

На правах рукописи

Дёмин

Евгений Александрович

**ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ВЫРАЩИВАЕМОЙ ПО
ЗЕРНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ КУКУРУЗЫ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАУРАЛЬЯ**

Специальность 06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Тюмень – 2019

Работа выполнена на кафедре почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»
Ерёмин Дмитрий Иванович

Официальные оппоненты: **Панфилов Алексей Эдуардович,** доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник Института агроэкологии – филиала ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Семина Светлана Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры переработки сельскохозяйственных продукции ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»**

Защита состоится «24» декабря 2019 года в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 999.114.02 при ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» по адресу:

625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7
Телефон/факс: 8(3452)29-01-52,
e-mail: disscausz@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного аграрного университета Северного Зауралья и на сайте университета <http://www.tsaa.ru>

Автореферат разослан «22» октября 2019 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор с.-х. наук

Турсумбекова Галина Шалкаровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Получение стабильного урожая кукурузы невозможно без использования минеральных удобрений. Они являются важнейшим звеном в повышении не только урожая, но и его качества. Их нерациональное использование может привести к удлинению межфазных периодов, что в условиях лесостепной зоны Зауралья является критичным.

Одной из проблем, с которой сталкиваются аграрии, отсутствие нормативных показателей при расчете системы удобрений. Коэффициенты использования питательных веществ из почвы, удобрений, а также хозяйственный вынос, разработанные для позднеспелых гибридов (ФАО 250-320) не подходят при выращивании кукурузы с ФАО 100-150. Возможность потребления питательных веществ с понижением группы спелости уменьшается из-за менее развитой корневой системы (Панфилов А.Э., 2004; Дружкин А.Ф., 2015). Необходимо детальное изучение системы удобрений для предприятий АПК Западной Сибири.

Изучение литературы по питательному режиму кукурузы в различных регионах страны показало, что необходимые для расчетов норм удобрений коэффициенты варьируют в широких пределах (Сатаров Г.А., 2007; Черенов А.В., 2012; Пестрикова Е.С., 2014; Кануков З.Т., 2015; Драгнев С. В., 2016).

В настоящее время животноводческие хозяйства переходят на технологию выращивания кукурузы по зерновой технологии для заготовки силоса и карнажа, поэтому научное обоснование системы минерального питания и удобрений под кукурузу в условиях лесостепной зоны Зауралья является актуальным и востребованным.

Цель исследований: установление оптимального минерального питания выращиваемой по зерновой технологии кукурузы в лесостепной зоне Зауралья.

Задачи исследования:

- установить влияние минеральных удобрений на прохождение межфазных периодов и динамику нарастания биомассы кукурузы;
- провести оценку влияния межурядной обработки кукурузы на агрофизические свойства и питательный режим чернозема выщелоченного;
- исследовать динамику накопления питательных веществ кукурузой на различных агрофонах;
- определить вынос элементов питания для создания единицы урожая и коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений кукурузой, выращиваемой по зерновой технологии;
- изучить влияние минеральных удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы, зерна и его уборочную влажность;
- рассчитать экономическую эффективность внесения минеральных удобрений на планируемую урожайность выращиваемой по зерновой технологии кукурузы.

Научная новизна. Впервые изучен питательный режим чернозема выщелоченного, при возделывании кукурузы по зерновой технологии при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность в

лесостепной зоне Зауралья. Выявлено влияние уровня минерального питания на рост и развитие кукурузы. Определена эффективность минеральных удобрений при разных сроках посева и междурядной обработке почвы. Установлены вынос элементов питания для создания единицы урожая кукурузы, коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений. Экономически обоснована эффективность внесения удобрений на планируемую урожайность до 6,0 т/га зерна кукурузы.

Практическая значимость работы. По результатам выполненных исследований предложен дифференцированный подход к расчетам доз минеральных удобрений, учитывающий почвенное плодородие и обеспечивающий получение 4,0 т/га зерна кукурузы в лесостепной зоне Зауралья. Внедрение результатов исследований выполнено в Тюменской области в обществах с ограниченной ответственностью «Возрождение» и «ПК Молоко», что обеспечило общий экономический эффект в размере 612100 руб. и 719488 руб. соответственно (прил. Р-О). Результаты исследований используются в учебном процессе в Агротехнологическом институте ГАУ Северного Зауралья по дисциплинам: «Агрохимия», «Экология почв», «Системы земледелия».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Для формирования одной тонны зерна кукурузы установлены необходимые значения питательных веществ: 43 кг азота; 11 кг фосфора и 80 кг калия. Внесение возрастающих доз минеральных удобрений приводит к увеличению этих показателей на 7-55% относительно исходных значений.

2. Посев кукурузы при температуре почвы 8-10 градусов на фоне внесения удобрений для получения 4,0 т/га зерна, и междурядной обработке обеспечивает получение стабильного урожая с влажностью зерна 42% в лесостепной зоне Зауралья.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на международных и всероссийских научно-практических конференциях: «Перспективы развития научной и инновационной деятельности молодёжи» (Тюмень, 2016), «Научные достижения и открытия современной молодёжи» (Пенза, 2017), «Современные научно-практические решения в АПК» (Тюмень, 2017, 2018), «Новый взгляд на развитие аграрной науки» (Тюмень, 2018), «Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности» (Смоленск, 2017), «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего» (Санкт-Петербург, 2017), «Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения» (Горки, 2018), «Научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса в реализации государственной программы развития сельского хозяйства до 2020 года» (Курган, 2019).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 28 статей, в том числе 13 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 1 – в международной базе цитирования Scopus.

Личный вклад. В основу настоящей работы положены собственные исследования автора. Автор принимал непосредственное участие в составлении методики опыта; самостоятельно проводил полевые опыты и наблюдения, лабораторные исследования; обобщил и проанализировал экспериментальные данные, подготовил публикации по теме диссертации и написал текст диссертации.

Объём и структура диссертации. Работа изложена на 137 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 7 глав, заключения, предложения производству, приложений; содержит 35 таблиц, 10 рисунков. Список литературы включает 213 источников, в том числе 9 иностранных.

Автор благодарит за помощь научного руководителя д. б. н., профессора Д.И. Ерёмина и коллектив Агротехнологического института ГАУ Северного Зауралья, а также сотрудников Агробиотехнологического центра за поддержку и сотрудничество в проведении исследований и обсуждении их результатов. Директора А.А. Ваймера, главного агронома Э.А. Ваймера, а также коллектив ЗАО «Центральное», д. с.-х. н. Ю.И. Ермохина за консультацию по агрохимическим вопросам.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе представлен обзор работ ведущих российских (Ермохин Ю.И., Панфилов А.Э., Бобренко И.А., Кидин В.В., и др.) и зарубежных учёных (Gordon B.W., Wilhelm W., Miedema P., и др.) по изучению минерального питания кукурузы.

2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Агроклиматические условия места проведения исследований.

Исследования по оптимизации минерального питания кукурузы проводили в Тюменской области в 2016-2018 гг. на территории ЗАО «Центральное» Заводоуковского района, который находится на правом берегу Тобола и западной окраине Ишимской равнины. Район расположен на высоких надпойменных террасах с высотными отметками до 125 метров с хорошо развитыми овражно-балочными сетями. Рельеф – пологоволнистый, равнины наклонные. Территория хорошо дренирована с ярко выраженным преобладанием автоморфных почв; господствующее место принадлежит черноземам и темно-серым лесным (Каретин Л.Н., 1990).

Климат лесостепной зоны Зауралья континентальный, умеренно теплый и увлажненный. Сумма активных температур составляет от 1950 до 2100°С, в наиболее благоприятные годы этот показатель достигает 2200°С. Среднегодовое количество осадков составляет около 400 мм, из которых на теплый период приходится 200-250 мм (Иваненко А.С., Кулясова О.А., 2008).

Погодные условия вегетационных периодов 2016-2018 гг. характеризовались, как умеренно теплые и увлажненные. В 2016-2017 гг. температура воздуха была незначительно выше среднемноголетних значений во второй половине вегетации. Сумма активных температур за период развития кукурузы составила в 2016-2017 гг. 2195 и 2096°C соответственно. В 2018 г. температура воздуха в начале и конце вегетации была незначительно ниже среднемноголетних значений. Сумма активных температур составляла 1884°C.

2.2 Характеристика почвы опытного поля. Почва опытного поля – чернозем выщелоченный, маломощный, среднесуглинистый сформированный на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 8,3%. Запасы нитратного азота, подвижного фосфора и калия достигают 30-33 кг/га, 230-240 кг/га и 350-400 кг/га соответственно. Реакция почвенной среды нейтральная – 6,5 рН. Гидролитическая кислотность 3,4-3,7 мг-экв./100 г почвы. Степень насыщенности основаниями 89-96%.

2.3 Методика проведения исследований. Исследования включали три полевых опыта:

Опыт 1. Изучение влияния минеральных удобрений на рост и развитие кукурузы (дозы удобрений рассчитывались ежегодно с учетом фактического содержания питательных веществ в почве). Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений);
2. NPK на 4,0 т/га зерна (2016 г. – N₈₀P₆₀K₆₀; 2017 г. – N₆₀P₆₀K₆₀; 2018 г. – N₁₁₀P₈₀K₈₀);
3. NPK на 5,0 т/га зерна (2016 г. – N₁₁₀P₈₀K₈₀; 2017 г. – N₈₀P₁₀₀K₁₀₀; 2018 г. N₁₄₀P₁₀₀K₁₀₀);
4. NPK на 6,0 т/га зерна (2016 г. – N₁₅₀P₁₀₀K₁₀₀; 2017 г. – N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀; 2018 г. – N₁₇₀P₁₂₀K₁₂₀).

Опыт 2. Влияние междурядной обработки на питательный режим кукурузы. Схема опыта:

1. Контроль, без междурядной обработки;
2. Междурядная обработка в фазу 7-8 листа кукурузы.

Опыт 3. Изучение влияния сроков посева кукурузы на питательный режим и условия роста кукурузы. Схема опыта:

1. Посев при температуре почвы 8-10 °C (первая декада мая);
2. Посев при температуре почвы 10-12°C (вторая декада мая).

Изучение питательного режима кукурузы проводили в зерновом севообороте (кукуруза – яровая пшеница – овёс). Дозы минеральных удобрений рассчитывали ежегодно на планируемую урожайность кукурузы методом элементарного баланса с использованием общепринятых коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений с учетом фактического почвенного плодородия. Площадь делянки составляла

200 м² (10x20 м), учетная площадь – 100 м². Делянки размещались последовательно в 3-х кратном повторении.

Отвальной обработку почвы проводили после уборки предшественника плугами ПСКУ-7 на глубину 23-25 см. Весной по физически спелой почве боронили в два следа зубовыми боронами БЗСС-1,0. Необходимую норму минеральных удобрений вносили перед посевом путем врезания сеялками СЗП-3,6. Затем проводили культивацию культиватором КПС-4. Посев проводили сеялками точного высева СУПН-8А с нормой высева 70 тыс. растений на гектар. В опыте использовали гибрид кукурузы Обский 140. В фазу 7-8 листа кукурузы на вариантах, где предусмотрена междурядная обработка, проводили культиваторами КМН-4,2 на глубину 3-5 см.

Почвенные пробы для агрохимического анализа отбирали до глубины 40 см через каждые 10 см в 4-х кратной повторности с каждого повторения, в основные фенологические фазы (5-6 лист, трубкование, цветение, восковая спелость). В почвенных образцах определяли нитратный азот (ГОСТ 26951-86), подвижный фосфор и калий (ГОСТ 26204-91). Одновременно с отбором почвенных образцов для агрохимического анализа почвы, отбирали пробы для установления плотности сложения почвы по Качинскому в слое 0-40 см.

Определение влажности почвы проводили термостатно-весовым методом. Отбор проводили в 4-х кратной повторности с каждого повторения до 100 см через 10 см. Структурно-агрегатный состав почвы определяли методом сухого просеивания.

Для учета массы сухого вещества кукурузы отбирали 30 растений в 4-х кратной повторности с каждого повторения. Уборку проводили прямым комбайнированием. Для определения биологической урожайности зерна и вегетативной массы вручную с каждого повторения отбирались початки с 30 растений, из которых отбиралось зерно. Затем определяли уборочную влажность зерна термостатно-весовым способом. Определяли влажность вегетативной массы и путем перерасчета устанавливали выход сухого вещества. В вегетативной массе и зерне кукурузы определяли содержание общего азота (ГОСТ 13496.4-93); фосфора (ГОСТ 26657-97); калия (ГОСТ 32250-2013). Расчет коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений проводили по Ю.И. Ермохину (2004).

Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову (1985).

3 ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ КУКУРУЗЫ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ ПО ЗЕРНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

3.1 Фенологические наблюдения. В наших исследованиях установлено, что всходы появлялись на 14 сутки. Минеральные удобрения не влияли на довсходовый период (табл. 1). Период от всходов до 5-6 листа кукурузы составлял 12 суток; минеральные удобрения не оказывали влияния.

Межфазный период с 5-6 до 8-9 листа кукурузы был в 2 раза длиннее предыдущего. Внесение минеральных удобрений и проведение межурядной обработки удлиняло этот межфазный период на 2-3 суток.

Такая закономерность наблюдалась до уборки. Смещение посева на второй срок сокращало период вегетации на 6-12 суток.

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений и межурядной обработки (МО) на развитие кукурузы, сут. (2016-2018 гг.)

Варианты	Посев-всходы		Всходы-5-6 лист		5-6 лист-8-9 лист		8-9 лист-цветение		Цветение-восковая спелость		Период вегетации	
	МО	без МО	МО	Без МО	МО	без МО	МО	Без МО	МО	без МО	МО	без МО
первый срок посева												
Контроль	15	14	12	12	25	24	24	21	74	70	150	141
NPK 4,0 т/га	15	14	12	12	26	26	25	23	75	72	153	147
NPK 5,0 т/га	15	14	12	12	26	27	25	23	77	73	155	149
NPK 6,0 т/га	15	14	12	12	27	27	26	24	77	75	157	152
второй срок посева												
Контроль	12	12	12	12	23	22	21	20	70	69	138	135
NPK 4,0 т/га	12	12	12	12	23	23	23	22	72	71	142	140
NPK 5,0 т/га	12	12	12	12	24	24	23	22	73	73	144	143
NPK 6,0 т/га	12	12	12	12	24	24	24	23	75	74	147	145

3.2 Динамика нарастания биомассы кукурузы. В среднем за годы исследований на естественном агрофоне кукуруза к фазе 5-6 листа накапливала не более 69 кг/га сухого вещества. Использование дополнительного питания в виде минеральных удобрений не повлияло на нарастание биомассы относительно контроля (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на нарастание биомассы кукурузы без использования межурядной обработки, кг/га (2016-2018 гг.)

Варианты	5-6 лист		8-9 лист		Цветение	Восковая спелость
	первый срок посева					
Контроль	69		2095		8372	13850
NPK 4,0 т/га	92		2370		8764	17641
NPK 5,0 т/га	79		3288		9748	18009
NPK 6,0 т/га	93		3711		12009	20426
HCP ₀₅	4		135		422	862
второй срок посева						
Контроль	63		1860		9662	14091
NPK 4,0 т/га	81		2854		9941	18441
NPK 5,0 т/га	74		3882		10733	19411
NPK 6,0 т/га	81		4156		11426	20520
HCP ₀₅	5		203		432	789

К периоду 8-9 листа кукуруза на естественном агрофоне накопила 2095 кг/га сухого вещества. Внесение минеральных удобрений обеспечило повышение этого показателя на 12-77% относительно контроля. Подобная закономерность наблюдалась до фазы уборки восковой спелости зерна кукурузы. Межурядная обработка оказывала незначительный

положительный эффект на накопление сухого вещества кукурузой. Смещение сроков посева на более поздний период оказывало положительное действие лишь в период с 8-9 листа до цветения. К периоду уборки различий практически не наблюдалось.

Нами также установлена высокая зависимость между внесением доз азотных удобрений и нарастания биомассы ($r=0,99$). Регрессионный анализ позволил получить уравнение $y=40,89x+13894$ ($R^2 = 0,96$), где y – масса сухого вещества кукурузы, кг/га; x – доза азотных удобрений, кг д.в./га.

4 АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ

4.1 Температурный режим и запасы продуктивной влаги при выращивании кукурузы на черноземе выщелоченном. В среднем за годы исследования температура почвы за 10 суток до посева в слое 0-10 см составляла 7,1°C (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика температуры пахотного слоя почвы, °C (2016-2018 гг.)

Слой, см	10 сут. до посева	5 сут. до посева	Посев	Всходы	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Перед уборкой
0-10	7,1	8,4	9,4	13,0	16,8	23,7	16,9	11,8
10-20	6,5	7,6	8,3	11,5	16,2	23,0	16,3	11,1
20-30	5,5	6,7	7,1	11,1	15,8	21,9	16,0	10,6

К первому сроку посева верхний слой почвы прогревался до температуры 9,4°C. Всходы появлялись при температуре слоя 0-10 см 13,0°C. До фазы 8-9 листа кукурузы наблюдалось повышение температуры почвы до 21,9-23,7°C. Во второй половине вегетации отмечалось снижение температуры почвы.

Коэффициент водопотребления воды для образования одной тонны зерна кукурузы на естественном агрофоне составлял 78 мм (рис. 1).

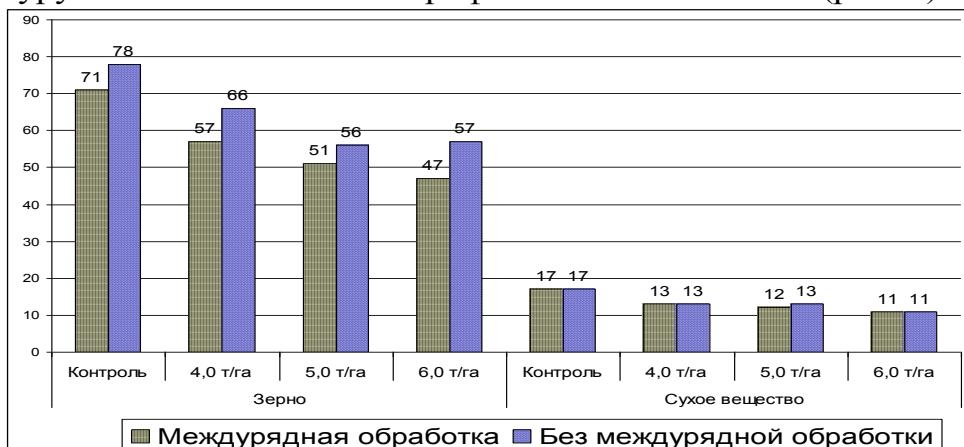


Рисунок 1 – Влияние уровня минерального питания на эффективность расхода воды в посевах кукурузы, мм/т (2016-2018 гг.).

Внесение минеральных удобрений снижало этот показатель до 57 мм/т. Применение межурядной обработки кукурузы способствовало снижению этого показателя на 10-21%. В результате проведения анализа получено уравнение для диапазона внесения фосфорных удобрений до 120 кг д.в./га; $y = -0,0496x + 16,891$; где y – коэффициент водопотребления для образования 1 тонны сухого вещества кукурузы, мм/т; x – доза фосфорных удобрений, кг д.в./га.

4.2 Влияние межурядной обработки посевов кукурузы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного. В наших исследованиях установлено, что плотность сложения почвы в слое 0-10 см перед посевом составляла 0,92-0,95 г/см³, что соответствовало рассыпчатому сложению, уплотняясь вниз по пахотному горизонту (табл. 4).

Таблица 4 – Динамика плотности сложения почвы в посевах кукурузы при проведении межурядной обработки (МО), г/см³ (2016-2018 гг.)

Слои, см	Перед посевом		Всходы		5-6 лист		8-9 лист		Цветение		Уборка	
	без МО	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО	МО
0-10	0,92	0,95	1,01	1,03	1,13	1,11	1,22	1,01	1,25	1,11	1,25	1,21
10-20	0,95	0,97	1,08	1,06	1,15	1,16	1,24	1,20	1,26	1,26	1,28	1,27
20-30	1,05	1,09	1,14	1,14	1,23	1,22	1,26	1,24	1,30	1,29	1,33	1,30
30-40	1,20	1,22	1,24	1,22	1,28	1,29	1,28	1,29	1,33	1,32	1,35	1,37

Фактор А Фазы развития – НСР₀₅=0,06; Фактор В Межурядная обработка – НСР₀₅=0,04; Фактор АВ – НСР₀₅=0,06

В течение развития растений кукурузы плотность сложения почвы постепенно увеличивалась по всем исследуемым слоям, достигая максимума к уборке. Межурядная обработка кукурузы обеспечивала разрыхление лишь обрабатываемого слоя (0-10 см) до 1,01 г/см³. В нижних слоях изменений не наблюдалось. Положительная динамика плотности сложения в верхнем слое почвы от обработки межурядий наблюдалась до фазы цветения.

Благоприятное действие механической обработки межурядий было отмечено и по структурно-агрегатному составу почвы в фазу 8-9 листа кукурузы, где коэффициент структурности после этого приема возрастал на 10-16%. В более поздний период различий отмечено не было.

5 АГРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ

5.1 Динамика нитратного азота почвы при возделывании кукурузы. Содержание нитратного азота перед посевом составляло 10,3-10,8 мг/кг почвы (табл. 5). В период 5-6 листа кукурузы на контроле отмечалось снижение этого показателя до 9,4 мг/кг. Внесение минеральных удобрений обеспечило повышение этого показателя до 26,9-34,9%. В более поздние периоды наблюдалось снижение нитратного азота на всех исследуемых вариантах. Межурядная обработка оказала положительное действие лишь

на естественном агрофоне. Смещение сроков посева на более поздний период приводило к плавному изменению динамики нитратного азота в почве.

Таблица 5 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота в слое 0-40 см, без междурядной обработки при различных сроках посева, мг/кг (2016-2018 гг.)

Накопление азота текущей нитрификации при возделывании кукурузы составляло в отдельные годы от 104 до 118 кг/га.

5.2 Фосфорный режим почвы при возделывании кукурузы.

Перед посевом кукурузы содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном составляло 77-79 мг/кг, что соответствовало средней обеспеченности этим элементом (табл. 6). Фосфорные удобрения способствовали увеличению содержания фосфора в пахотном слое в первой половине вегетации до 115 мг/кг.

Таблица 6 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора в слое 0-40 см, без междурядной обработки при различных сроках посева, мг/кг (2016-2018 гг.)

Во второй половине вегетации содержание фосфора снижалось до 58-69 мг/кг. Междуурядная обработка не оказала влияние на фосфорный режим. Хорошо прогретая почва при посеве во второй срок улучшала трансформацию подвижного фосфора и увеличивала его содержание на 7-13% относительно первого срока.

5.3 Калийный режим почвы при возделывании кукурузы.

Содержание подвижного калия перед посевом составляло 167-170 мг/кг почвы (табл. 7). На естественном агрофоне на протяжении всего развития кукурузы происходило снижение содержания подвижного калия. Внесение минеральных удобрений способствовало стабилизации данного показателя до фазы 8-9 листа. В более поздний период происходило его снижение. Смещение сроков посева не оказало влияние на калийный режим чернозема выщелоченного.

Таблица 7 – Динамика содержания подвижного калия в посевах кукурузы при первом сроке посева мг/кг (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)		
	перед посевом	8-9 лист	перед уборкой
Контроль	169	143	93
NPK 4,0 т/га	170	160	92
NPK 5,0 т/га	167	163	80
NPK 6,0 т/га	168	167	69
Фактор А – HCP ₀₅ =12; Фактор В – HCP ₀₅ =25; Фактор АВ – HCP ₀₅ =25			

5.4 Динамика накопления NPK в растениях кукурузы.

Наибольшая концентрация общего азота в растениях кукурузы приходилась на фазу 5-6 листа – 3,31-3,58%. В течение вегетации этот показатель уменьшался до 0,61-1,11%. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению содержания азота в растениях. Наибольшая его концентрация приходилась на зерно – 1,86-2,02%. Посев во вторую декаду мая способствовал повышению концентрации азота в растениях кукурузы.

Содержание общего фосфора в растениях кукурузы в фазу 5-6 листа составляло 2,56-3,11%. Во второй половине вегетации этот показатель снижался до 0,77-0,93%. В зерне его содержание составляло 0,69-1,09%. На вегетативную массу приходилось в пять раз меньше. Применение минеральных удобрений увеличивало концентрацию фосфора в различных частях растения. Смещение сроков посева практически не повлияло на содержание фосфора.

Концентрация общего калия в фазу 5-6 листа кукурузы составляла 3,30%. Применение минеральных удобрений обеспечивало повышение концентрации до 4,45%. В течение развития кукурузы происходило снижение концентрации этого вещества до 1,83-2,10%. Основная масса калия приходилась на вегетативную массу. Сроки посева не повлияли на содержание этого элемента в растениях кукурузы.

5.5 Хозяйственный вынос, затраты элементов питания на единицу продукции и коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений при выращивании кукурузы по зерновой технологии.

Хозяйственный вынос азота, фосфора и калия составлял 143, 38 и 269 кг/га соответственно. Внесение минеральных удобрений обеспечивало повышение выноса на 70, 126 и 62% относительно контроля.

Вынос азота для создания 1 т зерна и сухого вещества растениями кукурузы составлял 43 и 10 кг/т соответственно. Внесение минеральных удобрений в высоких дозах увеличивало вынос до 49 и 12 кг/т (табл. 8).

Таблица 8 – Вынос основных элементов питания для создания единицы урожая, кг/т (2016-2018 гг.)

Варианты	Вынос 1 т зерна при 14 % влажности			Вынос 1 т сухого вещества кукурузы		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Контроль	43	11	80	10	3	19
NPK 4,0 т/га	43	13	86	10	3	20
NPK 5,0 т/га	46	16	83	12	4	21
NPK 6,0 т/га	49	17	88	12	4	21

Для получения одной тонны зерна кукурузы необходимо 11 кг фосфора, зеленой массы – 3 кг. Применение минеральных удобрений обеспечивало вынос фосфора для образования единицы урожая до 17 кг/т зерна. Для получения единицы сухого вещества кукурузы необходимо 3-4 кг фосфора. Вынос калия для получения тонны зерна составлял 80 кг. Применение минеральных удобрений повышало вынос до 88 кг/т зерна. Установлена тесная зависимость ($r=0,80$) между дозами удобрений и выносом основных элементов питания для создания единицы урожая.

По нашим расчетам кукуруза из почвы потребляла до 65% доступного растениям азота, 14% фосфора и 49% калия (табл.9).

Таблица 9 – Коэффициенты использования питательных веществ из почвы (КИП) и удобрений (КИУ), % (2016-2018 гг.)

Коэффициенты	Азот	Фосфор	Калий
КИП	65	14	49
КИУ	40	25	-

Коэффициент использования азота из минеральных удобрений составил 40%; фосфора – 25%. Поскольку исследования проводились на черноземе выщелоченном, характеризующимся повышенным содержанием подвижного калия, то коэффициент использования этого элемента питания из удобрений был завышен и превышал 100%. По этой причине мы не приводим КИУ калия в таблице.

6 ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ

Урожайность зерна кукурузы на естественном агрофоне в среднем за годы исследования составляла 3,09 т/га при средней уборочной влажности 40%; в отдельные годы она варьировала от 1,84 до 3,72 т/га (рис. 2).

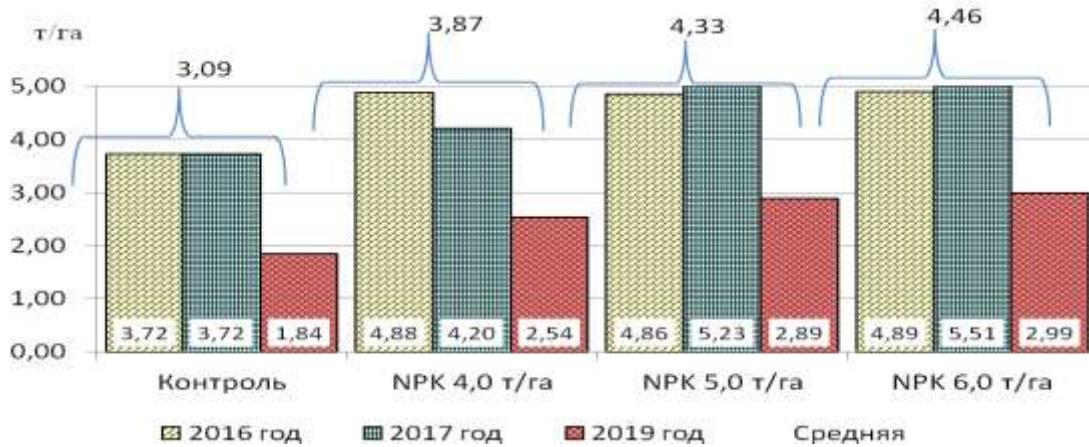


Рисунок 2 – Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна кукурузы при первом сроке посева, т/га

Внесение минеральных удобрений обеспечило повышение урожайности на 0,7-1,4 т/га и уборочной влажности на 2-4%. Междурядная обработка способствовала прибавке урожая зерна кукурузы на 5-11%.

Смещение сроков посева на второй срок приводило к снижению урожайности на 12-15% и повышению уборочной влажности зерна на 3% (рис. 3).

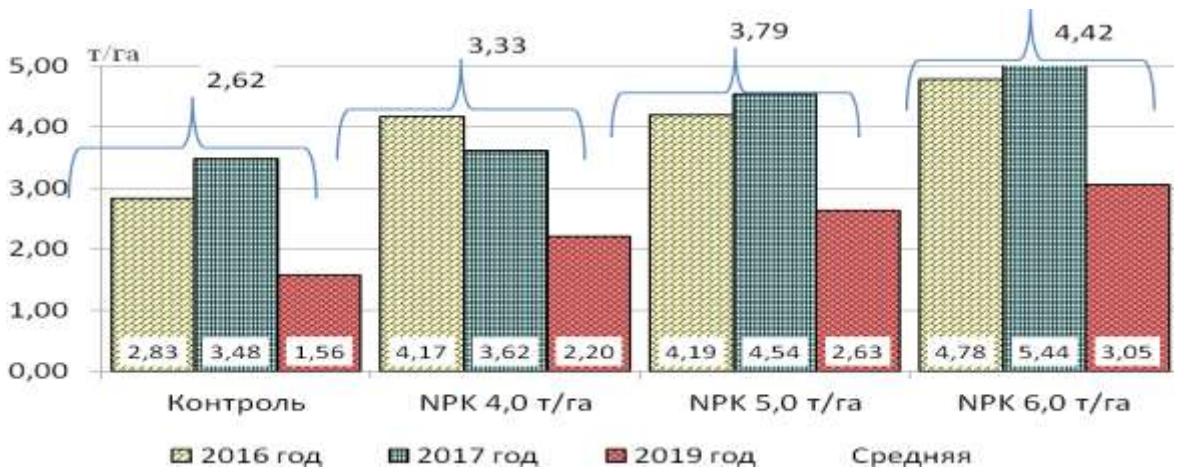


Рисунок 3 – Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна кукурузы при втором сроке посева, т/га

Урожайность воздушно-сухой зеленой массы кукурузы на контроле составляла 16,1 т/га. Внесение минеральных удобрений повышало урожайность на 4,4-7,6 т/га. Междурядная обработка и смещение сроков посева не оказали влияния на урожайность зеленой массы.

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ КУКУРУЗЫ

Прямые затраты при выращивании кукурузы на естественном агрофоне составили 15869 рублей. Применение минеральных удобрений на планируемую урожайность до 6,0 т/га зерна кукурузы значительно повышали затраты (табл. 10).

Одновременно с повышением затрат повышалась и себестоимость зерна с 5126 до 7011 рублей. Стоимость продукции на естественном агрофоне составляла 37132 рубля. Использование минеральных удобрений обеспечило повышение стоимости продукции на 33-61% относительно естественного агрофона.

Чистая прибыль с применением удобрений возрастила с 21263 до 28382 рублей. Рентабельность при возделывании кукурузы на контроле составляла 134%. Применение минеральных удобрений приводило к снижению рентабельности до 91%, поскольку планируемая урожайность выше 4,0 т/га зерна не была получена. Основная часть затрат на удобренных вариантах приходилась на минеральные удобрения 35-46% и сушку зерна 26-28%. В благоприятные годы рентабельность на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы в 2016 и 2017 г. возрастила до 142 и 120% соответственно, а неблагоприятный 2018 г. – снижалась до 53%.

Таблица 10 – Экономическая эффективность выращивания кукурузы на зерно (2016-2018 гг.)

Варианты	Затраты, руб./га	Себестоимость, руб./т	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
Контроль	15869	5129	37132	21263	134
NPK 4,0 т/га	24172	5858	49520	25348	105
NPK 5,0 т/га	27871	6125	54608	26737	96
NPK 6,0 т/га	31270	7011	59652	28382	91

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по изучению оптимизации минерального питания выращиваемой по зерновой технологии кукурузы можно сделать следующие выводы:

1. В условиях лесостепной зоны Зауралья период вегетации выращиваемой по зерновой технологии кукурузы составлял 135-156 суток. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность до 4,0 т/га зерна кукурузы увеличивало этот период на 6 суток. Дальнейшее увеличение уровня минерального питания затягивало созревание на 12 суток относительно контроля. Посев при температуре почвы 10-12°C сокращал период вегетации на 9-12 суток, но увеличивал уборочную влажность зерна кукурузы и снижал урожайность. Проведение междурядной обработки затягивало развитие кукурузы на 5-9 суток.

2. Средняя скорость нарастания биомассы на контроле составляла 92 кг/га в сутки. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна увеличивало скорость нарастания на 32% относительно контроля. Дальнейшее повышение уровня питания приводило к резкому нарастанию биомассы (134 кг/га в сутки) на протяжении всей вегетации кукурузы.

3. Для формирования одной тонны зерна кукурузы необходимо 87 мм продуктивной влаги. С повышением уровня минерального питания эффективность расхода воды возрастала – коэффициент водопотребления снижался до 57 мм/т зерна. Междуурядная обработка способствовала уменьшению коэффициента водопотребления на 7-9% и поддерживала отличную оструктуренность ($K_{стР}=2,0-2,2$ ед.) и плотность сложения в слое 0-10 см – 1,01-1,11 г/см³ до фазы цветения.

4. Внесение азотных удобрений повышало содержание нитратов в фазу 5-6 листа с 11 до 29-35 мг/кг в слое 0-40 см. К концу вегетации кукурузы содержание N-NO₃ в почве снижалось до 12-14 мг/кг. Фосфорные удобрения повышали содержание подвижного фосфора в почве к фазе 5-6 листа на 24-49% относительно контроля. В конце вегетации на удобренных вариантах происходило снижение содержания подвижного фосфора до 59-69 мг/кг. Внесение калийных удобрений обеспечивало стабилизацию содержания подвижного калия до фазы 8-9 листа кукурузы. Во второй половине вегетации содержание калия под посевами кукурузы уменьшалось на 43-57% относительно предыдущей фазы. Тогда как на контроле снижение составило 35%.

5. В фазу 5-6 листа содержание NPK в растениях кукурузы составляло 3,31, 3,11 и 3,30% соответственно. По мере развития кукурузы концентрация питательных веществ в ней снижалась до 0,61% азота; 0,77% фосфора и 1,83% калия. Внесение минеральных удобрений обеспечивало повышение NPK в кукурузе к середине вегетации на 20-88% относительно контроля.

6. Перед уборкой содержание азота и фосфора в зерне составляло 1,86 и 0,69% соответственно, что в 2,8 и 5 раз выше значений в вегетативной массе. Наибольшая концентрация калия сосредоточена в вегетативной массе – 1,85%, что в 4 раза больше, чем в зерне. Внесение минеральных удобрений оказывает влияние только на содержание фосфора в зерне кукурузы, которое увеличивалось с 0,68 до 1,09%.

7. Вынос основных элементов питания для образования единицы урожая кукурузы составлял: 43 кг азота; 11 кг фосфора и 80 кг калия на тонну зерна. Затраты элементов питания на единицу продукции находится в тесной зависимости с дозами минеральных удобрений (корреляция более 0,8). Для формирования 1 тонны сухого вещества кукурузе необходимо 10 кг азота, 3 кг фосфора и 19 кг калия.

8. Коэффициенты использования NPK из почвы растениями кукурузы составляли: 65% азота; 14% фосфора; 49% калия. Коэффициенты

использования азота из минеральных удобрений достигали 40%, фосфора – 25%.

9. В условиях лесостепной зоны Зауралья за счет плодородия чернозема выщелоченного возможно получение 3,00 т/га зерна кукурузы с уборочной влажностью 40%. За счет минеральных удобрений урожайность зерна повышалась до 3,87-4,46 т/га, а уборочная влажность возрастала до 42-44%. Междуурядная обработка обеспечивала прибавку зерна на 5-11%. Смещение сроков посева на вторую декаду мая снижало урожайность зерна на 12-14% и увеличивало уборочную влажность до 43-47%.

10. Затраты на выращивание кукурузы по зерновой технологии составляли 15869 руб./га. Внесение возрастающих доз минеральных удобрений повышало их до 31270 руб./га, основная часть из которых приходится на минеральные удобрения (40%) и сушку зерна (26%). Прибыль от реализации зерна кукурузы, выращенной на естественном агрофоне составляла 21263 рубля при рентабельности 134%. Внесение минеральных удобрений на урожайность 6,0 т/га зерна кукурузы увеличивало чистую прибыль до 28382 рублей, что на 33% выше контроля. Рентабельность при внесении минеральных удобрений среднем за годы исследования снижалась до 91%. В благоприятные годы рентабельность на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы в 2016 и 2017 г. возрастала до 142 и 120% соответственно, а неблагоприятный 2018 г. рентабельность не превышала 53%.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При расчете доз минеральных удобрений на планируемую урожайность зерна кукурузы необходимо использовать хозяйственный вынос: 43 кг азота; 11 кг фосфора и 80 кг калия, а также коэффициенты использования питательных веществ из почвы: 65% азота, 14% фосфора, 49% калия; и минеральных удобрений: 40% азота, 25% фосфора.

2. Для получения стабильного урожая зерна кукурузы необходимо внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы с обязательным применением междуурядной обработки и посевом при температуре почвы 8-10°C, что обеспечивает экономический эффект 105%.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Demin E.A. Growing Corns by Grain-Growing Technology in Siberia / E.A. Demin // International Conference on Smart Solutions for Agriculture (Agro-SMART 2018) – 2018. – P. 136-139.

2. Еремин Д.И. Баланс питательных веществ в посевах кукурузы выращиваемой на выщелоченных черноземах / Д.И. Еремин, Е.А. Дёмин // Известия Оренбургского ГАУ. – 2018. – №3 (71). – С. 77-80.
3. Еремин Д.И. Выращивание кукурузы в лесостепной зоне Зауралья: от теоретического обоснования к практическим результатам / Д.И. Еремин, Е.А. Дёмин // Аграрный вестник Урала. – 2017. – №12 (166). – С. 2-4.
4. Дёмин Е.А. Азотный режим кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Е.А. Дёмин, Д.И. Еремин // Вестник Алтайского ГАУ. – 2017. – №12 (158). – С. 10-16.
5. Еремин Д.И. Особенности потребления калия в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Еремин, Е.А. Дёмин // Известия Оренбургского ГАУ. – 2017. – №6 (68). – С. 10-14.
6. Еремин Д.И. Фосфорный режим кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Еремин, Е.А. Дёмин // Агропродовольственная политика России. – 2017. – №5 (65). – С. 86-92.
7. Дёмин Е.А. Влияние минеральных удобрений и междурядной обработки кукурузы на урожайность кукурузы в условиях лесостепной зоны Зауралья / Е.А. Дёмин, Н.В. Фисунов // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – №4 (24). – С. 33-35.
8. Еремин Д.И. Хозяйственный вынос основных элементов питания при выращивании кукурузы по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Еремин, Е.А. Дёмин // АПК России. – 2017. – Т. 24. – №4. – С. 883-888.
9. Дёмин Е.А. Влияние минеральных удобрений на содержание белка и крахмала в зерне кукурузы выращиваемой в лесостепной зоне Зауралья / Е.А. Дёмин, Д.И. Еремин // Вестник АПК Ставрополья. – 2018. – №2 (30). – С. 130-133.
10. Еремин Д.И. Плотность сложения и структурно-агрегатный состав чернозема выщелоченного под посевами кукурузы в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Еремин, Е.А. Дёмин // Агропродовольственная политика России. – 2017. – №10 (70). – С. 90-93.
11. Дёмин Е.А. Динамика нарастания биомассы кукурузы в лесостепной зоне Зауралья / Е.А. Дёмин, Д.И. Еремин // Агропродовольственная политика России. – 2017. – №6 (66). – С. 10-14.
12. Еремина Д.В. Выращивание кукурузы на зерно в Северном Зауралье / Д.В. Еремина, Е.А. Дёмин // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – №3 (23). – С. 12-15.
13. Дёмин Е.А. Решение проблем засоренности кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Е.А. Дёмин, Н.В. Фисунов // АПК России. – 2017. – №5. – С. 1077-1081.
14. Еремина Д.В. Аgroэкономическое обоснование выращивание кукурузы на зерно в лесостепной зоне Зауралья / Д.В. Еремина, Е.А. Дёмин // Агропродовольственная политика России. – 2016. – №12 (60). – С. 27-30.