37, F_{05} (A + B) = 2,74$				

Следует отметить, что на удобренных вариантах кроме отдельного использования микроудобрения микроэл уровень рентабельности снижался по сравнению с контролем без удобрений. Максимальный чистый доход получен при возделывании гибрида *ПР39В45* на варианте с применением  $N_{90}P_{60}K_{60}$  + микроэл – 34170 руб./га при уровне рентабельности 114%.

Расчеты энергетической эффективности показали, что применение минеральных удобрений и микроудобрения микроэл способствовало увеличению затрат совокупной энергии и снижению биоэнергетического коэффициента у всех изучаемых в опыте гибридов. Наибольшая величина коэффициента была на вариантах без применения удобрений (1,64–1,68) и с использованием препарата микроэл (1,65–1,69). Наивысший коэффициент энергетической эффективности по гибридам получен в посевах гибрида *ПР39В45* на варианте с обработкой микроудобрением микроэл – 1,69.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые в почвенно-климатических условиях лесостепи Среднего Поволжья разработаны элементы технологии возделывания кукурузы, позволяющие стабильно получать 8-10 т/га зерна высокого качества.

Наибольшее число растений перед уборкой было на варианте применения  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл в посевах гибридов *Делитон* и *ПР39В45* – 68,9 и 68,4 тыс. шт./га соответственно. Максимальное количество початков на 1 га – 80,9 тыс. шт. и на 100 растений – 118 шт. сформировалось на гибриде *ПР39В45* на фоне применения  $N_{90}P_{60}K_{60}$  + микроэл. Наибольшее число зерен в початке отмечено у гибрида *ПР39В45* на варианте с внесением только  $N_{90}P_{60}K_{60}$  и совместно с микроудобрением микроэл – соответственно 562 и 567 шт. Самые полновесные початки формировались на гибридах *Делитон* и *ПР39В45* при использовании  $N_{90}P_{60}K_{60}$  и  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл – 142-145 г.

Применение удобрений достоверно повышало урожайность изучаемых в опыте гибридов кукурузы. Наибольшая урожайность в опыте была получена у гибридов всех групп спелости на варианте  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл. Самым урожайным был гибрид *ПР39В45* на варианте  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл – 9,88 т/га в среднем за три года, а гибрид *Белкорн 250МВ* был самым низко продуктивным из всех – на этом же фоне питания урожайность у него составила 7,55 т/га. Гибриды кукурузы зарубежной селекции обеспечили примерно равную окупаемость удобрения при внесении  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 8,4-9,7 кг зерна на 1 кг д.в. и несколько большую от  $N_{90}P_{60}K_{60}$  – 10,6-11,7 кг зерна на 1 кг д.в. Заметно ниже окупаемость этих доз удобрений была на отечественном гибриде *Белкорн 250МВ* – соответственно 6,3 и 8,3 кг на 1 кг д.в. Применение микроудобрения микроэл повышало окупаемость минеральных удобрений. Изучаемые факторы существенно не повлияли на Кхоз. Наибольший сбор сухого вещества обеспечил гибрид *ПР39В45* на варианте  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл – 23,19 т/га.

Более высоким содержанием сырого протеина – 7,81% и жира – 5,23% отличалось зерно гибрида *НК Фалькон*, а крахмала – 59,8%, зерно гибрида *Делитон*. При улучшении условий минерального питания отмечено увеличение в зерне кукурузы сырого протеина на 8,4-9,8%; уменьшение крахмала – на 1,2% и безазотистых экстрактивных веществ – на 0,6%, а количество жира изменялось незначительно. Увеличение выхода сырого протеина ( $r=0,97$ ), крахмала ( $r=0,99$ ), жира ( $r=0,95$ ) с 1 га в основном происходило за счет роста урожайности. Наибольшая масса 1000 зерен получена на гибридах *НК Фалькон* – 284 г и *Роналдинио* – 286 г на варианте применения  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл.

На содержание азота в зерне кукурузы достоверное влияние оказали как генетические особенности изучаемых гибридов, так и удобрения. Существенных различий содержания в зерне фосфора и калия по вариантам опыта не отмечено. Хозяйственный вынос азота ( $r=0,97$ ), фосфора ( $r=0,90$ ), калия ( $r=0,92$ )

по гибридам определялся в основном величиной урожая. Максимальный вынос NPK получен у гибрида *ПР39В45* на варианте  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл – соответственно 139,0; 19,7 и 24,3 кг/га. На этом же варианте был отмечен и самый высокий коэффициент использования азота и фосфора из удобрений – 56,5 и 12,7% соответственно. Наибольший КИУ калия был выявлен у гибрида *НК Фалькон* на фоне применения  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл – 12,7%.

Наиболее быстрой отдачей влаги при созревании зерна отличался гибрид *Роналдинио* на фоне применения  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 36,1%.

Установлено, что интенсивность баланса азота в среднем по гибридам на фоне контроля без удобрений и на всех удобренных вариантах была отрицательной – 19-86%, а фосфора и калия только на делянках без применения удобрений – 1-31%. При внесении удобрений баланс был положительным по фосфору и калию с интенсивностью баланса 348-350 и 278-310% соответственно.

Максимальная площадь листовой поверхности у изучаемых в опыте гибридов кукурузы отмечена в фазу молочно-восковой спелости зерна. Наибольшая площадь листьев и фотосинтетический потенциал были у гибрида *ПР39В45* на вариантах применения  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл и  $N_{60}P_{60}K_{60}$ +микроэл – 29,6 тыс. м<sup>2</sup>/га и 3467 тыс. м<sup>2</sup>\*суток/га соответственно. Наибольшая ЧПФ зафиксирована у гибрида *НК Фалькон* на делянках с применением  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл – 7,71 г/м<sup>2</sup>\*сутки.

В исследованиях установлено, что продолжительность периода вегетации растений кукурузы зависела от генетических особенностей изучаемых в опыте гибридов и погодных условий года. Влияния удобрений на этот показатель не установлено. Более коротким периодом вегетации отличались раннеспелые гибриды *ПР39Х32* и *НК Фалькон*.

Высокую полевую всхожесть обеспечили гибриды зарубежной селекции. Наибольшее количество растений сохранилось при возделывании гибрида *Делитон* – 92,4%, а наименьшее – в посевах гибрида *Белкорн 250МВ* – 90,5%.

Максимальная высота растений у изучаемых в опыте гибридов кукурузы отмечалась в фазу молочно-восковой спелости зерна на варианте  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл. Наибольшим этот показатель был у гибрида *ПР39Х32* на указанном выше фоне минерального питания – 226 см.

Превышение предельно допустимых концентраций тяжелых металлов (ПДК) не отмечено ни на одном из вариантов опыта.

Исследования показали, что возделывание кукурузы на зерно в условиях лесостепи Среднего Поволжья экономически выгодно. Применение удобрений увеличивало прямые затраты по отношению к контролю без удобрений, кроме отдельного использования микроудобрения микроэл. Наибольший чистый доход в размере 34170 руб./га и максимальный уровень рентабельности 114% получены на гибриде *ПР39В45* при применении  $N_{90}P_{60}K_{60}$ +микроэл.

Расчеты также показали, что применение минеральных удобрений и микроудобрения микроэл энергетически оправдано, т.к. коэффициент энергетической эффективности выше единицы.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для получения стабильных урожаев 8–10 т/га высококачественного зерна кукурузы и поддержания положительного баланса элементов питания на черноземе выщелоченном лесостепи Среднего Поволжья рекомендуется:

- совместное применение минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{60}K_{60}$  и микроудобрения микроэл в дозе 0,2 л/га в фазу 5–7 листьев;
- использование наиболее отзывчивых на удобрения гибридов *Делитон* и *ПР39В45*.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

### Публикации в изданиях перечня ВАК:

1. **Власов, П.Н.** Влияние удобрений на урожайность и качество зерна кукурузы в лесостепи Среднего Поволжья / П.Н. Власов, А.А. Моисеев, А.В. Ивойлов // Научная жизнь. – 2016. – №3. – С.113-125 (0,90 п.л.; авт. – 0,30).
2. Моисеев, А.А. Влияние удобрений на формирование урожайности зерна гибридов кукурузы на черноземе выщелоченном / А.А. Моисеев, **П.Н. Власов**, А.В. Ивойлов // Аграрный научный журнал. – 2016. – №4. – С.24-29 (0,55 п.л.; авт. – 0,25).
3. Моисеев, А.А. Эффективность удобрений под кукурузу на зерно в лесостепи Среднего Поволжья / А.А. Моисеев, А.В. Ивойлов, **П.Н. Власов** // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – №4 (138). – С.28-33 (0,50 п.л.; авт. – 0,30).

### Научные труды, статьи в сборниках, рекомендации:

4. **Власов, П.Н.** Влияние минеральных удобрений на урожайность гибридов кукурузы в лесостепи Среднего Поволжья / П.Н. Власов, А.А. Моисеев, А.Г. Шляпников / Научные основы современных агротехнологий в сельскохозяйственном производстве: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Саранск, 25-26 июня 2015 г. – Саранск: [б. и.], 2015. – С.51-55 (0,32 п.л.; авт. – 0,10).
5. **Власов, П.Н.** Отзывчивость гибридов кукурузы на минеральные удобрения на черноземах выщелоченных лесостепи Среднего Поволжья / П.Н. Власов, А.А. Моисеев, С.И. Мишечкин / Научные основы современных агротехнологий в сельскохозяйственном производстве: материалы Всерос. науч.-практ.

конф., Саранск, 25-26 июня 2015 г. – Саранск: [б. и.], 2015. – С.55-59 (0,32 п.л.; авт. – 0,10).

6. Продуктивность гибридов кукурузы и их отзывчивость на удобрения в условиях юга-востока Нечерноземной зоны [Электронный ресурс] / **П.Н. Власов**, А.А. Моисеев, А.Г. Шляпников, С.И. Мишечкин / Огарёв онлайн. – 2016. – №2. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/produktivnost-gibridov-kukuruzy-i-ix-otzyvchivost-na-udobreniya-v-usloviyax-yugo-vostoka-nechernozemnoj-zony> (0,50 п.л.; авт. – 0,25).

7. Урожайность и качество зерна гибридов кукурузы в Республике Мордовия / **П.Н. Власов**, А.А. Моисеев, О.В. Буланов [и др.] / Актуальные вопросы современного земледелия: опыт, проблемы, перспективы: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию со дня рождения акад. РАСХН Н.С. Немцева. – Ульяновск: [б. и.], 2015. – С.193-199 (0,50 п.л.; авт. – 0,25).

8. Эффективность минеральных удобрений на кукурузе в условиях Республики Мордовия / **П.Н. Власов**, А.А. Моисеев, А.В. Сидоров, С.С. Якомаскин / Актуальные вопросы современного земледелия: опыт, проблемы, перспективы: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию со дня рождения акад. РАСХН Н.С. Немцева. – Ульяновск: [б. и.], 2015. – С.36-41 (0,32 п.л.; авт. – 0,08).