

Министерство сельского хозяйства РФ
ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

На правах рукописи

Дёмин Евгений Александрович

**Оптимизация минерального питания выращиваемой по зерновой
технологии кукурузы в лесостепной зоне Зауралья**

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Специальность 06.01.04 – агрохимия

Научный руководитель:
д.б.н., профессор Ерёмин Д.И.

Тюмень – 2019

Содержание

Введение.....	3
1 Обзор литературы.....	7
2 Природные условия и методика проведения исследований.....	27
2.1 Агроклиматические условия места проведения исследований	27
2.2 Характеристика почвы опытного поля	32
2.3 Методика проведения исследований	37
3 Влияние минеральных удобрений на рост и развитие кукурузы выращиваемой по зерновой технологии	40
3.1 Фенологические наблюдения	40
3.2 Динамика нарастания биомассы кукурузы	44
4 Агрофизические свойства чернозема выщелоченного при возделывании кукурузы	48
4.1 Температурный режим и запасы продуктивной влаги при выращивании кукурузы на черноземе выщелоченном	48
4.2 Влияние междурядной обработки посевов кукурузы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного	55
5 Агрохимические условия выращивания кукурузы в условиях лесостепной зоны Зауралья	59
5.1 Динамика нитратного азота почвы при возделывании кукурузы	59
5.2 Фосфорный режим почвы при возделывании кукурузы	65
5.3 Калийный режим почвы при возделывании кукурузы	68
5.4 Динамика накопления NPK в растениях кукурузы	70
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	79
6 Продуктивность кукурузы при различных агротехнологических операциях	85
7 Экономическая эффективность применения минеральных удобрений под кукурузу	91
Заключение.....	95
Предложения производству.....	98
Список литературы.....	99
Приложения.....	124

ВВЕДЕНИЕ

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 междурядной 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 молодежи» (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. Ерёмину и коллектив Агротехнологического института ГАУ Северного Зауралья, а также сотрудников Агробитехнологического 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.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Кукуруза – (*Zea mays* L.) – однолетнее растение семейства Мятликовые, раздельнополое, перекрестноопыляющееся. На протяжении многих лет ученым не удавалось найти дикорастущие формы кукурузы ни в одном из регионов Земного шара (Введенский Б.А., 1953). Однако, последние археологические раскопки с проведением генетических исследований подтвердили наличие дикорастущих предков (Кравченко В.В., 2015).

Высокая обеспеченность зерна кукурузы питательными веществами и большая урожайность по сравнению с другими зерновыми культурами способствовала ее быстрому распространению по всей планете. В Европу кукурузу завезли из Америки и быстро установили ее важное экономическое значение. После чего она быстро распространялась в странах центральной Европы, на территории Африки и в конце 16 века достигла территории Азии (Bunting E.S., 1978). На территорию центральной России кукуруза начала проникать лишь в начале 19 века. Экономическая реформа России, проведенная в этом же веке, способствовала распространению этой культуры в глубь страны (Шмараев Г.Е., 1975; Хохлачев В.В., 1989). Преимуществом кукурузы перед другими зерновыми культурами является то, что она практически не дает отходов производства. Зерно перерабатывается на крупу, муку, хлопья, консервы. Стержни початка, обертка и стебли являются сырьем для производства жидкой смолы, спирта, линолеума, краски и клея. В настоящее время во всем мире из кукурузы изготавливают более 500 различных основных и побочных продуктов (Сотченко В.С., 2009; Коломейченко В.В., 2015).

Кукуруза – требовательная к погодным условиям культура. При ее выращивании важна сумма активных температур (более 10°C). Именно этот показатель лежит в основе классификации гибридов кукурузы по группам спелости (FAO). По данным Ф.Н. Стрижовой (2006) сумма активных

температур, необходимая для получения зерна кукурузы составляет 1800-2600°C в зависимости от группы спелости.

В лесостепной зоне Зауралья анализ многолетних климатических показателей показал, что сумма активных температур варьирует от 1950 до 2100°C (Иваненко А.С., Кулясова О.А., 2006). В наиболее благоприятные годы этот показатель увеличивается до 2200 градусов по Цельсию. Это теоретически подтверждает возможность получения зерна кукурузы в условиях юга Тюменской области. Кукуруза отзывается на хорошо прогретую в прикорневой зоне почву. Температура 10°C на глубине заделки семян обеспечивает дружное появление всходов. Температура пахотного слоя более 10°C, обеспечивает ускорение процесса набухания семян и появление всходов (Коровин А.И., 1984). В условиях лесостепной зоны Зауралья почва прогревается до 10°C к 18-22 мая. Таким образом, посев кукурузы в начале второй декады мая обеспечит появление всходов в прогретой до биологического минимума почве.

Заморозки в лесостепи Тюменской области отмечаются довольно часто. Это может оказать значительное влияние на возможности получения зерна. Кукуруза выдерживает весенние короткие по длительности заморозки до -4°C. Более низкие температуры вызывают серьезные повреждения и даже гибель растений. Осенние заморозки критичны для кукурузы. Воздействие отрицательной температуры более двух часов значительно повреждают листовую поверхность, что негативно сказывается на созревании зерна. Как отмечает ряд ученых (Коровин А.И., 1984; Панфилов А.Э., 2004; Кравченко В.В., 2015; Белолобцева А.И., 2017) раннеспелые гибриды лучше справляются с заморозками, чем позднеспелые. В Тюменской области последние весенние заморозки приходятся на середину третьей декады мая, а осенние на – 2 декаду сентября. Для снижения пагубного влияния заморозков необходимо правильно подходить к выбору участка для посева. Благоприятными полями в нашей зоне при возделывании кукурузы являются участки, расположенные на возвышенности с южной экспозицией, так как

вероятность попадания посевов под заморозки на данной местности минимальна. В низинах период отсутствия заморозков составляет 110-120 суток, на возвышенностях – 130-150 суток.

Продуктивность кукурузы и качество получаемой продукции напрямую зависят от условий выращивания. В процессе развития кукуруза тесно связана с условиями внешней среды, почвенного плодородия, от которых определяется характер и интенсивность физико-биохимических процессов, протекающих в растении. От интенсивности этих процессов, проходящих в организме, накапливаются вещества, характеризующие качество урожая (белки, углеводы, жиры, крахмал, сахара и витамины), которые в зависимости от условий питания могут изменяться в широких пределах (Акинчин А.В. и др., 2012; Кузнецова Л.Н., Анкичев А.В., 2014; Линков С.А. и др., 2014; Казакова Н.И., 2015; Лицуков С.Д., Глуховченко А.Ф., 2016).

Для получения стабильных и высоких урожаев зерна кукурузы главным является подбор гибридов под определенные почвенно-климатические условия (Гурьев Б.П., 1988; Шпаар Д., 2014).

Кукуруза в зависимости от группы спелости (ФАО), имеет различные сроки созревания, которые варьируют в широких пределах. Увеличение ассимиляционной поверхности листьев кукурузы сокращает период созревания на 4-8 суток (Кашеваров Н.И. и др., 2004; Загинайлов А.В. и др., 2011; Еськов Е.К., 2012). Повысить площадь листовой поверхности кукурузы возможно при использовании дополнительного минерального питания. Нарушение соотношения N:P или N:K при необоснованном внесении удобрений приводит к удлинению периода вегетации кукурузы (Скарга О.В., 2004).

Смещение сроков посева кукурузы на конец мая обеспечивает закономерное сокращение межфазных периодов и развития кукурузы в целом. Это происходит благодаря хорошо прогретой почве, которая способствует активизации почвенной микрофлоры и трансформации

питательных веществ в доступные для растений соединения (Miedema P., 1982; Багринцева В.Н., Сухоярская Г.Н., 2010; Новоселов С.И., 2015).

Многие исследователи отмечают, что плохо прогретая почва в период прорастания семян кукурузы приводит к увеличению довсходового периода и затрудняет потребление питательных веществ, что замедляет процесс роста растений (Денеште Ж.Х., 2003; Колесниченко А.В., 2010; Панфилов А.Э., 2013).

Пониженная температура почвы в первой половине вегетации кукурузы резко замедляет потребление питательных веществ. Это происходит в основном из-за особенности корневой системы кукурузы. В начале своего развития она развивается крайне слабо и не может в полной мере получать необходимые элементы питания, которые равномерно рассредоточены в пахотном слое. Также слабопрогретая почва затрудняет ионный обмен в корнях (Горбачева А.Г., 2014; Караулова Л.Н., 2017).

Важным в питании кукурузы является минерализация органического вещества, а также нитрификационная способность почвы, которая напрямую связана с интенсивностью протекающих микробиологических процессов. Как отмечает ряд ученых (Грабовский М.И., 1981; Проценко Е.П., 2005; Чуян О.Г., 2018), в холодных почвах микрофлора плохо развитая и слабо работает. Повышение температуры пахотного слоя обеспечивает активизацию микроорганизмов и обеспечивает высвобождение легкодоступных для растений соединений.

В своих работах по изучению влияния температуры почвы на потребления питательных элементов А.И. Коровин (1958) отмечал, что при низких температурах кукуруза плохо усваивает нитратный азот. Автор также отмечал, что понижение температуры почвы до 5-6°C приводит к полной остановке потребления нитратного азота и фосфора, и затруднению потребления калия. Пониженные температуры снижают потребление элементов минерального питания до минимума из-за ухудшения скорости протекания химических реакций и отрицательного действия таких

температур на поглощающий аппарат. Такие же наблюдения в своих исследованиях отмечали А.В. Зиновьев и А.Г. Горбачева (2015).

Помимо температуры почвы большое значение на развитие кукурузы оказывает содержание влаги. По данным А.Ю. Москвичева (2011), Э.Д. Адиньяева, А.Г. Амаевой (2012), недостаток влаги в почве приводит к снижению урожайности кукурузы и потере кормовой ценности зерна. Авторы отмечают, что при недостатке влаги валовой сбор с одного гектара площади белка снижается на 461, крахмала – 2000 и жира – 178 кг по сравнению с вариантами с достаточным увлажнением.

В ранние фазы развития растения могут длительное время пребывать в состоянии увядания и не терять свою продуктивность (Клименко П.Д., 1986; Андреев Н.Г., 1995; Ишин А.Г., 1985). Для образования единицы сухого вещества кукуруза требует в несколько раз меньше воды (250-400 кг), чем яровая пшеница, ячмень, и другие культуры (600-800 кг). Однако, за весь вегетационный период в связи с большой биомассой, кукуруза расходует значительное количество влаги (Володарский Н.И., 1974; Просвирык П.Н., 2012). На протяжении роста и развития кукуруза по разному нуждается во влаге. Так в период начального развития кукуруза не требует большого количества воды, однако с увеличением листостебельной массы нуждаемость увеличивается. Не смотря на то, что кукуруза является засухоустойчивым растением, не все гибриды одинаково хорошо переносят стресс, связанный с недостатком влаги (Аль-Холани Х.А., Долгих Ю.И., 2007). Кукуруза хорошо реагирует на достаточное количество влаги в почве (не менее 100 мм) в период цветения.

Как отмечают В.П. Шкуплер (1990) и В.А. Гулидова (2017), увядание кукурузы в течение 1-2 суток во время цветения растений приводит к снижению урожайности до 20%, а при продолжительности 6-8 суток потеря урожая достигает 50% от планируемого урожая.

Переувлажненная почва негативно сказывается на урожайности кукурузы из-за нарушения процесса поглощения фосфора, в результате чего

нарушаются процессы фосфорилирования и белковый обмен (Гулидова В.А., 2017).

Д.В. Митрофанов (2018) отмечал, что наличие достаточного количества влаги в почве обеспечивает лучшее потребление подвижного фосфора кукурузой. Также автор акцентирует внимание на том, что при высокой влажности почвы в пахотном слое корневая система разрастается в этом слое и не стремится в нижние горизонты. Увеличение плотности расположения корней в пахотном слое почвы при достаточном уровне воды в почве обеспечивает лучшее усвоение питательных веществ из почвы.

Л.И. Шалагинова (2006), проводя свои исследования в Алтайском крае, установила положительное действие орошения на потребление питательных веществ кукурузой. Также в своей работе она отмечала, что при поливе возрастает микробиологическая активность почвенных микроорганизмов и улучшается минерализация органического вещества.

Многие исследователи (Ахмедов А.Д., 2004; Балакай Г.Т., 2005; Кузнецов П.И. и др., 2011) считают, что для получения высокого урожая кукурузы почвенная влага должна поддерживаться в пределах 80-100% наименьшей влагоемкости на протяжении всей вегетации. Понижение НВ до 75-77% способствует снижению прироста биомассы за сутки. Исследованиями И.П. Кружилина (2006) установлено, что в начале своего развития, до формирования 6-7 листьев, кукуруза потребляет небольшое количество воды. Пик максимального использования приходится на момент активного роста стебля – от фазы образования 14-15 листьев, вплоть до развития молочной спелости зерна.

По мнению А.Э. Панфилова (2016), главным направлением селекции кукурузы в настоящее время является создание засухоустойчивых гибридов с экологической пластичностью. Такого же мнения придерживаются Н.Н. Иванов, 1970; Ю.В. Соколов, 2004; Э.Б. Хатефов и др. (2010); Э.А. Гончарова и др. (2013); Э.Б. Хатефов и др. (2017), отмечая, что недостаток пресной воды в условиях современного земледелия и происходящих климатических

изменений приводит к вопросу создания устойчивых гибридов кукурузы, способных давать высокий и качественный урожай даже при дефиците влаги. В.Н. Багринцева (2016) установила существенную зависимость ($r=0,79$) между урожайностью зерна кукурузы за период 1996-2014 гг. и осадками в июле. Влажность почвы является одним из важнейших факторов структурообразования, при снижении запасов воды и соответственно увеличением плотности упаковки частиц коагуляционные связи упрочняются и в присутствии солей, органического вещества могут возникать и кристаллизационные структуры (Косицина О.А., 2004; Стрижова Ф.М., 2006; Лисов В.Ю., Язов В.Н., 2014). В своих исследованиях, проведенных на чернозёмах южных, К.Е. Денисов и др. (2016) отмечали, что повышение влажности почвы способствует разуплотнению изучаемых слоев на 7,8%.

Плотность сложения почвы один из ключевых агрофизических показателей. Многие исследователи утверждают, что оптимальная плотность для возделывания зерновых культур находится в пределах от 1,0 до 1,3 г/см³ (Еремин Д.И., 2009; Еремин Д.И., Моисеев А.Н., 2012; Абрамов Н.В., 2017). Пропашные культуры, к которым относятся кукуруза, требуют более рыхлую почву. Для оптимального развития кукурузы плотность сложения почвы должна находиться в пределах 1,0-1,2 г/см³, такая плотность обеспечивает благоприятное развитие корневой системы кукурузы (Панфилов А.Э., 2004).

По данным ряда ученых на переуплотненных почвах развитие корневой системы приостанавливается. Переуплотнение междурядий снижает урожайность кукурузы на 10-22% относительно варианта с оптимальной плотностью почвы. Основная масса корней кукурузы расположена в слое почвы 0-30 см, что составляет 70-80% от общей массы. Поэтому кукуруза чувствительно реагирует на глубину основной обработки и физическое состояние пахотного слоя (Wilhelm W., 2004; Литвинов Д.В., Товстенко Н.П., 2011).

Кукуруза весьма требовательная культура к условиям питания, это связано с высокой интенсивностью протекающих биохимических реакций и ростовых процессов, а также нарастанием большой вегетативной массой. В начале своего развития она плохо усваивает питательные вещества из-за слабо развитой корневой системы и низкой температуры пахотного слоя. Многие исследователи утверждают, что расположение корней кукурузы в почвенном профиле во многом зависит от наличия доступной влаги пахотного слоя в период их интенсивного развития. При достаточном количестве увлажнения корни кукурузы располагаются приоритетно в пахотном слое. Это способствует улучшению питания кукурузы, в пахотном слое преимущественно сосредоточены основные питательные вещества. Недостаток влаги приводит к углублению корней по почвенному профилю, а не их разрастанию. Это приводит к замедлению поступления питательных веществ в кукурузу (Коковихин С.В., 2013; Фомин В.Н., 2017).

Максимальное усвоение питательных веществ отмечается в период выметывания метелки-цветения. Скорость потребления кукурузой питательных веществ во многом зависит от температуры воздуха, почвы, количества осадков. Также интенсивность поглощения питательных веществ является биологической особенностью кукурузы и ее взаимодействием с различными типами почв (Циков В.С., 1989; Муравин Э.А., Титова В.И., 2009; Черенов А.В., 2012).

Максимальная потребность кукурузы в азоте наступает в фазу выметывания – в этот период усваивается до 40% от общей потребности. В начале развития необходимо не более 4% от потребности в питательных веществах. Этим и объясняется высокая эффективность азотных подкормок во время междурядных обработок (Малаканова В.П., Толорая Т.Р., Подлесный А.И., 2013). В условиях лесостепной зоны Зауралья существует высокая вероятность вымывания азотных удобрений в начале вегетации, поэтому их лучше использовать в виде подкормки (Еремин Д.И., 2013). Для рационального использования азотных удобрений возможно не

только применение аммиачной селитры, но и капсулированной мочевины, которая обеспечивает растения азотом в более поздние сроки развития (цветение-молочная спелость) за счет пролонгированного действия (Баранова Л.А., 2013, Баранова Л.А., Комисаров И.Д. и др. 2013). Кукуруза нуждается в азоте практически до фазы восковой спелости зерна (Никитишен В.И., Личко В.И., 2008).

Фосфорные удобрения являются определяющим фактором, влияющим на устойчивое развитие корневой системы кукурузы. Различные формы и дозы фосфорных удобрений на фоне высокой обеспеченности азотом и калием значительно влияют на распределение корневой системы в почве. При использовании фосфорных удобрений в виде аммофоса, полиаммофоса и суперфосфата в норме 90-120 кг/га около 85% корневой системы кукурузы размещается в пахотном слое почвы. Такое размещение корней обеспечивает эффективное использование питательных веществ из почвы и удобрений, что способствует созданию благоприятных условий для формирования высокого урожая кукурузы (Емельянов Ю.Я., Волинкин В.И., 2003; Махматмурадов А.У., Умурзаков Э.У., 2017).

П.А. Чекмарев (2017) в своей работе отмечает, что сильное влияние на потребление питательных веществ кукурузой оказывает ее генотип. Однако акцентирует свое внимание на том, что фосфор кукуруза лучше потребляет из минеральных удобрений, чем из почвы.

Л.Д. Фролова (2018) в своих исследованиях утверждает, что увеличение уровня фосфорного питания без дополнительного использования азотных удобрений не оказывает должного эффекта на усвояемость этого элемента питания. Поэтому автор рекомендует, при использовании удобрений соблюдать баланс всех основных элементов питания.

Высокое содержание подвижного фосфора в почвах на фоне слабой обеспеченности азотом и калием приводит к изменению концентрации и общей доступности питательных элементов в корнеобитаемом слое почвы кукурузы. Для того, чтобы улучшить питательный режим необходимо

произвести выравнивание почвы по обеспеченности элементами питания. При высоком содержании доступного фосфора в почве необходимо увеличивать дозы азотных и калийных удобрений, которые смогут уравновесить отношение этих элементов и усилить потребления питательных веществ кукурузой (Иванов И.А., 1996; Кудяров В.Н., 2014; Шафран С.А., 2015).

В.И. Титова (2018), проводя свои исследования на почвах с высоким содержанием фосфора, также отмечает, что большая концентрация подвижного фосфора при дефиците азота и калия усугубляет развитие кукурузы. Однако внесение оптимальных доз азотно-калийных удобрений способствует улучшению потребления фосфора и резкому увеличению продуктивности кукурузы.

В многолетних исследованиях В.И. Никитишен и В.И. Личко (2012) установили, что степень взаимодействия азота и фосфора удобрений в посевах кукурузы зависит от исходных условий фосфорного питания и гидротермических факторов. Благоприятный температурный и водный режим кукурузы увеличивал эффективность азотных удобрений на фоне высокой обеспеченности фосфором. Хорошая отзывчивость на фосфорные удобрения отмечается в посевах с высокой обеспеченностью азотом. Недостаток тепла в начальные периоды развития кукурузы ограничивает потребление фосфора, в результате чего происходит дисбаланс по отношению к азоту и снижается зерновая продуктивность культуры. Авторы также установили, что сбалансированный уровень азотного и фосфорного питания кукурузы характеризовался следующим содержанием азота и фосфора в тканях растений: в фазе 5-6 листьев – соответственно 3,57-3,85 и 0,43-0,46%, 10-12 листьев – 2,96-3,02 и 0,35- 0,36%, выметывания – 2,16-2,21 и 0,24-0,25% при соотношении N:P, равном в эти фазы 8,3-8,4; 8,4-8,5; 8,6-9,2.

Положительную тенденцию от фосфорных удобрений в своих исследованиях отмечали А.Ф. Стулин (2007), И.П. Таланов и др. (2017), где

дополнительная прибавка в урожае зеленой массы кукурузы в зависимости от погодных условий составляла 5,6-10,2 т/га.

Как отмечала И.А. Карова (2004) в своих исследованиях, проведенных в предгорной зоне Кабардино-Балкарии, в начале своего развития (5-6 лист) кукуруза накапливает до 144 мг нитратного азота на 1 кг сырого вещества. Внесение возрастающих доз минеральных удобрений повышает эти показатели до 697 мг/кг. В последующие фазы развития содержание нитратов в растении плавно уменьшается почти в пять раз. На вариантах с использованием минеральных удобрений содержание нитратов ниже в 3,8-7,0 раз в зависимости от доз удобрений и соотношения удобрений. М.В. Рак (2013) со своими коллегами установили, что азотные удобрения способствуют увеличению нитратов в кукурузе, тогда как фосфорные обеспечивают снижение этого показателя.

В период формирования соцветия кукуруза наиболее чувствительна к недостатку фосфора. Дефицит этого элемента приводит к недоразвитости початков, что негативно отражается на урожайности (Тронева О.В., Кравченко Р.В., 2010; Ступаков И.А., Шумаков А.В., 2013). На ранних этапах своего развития кукуруза не может в необходимом количестве потреблять фосфор корневой системой даже при внесении соответствующих удобрений, из-за низкой температуры пахотного слоя не превышающей 10°C (Панфилов А.Э., Казаков Н.И., 2010).

Как отмечает В.W. Gordon (2014) со своими коллегами, фосфор оказывает стимулирующее действие на корневую систему кукурузы, что благоприятно сказывается на потреблении азота, калия и особенно микроэлементов в более поздних фазах развития. N. Todorova (2008) в своих исследованиях установила, что положительный баланс доступного фосфора в почве способствует улучшению потребления его кукурузой и быстрому образованию полноценных початков. Е.В. Агафонов, А.А. Батаков (2002) и О.И. Антонова, А.Г. Шестаков (2014) в своих исследованиях отмечали, что количество фосфора необходимого для полноценного развития кукурузы в

несколько раз меньше, чем азота и калия. Ученые также установили, что недостаток фосфора в период спелости кукурузы замедляет созревание зерна.

Фосфорные удобрения относительно медленно растворяются в почве и становятся доступными для растений позднее, чем азотные и калийные, поэтому их лучше вносить после уборки предшественника. Слаборазвитая корневая система в начале вегетации кукурузы не может потреблять достаточного количества фосфора. Поэтому чтобы не допустить фосфорного голодания необходимо внесение части фосфорных удобрений с посевом, а также предусмотреть некорневые подкормки. Эти мероприятия обеспечивают закономерное увеличение урожайности зерна и зеленой массы, а также повышают их качество (Толорая Т.Р. и др., 2008; Булдыкова И.А., Шеуджен А.Х., 2010).

Несмотря на высокое значение азота и фосфора в развитии кукурузы, не стоит забывать про калий, который играет важную роль в метаболических процессах, включая синтез, перенос и аккумуляцию продуктов фотосинтеза (Минеев В.Г., 1999). Особое значение калий играет при выращивании культур, которые накапливают в своей биомассе большое количество углеводов. К таким культурам относятся кукуруза (Якименко В.Н., 2005).

Как отмечает ряд исследователей из различных регионов (Ильин В.Б., Смирнов Н.В., 1994; Лукашов А.Г., 2006; Куликов Л.А., 2016), калий играет существенную роль в развитии кукурузы. Недостаток данного элемента замедляет передвижение углеводов, снижает фотосинтетическую активность листьев и приводит к ослаблению корневой системы. В.В. Агеев и др. (2016) в своих исследованиях, проведенных в южно-русской степи, установили, что потребление калия растениями зависит от уровня минерального питания. Увеличение азота и фосфора в почвенном растворе приводит к повышению усвояемости калия кукурузой. Ю.И. Ермохин, Д.Н. Молкоедов (2013) установили, что применение калийных удобрений, повышающих содержание в почве до 50 мг/кг почвы на фоне высокого содержания фосфора и азота в

почве, резко снижает величину завядания кукурузы в 1,5 раз, и обеспечивает увеличение роста растений и повышает качество биомассы культуры.

При недостатке фосфора кукуруза медленно развивается, листья становятся темно-зелеными, а по краям фиолетовыми и начиная с верхушки постепенно отмирают. Недостаток этого элемента приводит к образованию недоразвитых початков и корневой системы. Однако, избыточное содержание фосфора в почве также негативно сказывается на кукурузе из-за обострения цинкового голодания, т. к. высокое содержание фосфора в кукурузе создает необходимость в цинке (Barnette R.M., 1935; Шеуджен А.Х., 2010).

Потребление калия кукурузой происходит на протяжении всего периода развития, однако максимальный вынос около 65% от общего приходится на период до выметывания, когда кукуруза интенсивно начинает расти и набирает большую биомассу. В более поздние фазы развития потребление калия несколько снижается. Это происходит из-за снижения набора биомассы, а в период созревания зерна кукурузы происходит отмирание листовой поверхности и отток клеточного сока поддерживает необходимую концентрацию калия в растении (Коростылев С.А. и др., 2016).

Кукуруза потребляет калий с самого начала своего развития и наиболее интенсивно это происходит в первой половине вегетации. В первые два месяца своего роста кукуруза ежедневно усваивает около 12 кг/га этого элемента. В таких количествах он ей необходим для образования сахаров и крахмала. После фазы цветения потребление калия стабилизируется. А в период созревания зерна его содержание в тканях снижается из-за вымывания через корневую систему. На протяжении всего развития кукурузы наибольшая концентрация калия приходится на стебли. Там его содержится в пять раз больше, чем в зерне (Агафонов Е.В., 2000; Мышко М.Н., 2004).

Недостаток калия приводит к замедлению роста и укорачиванию стебля кукурузы, листья получают окраску как после ожога. Початки становятся

щуплыми с плохо выполненным зерном. Устойчивость к болезням и засухе становится хуже (Наумкин В.Н., 1999).

Учеными из Омска для расчета оптимальных доз минеральных удобрений для определенных агроклиматических условий уже более 40 лет используется почвенно-растительная оперативная диагностика (ПРОД). В которой включены три блока. Первый блок это определение обеспеченности растений элементами питания с помощью химического анализа почвы. Второй блок включает контроль за условиями питания сельскохозяйственных культур, в том числе и кукурузы, на основе тканевой диагностики растений. Третий блок – прогнозирование величины урожая и его качества на ранних этапах развития по рассчитанным для каждой культуры формулам (Ермохин Ю.И., 2004; Бобренко И.А., 2014).

По мнению многих исследователей (Бобренко И.А., 2004; Ермохин Ю.И., 2004; Ермохин Ю.И., 2005), для каждой культуры существует, определенное оптимальное соотношение элементов питания, которое необходимо для получения максимально возможного урожая с наивысшим качеством. Необоснованное внесение одного элемента способствует ускорению поступления другого или наоборот замедлению, что негативно сказывается на развитии растений.

Ю.И. Ермохин (2016) со своими коллегами установили оптимальное соотношение питательных веществ для кукурузы на черноземных почвах, и вывели равенство $P_2O_5=8,7 N-NO_3= 1,1 K_2O$.

Р.Р. Бендер (2014) со своими коллегами, проводя исследования в штате Иллинойс, отмечают, что для образования 1 тонны зерна кукурузе необходимо 11,4 кг азота, 6,3 кг подвижного фосфора и 4,6 кг подвижного калия. Авторы также утверждают, что во многом на хозяйственный вынос основных элементов питания влияют климатические условия и генотип растения. В результате этого диапазон необходимых питательных веществ для образования единицы урожая может существенно меняться (табл. 1).

О.А. Косинцына (2004), проводя свои исследования на Зейско-Буреинской равнине, установила, что кукуруза для образования одной тонны зерна с учетом побочной продукции расходует 25 кг азота, 7 кг фосфора; 24 кг калия. В.В. Лапы (2011) в своей работе утверждает, что при выращивании кукурузы на зерновые цели в республике Беларусь для образования одной тонны зерна необходимо 30,2 кг азота, 13,3 кг фосфора, 27,6 кг калия. И.Ф. Храмцов и Н.А. Пунда (2012), установили, что на формирование одной тонны зерна кукурузы с учетом вегетативной массы на естественном агрофоне азота расходуется 28,0 кг, фосфора 11,8 кг и калия 35,9 кг. Использование минеральных удобрений приводит к увеличению хозяйственного выноса азота почти на 22%. Однако, достоверного влияния уровня питания на вынос калия и фосфора установить не удалось.

Таблица 1 – Вынос основных элементов питания для образования единицы урожая зерна кукурузы в различных регионах, кг/т

Питательный элемент	Регион						
	США (Бендер, 2014)	Зейско-Буреинской равнина (Косинцына, 2004)	Беларусь (Лапы, 2011)	Западная-Сибирь (Храмцов, 2012)	Украина (Драгнев, 2016)	Омская обл (Ермохин, 2014)	Челябинская обл (Пестрикова, 2014)
Азот	11,4	25,0	30,2	28,0	30,0	69,6	12,8
Фосфор	6,3	7,0	13,1	11,8	12,0	35,5	7,3
Калий	4,6	24,0	27,6	35,9	30,0	49,2	–

Исследователи из Украины (Черенов А.В., и др. 2012; Драгнев С.В, и др. 2016) отмечали, что кукуруза в среднем для создания 1 тонны зерна потребляет 24-30 кг азота, 10-12 кг фосфора и 25-30 кг калия. Для получения 4-5 т/га урожая необходимо около 150 кг азота, 60 кг фосфора, 150 кг калия. Такое количество питательных веществ в доступных для растений формах не может обеспечить даже самая плодородная почва. В связи с чем необходимо использовать минеральные удобрения. Однако не следует забывать про то, что повышение уровня минерального питания приводит к увеличению хозяйственного выноса до 20%, в сравнении с естественным агрофоном.

В наиболее близких к нам регионах, значения хозяйственного выноса также значительно варьируют. В своих исследованиях, проведенных в Челябинской области, Е.С. Пестрикова (2014) установила, что для образования одной тонны зерна кукурузы необходимо 12,8 кг азота и 7,3 кг фосфора. Тогда как Ю.И. Ермохин (2014) в своей работе указывает, что необходимое количество азота составляет 69,6 кг, фосфора 35,5 кг, а калия 49,2 кг.

Изучение питания кукурузы на силос проводится достаточно давно и эти в большинстве случаев хозяйственный вынос приемлем для позднеспелых гибридов. При планировании урожайности необходимо обращать внимание на группу спелости кукурузы, значения хозяйственного выноса у которых будут варьировать. Н.В. Васина (2014) в своих рекомендациях для Самарской области приводит следующие значения хозяйственных выносов: азот 2,9 кг, фосфор 1,2 кг и калий 3,5 кг. Для Ульяновской области Г.А. Сатаров (2007) установил, что для одной тонны зеленой массы кукурузы необходимо 3 кг азота, 1 кг фосфора и 6 кг калия. С.В. Любова (2010) в своей работе утверждает, что для образования 1 т зеленой массы кукурузы необходимо 5 кг азота, 1 и 4 кг фосфора и калия соответственно. О.Н. Марцуль (2010), проводя свои исследования в Республике Беларусь с гибридом ФАО 190, получила следующие значения для образования 1 тонны зеленой массы кукурузы: 3,3 кг азота, 1,2 кг фосфора и 4,2 кг калия. И.В. Шальнов (2016) в своих исследованиях в Тверской области на гибриде группы спелости ФАО 190 установил, что для образования единицы урожая необходимо 2,74 кг азота, 0,63 фосфора и 4,12 кг калия.

Из проведенного анализа литературы мы видим, что многие исследователи в области питания кукурузы на зеленую массу приводят усредненные данные по хозяйственному выносу питательных веществ, предназначенных для гибридов различных групп спелости. Однако другие ученые утверждают, что при планировании урожайности во внимание

необходимо брать и генетические особенности гибридов (Кравченко Р.В., 2010; Борбенко И.А., 2014; Шальнов И.В., 2016).

Нормативные базы для расчета планируемых норм минеральных удобрений при возделывании кукурузы на зерно представлены только для регионов с относительно высокой суммой активных температур. Использование этих значений в условиях Зауралья не представляется возможным в связи с тем, что расчетные коэффициенты представлены без указания скороспелости гибридов (Нормативы выноса и коэффициентов использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из минеральных удобрений и почвы, 1985).

Для Северо-Кавказского региона коэффициенты использования фосфора и калия из почвы составляют 57,3 и 7,5% соответственно. Донецко-Приднепровского – 10,1% для фосфора и 22,2% для калия (табл. 2). В Южной степной зоне фосфора из почвы используется не более 6,7%, а калия 16,3% (Скрипник Л.Н., 1985; Силантьев А.Н., 1986; Ефремова З.С., 1987; Пестрикова Е.С., 2016).

Таблица 2 – Коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений в различных регионах, %

Питательный элемент	Регионы									
	Челябинская область		Омская область		Северо-кавказский регион		Донецко-Приднепровский регион		Южный регион	
	КИП	КИУ	КИП	КИУ	КИП	КИУ	КИП	КИУ	КИП	КИУ
Азот	30,6	70,0	63,0	50,0	-	55,1	-	27,5	-	23,4
Фосфор	5,1	41,9	18,0	15,0	57,3	19,1	10,1	9,3	6,7	8,6
Калий	–	–	22,0	60,0	7,5	56,0	22,2	28,1	16,3	25,2

В наиболее территориально приближенных к нам регионах Челябинской и Омской области значения также кардинально разнятся. По данным Ю.И. Ермохина (2014), кукуруза усваивает из почвы 63% азота, а фосфора 18%. Данные Е.С. Пестриковой (2014) показывают, что в их регионе кукуруза

усваивает в несколько раз меньше питательных веществ из почвы: азота – 30,6%, фосфора – 5,1%. Такая же закономерность наблюдается по использованию питательных веществ из удобрений. Полученные в различных регионах значения варьируют в широких пределах, в зависимости от территориального распространения зоны исследования, климатических условий, а также скороспелости гибридов кукурузы. Как отмечает ряд ученых (Миронов С.К., 1985; Панфилов А.Э., 2006; Серая Т.М., 2011), основным условием потребления питательных веществ кукурузы является генотип, который считается непосредственным признаком гибрида. Поэтому от скороспелости гибрида, а именно особенности нарастания биомассы и периодом этапов онтогенеза, зависит интенсивность и возможность потребления питательных веществ. Стоит отметить, что кукуруза лучше потребляет азот и фосфор из удобрений, нежели из почвы. Это связано с тем, что корневая система кукурузы в начальные периоды роста развивается плохо, из-за медленного прогревания почвы. А.Э. Панфилов (2012) также отмечал, что раннеспелые гибриды лучше усваивают фосфорно-калийные удобрения, тогда как среднеранние активнее поглощают азотные. Растения по-разному используют питательные вещества из различных типов почвы. Из наиболее плодородных черноземных почв благодаря высокому содержанию питательных веществ и нейтральной реакцией среды достаточно хорошо кукурузой используются элементы питания. Сильно кислые почвы негативно сказываются на развитии корневой системы кукурузы и уменьшают площадь питания растения. Засоленные почвы практически полностью ограничивают потребление нужных элементов питания из почвы и угнетают корневую систему.

Зерно кукурузы – высокоэнергетический корм. Оно пригодно для кормления всех видов животных и птиц. По кормовым достоинствам (содержанию кормовых единиц, обменной энергии и переваримости) зерно кукурузы превосходит зерно других фуражных культур, ввиду чего является неотъемлемой частью комбикормов (Лебединский И.И., 1958). Ценным

кормом является шрот из початков и оберток, зерноостержевая масса, сухое и консервированное зерно (Петров Н.Ю., 2008). Для приготовления кормов используются как целые растения кукурузы, так и початки, зерно разной спелости. Наиболее калорийным кормом для всех видов животных и птицы является зерно, так как имеет почти все необходимые питательные вещества в легкоусвояемой форме. Известно, что в 1 кг сухого вещества зерна содержится 1,34 корм. ед., в то время как в ячмене и овсе соответственно 1,2 и 1,0 корм. ед. Химический состав зерна следующий (%): сухое вещество – 85-86; белок – 9-15; жир – 4- 8; БЭВ – 65-70; клетчатка – 2,5; зола – 1,5, а также различные витамины. Однако оно бедно незаменимыми аминокислотами (лизин и триптофан), поэтому в комбикорма добавляют зерно сои и других зернобобовых культур (Васильченко К.А., 1995; Коломейченко В.В., 2015; Васин В.Г., 2017).

Современная селекция и усовершенствование технологии выращивания кукурузы обеспечивает получение высококачественного зеленого корма. Питательная ценность которого зависит от фазы уборки этой культуры и может варьировать от 15 до 30 корм. ед. на 100 кг зеленой массы (Смольский В.Г., 2004; Надточаев Н.Ф., 2008).

Многие авторы (Даниленко Ю.Л., 2003; Зезин Н.Н., 2012; Сурин И.В., 2013; Шогенов Ю.М., 2017) отмечают, что урожайность зеленой массы во многом зависит от группы спелости гибридов кукурузы. Чем выше число ФАО, тем больше получается выход зеленой массы. Качество этого корма по сравнению с раннеспелыми гибридами намного ниже из-за высокой уборочной влажности и плохого развития початков. Содержание сухого вещества в зерне кукурузы снижается от более раннего срока посева к поздним, однако повышение сахара имеет обратную тенденцию.

М.В. Рак (2013) в своей работе отмечал, что использование микроэлементов в посевах кукурузы обеспечивает повышение сырого протеина, жира и клетчатки в зеленой массе. Автор также обращает

внимание на то, что с увеличением дозы азотных удобрений повышается содержание белка с 8 до 10% в сравнении с естественным агрофоном.

Многие исследователи (Зверев В.А., 2000; Бельченко С.А., 2014; Shahbazi S., 2016) отмечают положительную динамику накопления белка в зеленой массе кукурузы при увеличении доз азотных удобрений. Это происходит из-за увеличения выхода початков с единицы урожая и увеличения содержания в нем белковых соединений.

З.Т. Кануков (2017) со своими коллегами, проведя исследования с различными дозами минеральных удобрений, установили, что повышение уровня питания по сравнению с естественным агрофоном обеспечивает интенсивное нарастание биомассы. Авторы также отмечали, что с повышением агрофона увеличивались и кормовые свойства зеленой массы.

Таким образом, анализ научно-практических работ по системе удобрения кукурузы показал недостаточную изученность данного вопроса. Рассмотренные материалы доказали, что в различных агроклиматических зонах условия питания кукурузы протекает по-разному и необходима разработка собственных коэффициентов, используемых при расчетах доз минеральных удобрений.

2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Агроклиматические условия места проведения исследований

Исследования по оптимизации питательного режима кукурузы проводили на территории ЗАО «Центральное» Заводоуковского района Тюменской области в 2016-2018 гг., которое находится в северной лесостепи.

Климат лесостепной зоны Зауралья континентальный, умеренно теплый и увлажненный. Сумма активных температур составляет от 1950 до 2100°C, в наиболее благоприятные годы этот показатель достигает 2200°C. Зима умеренно холодная и снежная (высота снежного покрова 40-50 см). Продолжительность холодного периода достигает 5 месяцев. Безморозный период составляет 100-120 суток. Максимальная среднесуточная температура воздуха приходится на июль и достигает 17-20°C, минимальная на январь – 16-20°C. Среднегодовое количество осадков составляет около 400 мм, из которых на теплый период приходится 200-250 мм. Гидротермический коэффициент равен 1,2, что соответствует периодически промывному типу водного режима почвы (Иваненко А.С., Кулясова О.А., 2008).

2016 год. В первой и второй декаде мая среднесуточная температура воздуха была на 1,4 и 0,7°C ниже среднемноголетних значений (рис. 1). Количество выпавших осадков за май было в пять раз меньше многолетних и составило 5,8 мм (рис. 2).

В июне температура воздуха достигала 16,2°C, что на 2,6°C выше, чем среднемноголетние значения в первой декаде мая. Во второй и третьей декаде мая температура воздуха была на 0,5 и 1,3°C ниже среднемноголетних значений. Количество осадков, выпавших в первой декаде составляло 39% от климатической нормы для данной территории. Вторая декада характеризовалась обильным количеством осадков – 30,3 мм, при норме 20,0 мм. Осадки, выпавшие в третьей декаде июня, соответствовали среднемноголетним значениям.

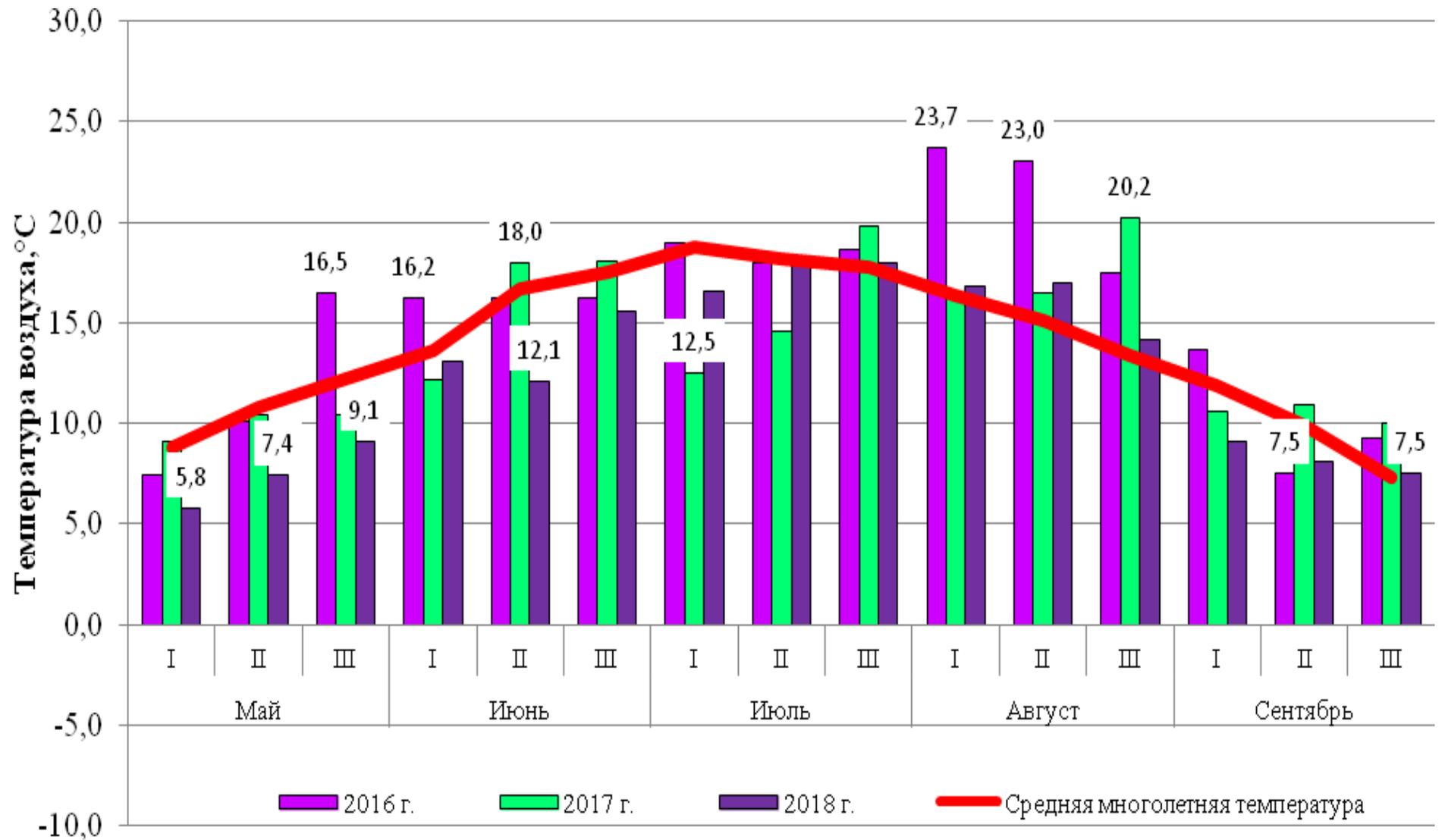


Рисунок 1 – Температура воздуха в годы исследования, °С (2016-2018 гг.)

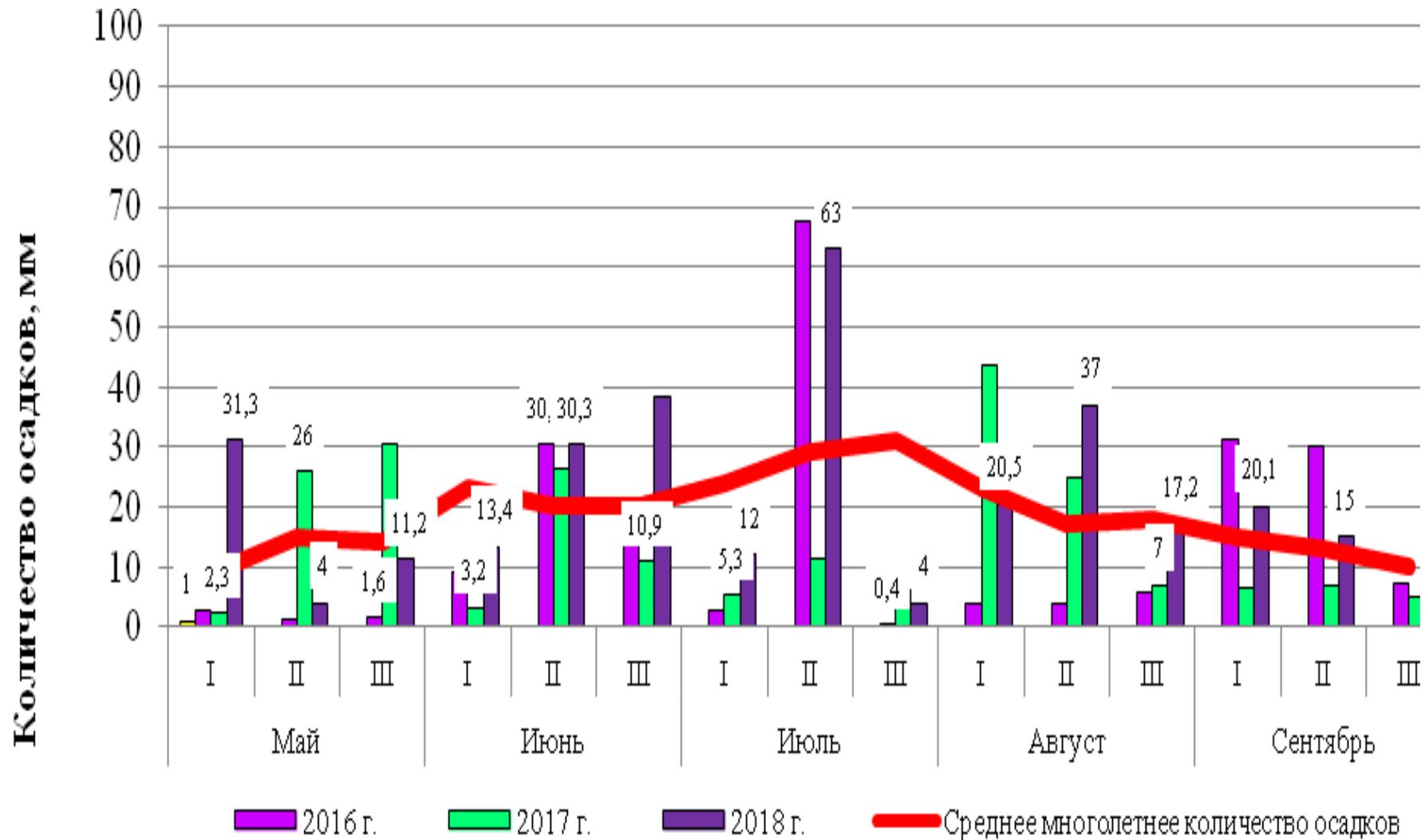


Рисунок 2 – Количество осадков в годы проведения исследований, мм (2016-2018 гг.)

Температура воздуха в первой и второй декаде июля незначительно отличалась от среднемноголетних значений. В конце июля она была выше средних значений на $0,8^{\circ}\text{C}$. Первая и третья декады июля характеризовались малым количеством осадков – 2,7 и 0,4 мм, тогда как во второй декаде количество осадков было избыточным и составило 67,4 мм.

Первая и вторая декада августа характеризовалась высокой температурой воздуха, значения были выше среднемноголетних на $7,3$ и $8,0^{\circ}\text{C}$ соответственно. В третьей декаде температура воздуха была также выше средних значений на $4,1^{\circ}\text{C}$. Осадки в августе выпадали равномерно на протяжении августа и составили 13,8 мм, что соответствовало 30,7% от среднемноголетней нормы в этом регионе.

Температура воздуха в первой и третьей декаде сентября были выше среднемноголетних значений на $1,8$ и $2,4^{\circ}\text{C}$ соответственно. Тогда как температура во второй декаде мая была ниже средних значений на $2,4^{\circ}\text{C}$. Количество осадков выпавших в первой и второй декаде сентября было выше среднемноголетних значений на 16,2 и 17 мм.

2017 год. В первой декаде мая температура воздуха на $0,3^{\circ}\text{C}$ была выше среднемноголетних значений полученных в этом регионе. Уже во второй и третьей декаде температура воздуха на $0,4$ и $1,8^{\circ}\text{C}$ была ниже средних значений. Количество осадков выпавших за май составило 58,8 мм, что на 20,8 мм выше среднемноголетних значений. Основная масса осадков пришлась на середину и конец мая.

В начале июня температура воздуха уступала среднемноголетним значениям на $1,4^{\circ}\text{C}$. Во второй и третьей декаде значения температуры были выше среднемноголетних значений на $1,3$ и $0,6^{\circ}\text{C}$ соответственно. Количество осадков, выпавших в июне составило 40,6 мм (при среднемноголетних 63 мм), основная масса которых приходилась на вторую декаду мая и составила 26,5 мм.

В начале и середине июля среднесуточная температура воздуха составляла $12,5$ и $14,6^{\circ}\text{C}$, что на $6,3$ и $3,6^{\circ}\text{C}$ ниже среднемноголетних значений. В третьей

декаде июля среднесуточная температура воздуха повысилась до 19,8°C, что было выше средних значений на 2,0 градуса по Цельсию. Количество осадков, выпавшее за этот месяц, составляло 25,1 мм при норме для этой территории 84,0 мм.

Первая декада августа по температуре воздуха не отличалась от среднемноголетних значений. Вторая и третья декада августа была теплее на 1,4 и 6,8 °С соответственно. Количество осадков, выпавшее в первой декаде августа было в двое выше среднемноголетних значений и составило 43,4 мм. Во второй декаде выпало 25,0 мм при норме 17,0 мм. На третью декаду пришлось 7,0 мм при норме 17,0 мм.

Первая декада сентября была холоднее среднемноголетних значений на 1,3°C. Однако во второй декаде температура воздуха составляла 10,9 градусов по Цельсию. В третьей декаде среднесуточная температура резко упала до 2,0°C, тогда как среднемноголетняя составляла 7,3°C. Количество осадков, выпавшее за этот месяц, составляла 18,6 мм, что на 19,4 мм ниже среднемноголетних значений.

2018 год. Среднесуточная температура воздуха в мае была ниже среднемноголетних значений на 3,0-3,4°C. Количество осадков в первой декаде мая было избыточным и составило 31,3 мм, при норме 9,0 мм. Во второй и третьей декаде мая количество осадков было ниже среднемноголетних значений на 11,0 и 2,8 мм соответственно.

Температура воздуха в первой декаде мая практически не отличалась от среднемноголетних значений и составляла 13,1°C. Во второй декаде температура понизилась до 12,1°C, при средних показателях в этот период 16,7°C. В конце месяца температура хоть и возросла до 15,6°C, но уступала среднемноголетним значениям на 1,9 градуса по Цельсию.

Июль был самым теплым, особенно в первой декаде, где температура достигала 20,9°C. Во второй и третьей декаде месяца температура составляла 18,8 и 18,2°C соответственно. Количество осадков в этом месяце было

избыточным и составило 79 мм, основное количество из которых пришлось на вторую декаду мая – 63 мм.

Август был относительно теплым. Температура воздуха на протяжении всего месяца была выше среднемноголетних значений на 0,4-1,9°C. Количество осадков, выпавших в первую и третью декаду, существенно не отличалось от среднемноголетних значений, тогда как во вторую декаду выпало на 54% больше среднемноголетней нормы.

Среднесуточная температура сентября в первой декаде не отличалась от среднемноголетних значений. Вторая декада была холоднее на 1,8°C, тогда как третья на 2,6°C выше, чем среднемноголетние значения. Количество осадков выпавших за сентябрь, составило 40,7 мм. Наиболее интенсивно осадки наблюдались в первой декаде месяца – 20,1 мм. Конец сентября был практически без осадков – 5,6 мм.

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

Поле, на котором проходили исследования, расположено недалеко от поселка 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).

Почва опытного поля – чернозем выщелоченный, маломощный, среднесуглинистый сформированный на лессовидном суглинке.

- $A_{\text{пах}}$ 0-28 см. Черный, увлажнен, тяжелосуглинистый, глыбисто-комковатый, плотный. Переход постепенный, по плужной подошве ясный.
- A 28-33 см. Черный, сухой, тяжелосуглинистый, зернистый-комковато уплотнен, корни. Переход постепенный.
- AB_1 33-43 см. Буровато-черный, сухой, тяжелосуглинистый, ореховато-комковатый, плотный, корни. Переход ясный, языковатый.
- B_2 43-100 см. Темно-бурый, сухой, тяжелосуглинистый, крупно-ореховатый, плотный, корни, гумусовые языки по трещинам до глубины 80 см. Переход постепенный.
- B_3 100-120 см. Светло-бурый, сухой, тяжелосуглинистый, ореховатый, плотный, редкие корни и отпечатки корней на всю глубину. Переход ясный.
- B_K 120-172 см. Желто-палевый, свежий, тяжелосуглинистый, бесструктурный, уплотнен, тонкопористый. Вскипает, карбонаты в виде журавчиков и мелких вкраплений. Переход постепенный.
- C >172 см. Желто-палевый, свежий, тяжелосуглинистый, бесструктурный. Вскипает, формы карбонатов те же, но реже.

Содержание глины в профиле почвы варьировало от 37 до 54%, в пахотном слое её содержание составило 41-52%, что соответствовало тяжелосуглинистой разновидности чернозёма выщелоченного (табл. 3).

Содержание крупного и среднего песка в метровом слое чернозёма выщелоченного составляло 6-8%. Фракция мелкого песка в слое 0-40 см достигала 15-21%, вниз по профилю отмечалось повышение до 35%, что обеспечивало благоприятную водопроницаемость и аэрацию исследуемого профиля. Доля пыли в слое 0-30 см составляла не более 41%, содержание крупной пыли – 32 %, уменьшаясь вниз по профилю до 18%.

Содержание гумуса в слое почвы 0-10 см достигало 9,0% (табл. 4). Снижаясь вниз по профилю до 0,64%, запасы гумуса при этом достигли 435-440 т/га в метровом слое.

Таблица 3 – Гранулометрический состав чернозема выщелоченного ОПЫТНОГО ПОЛЯ

Глубина, см	Количество частиц диаметром (мм), %						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
2-10	7,8	20,1	31,6	6,2	7,8	26,5	40,5
10-20	6,7	20,7	32,0	5,7	7,9	27,0	40,6
30-40	6,9	16,3	24,6	8,4	12,6	31,2	52,2
40-50	7,6	18,6	21,7	4,8	11,3	36,0	52,1
60-70	6,8	15,2	24,5	3,8	11,5	38,2	53,5
80-90	6,5	15,2	29,1	2,7	7,6	38,9	49,2
100-110	10,2	13,7	25,4	5,4	8,3	37,0	50,7
120-130	15,2	13,0	25,0	4,2	8,5	34,1	46,8
150-160	14,2	12,3	24,1	6,7	8,3	34,4	49,4
180-190	11,8	31,8	18,4	1,4	7,6	29,0	38,0
200-210	10,2	35,4	17,6	4,8	5,9	26,1	36,8
240-250	12,4	28,8	18,6	7,0	5,3	27,9	40,2

Таблица 4 – Агрохимическая характеристика чернозёма выщелоченного ОПЫТНОГО ПОЛЯ

Слой почвы, см	Содержание гумуса, %	Валовое содержание азота, %	Валовое содержание фосфора, %	Сумма обменных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %
				мг-экв./100г почвы		
0-10	9,00	0,43	0,17	33,0	3,4	91
10-20	8,55	0,44	0,17	31,5	3,4	90
20-30	7,45	0,41	0,16	31,0	3,7	89
30-40	4,23	0,20	0,10	25,3	2,5	92
40-50	2,11	0,15	0,10	21,1	2,4	90
50-60	1,53	не опред.	не опред.	18,7	2,2	90
60-70	1,11	не опред.	не опред.	18,3	2,2	90
70-80	1,14	не опред.	не опред.	19,1	2,3	89
80-90	0,82	не опред.	не опред.	20,1	1,1	95
90-100	0,64	не опред.	не опред.	23,4	1,0	96

Содержание валового азота в пахотном слое варьировало от 0,41 до 0,44%, уменьшаясь вниз по профилю до 0,15%. Общие запасы валового

азота в исследуемом слое (0-50 см) составляли 18-20 т/га. Запасы общего фосфора достигали 8,5 т/га, при этом его содержание в пахотном слое составляло 0,16-0,17%, вниз по профилю этот показатель резко уменьшался до 0,10%.

Почва опытного участка характеризовалась высокой суммой обменных оснований. В пахотном слое этот показатель достигал 31,0-33,0 мг-экв./100 г почвы. С глубиной данный показатель снизился до 18,3 мг-экв./100 г почвы. С приближением к иллювиально-карбонатному горизонту (B_k) этот показатель повышался до 23,4 мг-экв./100 г почвы.

Гидролитическая кислотность в пахотном слое составляла 3,4-3,7 мг-экв./100 г почвы. В подпахотном слое (30-50 см) этот показатель уменьшался до 2,4 мг-экв./100 г почвы. Минимальные значения гидролитической кислотности отмечались в слое 80-100 см – 1,0-1,1 мг-экв./100 г почвы. Низкая гидролитическая кислотность и высокое содержание катионов щёлочноземельных металлов в почвенно-поглонительном комплексе благоприятно сказываются на степени насыщенности основаниями, которые в метровом слое достигают 89-96% от емкости катионного обмена.

Плотность сложения пахотного слоя чёрнозема выщелоченного была оптимальной для выращивания зерновых культур и составляла 1,03-1,15 г/см³ (табл. 5). В слое 30-50 см отмечалось повышение плотности почвы до 1,40 г/см³. Это связано с образованием плужной подошвы, вызванным длительным сельскохозяйственным использованием чернозёма в пашне. В более глубоких слоях почвы плотность сложения увеличивалась до 1,46 г/см³. Это негативно сказывается на распространении корневой системы вниз по профилю почвы.

Плотность твёрдой фазы чернозёма выщелоченного не отличалась от чернозёмов лесостепной зоны Зауралья (Каретин Л.Н., 1990; Абрамов Н.В., 2007). Значения в метровом слое почвы находились в пределах 2,43-2,64 г/см³. Наименьшие значения отмечались в пахотной части профиля чернозёма.

Максимальная гигроскопичность в метровом слое составляла 10-12% от объёма почвы. Влажность завядания находилась в пределах от 13 до 17% от объёма почвы.

Таблица 5 – Почвенно-гидрологические константы чернозёма выщелоченного опытного поля

Слой почвы, см	Плотность, г/см ³		% от объёма почвы				
	Сложения	Твердой фазы	МГ	ВЗ	ВРК	НВ	ПВ
0-10	1,03	2,43	10	13	28	40	57
10-20	1,10	2,42	11	14	27	39	54
20-30	1,15	2,53	11	14	29	41	51
30-40	1,25	2,64	12	17	20	29	47
40-50	1,28	2,58	10	14	19	27	47
50-60	1,43	2,60	12	16	19	27	44
60-70	1,46	2,54	11	15	15	22	43
70-80	1,44	2,54	11	14	17	24	45
80-90	1,42	2,60	11	15	17	24	47
90-100	1,46	2,52	11	15	16	23	42

МГ – максимальная гигроскопичность; ВЗ – влажность завядания; ВРК – влажность разрыва капилляров; НВ – наименьшая влагоемкость; ПВ – полная влагоемкость.

Полная влагоёмкость метрового слоя достигала 42-57% от объёма почвы. Это обеспечивало хорошую аэрацию при насыщении почвы водой до наименьшей влагоёмкости. Слой почвы 0-30 см может удерживать до 120 мм воды, что в период снеготаяния и ливневых дождей имеет положительное значение. Запасы воды в метровом слое чернозёма выщелоченного достигают 300 мм, что соответствовало наименьшей влагоёмкости (Ерёмин Д.И., 2010).

Пахотный слой почвы характеризовался хорошей водопроницаемостью. Скорость впитывания воды в первые минуты достигала 2,1-2,8 мм/мин (табл. 6). Высокая скорость впитывания прослеживалась по всему профилю, достигая максимальных значений на глубине 50 см.

Скорость фильтрации в пахотном горизонте достигала 1,4-1,6 мм/мин. Такая скорость является достаточной для пропускания воды в период

обширных осадков без переувлажненных слоев и проявления поверхностного стока. Вниз по профилю из-за более тяжелого гранулометрического состава коэффициент фильтрации уменьшался до 1,0 мм/мин. При этом из-за хорошей оструктуренности этого слоя застоя воды не наблюдалось.

Таблица 6 – Водопроницаемость чернозёма выщелоченного опытного поля, мм/мин

Глубина, см	Минуты 1-го часа						Часы наблюдений		
	10	20	30	40	50	60	1	2	3
0	2,8	2,1	1,8	1,6	1,5	1,5	1,6	1,4	1,4
30	2,6	2,2	1,8	1,5	1,2	1,2	1,0	1,0	1,1
50	4,0	2,8	2,6	1,6	1,1	1,1	1,2	1,1	1,0

Таким образом, почва опытного участка имела высокое потенциальное плодородие, с большими запасами питательных веществ и хорошими агрофизическими свойствами.

2.3 Методика проведения исследований

Исследования включали в себя три полевых опыта:

Опыт 1. Изучение влияния минеральных удобрений на рост и развитие кукурузы (дозы минеральных удобрений рассчитывали ежегодно на планируемую урожайность методом элементарного баланса с использованием общепринятых коэффициентов с учетом фактического почвенного плодородия). Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений);
2. NPK на 4,0 т/га зерна (2016 г. – $N_{80}P_{60}K_{60}$; 2017 г. – $N_{60}P_{60}K_{60}$; 2018 г. – $N_{110}P_{80}K_{80}$);
3. NPK на 5,0 т/га зерна (2016 г. – $N_{110}P_{80}K_{80}$; 2017 г. – $N_{80}P_{100}K_{100}$; 2018 г. – $N_{140}P_{100}K_{100}$);
4. NPK на 6,0 т/га зерна (2016 г. – $N_{150}P_{100}K_{100}$; 2017 г. – $N_{150}P_{120}K_{120}$; 2018 г. – $N_{170}P_{120}K_{120}$).

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

Изучение питательного режима кукурузы проводили в зерновом севообороте (кукуруза – яровая пшеница – овёс), чередование культур за годы исследований не менялось. Дозы минеральных удобрений рассчитывали ежегодно на планируемую урожайность кукурузы методом элементарного баланса с использованием общепринятых коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений, а также выноса элементов питания для создания единицы урожая (1).

$$D_y = \frac{(100 \cdot B - P \cdot K_p)}{K_y} \quad (1)$$

где D_y – доза минеральных удобрений, кг д.в./га

B – вынос элементов питания планируемым урожаем, кг/га

P – Запасы питательного вещества в почве, кг/га

K_p – коэффициент использования питательных веществ из почвы, %

K_y – коэффициент использования питательных веществ из удобрений, %

Площадь деланки составляла 216 м² (10x21,6 м), учетная площадь – 100 м². Деланки размещались последовательно в 3-х кратном повторении.

Отвальную обработку почвы проводили после уборки предшественника плугами ПСКУ-7 на глубину 23-25 см. Весной по физически спелой почве боронили в два следа зубowymi 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

Длительность межфазных периодов во многом связана с группой спелости, что определяется генотипом растения. Как правило, у позднеспелых гибридов вегетационный период протекает дольше, чем у раннеспелых. В результате этого продолжительность фенологических фаз затягивается (Корыстина Д.С., 2004). Важным в прохождении фаз роста кукурузы являются такие абиотические факторы, как погодные условия. Их влияние в разные фазы развития кукурузы не одинаково. До всходов главным фактором будет температура и влажность почвы. Для выметывания необходима хорошая влагообеспеченность почвы и достаточный уровень минерального питания. При созревании зерна кукурузы необходим баланс всех факторов (Кошелева И.К., 2018).

В нашем исследовании в среднем по годам всходы появлялись на 14 сутки (табл. 7). В 2017 г. из-за температуры почвы в период посева, не достигшей биологического минимума, всходы появились лишь на 20 сутки (прил. А). Минеральные удобрения, внесенные на планируемую урожайность до 6,0 т/га зерна кукурузы, не повлияли на продолжительность этого периода.

Таблица 7 – Влияние минеральных удобрений и междурядной обработки (МО) на развитие кукурузы при первом сроке посева, сут. (2016-2018 гг.)

Варианты	Посев-всходы		Всходы-5-6 лист		5-6 лист-8-9 лист		8-9 лист-цветение		Цветение-восковая спелость	
	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО
Контроль	15	14	12	12	25	24	24	21	74	70
НРК 4,0 т/га	15	14	12	12	26	26	25	23	75	72
НРК 5,0 т/га	15	14	12	12	26	27	25	23	77	73
НРК 6,0 т/га	15	14	12	12	27	27	26	24	77	75

Протяженность от всходов до 5-6 листа кукурузы составляла 12 суток, минеральные удобрения не влияли на прохождение данной фенологической фазы.

Период нарастания 8-9 листьев на естественном агрофоне составлял 24 дня, минеральные удобрения на 2-3 суток затянули эту фазу в сравнении с контролем. Междурядная обработка, проведенная ранее, не повлияла на увеличение этого периода.

От 8-9 листа кукурузы до цветения прошли 21 сутки. Минеральные удобрения затягивали этот период на 2-3 суток. Междурядная обработка, проведенная в фазу 7-8 листа, способствовала увеличению времени прохождения фаз развития на 3 суток на варианте без использования минеральных удобрений. С повышением уровня минерального питания влияние от междурядной обработки кукурузы на прохождение этой фазы снижалось. По нашему мнению это связано с тем, что культивация создала благоприятные условия для почвенной микрофлоры, что выразалось в улучшении питательного режима. Такую же закономерность в своих исследования отмечают Н.И. Мамсиров (2010) и Е.С. Петренко (2016) со своими коллегами.

Стадия от цветения до восковой спелости зерна кукурузы на контроле длилась 70 суток. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы увеличили прохождение этого периода на 2 суток. Дальнейшее повышение уровня минерального питания удлинит эту фазу на 3-5 суток. Проведение механической обработки междурядий удлиняло этот межфазный период на 3-4 суток на вариантах с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна. На максимальном агрофоне удлинение составило не более 2 суток. В совокупности высокие дозы удобрений с применением механической обработки междурядий удлиняют этот период на 5-7 суток. Проведя расчеты мы установили, что 1 кг д.в./га азота удлиняет период развития кукурузы на 0,04 суток.

Период активного роста кукурузы на контроле в среднем за годы исследований составил 141 сутки. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы незначительно удлиняло период развития – 6 суток. Более высокие дозы удобрений значительно затягивали период вегетации кукурузы. Максимальное удлинение периода развития наблюдалось на варианте с планируемой урожайностью 6,0 т/га зерна кукурузы и составило 11 суток. Проведение междурядной обработки увеличивало время развития кукурузы. На варианте без применения минеральных удобрений обработка междурядий удлиняет период развития кукурузы на 9 суток. На вариантах с использованием минеральных удобрений период вегетации увеличивается не более, чем на 6 суток. При этом с увеличением доз вносимых минеральных удобрений влияние от междурядной обработки на затягивание периода вегетации снижается. По нашему мнению это объясняется тем, что в результате улучшения условий для развития микрофлоры почвы интенсивнее накапливается азот текущей нитрификации, который способствует удлинению периода развития.

Такая же закономерность отмечена в работах А.А. Неверова (2004), В.В. Букарева (2010), Е.М. Мастерова (2014) и И.К. Кошелева (2018), в которых также отмечалось увеличение периода развития кукурузы при использовании минеральных удобрений.

Смещение сроков посева кукурузы на вторую декаду мая в среднем по годам исследования обеспечивает появление всходов на 12 сутки, тогда как при более раннем посеве довсходовый период затягивался на 3 суток (табл. 8). По нашему мнению, это связано с температурным режимом почвы. Во второй декаде мая почва более прогрета, в результате чего семена быстрее набухают и прорастают. В начале мая температура почвы не всегда достигает биологического минимума (+10°C), это затрудняет ростовые процессы. Наше мнение подтверждается и в исследованиях Н.Н. Mohammad (2014), S. Shahin (2016) и И.П. Ионовой (2018), где также при посеве в более поздний срок

всходы появлялись быстрее. На прохождение периода от всходов до 5-6 листа кукурузы сроки посева не влияли и составляли 12 суток.

Таблица 8 – Влияние минеральных удобрений и междурядной обработки (МО) на развитие кукурузы при втором сроке посева, сут. (2016-2018 гг.)

Варианты	Посев-всходы		Всходы-5-6 лист		5-6 лист-8-9 лист		8-9 лист-цветение		Цветение-восковая спелость	
	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО
Контроль	12	12	12	12	24	23	23	21	73	70
НПК 4,0 т/га	12	12	12	12	24	23	25	23	74	72
НПК 5,0 т/га	12	12	12	12	25	24	25	23	75	73
НПК 6,0 т/га	12	12	12	12	25	24	26	24	76	75

С фазы 5-6 листа кукурузы отмечается положительная динамика на скорости прохождения межфазных периодов, которая длится до восковой спелости зерна кукурузы. Посев во второй срок сократил первую половину вегетации на 7 суток. Период от цветения до восковой спелости зерна кукурузы при более позднем посеве также сократился на 4 дня относительно первого срока посева. В совокупности смещение сроков посева во вторую декаду мая обеспечивает ускорение метаболизма кукурузы на 12 суток, за счет более благоприятного температурного режима почвы и воздуха, а также улучшения условий питания. Наиболее существенно срок посева в лесостепной зоне сказывается на процесс прорастания и фазу созревания зерна. Это связано с плохо прогретой почвой в начале мая и затруднением развития корневой системы растений, что в результате приводит к ухудшению потребления питательных веществ (Толпчиева Л.В., 2015). Особенно сильно это влияет на усвоение фосфора, недостаток которого ведет к ослабленному развитию растения и плохому потреблению элементов питания (Antonio P.M., 2009).

Наши расчёты показали, что корреляция между вносимыми дозами азотных удобрений и периодом вегетации весьма высокая ($r=0,99$). Это

позволило нам провести регрессионный анализ и получить уравнение (2) для диапазона внесения азотных удобрений до 200 кг д.в./га.

$$y=0,0703x+141 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,95$$

где y – период вегетации, сут.

x – доза азотных удобрений, кг д.в./га.

3.2 Динамика нарастания биомассы кукурузы

Кукуруза в течение своего развития набирает значительную биомассу. Накопление сухого вещества в растениях на протяжении всего развития протекает по-разному. В первой половине вегетации набор растительной массы затруднен из-за ряда факторов. Неблагоприятный температурный режим почвы, а также затрудненное поглощение питательных веществ как отмечает Г.Ф. Петрик и Д.С. Корыстина (2004) не дает в полной мере кукурузе наращивать вегетативную массу.

В среднем за годы исследований на естественном агрофоне кукуруза в фазу 5-6 листа кукурузы накапливала не более 69 кг/га сухого вещества. Применение минеральных удобрений способствовало повышению интенсивности накопления сухого вещества на 29-35% относительно контроля (табл. 9).

Таблица 9 – Влияние минеральных удобрений на нарастание биомассы кукурузы, кг/га (2016-2018 гг.)

Варианты	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Восковая спелость
Контроль	69	2095	8372	13850
НПК 4,0 т/га	92	2370	8764	17641
НПК 5,0 т/га	89	3288	9748	18009
НПК 6,0 т/га	93	3711	12009	20426
НСП ₀₅	4	135	422	862

К фазе 8-9 листа на контроле кукуруза накопила 2095 кг сухого вещества. Минеральные удобрения, внесенные на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы, повышали этот показатель на 12% относительно контроля. На варианте с планируемой урожайностью 5,0 т/га набор сухого вещества составил 3288 кг/га, что на 57% выше контроля. Дальнейшее повышение уровня минерального питания до планируемой урожайности 6,0 т/га зерна кукурузы, обеспечивало увеличение биомассы на 77% относительно естественного агрофона. Положительное влияние минеральных удобрений на динамику набора биомассы кукурузы также отмечали И.В. Сурин (2012) и И.П. Сатановская (2013).

Междурядная обработка оказала положительный эффект лишь на контроле и на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы, где он составил 11% относительно вариантов без использования этого приема (табл. 10). На вариантах с более высоким уровнем питания междурядная обработка не оказала влияния. По нашему мнению, это связано с тем, что механическая обработка междурядий оказывает разрыхляющее действие, а также способствует задержанию влаги и уничтожению сорняков и повышает нитрификационную способность почвы и увеличивает набор биомассы на вариантах с низким уровнем питания. Положительную тенденцию от междурядной обработки кукурузы отмечали в своих исследованиях Н.И. Кашеваров (2015), Е.С. Петренко (2016) и С.К. Мингалев (2017).

Таблица 10 – Влияние минеральных удобрений на нарастание биомассы кукурузы при использовании междурядной обработки, кг/га (2016-2018 гг.)

Варианты	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Восковая спелость
Контроль	69	2318	9972	14427
НРК 4,0 т/га	92	2638	10346	18805
НРК 5,0 т/га	89	3192	11316	19396
НРК 6,0 т/га	93	3790	12625	20985
НСР ₀₅	4	149	555	911

Существенный набор биомассы сухого вещества наблюдался в фазу цветения кукурузы. На контроле масса сухого вещества составила 9972 кг/га. Минеральные удобрения, внесенные на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы, не оказали влияния на набор биомассы, разница с контролем составила не более 5%, при $НСР_{05}=555$. На варианте с планируемой урожайностью 5,0 т/га биомасса составила 9748 кг/га, что на 10% больше контроля. Дальнейшее повышение уровня питания резко увеличивало набор биомассы на 30% относительно варианта без использования минеральных удобрений.

Междурядная обработка, проведенная ранее, обеспечивала дополнительную прибавку в сухом веществе на вариантах с планируемой урожайностью до 5,0 т/га зерна кукурузы. На естественном агрофоне прибавка составила 16% относительно варианта без использования этого приема. Использование минеральных удобрений на вариантах с планируемой урожайностью 4,0 и 5,0 т/га зерна кукурузы обеспечило закономерное увеличение биомассы на 15 и 14% соответственно. На варианте с максимальным агрофоном влияние от междурядной обработки не наблюдалось – значения были в пределах ошибки опыта. По нашему мнению, это связано с тем, что механическая обработка междурядий способствовала улучшению водно-физических свойств почвы и обеспечила улучшение потребления элементов питания и накопления их в растении, что в дальнейшем позволяет растению интенсивнее развиваться.

К фазе восковой спелости зерна кукурузы на естественном агрофоне было накоплено 13850 кг/га сухого вещества. На варианте с запланированной урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы прибавка составила 21% относительно контроля. С дальнейшим повышением уровня питания этот показатель увеличился на 32% относительно контроля. Междурядная обработка не оказала положительного действия на конечное накопление сухого вещества.

Корреляция между вносимыми дозами азотных удобрений и сбором сухого вещества оказалась весьма высокой ($r=0,99$), что позволило провести

регрессионный анализ и получить уравнение (3), для диапазона внесения азотных удобрений до 150 кг д.в./га.

$$y=40,8888x+13894 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,96$$

где y – масса сухого вещества кукурузы, кг/га

x – доза азотных удобрений, кг д.в./га.

На контроле в фазу 5-6 листа кукурузы смещение сроков посева на вторую декаду мая не повлияло на набор биомассы, значения были в пределах $НСР_{05}=175$ (рис. 3).



Рисунок 3 – Влияние сроков посева на нарастание биомассы на контроле, кг/га (2016-2018 гг.)

В фазу 8-9 листа кукурузы не наблюдалось влияния на набор сухого вещества кукурузой при смещении сроков посева на вторую декаду мая. В период цветения кукурузы мы наблюдали, что при посеве во второй срок набор сухого вещества к этой фазе был выше на 13% относительно первого срока посева. К уборке кукурузы биомасса растений при первом сроке посева составила 13850 кг/га. Смещение сроков посева на вторую декаду мая не оказало влияние на набор биомассы на удобренных вариантах (прил. Б).

4 АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ

4.1 Температурный режим и запасы продуктивной влаги при выращивании кукурузы на черноземе выщелоченном

Температура почвы оказывает значительное влияние на динамику развития кукурузы. Слабо прогретая почва в период прорастания семян кукурузы затягивает довсходовый период, что в условиях короткого вегетационного периода является критичным (Коновалова Г.В., 2016).

В среднем за годы исследования температура почвы за 10 суток до посева в слое 0-10 см составляла 7,1°C. Нижележащие слои, были прогреты в меньшей степени, и температура там была не более 5,5°C (табл. 11).

Таблица 11 – Динамика температуры пахотного слоя почвы, °С
(2016-2018 гг.)

Слой, см	10 суток до посева	5 суток 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

За 5 суток до посева температура почвы в слое 0-10 см повысилась с 7,1 до 8,4 градусов по Цельсию. В слое 10-20 и 20-30 см она возросла до 7,6 и 6,7°C, соответственно. В период посева кукурузы температура верхнего слоя почвы повысилась до 9,4°C. Средний слой пахотного горизонта прогрелся до 8,3°C, тогда, как нижний не более, чем на 7,1 градусов по Цельсию.

Всходы кукурузы в среднем за годы исследования появились в прогретом до биологического минимума пахотном слое почвы. Верхний слой почвы в этот период прогревался до 13,0 градусов по Цельсию, а слой 10-20 см до 11,5°C. Нижележащие слои повысились на 4°C относительно периода посева и достигли 11,1-11,3°C.

К фазе 5-6 листа кукурузы слой 0-10 см прогревался до 16,8°C. На глубине 10-20 и 20-30 см температура повысилась на 4,7°C и достигла 15,8-16,2°C. На температуру почвы включительно до этой фазы влияют лишь прогретость воздуха, интенсивность солнечной радиации и влажность почвы.

В период 8-9 листа кукурузы, когда большая часть почвы начинает затеняться растениями, на прогреваемость почвы начинает влиять лишь температура воздуха. Солнечная радиация в посевах кукурузы практически перестает оказывать какое либо влияние на температурный режим почвы. В эту фазу температура почвы прогревается достигает своего максимума, который составляет в слое 0-10 см 23,7°C. В более глубоких слоях температура также была высокой и составила 23,0-21,9°C.

В фазу цветения листовая поверхность кукурузы создает свой температурный микроклимат, который, несмотря на высокую температуру воздуха, обеспечивает снижение температуры почвы на 27-29% относительно предыдущей фазы. Снижение температуры воздуха до 7,5-10°C к периоду уборки, который приходится на конец сентября, приводит к закономерному понижению температуры почвы по всему пахотному слою до 10,6-11,8°C.

Кукуруза засухоустойчивое растение, которое рационально использует почвенную влагу. Однако дефицит воды приводит к значительному снижению фотосинтетической активности и, как правило, снижению урожайности (Иванов В.М., 2010; Воронин А.Н., 2011). В нашем исследовании установлено, что в метровом слое почвы перед посевом содержалось от 163 до 166 мм воды, основная часть, которой приходилась на слой 50-100 см. В пахотном слое ее находилось не более 16 мм, что соответствовало умеренному увлажнению (табл. 12).

В период появления всходов содержание доступной влаги в метровом слое снизилось до 151-156 мм, что на 7% меньше предыдущей фазы. Наиболее существенное изменение было в подпахотных слоях. Минеральные удобрения, внесенные на планируемую урожайность до 6,0 т/га зерна кукурузы, не влияли на запасы влаги в почве.

Таблица 12 – Динамика запасов продуктивной влаги почвы при возделывании кукурузы без использования междурядной обработки, мм (2016-2018 гг.)

Варианты	Слой, см	Перед посевом	Всходы	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Уборка
Контроль	0-30	16	15	30	15	16	15
	30-50	38	32	36	30	40	41
	50-100	110	105	123	120	128	120
	0-100	164	152	189	165	184	176
NPK на 4,0 т/га	0-30	15	16	30	15	15	15
	30-50	38	32	38	28	41	30
	50-100	111	106	123	121	129	118
	0-100	164	154	191	164	185	163
NPK на 5,0 т/га	0-30	15	15	29	14	16	15
	30-50	37	32	39	27	38	40
	50-100	111	106	123	122	127	120
	0-100	163	153	191	163	181	175
NPK на 6,0 т/га	0-30	16	16	30	15	17	15
	30-50	40	33	38	26	37	30
	50-100	110	104	123	122	125	118
	0-100	166	153	191	163	179	163
Фактор А Варианты – НСР ₀₅ =3; Фактор В Фазы развития – НСР ₀₅ =15; Фактор АВ – НСР ₀₅ =15							

В фазу 5-6 листа кукурузы из-за большого количество осадков в этот период наблюдалось повышение запасов доступной влаги до 189-194 мм в метровом слое. Существенное повышение влажности отмечалось в пахотном слое почвы, где запасы воды доступной для растения возросли на 12-15 мм. Тогда как в слое почвы 30-50 см увеличилось лишь на 3-7 мм. Минеральные удобрения также не оказывали влияния на содержание доступной влаги в этот период значения, были в пределах ошибки опыта.

В фазу 8-9 листа кукурузы содержание доступной влаги в метровом слое почвы составляло 165 мм. В пахотном слое почвы влаги находилось 15 мм, что составляет не более 9% от запасов метрового слоя. В слое 30-50 см влаги содержалось 30 мм. Основные запасы продуктивной влаги были сосредоточены в слое 50-100 см. Увеличение уровня минерального питания приводило к более интенсивному потреблению растениями влаги и

снижению ее запасов до 156 мм. Существенное уменьшение влаги в почве отмечалось в слое 0-30, где запасы влаги снизились на 50-52% относительно предыдущей фазы. В слое 30-50 см количество доступной растениям воды уменьшилось на 26-32% в сравнении с фазой 5-6 листа. В более глубоких слоях изменение не наблюдалось. Проведенная междурядная обработка оказала положительное влияние на сохранение влаги в почве на всех вариантах. На естественном агрофоне обработка междурядий помогла дополнительно сохранить 7 мм влаги в пахотном и подпахотном слое почвы, что на 4% больше чем без использования этого приема. Такая же положительная тенденция от механической обработки почвы наблюдалась на всех изучаемых вариантах (табл. 13).

Таблица 13 – Динамика продуктивной влаги почвы при возделывании кукурузы с использованием междурядной обработки, мм (2016-2018 гг.)

Варианты	Слой, см	Перед посевом	Всходы	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Уборка
Контроль	0-30	16	15	29	18	17	18
	30-50	39	32	37	34	41	40
	50-100	109	106	124	120	129	120
	0-100	164	153	190	172	187	178
NPK на 4,0 т/га	0-30	16	17	31	19	19	18
	30-50	36	34	37	33	40	34
	50-100	112	105	125	120	129	127
	0-100	164	156	193	172	188	179
NPK на 5,0 т/га	0-30	15	16	28	17	19	18
	30-50	38	34	38	32	37	40
	50-100	112	109	124	121	127	128
	0-100	165	159	190	170	183	186
NPK на 6,0 т/га	0-30	16	14	29	19	19	18
	30-50	41	31	36	31	36	41
	50-100	112	104	126	121	124	129
	0-100	169	149	191	171	179	188
Фактор А Варианты – НСР ₀₅ =7; Фактор В Фазы развития – НСР ₀₅ =14; Фактор АВ – НСР ₀₅ =14							

Запасы доступной влаги на естественном агрофоне в время цветения кукурузы, когда шли проливные дожди увеличивалось в метровом слое почвы до 184 мм, что на 12% выше предыдущей фазы. При этом основная масса осадков распределилась в подпахотных слоях почвы 160-170 мм. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы не повлияло на содержание доступной влаги в почве, отклонения были в пределах ошибки опыта. На вариантах с планируемой урожайностью 5,0 и 6,0 т/га зерна кукурузы отмечено снижение этого показателя на 3-5 мм, благодаря более интенсивному расходу воды кукурузой из-за большей биомассы. Междурядная обработка положительно отразилась на содержании продуктивной влаги на всех изучаемых вариантах.

К уборке кукурузы на естественном агрофоне содержание влаги в почве снизилось на 8 мм, основной расход влаги произошел в слое 50-100 см. При внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы запасы продуктивной влаги уменьшались на 12 мм. Минеральные удобрения, внесенные на планируемую урожайность выше 5,0 и 6,0 т/га зерна кукурузы обеспечивали снижение содержания доступной влаги на 6 и 14 мм соответственно. Варианты с междурядной обработкой не отличались по запасам доступной влаги от вариантов без ее применения.

Для образования единицы урожая сельскохозяйственные растения требуют определенное количество воды. Коэффициентом водопотребления называется количество воды испарившейся и потребленной растением для образования одной тонны основной продукции. Многие авторы (Коновалова Г.В., 2010; Батищев И.В., 2018) отмечают, что с увеличением культуры земледелия коэффициенты водопотребления снижаются.

В нашем опыте установлено, что за годы исследований коэффициент водопотребления на естественном агрофоне составлял 78 мм (рис. 4).

Увеличение уровня минерального питания обеспечивало закономерное снижение водопотребления кукурузой для образования 1 тонны зерна. На

варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы этот показатель уменьшился на 15% и составил 66 мм (НСР₀₅=4 мм). В работах В.П. Белоголовцева (2009) и В.М. Иванова (2016) отмечалась такая же закономерность в снижении коэффициента водопотребления с увеличением уровня минерального питания.

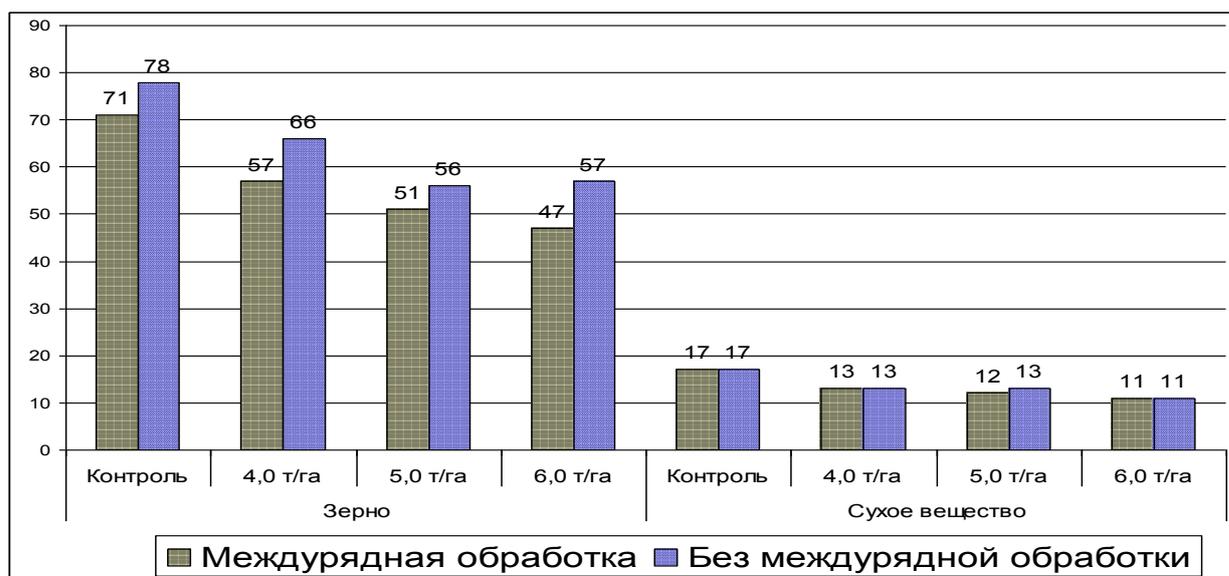


Рисунок 4 – Влияние уровня минерального питания на эффективность расхода воды в посевах кукурузы, мм/т (2016-2018 гг.).

На варианте с планируемой урожайностью 5,0 т/га зерна кукурузы этот показатель снизился до 56 мм/т зерна. Дальнейшее повышение уровня минерального питания не повлияло на эффективность водопотребления воды.

Наши расчёты показали, что корреляция между вносимыми дозами азотных удобрений и коэффициентом водопотребления весьма высокая ($r=0,94$). Это позволило нам провести регрессионный анализ и получить уравнение (4), достоверное для диапазона внесения азотных удобрений до 150 кг д.в./га.

$$y=0,0006x^2-0,2354x+78,3566 \quad (4)$$

$$R^2 = 0,96$$

где y – коэффициент водопотребления для образования 1 тонны зерна, мм/т
 x – доза азотных удобрений, кг д.в./га.

Для образования одной тонны сухого вещества на контроле кукурузе необходимо 17 мм почвенной влаги. Применение минеральных удобрений на планируемую урожайность до 4,0 т/га зерна кукурузы обеспечивало более экономичный расход воды, что привело к снижению расхода влаги на 24% в сравнении с контролем. Дальнейшее повышение уровня минерального питания способствовало снижению коэффициента водопотребления. На варианте с планируемой урожайностью 5,0 и 6,0 т/га зерна кукурузы коэффициент водопотребления снизился на 30 и 35% соответственно.

Междурядная обработка на естественном агрофоне способствовала увеличению урожайности зерна кукурузы и снижению водопотребления на 10% на контроле относительно вариантов без этого приема ($НСР_{05}=3$ мм). При внесении NPK на 4,0 т/га зерна также отмечалось положительное влияние этого мероприятия на коэффициент водопотребления. Водопотребление на этом варианте на 16% было ниже, чем без этого приема. Максимальная эффективность при применении междурядной обработки на водопотребление кукурузой отмечалась на варианте с максимальным агрофоном. Экономия влаги составила 21% относительно варианта без этого приема. Стоит отметить, что междурядная обработка почвы не оказывала влияния на коэффициенты водопотребления кукурузы для образования 1 тонны сухого вещества. По нашему мнению, снижение водопотребления для образования 1 тонны зерна кукурузы связано с увеличением урожайности от этого приема и сохранением влаги в почве.

Проведя расчеты, мы установили весьма высокую корреляционную зависимость между коэффициентом водопотребления для образования одной тонны сухого вещества кукурузой и вносимыми дозами фосфорных удобрений ($r=-0,97$). Проведя регрессионный анализ, удалось получить уравнение (5) для диапазона внесения фосфорных удобрений до 120 кг д.в./га.

$$y = -0,0496x + 16,891 \quad (5)$$

$$R^2 = 0,95$$

где y – коэффициент водопотребления, мм/т сухого вещества

x – доза фосфорных удобрений, кг д.в./га.

4.2 Влияние междурядной обработки посевов кукурузы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного

Кукуруза – пропашная культура, которая требует особых почвенных условий. Она хорошо развивается на почвах с отличным структурно-агрегатный составом и низкой плотностью сложения. Для получения высоких урожаев необходима плотность сложения почвы не более 0,9-1,1 г/см³. Кукуруза лучше других культурных растений потребляет почвенную влагу, это происходит из-за мощной корневой системы, развитие которой зависит от структуры и сложения почвы (Магомедов Н.Р., 2015). Ухудшение агрофизических свойств почвы затрудняет развитие корневой системы кукурузы, что уменьшает потребление воды и питательных веществ. Это негативно отражается на развитии растений и получении планируемых урожаев (Дудкин И.В., 2009).

Плотность сложения почвы в слое 0-20 см перед посевом кукурузы составляла 0,92-0,97 г/см³, что соответствовало рыхлому сложению по Долгову. Уплотняясь вниз по пахотному горизонту. Слой почвы 20-30 см находился в рассыпчатом сложении 1,05-1,09 г/см³. Наиболее уплотненный был подпахотный слой, плотность которого составила 1,20-1,22 г/см³ (табл. 14).

В период всходов кукурузы наблюдалось уплотнение пахотного слоя. В слое 0-10 см этот показатель увеличился до 1,01-1,03 г/см³, однако все еще соответствовал рассыпчатому сложению. Слой почвы 10-20 см к этому времени перешел в категорию рыхлого сложения, плотность его увеличилась

до 1,06-1,08 г/см³. Таким же сложением характеризовался слой почвы 20-30 и 30-40 см, плотность которых составляла 1,14 и 1,22 г/см³, соответственно.

Таблица 14 – Динамика плотности сложения чернозема при возделывании кукурузы, г/см³ (2016-2018 гг.)

Слой, 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 – НСР ₀₅ =0,06; Фактор В междурядная обработка – НСР ₀₅ =0,04; Фактор АВ – НСР ₀₅ =0,06												

* – междурядная обработка не проводилась

К фазе 5-6 листа кукурузы плотность сложения почвы также увеличивалась по всему пахотному слою. В слое 0-10 см плотность повысилась до 1,11-1,13 г/см³. В слое 10-20 и 20-30 почва уплотнилась до 1,16 и 1,23 г/см³, что соответствовало плотному сложению. В подпахотном слое плотность не изменилась, отклонения были в пределах ошибки опыта. Коэффициент интенсивности уплотнения составлял 1,17 ед. в слое 0-10 см. В слое 10-20 см он достигал 1,2 ед. Далее в глубь профиля это значение снижалось до 1,08 ед.

К фазе 8-9 листа кукурузы плотность в слое 0-10 см увеличивалась до 1,22 г/см³. Междурядная обработка, проведенная ранее, способствовала разрыхлению этого слоя и переходу его в рассыпчатое сложение – плотность составила 1,01 г/см³. В слое 10-20 см в этот период плотность увеличивалась и составляла 1,24 г/см³. В более глубоких слоях плотность не изменилась – отклонения были в пределах ошибки опыта. Междурядная обработка не оказала влияния на плотность сложения в нижележащих слоях почвы.

К периоду цветения почва уплотнилась лишь в слое 20-30 см. В других слоях почвы изменений не происходило, отклонения были в пределах ошибки опыта и соответствовали плотному сложению. На вариантах с

применением междурядной обработки плотность сложения возросла в слое 10-40 см. В верхних 10 см она была на 0,14 г/см³ ниже, чем на вариантах без этого приема и характеризовалась рыхлым сложением. Коэффициент интенсивности уплотнения в этот период составлял 1,36 ед. в слое 0-10 см. В слое 10-20 см он достигал 1,32 ед. Далее в более глубоких слоях профиля это значение снижалось до 1,11 ед. Междурядная обработка способствовала снижению этого значения на 1,17 ед.

К периоду уборки кукурузы плотность почвы на вариантах без использования междурядной обработки не менялась. В этот период эффект от междурядной обработки почвы не проявлялся. Произошло повышение плотности сложения почвы в слое 0-10 до 1,25 г/см³.

Содержание агрономически ценных агрегатов в среднем за годы исследований перед посевом составляло 69-70%, при коэффициенте структурности ($K_{стр}$) 2,2 ед. (табл. 15).

Таблица 15 – Агрегатный (%) и структурный ($K_{стр}$, ед.) состав почвы при выращивании кукурузы (2016-2018 гг.)

Варианты	Перед посевом		8-9 лист		Цветение		Уборка	
	10-0,25 мм	$K_{стр}$	10-0,25 мм	$K_{стр}$	10-0,25 мм	$K_{стр}$	10-0,25 мм	$K_{стр}$
Пахотный слой почвы при выращивании кукурузы без междурядной обработки								
Контроль	69	2,2	64	1,9	63	1,9	58	1,7
НРК на 4,0 т/га	70	2,3	64	1,9	62	1,9	58	1,7
НРК на 5,0 т/га	69	2,2	65	2,0	63	1,9	58	1,6
НРК на 6,0 т/га	70	2,3	63	1,9	63	1,9	59	1,7
Пахотный слой почвы при выращивании кукурузы с применением междурядной обработки								
Контроль	69	2,2	69	2,2	66	2,0	61	1,8
НРК на 4,0 т/га	70	2,3	68	2,2	65	2,0	60	1,8
НРК на 5,0 т/га	69	2,2	68	2,2	65	2,0	60	1,7
НРК на 6,0 т/га	70	2,3	68	2,2	65	2,0	61	1,8

К фазе 8-9 листа кукурузы содержание агрономически ценных агрегатов в пахотном слое уменьшилось до 63-65% от общего количества агрегатов. Коэффициент структурности при этом составил 1,9-2,0 ед. Минеральные

удобрения, внесенные на планируемую урожайность до 6,0 т/га зерна кукурузы, не повлияли на структурно-агрегатный состав пахотного горизонта, о чем свидетельствует отсутствие отклонений коэффициента структурности по вариантам. К фазе цветения кукурузы коэффициент структурности почвы существенно не изменился относительно фазы 8-9 листа. К фазе уборки кукурузы наблюдалось ухудшение структуры, о чем свидетельствует коэффициент структурности (1,6-1,7 ед.). Резкое ухудшение структуры почвы к концу вегетации кукурузы объясняется совокупностью таких факторов как резкие колебания влажности почвы и изменение качественного состава гумуса при длительном сельскохозяйственном использовании этих почв (Рзаева В.В., 2010; Еремин Д.И., 2012).

Проведение междурядной обработки в фазу 7-8 листа кукурузы способствовало улучшению структуры почвы. Это произошло за счет разрушения почвенной корки, измельчения глыбистой фракции и увеличения агрономических ценных агрегатов до 68-69%.

К фазе цветения на варианте с междурядной обработкой коэффициент структурности уменьшился на 10% относительно предыдущей фазы. Относительно вариантов без применения этого приема количество агрономических ценных агрегатов было выше на 3%. Положительный эффект от междурядной обработки выразался в сохранении оптимального содержания агрономических ценных агрегатов до уборки кукурузы. Коэффициент структурности при этом не отличался от варианта без использования этого приема.

Таким образом, проведение междурядной обработки почвы оказывало положительный эффект в поддержании агрофизических свойств на оптимальном для кукурузы уровне. Это улучшает развитие корневой системы растений и улучшает потребление питательных веществ.

5 АГРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ

5.1 Динамика нитратного азота почвы при возделывании кукурузы

Для нормального развития и получения планируемого урожая необходимо обеспечить достаточное питание на протяжении всего развития кукурузы. Самым важным для растения элементом питания является азот, так как он определяет скорость прохождения межфазных периодов, величину и качество получаемого урожая. Нехватка этого элемента приводит к отмиранию листовой поверхности и замедлению фотосинтетической активности, что в конечном счете снижает урожайность. Избыток этого элемента обеспечивает удлинение фенологических фаз. Для каждой конкретной агроклиматической зоны оптимальные дозы удобрений определяются практическим путем. Кукуруза интенсивно потребляет азот до фазы молочной спелости зерна, после потребления этого элемента резко сокращается (Кидин В.В., 2016; Васин В.Г., 2017).

Перед посевом кукурузы содержание нитратного азота в слое 0-40 см составляло 10,3-10,8 мг/кг почвы, что соответствовало средней обеспеченности по Г.П. Гамзикову (2000) (табл. 16). Наибольшее количество отмечалось в слое 0-10 см и составляло 12,3-12,6 мг/кг, постепенно понижаясь до 10,0-11,9 мг/кг почвы (прил. В-Г).

Таблица 16 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота в слое 0-40 см, без междурядной обработки при первом сроке посева, мг/кг (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)					
	перед посевом	5-6 листа	8-9 лист	цветение	молочная спелость	перед уборкой
Контроль	10,8	9,4	8,0	7,0	6,6	5,1
НРК на 4,0 т/га	10,0	26,9	21,1	16,5	12,8	12,2
НРК на 5,0 т/га	10,7	31,2	26,2	20,2	15,5	13,9
НРК на 6,0 т/га	10,3	34,9	31,1	23,2	20,0	13,0
Фактор А – НСР ₀₅ =2,1; Фактор В – НСР ₀₅ =1,2; Фактор АВ – НСР ₀₅ =2,1						

К фазе 5-6 листа кукурузы на естественном агрофоне содержание нитратного азота в исследуемом слое (0-40 см) снизилось до 9,4 мг/кг почвы. Снижение этого элемента происходило из-за того, что кукуруза потребляла его лишь из слоя 0-10 см, где отмечено уменьшение нитратов до 10,6 мг/кг почвы. В более глубоких слоях изменений не отмечено, отклонения были в пределах ошибки опыта. Та же закономерность отмечается в работах В.В. Кидина (2006), А.И. Невзорова (2016).

Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы резко увеличивало содержание нитратного азота в слое 0-40 см до 26,9 мг/кг почвы, что на 63% выше первоначальных значений. Наибольшая концентрация наблюдалась в слое 0-10 см, где она составила 65,8 мг/кг почвы. Благодаря хорошей подвижности нитратного азота, часть растворившихся удобрений мигрировала в слой 10-20 см. Содержание, увеличилось на 15,0 мг/кг почвы. В более глубоких слоях изменений в этот период не наблюдалось.

На варианте с планируемой урожайностью 5,0 т/га зерна кукурузы содержание нитратного азота в слое 0-40 см в фазу 5-6 листьев составляло 31,2 мг/кг, что на 70% выше значений контроля. В этом варианте, как и в предыдущем, наибольшая концентрация была в верхнем слое пахотного горизонта и составила 79,7 мг/кг. Также отмечали перемещение нитратов до глубины 30 см. В подпахотном слое почвы изменений в $N-NO_3$ не отмечалось.

Такая же закономерность распределения нитратов в начале вегетации отмечена на варианте с максимальной планируемой урожайностью. В фазу 5-6 листа содержание $N-NO_3$ повышалось до 34,9 мг/кг почвы в слое 0-40 см. Однако в отличие от варианта с планируемой урожайностью 5,0 т/га зерна, нитратный азот проникает в подпахотный слой (30-40 см), где его содержание увеличивалось на 18%, относительно периода посева.

Кукуруза за период с 5-6 до 8-9 листа на естественном агрофоне усвоила 17% накопленных ранее запасов нитратного азота. Потребление $N-NO_3$ из слоя почвы 0-10 см составило не более 15% относительно предыдущей фазы. В слое 10-20 см потребление азота было лучше и составило около 30% от общего поглощения. Это объясняется тем, что его влажность была выше, чем верхнего слоя. В слое 20-30 см произошло незначительно снижение этого показателя до 8,2 мг/кг почвы. Изменений в подпахотном слое не отмечено.

В фазу 8-9 листа на варианте с использованием минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукуруза усвоила около 22% имеющегося нитратного азота. На вариантах с более высоким агрофоном отмечалась такая же закономерность. На варианте с планируемой урожайностью 5,0 т/га произошло уменьшение $N-NO_3$ с 31,2 до 26,2 мг/кг почвы. На максимальном агрофоне содержание нитратного азота в исследуемом слое уменьшилось на 11% относительно предыдущей фазы.

На естественном агрофоне междурядная обработка, не повлияла на содержание нитратного азота в фазу 8-9 листа – отклонения были в пределах ошибки опыта (табл. 17).

Таблица 17 – Динамика содержания нитратного азота при использовании междурядной обработки кукурузы, первый срок посева, мг/кг (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)			Отклонение от вариантов без междурядной обработки, %		
	8-9 лист	цветение	восковая спелость	8-9 лист	цветение	перед уборкой
Контроль	8,1	7,2	6,4	1,1	3,2	26,4
НРК на 4,0 т/га	21,9	18,5	12,1	3,8	0,2	-0,8
НРК на 5,0 т/га	24,4	20,3	12,7	-6,7	0,8	0,3
НРК на 6,0 т/га	29,7	23,5	14,6	-4,4	1,0	0,4
Фактор А – $HCP_{05}=1,9$; Фактор В – $HCP_{05}=1,3$; Фактор АВ – $HCP_{05}=1,9$						

Междурядная обработка также не оказала достоверного влияния на нитратный режим на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна

кукурузы. На более высоких агрофонах механическая обработка почвы улучшила потребление нитратного азота.

В период цветения кукурузы содержание нитратного азота на контроле не изменилось, отклонения находились в пределах ошибки опыта. Данный факт обусловлен тем, что установилось равновесное состояние между потреблением $N-NO_3$ и азотом текущей нитрификации. Этот механизм детально описан в работах М.И. Грабовской (1981) и А.И. Невзорова (2016). На варианте с использованием минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы потребление составило 22% относительно предыдущей фазы. В основном в этот период кукуруза потребляла нитратный азот из слоя 0-10 см. На вариантах с планируемой урожайностью 5,0 и 6,0 т/га зерна кукуруза усвоила 23 и 25% нитратного азота относительно фазы 8-9 листа кукурузы.

Междурядная обработка не оказывала влияния на содержания нитратного азота на контроле в период цветения кукурузы. На вариантах с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы наблюдалось повышение содержания этого элемента питания на 12% относительно прошлой фазы. На вариантах с планируемой урожайностью 5,0 и 6,0 т/га зерна кукурузы эффект от механической обработки междурядий исчезал. По нашему мнению это связано с тем, что междурядная обработка создавала благоприятные условия для роста и развития кукурузы, а также способствовала улучшению минерализации органического вещества на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна. Такая же закономерность отмечена в работе Р.В. Ласкина (2011) и Т.Г. Кузнецова (2014).

В фазу молочной спелости зерна кукурузы на контроле снижения нитратного азота не наблюдалось, отклонения были в пределах ошибки ($НСР_{05}=1,2$). Однако на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы происходило интенсивное потребление нитратов, которое составило 26% относительно фазы цветения. Усвоение нитратного азота при этом было лишь из пахотного слоя. Такая же закономерность отмечена и на

вариантах с внесением NPK до 6,0 т/га зерна кукурузы. Стоит отметить, что в эту фазу мы не выявили миграцию нитратов по профилю почвы. Потребление нитратного азота на удобренных вариантах связано с тем, что кукуруза лучше потребляет N-NO₃ на высоких агрофонах (Алтунин Д.А., 1983; Прохода В.И., 2015).

К уборке на контроле содержание нитратного азота относительно молочной спелости незначительно уменьшилось, это отмечено и на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы. На варианте с планируемой урожайностью 5,0 т/га зерна кукурузы потребление N-NO₃ было незначительным. Тогда как на максимальном агрофоне наблюдалось повышенное потребление нитратов, которое составило 35% в сравнении с фазой молочной спелости. Это связано с тем, что прохождение фенологических фаз кукурузы на высоком агрофоне удлиняется, а также высокая обеспеченность почвы N-NO₃ дает возможность лучше его усваивать (Пронько В.В., 2017).

Посев кукурузы в почву с температурой 10-12°C замедляет растворение минеральных удобрений из-за более сухой погоды в это период (прил. Д-Ж). В результате этого в почве также замедляются процессы минерализации органического вещества. Однако скорость потребления питательных веществ в более прогретой почве возрастает. На естественном агрофоне кукуруза к фазе 8-9 листа кукурузы потребляет 34% нитратного азота, тогда как при первом сроке посева не более 26% (табл. 18). На вариантах с внесением минеральных удобрений содержание нитратного азота возрастает на 45-53%, как и при посеве в почву прогретую до 8-10°C.

В фазу цветения на контроле изменений в содержании нитратного азота, по сравнению с фазой 8-9 листа кукурузы не отмечено. По нашему мнению, это связано с интенсивным накоплением азота текущей нитрификации в этот период. На вариантах с внесением минеральных удобрений этот показатель снижался на 7-21%. Такая же тенденция отмечается и в фазу молочной спелости зерна кукурузы. На естественном агрофоне достоверных изменений

нет, а на удобренных вариантах снижение достигало 20-26% относительно предыдущей фазы. В период восковой спелости зерна кукурузы минеральные удобрения внесенные на планируемую урожайность до 6,0 т/га зерна кукурузы не оказали влияния на содержание нитратного азота в почве, отклонения были в пределах ошибки опыта.

Таблица 18 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота в слое 0-40 см, без междурядной обработки при втором сроке посева, мг/кг (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)				
	перед посевом	8-9 лист	цветение	молочная спелость	перед уборкой
Контроль	10,2	6,7	6,2	6,1	5,8
НРК на 4,0 т/га	10,1	18,5	14,6	11,7	10,7
НРК на 5,0 т/га	10,0	22,0	17,7	13,4	13,4
НРК на 6,0 т/га	10,3	20,0	18,6	13,7	12,7
Фактор А – НСР ₀₅ =1,3; Фактор – НСР ₀₅ =1,1; Фактор АВ – НСР ₀₅ =1,3					

Важным звеном в расчетах доз минеральных удобрений на планируемую урожайность является азот, полученный в результате нитрификации. Нитрификация представляет собой процессы окисления аммиака до нитрита и нитрата. Гетеротрофная нитрификация протекает в совсем других условиях, нежели автотрофная. Для гетеротрофной нитрификации необходимо присутствие высокого содержания органического вещества, слабокислой реакции среды и дефицита кислорода.

Проведя расчеты по накоплению азота текущей нитрификации, мы выяснили, что на контроле он составлял 104-118 кг/га. Внесение минеральных удобрений значительно не оказало влияние на накопления азота текущей нитрификации, отклонения были в пределах ошибки опыта. Междурядная обработка и сроки посева существенно не повлияли на накопления азота текущей нитрификации в посевах кукурузы, отклонения находились в пределах ошибки опыта.

5.2 Фосфорный режим почвы при возделывании кукурузы

Фосфор в питании кукурузы занимает важное место. Этот химический элемент необходим кукурузе с первых дней ее жизни. Недостаток фосфора в первые дни жизни, не может быть полностью компенсирован в последующие фазы развития. Дефицит фосфорного питания увеличивает период развития кукурузы, что при выращивании в условиях короткого теплого периода может быть критичным. Слабая обеспеченность почвы подвижным фосфором замедляет развитие корневой системы, початки становятся недоразвитыми с мелким зерном. Достаточное количество фосфора для кукурузы положительно сказывается на процессах оплодотворения, улучшается озерненность и развитость початка (Кузелев М.М., 2008; Никитишен В.И., 2012).

Перед посевом кукурузы содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном составляло 77-79 мг/кг, что соответствовало средней обеспеченности этим элементом (табл. 19). До фазы 5-6 листа на естественном агрофоне потребление фосфора кукурузой не отмечалось – значения находились в пределах ошибки опыта. На варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы, из-за внесенных фосфорных удобрений отмечено повышение этого показателя на 19% относительно контроля. Внесение минеральных удобрений на урожайность 5,0 и 6,0 т/га зерна кукурузы увеличило содержание подвижного фосфора до 106 и 115 мг/кг почвы соответственно. Наибольшая концентрация P_2O_5 при этом была в слое 0-10 см – 148-159 мг/кг почвы (прил. 3-И).

К фазе 8-9 листа кукурузы на естественном агрофоне отмечалось интенсивное потребление фосфора, которое составило 26% от общего потребления. В эту фазу на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га отмечено наибольшее потребление этого элемента, которое достигало 38% от усвоения за весь период развития кукурузы. Это связано с тем, что минеральные удобрения обеспечивали оптимальный баланс питательных

веществ в почве. Дальнейшее повышение уровня минерального питания обеспечило потребление не более 23% от всей потребности за период вегетации.

Таблица 19 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора в слое 0-40 см, без междурядной обработки при первом сроке посева, мг/кг (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)					
	перед посевом	5-6 лист	8-9 лист	цветение	молочная спелость	перед уборкой
Контроль	77	77	72	69	62	58
НРК на 4,0 т/га	79	98	83	71	63	59
НРК на 5,0 т/га	78	106	96	87	76	66
НРК на 6,0 т/га	77	115	104	93	82	69
Фактор А – НСР ₀₅ =7; Фактор В – НСР ₀₅ =3; Фактор АВ – НСР ₀₅ =7						

От трубкования до цветения кукурузы на контроле потребление подвижного фосфора не отмечалось. Тогда как на удобренных вариантах было отмечено интенсивное потребление этого элемента. На варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы усвоение P_2O_5 достигало 25% от общего потребления. На варианте с внесением минеральных удобрений на 5,0 т/га зерна кукурузы усвоение подвижного фосфора составило 9 мг/кг почвы, что соответствовало 19% от общего потребления. На более высоком агрофоне потребление этого вещества составило 24% от общего потребления. По нашему мнению, интенсивность потребления на удобренных вариантах относительно контроля, связана с благоприятным азотным режимом на этих вариантах. Положительную динамику в потреблении фосфора при достаточном уровне азотного питания отмечали в своих работах Е.С. Пестрикова (2014) и К.В. Ким (2017).

К молочной спелости зерна кукурузы содержание подвижного фосфора снижалось до 62 мг/кг почвы на контроле. На варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукуруза усвоила около 26 кг/га P_2O_5 , что соответствовало 23% от общего потребления. На более высоких агрофонах в

период от цветения до молочной спелости зерна, кукуруза усваивала не более 24% от усвоенного за весь период развития фосфора.

От молочной спелости до уборки на естественном агрофоне кукуруза потребила около 20% от общего потребления подвижного фосфора, содержание этого питательного вещества снижалось до 58 мг/кг почвы. На варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы содержание этого элемента снизилось до 59 мг/кг, что соответствовало 11% от необходимого фосфора. На вариантах с планируемой урожайностью 5,0 и 6,0 т/га этот показатель был выше и достигал 66 и 69 мг/кг почвы соответственно, что составляло 24 и 29% от необходимого количества.

Междурядная обработка не оказывала существенного влияния на усвояемость подвижного фосфора, отклонения находятся в пределах ошибки опыта (табл. 20).

Таблица 20 – Влияние междурядной обработки посевов кукурузы на динамику содержания подвижного фосфора, при первом сроке посева, мг/ кг (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)			Отклонение от вариантов без междурядной обработки, %		
	8-9 лист	цветение	восковая спелость	8-9 лист	цветение	перед уборкой
Контроль	73	69	57	0	-1	-2
НРК на 4,0 т/га	83	71	58	1	1	-2
НРК на 5,0 т/га	95	87	65	-1	0	-3
НРК на 6,0 т/га	100	91	66	-3	-1	-4
Фактор А – НСР ₀₅ =4; Фактор – НСР ₀₅ =6; Фактор АВ – НСР ₀₅ =6						

Посеве в почву прогретую до 10-12°C обеспечивает более интенсивную минерализацию органического вещества и приводит к повышению содержания фосфора в начале вегетации кукурузы (прил. Л). Повышения температура почвы способствует растворению фосфорных удобрений, что обеспечивало повышение содержания подвижного фосфора на 7% относительно первого срока посева (табл. 21).

В фазу 8-9 листа кукурузы содержание фосфора снижалось до 78 мг/кг почвы, что на 8% ниже, чем при первом сроке посева. Это объясняется положительным действием температуры почвы на образование трансформацию фосфора в доступные формы (Макаров М.И., 2000; Кузелев. М.М., 2008).

Таблица 21 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора в слое 0-40 см, без междурядной обработки при втором сроке посева, мг/кг (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)					
	перед посевом	5-6 лист	8-9 лист	цветение	молочная спелость	перед уборкой
Контроль	78	83	78	75	66	62
НРК на 4,0 т/га	79	105	89	73	64	60
НРК на 5,0 т/га	79	114	104	92	82	72
НРК на 6,0 т/га	79	124	110	99	87	74
Фактор А – НСР ₀₅ =4; Фактор В – НСР ₀₅ =5; Фактор АВ – НСР ₀₅ =5						

Содержание этого вещества в почве было выше, чем при первом сроке посева, несмотря на примерно одинаковое потребление его кукурузой на удобренных вариантах. Такая же тенденция при втором сроке посева отмечалась вплоть до уборки кукурузы. Междурядная обработка проведенная при посеве во второй срок также не оказывала влияния на процессы усвоения фосфора кукурузой, как и при первом сроке посева.

5.3 Калийный режим почвы при возделывании кукурузы

Калий в кукурузе практически полностью сосредоточен в форме минеральных солей. Этот элемент улучшает процессы обмена веществ, улучшает фотосинтетическую активность растений. Благодаря хорошей обеспеченности калием увеличивается устойчивость кукурузы ко многим заболеваниям, дефициту воды и к резким скачкам температуры воздуха (Синявский В.А., 1989; Якименко В.Н., 2005).

Недостаток калия приводит к ослаблению развития корневой системы и ухудшению репродуктивных функций кукурузы, початки образуются щуплыми с плохой озерненностью, а период созревания кукурузы часто увеличивается. Высокое содержание доступного для растений калия в почве не оказывает значительного влияния на формирование и сбор урожая. Положительный эффект от высокой обеспеченности калия в почве создается только при сбалансированном питании (Якименко В.Н., 2003; Никитин В.В., 2016).

При посеве кукурузы содержание подвижного калия в слое 0-40 см составляло 166-169 мг/кг почвы (табл. 22). Наибольшая концентрация этого элемента отмечена в верхнем слое почвы, постепенно уменьшаясь вниз по профилю (приложение М).

Таблица 22 – Динамика содержания подвижного калия в посевах кукурузы при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, первый срок посева, мг/кг (2016-2018 гг.)

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

К фазе 8-9 листа кукуруза на естественном агрофоне усвоила 125 кг подвижного калия, что составило 34% от общего потребления. Минеральные удобрения, способствовали стабилизации содержания K_2O почве. В результате этого в исследуемом слое значения содержания подвижного калия не менялись, отклонения были в пределах ошибки опыта.

От фазы 8-9 листа до уборки содержание подвижного калия в посевах кукурузы снизилось до 93 мг/кг почвы – отклонение относительно первоначальной величины составило 45%. Такая же закономерность наблюдалась и на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна

кукурузы. Дальнейшее повышение уровня минерального питания обеспечивало лучшее потребление калия кукурузой из-за интенсивного нарастания биомассы во второй половине вегетации, где значения подвижного калия снижались до 69 мг/кг почвы – отклонение от первоначальных значений при этом составляло 59%.

Смещение сроков посева на вторую декаду мая обеспечило более интенсивное потребления калия из всех исследуемых слоев. В фазу 8-9 листа кукурузы на естественном агрофоне расход оказался на 8% выше, чем при первом сроке посева. На вариантах с применением минеральных удобрений значительных отличий от первого срока посева не наблюдалось (табл. 23).

Таблица 23 – Динамика содержания подвижного калия в посевах кукурузы при втором сроке посева, мг/кг (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)		
	перед посевом	8-9 лист	перед уборкой
Контроль	164	132	91
НРК на 4,0 т/га	170	159	93
НРК на 5,0 т/га	167	165	83
НРК на 6,0 т/га	165	170	69
Фактор А – НСР ₀₅ =10; Фактор В – НСР ₀₅ =21; Фактор АВ – НСР ₀₅ =21			

Внесение минеральных удобрений не повлияло на эффективность потребления калия при смещении сроков посева на вторую декаду мая.

5.4 Динамика накопления НРК в растениях кукурузы

Кукуруза в отличие от других зерновых культур потребляет питательные вещества до уборки. Это связано с тем, что набор биомассы длится до полной спелости зерна кукурузы и постоянно происходит отток питательных веществ из вегетативной массы в зерно. В исследованиях по изучению потребления питательных веществ пшеницей, проведенных кафедрой почвоведения и агрохимии, отмечается, что в период созревания зерна практически полностью прекращается потребление азота и фосфора.

Это связано с отмиранием растения, тогда как кукуруза в этот период усваивает около 12% этих элементов от необходимого количества (Шахова О.А., 2007; Усанова З.И., 2016).

В фазу 5-6 листа содержание общего азота в растениях кукурузы достигало максимальной концентрации за весь период развития. На естественном агрофоне его количество составляло 3,31% в сухом веществе. Использование минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы не повлияло на содержание общего азота, отклонения находились в пределах ошибки опыта. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна кукурузы обеспечило в растениях повышение содержания общего азота на 8%, относительно контроля. На максимальном агрофоне достоверных результатов по содержанию этого элемента в кукурузе отмечено не было (табл. 24).

Таблица 24 – Динамика содержания общего азота в растениях кукурузы при первом сроке посева, % в сухом веществе (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)				
	5-6 лист	8-9 лист	цветение	перед уборкой	
				зерно	вегетативная масса
Контроль	3,31	1,57	0,61	1,86	0,67
НРК на 4,0 т/га	3,22	2,03	1,04	2,00	0,61
НРК на 5,0 т/га	3,58	2,10	1,08	2,02	0,75
НРК на 6,0 т/га	3,47	2,34	1,11	1,96	0,82
Фактор А – НСР ₀₅ =0,14; Фактор В – НСР ₀₅ =0,24; Фактор АВ – НСР ₀₅ =0,24					

Фаза 8-9 листа кукурузы сопровождалась набором биомассы (табл. 6). На контроле содержание общего азота уменьшилось в два раза (53% относительно фазы 5-6 листа). Несмотря на более интенсивное нарастание биомассы на удобренных вариантах также отмечено уменьшение содержания азота в растениях. Было установлено, что кукуруза активно поглощает азот до фазы 8-9 листа кукурузы. С повышением дозы азотных удобрений содержание азота в растениях снижалось не так интенсивно, как на контроле (на 33-41% меньше, чем в фазу 5-6 листа).

К периоду цветения концентрация азота в растениях кукурузы продолжала снижаться, достигая минимальных значений на контроле 0,61%, что составляет 61% от предыдущей фазы. На удобренных вариантах из-за достаточного количества $N-NO_3$ в почве этот показатель снизился лишь на 49-52% относительно прошлой фазы.

Распределение азота в различных частях кукурузы происходит неравномерно. Наибольшее его количество сосредоточено в зерне, а на вегетативную массу приходится в несколько раз меньше. К периоду уборки кукурузы содержание общего азота в зерне на контроле составило 1,86%, тогда как в вегетативной массе было почти в три раза меньше (0,67% в сухом веществе). На варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы из-за оптимального соотношения питательных веществ в почве содержание общего азота в зерне возросло до 2,00% в сухом веществе. В вегетативной массе данный показатель оставался на прежнем уровне. Дальнейшее повышение уровня минерального питания не приводило к достоверному изменению этого показателя в зерне – отклонения находились в пределах ошибки опыта. С увеличением уровня минерального питания на планируемую урожайность 5,0 и 6,0 т/га зерна кукурузы содержание общего азота в вегетативной массе возрастало относительно контроля на 11 и 18% соответственно. Это связано с тем, что кукуруза на высоком агрофоне из-за увеличения периода развития не смогла полностью трансформировать полученный азот в белковые соединения зерна.

Содержание общего азота в фазу 5-6 листа кукурузы при смещении сроков посева на вторую декаду мая не изменилось, отклонения были в пределах ошибки опыта (табл. 25).

В фазу 8-9 листа кукурузы на естественном агрофоне отмечалось повышение этого показателя. Данный факт объясняется тем, что эта фаза развития проходит на благоприятный период, поскольку температура почвы и воздуха была выше, чем при первом сроке посева. При смещении

сроков посева на более поздний период, удобрения не влияют на содержание азота в растениях.

Таблица 25 – Динамика содержания общего азота в растениях кукурузы при втором сроке посева, % в сухом веществе (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)				
	5-6 лист	8-9 лист	цветение	перед уборкой	
				зерно	вегетативная масса
Контроль	3,43	1,86	0,78	1,78	0,72
НРК на 4,0 т/га	3,12	2,06	1,11	1,79	0,92
НРК на 5,0 т/га	3,54	2,30	1,21	1,85	1,02
НРК на 6,0 т/га	3,54	2,36	1,21	1,86	1,09
Фактор А – НСР ₀₅ =0,13; Фактор В – НСР ₀₅ =0,21; Фактор АВ – НСР ₀₅ =0,21					

В период цветения содержание общего азота в растениях кукурузы на естественном агрофоне было на 22% выше, чем при первом сроке посева. На удобренных вариантах было отмечено незначительно повышение этого показателя на 6-11% относительно значений первого срока благодаря благоприятному температурному и водному режиму при втором сроке посева в этот период.

Стоит отметить, что к уборке содержание общего азота в зерне из-за незначительного отставания в созревании было ниже на 6-11%, а в вегетативной массе, наоборот, увеличивалось на 7-34% относительно первого срока посева. При повышении уровня азотного питания содержание общего азота в вегетативной массе значительно увеличивалось относительно естественного агрофона.

Содержание общего фосфора в растениях кукурузы на естественном агрофоне в фазу 5-6 листа составило 3,11% в сухом веществе (табл. 26). На удобренных вариантах содержание общего фосфора в кукурузе в этот период было ниже на 15-18% относительно значений контроля. Данный факт объясняется тем, что при повышении уровня азотного питания идет активное нарастание биомассы, что приводит к уменьшению общего содержания

фосфора в тканях растений (Бирюкова О.А., 2014). В более поздние периоды содержание общего фосфора на удобренных вариантах становится выше на удобренных вариантах по сравнению с контролем.

Таблица 26 – Динамика содержания общего фосфора в растениях кукурузы при первом сроке посева, % в сухом веществе (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)				
	5-6 лист	8-9 лист	цветение	перед уборкой	
				зерно	вегетативная масса
Контроль	3,11	1,62	0,77	0,69	0,14
НРК на 4,0 т/га	2,65	1,94	0,79	0,79	0,16
НРК на 5,0 т/га	2,56	2,23	0,82	0,94	0,20
НРК на 6,0 т/га	2,63	2,27	0,93	1,09	0,21
Фактор А – НСР ₀₅ =0,18; Фактор В – НСР ₀₅ =0,28; Фактор АВ – НСР ₀₅ =0,28					

В фазу 8-9 листа содержание фосфора в растениях кукурузы на контроле резко снизилось на 48% относительно предыдущего периода. Это обусловлено интенсивным нарастанием биомассы и меньшим поглощением фосфора из почвы по причине его низкого содержания. На удобренных вариантах, несмотря на большую биомассу, снижение содержания общего фосфора в растении было ниже, чем на контроле и составило 13-27% относительно предыдущей фазы развития. Стоит отметить, что с увеличением вносимых доз удобрений концентрация общего фосфора в растений возрастает, достигая 2,27%. Поэтому для благоприятного развития растений необходимо предусмотреть внесение внекорневой подкормки фосфорными удобрениями.

К моменту цветения кукурузы содержание общего фосфора в растении продолжало снижаться из-за набора биомассы и распределения его по растению. На контроле к моменту цветения содержание общего фосфора уменьшилось почти в три раза и составило 0,77% в сухом веществе. Необходимо отметить, что данный показатель на удобренных вариантах не имел достоверных отличий от контроля, отклонения были в пределах ошибки опыта (НСР₀₅=0,28).

В период образования початка в растении кукурузы происходит перераспределение общего фосфора, основная часть которого переходит в зерно. На контроле его содержание составило 0,69% в сухом веществе, что в пять раз выше значений в вегетативной массе. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 и 5,0 т/га обеспечило достоверное повышение концентрации фосфора в зерне кукурузы соответственно на 0,10 и 0,25% по сравнению с контролем. На варианте с максимальным агрофоном (NPK на 6,0 т/га) содержание общего фосфора было 1,09%, что на 37% выше контроля.

Концентрация общего фосфора в вегетативной массе на контроле достигала 0,14% в сухом веществе. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна увеличило этот показатель на 13% относительно контроля. Дальнейшее повышение уровня питания увеличивало содержание фосфора в вегетативной массе на 30-37% относительно контроля. Это объясняется тем, что на высоких агрофонах кукуруза не успевает транспортировать фосфорорганические соединения из вегетативных частей в зерно.

Смещение посева на второй срок способствовало повышению содержания общего фосфора в растении в фазу 5-6 листа кукурузы на 5-8% относительно первого срока (табл. 27). Это связано с тем, что потребление фосфора в этот период прошло в более благоприятных условиях – температура воздуха и почвы была выше чем, при первом сроке посева. Характер накопления фосфора в кукурузе в фазу 5-6 листа на втором сроке посева не отличался от первого.

В период 8-9 листа кукурузы различий с первым сроком посева на естественном агрофоне не наблюдалось, отклонения были в пределах ошибки опыта. Однако на удобренных вариантах содержание фосфора было выше на 5-6% относительно первого срока посева. Такая же закономерность продолжала наблюдаться до фазы цветения. Данный факт объясняется тем, что при благоприятном температурном режиме кукуруза лучше усваивает

фосфор из минеральных удобрений. Такую же закономерность в своих исследованиях отмечают Г.П. Дзюин и М.Ю. Михайлова (2016).

Таблица 27 – Динамика содержания общего фосфора в растениях кукурузы при втором сроке посева, % в сухом веществе (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)				
	5-6 лист	8-9 лист	цветение	перед уборкой	
				зерно	вегетативная масса
Контроль	3,28	1,63	0,78	0,68	0,14
НРК на 4,0 т/га	2,80	2,05	0,83	0,76	0,16
НРК на 5,0 т/га	2,77	2,36	0,88	0,91	0,18
НРК на 6,0 т/га	2,86	2,39	1,00	1,07	0,20
Фактор А – НСР ₀₅ =0,15; Фактор В – НСР ₀₅ =0,25; Фактор АВ – НСР ₀₅ =0,25					

Содержание общего фосфора в период уборки в зерне и вегетативной массе кукурузы, посеянной при температуре почвы 10-12°C на естественном агрофоне, не отличались от первого срока посева – отклонения были в пределах ошибки опыта. На удобренных вариантах содержание общего фосфора в зерне на 15-23% было ниже, чем при посеве в первую декаду мая.

По мнению Р.А. Каменева (2017) поглощение калия из почвы практически не зависит от погодных условий. Калий одинаково хорошо усваивается как при высокой температуре, так и при низкой.

Основное количество этого элемента питания распределяется по стеблю и листьям растений, в зерно переходит лишь небольшая его часть (Прокошев В.В., 1990).

Наибольшая концентрация калия в кукурузе за весь период развития отмечалась в фазу 5-6 листа. На естественном агрофоне его содержание составило 3,30% в сухом веществе (табл. 28). Повышение уровня минерального питания обеспечивало увеличение концентрации калия в кукурузе. На варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна содержание калия в кукурузе было на 15% выше значений контроля. При внесении минеральных удобрений на урожайность 5,0 т/га этот показатель

увеличился на 21% относительно естественного агрофона. На максимальном агрофоне отмечалось повышение этого показателя на 26% относительно контроля и достигало 4,45%.

По мере нарастания биомассы кукурузы содержание общего калия в растении начинает снижаться независимо от уровня минерального питания. На контроле к 8-9 листу содержание этого элемента в растении понизилось до 2,81%, что на 15% ниже, чем в предыдущую фазу. На удобренных вариантах отмечалась такая же закономерность, где содержание общего калия снижалось на 14-23% относительно фазы 5-6 листа кукурузы. Концентрация этого элемента относительно контроля была на 6-25% выше и достигала 2,99-3,72%. Причем с увеличением уровня минерального питания концентрация относительно естественного агрофона увеличивалась.

Таблица 28 – Динамика содержания общего калия в растениях кукурузы при первом сроке посева, % в сухом веществе (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)				
	5-6 лист	8-9 лист	цветение	перед уборкой	
				зерно	вегетативная масса
Контроль	3,30	2,81	1,83	0,47	1,85
НРК на 4,0 т/га	3,87	2,99	1,93	0,48	1,92
НРК на 5,0 т/га	4,16	3,59	2,00	0,49	1,99
НРК на 6,0 т/га	4,45	3,72	2,10	0,50	2,04
Фактор А – НСР ₀₅ =0,17; Фактор В – НСР ₀₅ =0,31; Фактор АВ – НСР ₀₅ =0,31					

К фазе цветения кукурузы наблюдается дальнейшее снижение концентрации общего калия. На естественном агрофоне оно составило 35% от предыдущей фазы. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна не повлияло на содержание калия в кукурузе, отклонения были в пределах ошибки опыта. Дальнейшее повышение уровня минерального питания привело к более интенсивному снижению концентрации этого элемента – 44% относительно предыдущей фазы. На варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы в сравнении с контролем изменений в содержании калия в растениях кукурузы отмечено не

было, отклонения были в пределах ошибки опыта. На вариантах с планируемой урожайностью 5,0 и 6,0 т/га концентрация калия была выше контроля на 9 и 13% соответственно.

В период уборки содержание общего калия в зерне кукурузы в среднем за годы исследования составило 0,47% на контроле. Внесение минеральных удобрений не оказало достоверного влияния на содержание общего калия в зерне кукурузы, отклонения были в пределах ошибки опыта. Основная масса калия была сосредоточена в вегетативной массе кукурузы. На контроле она достигала 1,85% в сухом веществе. Увеличение уровня минерального питания обеспечило увеличение этого показателя до 1,92-2,04 в сухом веществе. Причем с увеличением доз вносимых удобрений концентрация калия возрастала.

Посев при температуре почвы 10-12°C не оказал достоверного влияния на концентрацию калия в фазу 5-6 листа кукурузы (табл. 29). Расхождения с первым сроком посева было в пределах ошибки опыта.

Таблица 29 – Динамика содержания общего калия в растениях кукурузы при втором сроке посева, % в сухом веществе (2016-2018 гг.)

Варианты (фактор А)	Фенологические фазы (фактор В)				
	5-6 лист	8-9 лист	цветение	перед уборкой	
				зерно	вегетативная масса
Контроль	3,12	2,80	1,89	0,50	1,75
НРК на 4,0 т/га	3,66	3,02	1,96	0,50	1,93
НРК на 5,0 т/га	4,05	3,37	2,08	0,51	1,99
НРК на 6,0 т/га	4,30	3,73	2,21	0,52	2,06
Фактор А – НСР ₀₅ =0,19; Фактор В – НСР ₀₅ =0,36; Фактор АВ – НСР ₀₅ =0,36					

Различий в содержании калия в растениях кукурузы при посеве в почву прогретую до 10-12°C не наблюдалось и в более поздних фазах, отклонения находились в пределах ошибки опыта. Однако, была отмечена такая же закономерность по снижению содержания калия в кукурузе в более поздние сроки, как и при первом сроке посева. Это связано с тем, что кукуруза хорошо усваивает калий при различных температурах воздуха и почвы.

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

Вынос питательных веществ кукурузой во многом зависит от группы спелости гибрида и почвенно-климатических условий.

На естественном агрофоне хозяйственный вынос азота кукурузой составлял 143 кг/га (рис. 5).

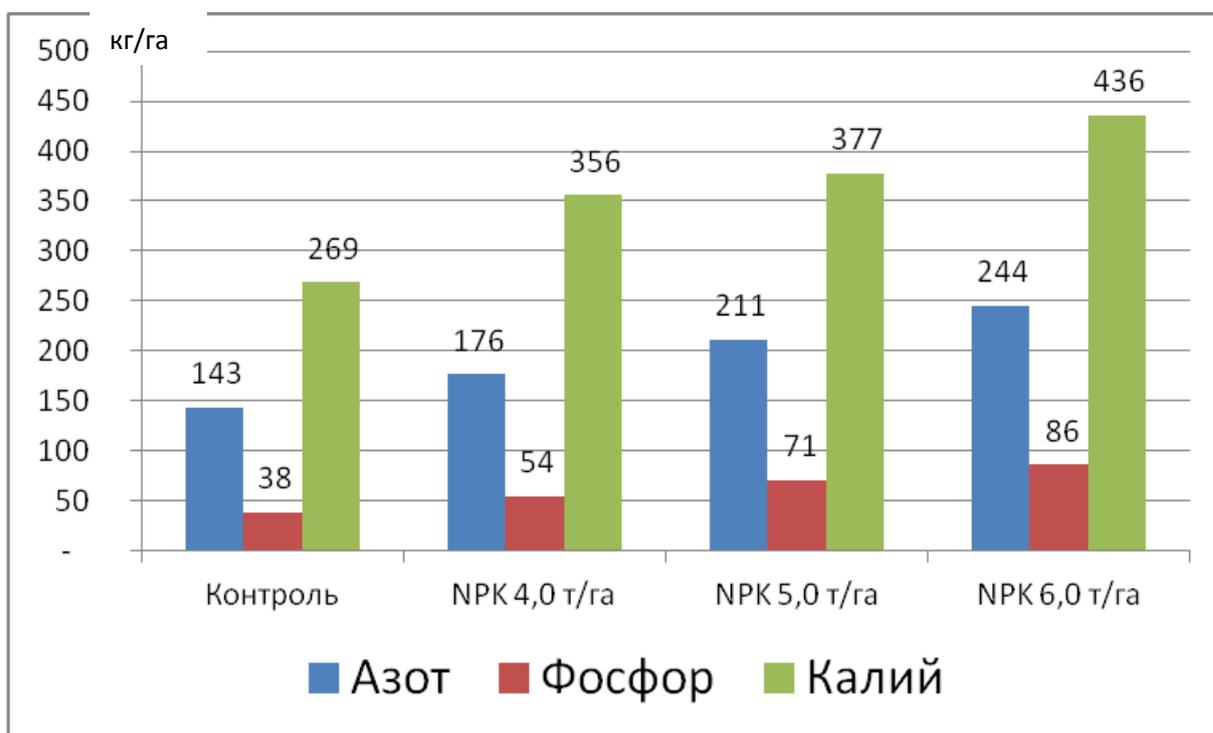


Рисунок 5 – Хозяйственный вынос основных элементов питания при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, кг/га (2016-2018 гг.).

В отдельные годы он варьировал от 134 до 155 кг/га, что обусловлено различной нитрификацией в годы исследований (приложение Н). Внесение минеральных удобрений на урожайность до 4,0 т/га зерна обеспечивало увеличение хозяйственного выноса азота на 19% относительно контроля. На варианте с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна кукурузы этот показатель повышался на 32% относительно естественного агрофона и составил 211 кг/га. На варианте с максимальным

агрофоном хозяйственный вынос увеличился до 244 кг/га, что на 41% выше контроля. В основном повышение выноса азота кукурузой связано с увеличением содержания общего азота в вегетативной массе кукурузы (табл. 24).

Расчеты, по взаимосвязи хозяйственного выноса азота и вносимых доз азотных удобрений показали весьма высокую зависимость ($r=0,96$). Это позволило провести регрессионный анализ и получить уравнение (6) достоверное в диапазоне внесения азотных удобрений до 150 кг д.в./га.

$$y = 0,0039x^2 + 0,1344x + 142,83 \quad (6)$$

$$R^2 = 0,98$$

где y – хозяйственный вынос общего азота кукурузой, кг/га
 x – доза азотных удобрений, кг д.в./га.

Хозяйственный вынос фосфора в отношении азота был намного меньше. На контроле он был в 4 раза меньше азота и составил 38 кг/га. На варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы этот показатель увеличился на 30% относительно контроля и достиг 54 кг/га. Дальнейшее повышение уровня минерального питания обеспечило закономерное увеличение хозяйственного выноса фосфора до 86 кг/га. Изменение хозяйственного выноса фосфора на высоком агрофоне связано с повышением концентрации этого элемента питания в зерне кукурузы (табл. 26).

Проведя расчеты, по взаимосвязи хозяйственного выноса общего фосфора кукурузой и вносимых доз фосфорных удобрений мы нашли весьма высокую корреляционную зависимость ($r=0,96$). Проведя регрессионный анализ, мы получили уравнение (7) достоверное для диапазона внесения фосфорных удобрений до 120 кг д.в./га.

$$y = 0,0037x^2 + 0,0031x + 38,09 \quad (7)$$

$$R^2 = 0,99$$

где y – хозяйственный вынос общего фосфора кукурузой, кг/га

x – доза фосфорных удобрений, кг д.в./га.

Наибольший хозяйственный вынос среди основных элементов питания приходится на калий. На естественном агрофоне он составлял 269 кг/га и также как азот и фосфор увеличивался с повышением уровня минерального питания. На варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы это показатель увеличился до 356 кг/га, что на 32% было выше контроля. Дальнейшее повышение уровня минерального питания обеспечило возрастание этого показателя до 436 кг/га, что на 62% выше контроля. Увеличение выноса общего калия при повышении агрофона связано с существенным повышением концентрации этого элемента в вегетативной массе кукурузы (табл. 28) и увеличении биомассы (табл. 9).

Расчеты по взаимосвязи хозяйственного выноса калия кукурузой и вносимых доз калийных удобрений показали весьма высокую корреляционную зависимость ($r=0,98$). Проведя регрессионный анализ, мы получили уравнение (8) для диапазона внесения калийных удобрений до 120 кг д.в./га.

$$y = 1,3803x + 265,04 \quad (8)$$

$$R^2 = 0,96$$

где y – хозяйственный вынос общего калия кукурузой, кг/га
 x – доза калийных удобрений, кг д.в./га.

Вынос элементов питания для создания единицы урожая играет важную роль в программировании урожайности кукурузы. Внесение расчетных доз минеральных удобрений способствует благоприятному балансу элементов питания в почве, что положительно сказывается на развитии растений, урожайности и качестве получаемой продукции.

В нашем исследовании установлено, что вынос азота кукурузой для образования 1 т/га зерна кукурузы составлял 43 кг. Внесение минеральных

удобрений для получения планируемой урожайности 4,0 т/га зерна кукурузы не повлияло на вынос азота тонной основной продукции (табл. 30).

Дальнейшее повышение уровня минерального питания на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна кукурузы обеспечивало незначительное повышение затрат азота для создания единицы продукции на 7% относительно варианта без использования минеральных удобрений. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность до 6,0 т/га зерна кукурузы увеличило вынос азота до 12% относительно контроля при НСР₀₅ равном 3 кг/т.

Таблица 30 – 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
НПК на 4,0 т/га	43	13	86	10	3	20
НПК на 5,0 т/га	46	16	83	12	4	21
НПК на 6,0 т/га	49	17	88	12	4	21
НСР ₀₅	3	2	3	21	1	2

Корреляционный анализ показал высокую зависимость ($r=0,84$) выноса азота для создания тонны зерна кукурузы и доз азотных удобрений.

Для образования 1,0 тонны зерна на естественном агрофоне кукурузе необходимо 11 кг фосфора. Повышение уровня минерального питания способствует увеличению выноса этого элемента до 17 кг/т (НСР₀₅=2 кг/т).

Весьма высокая зависимость была отмечена между выносом фосфора для образования единицы урожая и вносимых доз фосфорных удобрений ($r=0,96$).

Необходимое количество калия для получения 1 тонны зерна кукурузы на вариантах без использования минеральных удобрений составляло в несколько раз больше, чем азота и фосфора и достигает 80 кг/т. Увеличение уровня минерального питания обеспечивало повышение выноса для

образования единицы урожая до 88 кг/т ($НСР_{05}=3$ кг/т). Это связано с увеличением урожайности зерна кукурузы и увеличением содержания калия в зерне на удобренных вариантах.

Взаимосвязь выноса калия кукурузой для образования единицы урожая и доз калийных удобрений показала высокую корреляцию ($r=0,80$).

Для образования 1 тонны сухого вещества кукурузе необходимо 10 кг азота. Увеличение уровня минерального питания не повлияло на изменения затрат элементов питания для получения единицы продукции. Такая же закономерность наблюдается и по хозяйственному выносу фосфора и калия для образования 1 тонны сухого вещества кукурузой.

Таким образом, вынос элементов питания для образования единицы продукции на естественном агрофоне составлял: азота 43 кг, фосфора 11 кг; калия 80 кг. Внесение минеральных удобрений обеспечивало повышение затрат элементов питания для создания единицы продукции до 49 кг азота; 17 кг фосфора; 88 кг калия. Вынос NPK для создания единицы зеленой массы составлял 10 кг азота, 3 кг фосфора и 19 кг калия. Повышение доз минеральных удобрений не оказывало достоверного влияния на вынос основных элементов питания.

На эффективность усвоения растениями питательных веществ влияют различные факторы. На коэффициенты использования питательных веществ из почвы значительно оказывают действие типы почв и погодные условия (Дзюин Г.П., 2016).

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

Таблица 31 – 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

Одним из главных показателей эффективности применения минеральных удобрений является получение планируемых урожаев товарной продукции.

Кукуруза – универсальная сельскохозяйственная культура, которая может использоваться на различные цели (зерно, зеленая масса). Поэтому нами было принято решение провести изучение сразу в двух направлениях: получение зерна и зеленой массы.

Высокое почвенное плодородие обеспечило получение в среднем за годы исследований при первом сроке посева 3,09 т/га зерна кукурузы в пересчете на стандартную влажность (рис. 6). В отдельные годы урожайность варьировала от 1,84 до 3,72 т/га. Столь низкая урожайность полученная в 2018 году объясняется недобором активных температур (1624°C) и большим количеством осадков в период цветения кукурузы (88 мм), что негативно сказалось на созревании початков.

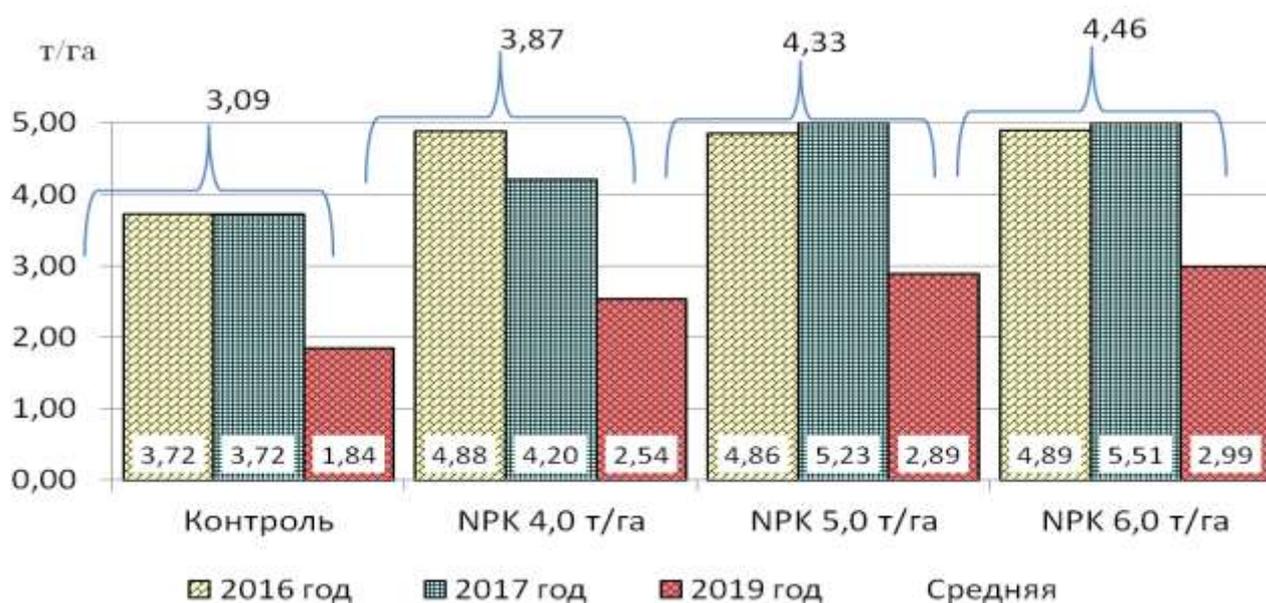


Рисунок 6 – Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна кукурузы при первом сроке посева, т/га

Уборку на контроле проводили при средней влажности зерна 40%. За годы исследования она варьировала от 35 до 45% (рис. 7). По данным Е.С. Ивановой (2018), максимальная уборочная влажность зерна кукурузы, при которой возможна механизированная уборка составляет 35%. Автор утверждает, что проведение десикации способствует снижению уборочной влажности на 4-8%. Данный факт является обоснованием необходимости использования десикации кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в Тюменской области.

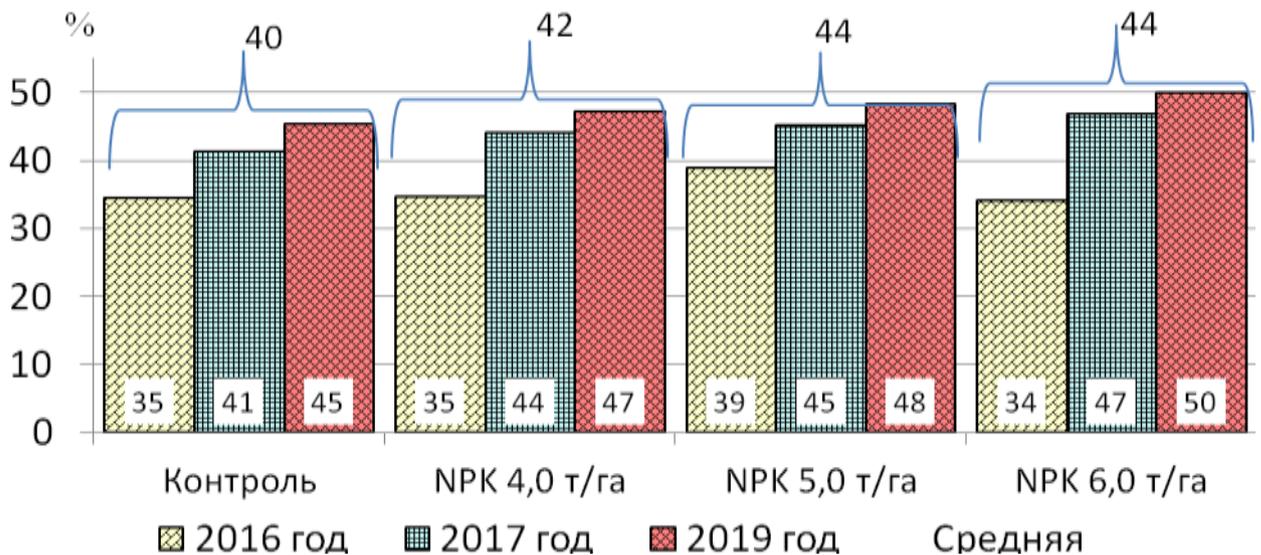


Рисунок 7 – Влияние минеральных удобрений на уборочную влажность зерна кукурузы при первом сроке посева, %

Улучшение условий питания за счет внесения минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы повышало урожайность до 3,87 т/га, что на 25% выше естественного агрофона. Положительный эффект от минеральных удобрений на этом варианте в отдельные годы варьировал от 13 до 38% относительно контроля ($НСР_{05}=0,21$ т/га). При этом происходило повышение уборочной влажности зерна, которая в среднем за годы исследования увеличивалась на 2%. В наиболее благоприятный для выращивания кукурузы 2016 год влажность зерна при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы относительно контроля не наблюдалось. С

понижением температуры воздуха и увеличением количества осадков в период созревания зерна внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га способствовало повышению уборочной влажности зерна на 2-3%. За годы исследований она была в пределах 35-47%.

Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га позволило сформировать урожай зерна кукурузы массой 4,33 т/га, что на 40% больше контроля, уборочная влажность составляла – 44%. Стоит отметить, что в 2016 и 2017 годах планируемую урожайность 5,0 т/га удалось получить. Влажность зерна при этом составляла 39 и 45% соответственно. В неблагоприятном 2018 году планируемая урожайность не была получена, и остановилась на 2,89 т/га. Зерно обладало максимальной влажностью 48%, что затрудняло механизированную уборку.

На максимальном агрофоне средняя урожайность зерна за годы исследований составила 4,46 т/га, при влажности 44%. На этом варианте была отмечена такая же закономерность по уборочной влажности зерна, где минимальная наблюдалась в 2016 году – 34%; максимальная в 2018 году – 50%. За годы исследований планируемый урожай 6,0 т/га зерна получить не удалось. Это связано с затягиванием развития кукурузы из-за использования высоких доз минеральных удобрений и смещению фазы цветения, в которой закладывалась урожайность, на период снижения температуры воздуха.

Смещение сроков посева во вторую декаду мая негативно сказалось на урожайности и уборочной влажности зерна кукурузы (рис. 8). Это связано с тем, что период созревания кукурузы проходил при более низкой температуре воздуха. На контроле урожайность была на 15% меньше первого срока посева (рис. 9). Влажность зерна, при котором проходила уборка при этом увеличивалась на 3%. На вариантах с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна кукурузы она была ниже на 12-14% относительно первого срока посева. Уборочная влажность зерна при этом достигала 45-47%.

На варианте с максимальным агрофоном урожайность существенно с первым сроком не отличалась, отклонения находились в пределах ошибки опыта. Влажность зерна при этом возрастала на 3%.

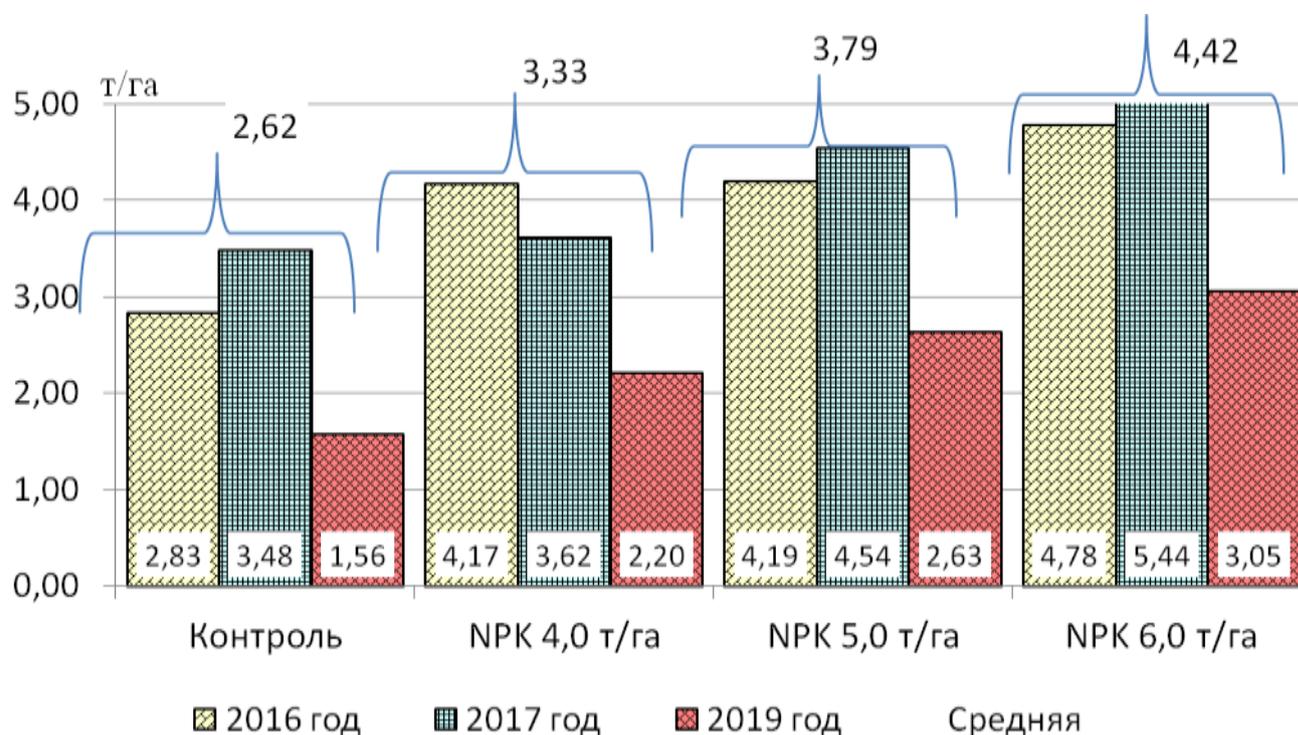


Рисунок 8 – Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна кукурузы при втором сроке посева, т/га

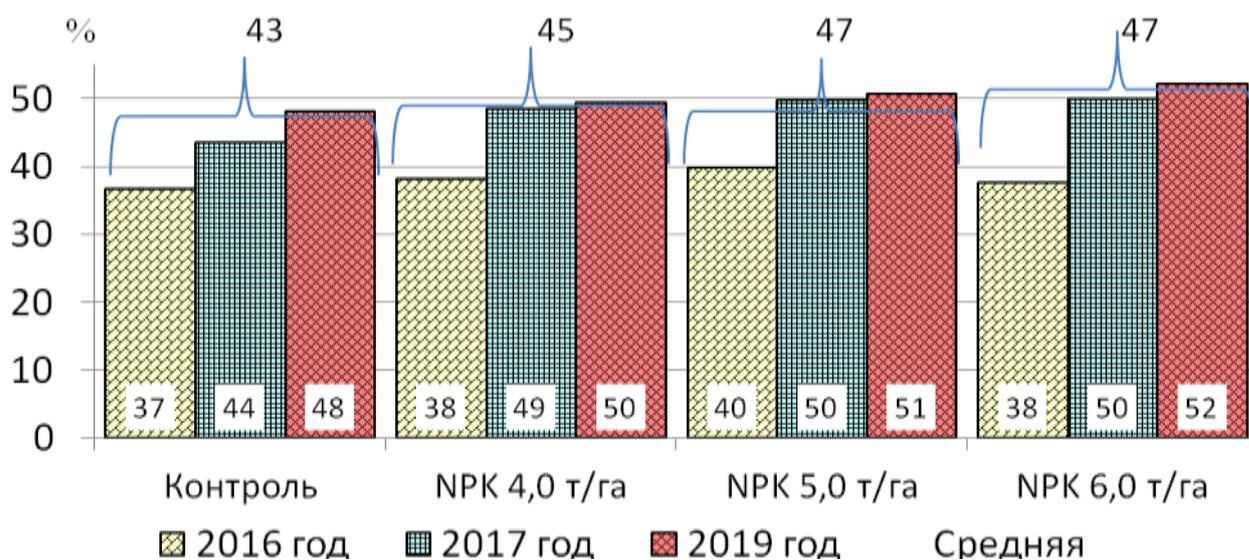


Рисунок 9 – Влияние минеральных удобрений на уборочную влажность зерна кукурузы при втором сроке посева, %

Снижение урожайности при втором сроке посева связано с тем, что кукуруза несколько ограничена по температуре воздуха и не может полностью раскрыть свою потенциальную урожайность. Закономерность в снижении урожайности при смещении сроков посева на более поздний период отмечают в своих работах Н.Ю. Петров (2012) и И.В. Сурин (2014).

Механическая обработка междурядий положительно сказалась на урожайности зерна кукурузы. На естественном агрофоне урожайность зерна кукурузы при использовании междурядной обработки увеличилась на 9% относительно варианта без использования этого приема (табл. 33).

Таблица 32 – Урожайность зерна кукурузы при междурядной обработке и различных сроках посева, т/га (2016-2018 гг.)

Варианты (Фактор А)	Междурядная обработка (Фактор В)		Прибавка урожая, % от вариантов без междурядной обработки	
	первый срок	второй срок	первый срок	второй срок
Контроль	3,36	2,86	9	9
НРК на 4,0 т/га	4,13	3,53	7	6
НРК на 5,0 т/га	4,55	4,05	5	7
НРК на 6,0 т/га	4,97	4,81	11	9
Фактор А – НСР ₀₅ =0,21; Фактор В – НСР ₀₅ =0,13; Фактор АВ – НСР ₀₅ =0,21				

На удобренных вариантах положительный эффект от проведения механических обработок междурядий составлял от 5 до 11%. Наибольший эффект показал вариант с максимальным агрофоном. Это связано с тем, что проведение этого приема обеспечивало улучшение агрофизических свойств почвы, что улучшало поглощение питательных веществ. Подобная закономерность в увеличении урожайности зерна кукурузы при использовании механической обработки междурядий отмечена в работе А.Э. Панфилова (2004).

На естественном агрофоне урожайность воздушно-сухой массы кукурузы составляла 16,7 т/га. Улучшение условий питания кукурузы за счет использования минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна кукурузы обеспечивало повышение этого показателя на 27%

относительно контроля (табл. 34). Дальнейшее увеличение уровня минерального питания на планируемую урожайность 5,0 т/га увеличивает урожайность воздушно-сухой массы кукурузы на 30%. На максимальном агрофоне минеральные удобрения обеспечили повышение урожайности на 37% относительно контроля.

Таблица 33 – Влияние минеральных удобрений, сроков посева и междурядной обработки (МО) на урожайность воздушно-сухой зеленой массы кукурузы, т/га (2016-2018 гг.)

Варианты	I срок посева		II срок посева	
	МО	без МО	МО	без МО
Контроль	16,7	16,1	17,1	16,3
НРК на 4,0 т/га	21,8	20,5	21,9	21,4
НРК на 5,0 т/га	22,5	20,9	24,3	22,5
НРК на 6,0 т/га	24,3	23,7	23,5	23,8
Фактор А (варианты) – НСР ₀₅ =1,1; Фактор В (сроки посева) – НСР ₀₅ =0,9; Фактор С (обработки) – НСР ₀₅ =0,5 Фактор АВ – НСР ₀₅ =1,1; Фактор АС – НСР ₀₅ =1,1; Фактор ВС – НСР ₀₅ =0,9; Фактор АВС – НСР ₀₅ =1,1;				

На контроле смещение сроков посева на вторую декаду мая не повлияло на урожайность зеленой массы кукурузы, отклонения были в пределах ошибки опыта (НСР₀₅=0,9). На вариантах с планируемой урожайностью 4,0 и 5,0 т/га зерна кукурузы смещение сроков посева незначительно повышало урожайность на 7-8% относительно первого срока посева. Это связано с тем, что более прогретая почва в первой половине вегетации способствовала улучшению потребления питательных веществ. На максимальном агрофоне изменений в урожайности зеленой массы не наблюдалось, так как на этом варианте питательные вещества были в достаточном количестве.

Применение междурядной обработки способствовало улучшению агрофизических свойств почвы и условий питания кукурузы, что привело к незначительному повышению урожайности воздушно-сухой зеленой массы кукурузы на вариантах с планируемой урожайности до 5,0 т/га зерна кукурузы.

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ КУКУРУЗЫ

Экономическая эффективность – это конечный анализ проделанной работы, включает в себя оценку заложенных затрат на выход чистой прибыли.

Основная масса денежных затрат при возделывании кукурузы на зерно ложится на использование минеральных удобрений и сушку зерна, тогда как при возделывании на зеленую массу основная доля затрат включает в себя помимо удобрений, транспортировку и уборку урожая. Для животноводческих предприятий важное значение имеет не рентабельность производства кормов, а ее валовой сбор. В результате чего часть затрат на получение продукции перекладывается на выход товарной продукции животноводства.

Для оценки прямых материально-денежных затрат нами были разработаны типовые электронные технологические карты по возделыванию кукурузы на различных агрофонах. Прямые затраты при выращивании кукурузы на естественном агрофоне составили 15869 руб./га. Себестоимость 1 тонны зерна при этом составила 5129 рублей. Стоимость товарной продукции с одного гектара достигала 37132 рублей при цене 12000 рублей за тонну. Чистая прибыль была 21263 рубля с гектара при рентабельности 134% (табл. 35).

Таблица 34 – 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
НРК на 4,0 т/га	24172	5858	49520	25348	105
НРК на 5,0 т/га	27871	6125	54608	26737	96
НРК на 6,0 т/га	31270	7011	59652	28382	91

Высокий экономический эффект на контроле объясняется высоким плодородием пашни, которое было создано сельскохозяйственным предприятием за счет правильного ведения системы земледелия, обеспечивающей расширенное воспроизводство плодородия (табл. 4).

Внесение минеральных удобрений для получения планируемой урожайности 4,0 т/га зерна кукурузы увеличивало затраты до 24172 руб./га, что на 52% больше относительно контроля. Необходимо отметить, что столь серьезное увеличение произошло за счет высокой стоимости удобрений и в возросших затрат на подработку зерна (перевозка, сушка, сортировка). Себестоимость продукции в результате этого возросла на 14% относительно контроля, составила 5858 рублей за тонну. Стоимость полученной продукции на этом варианте достигала 49520 рублей, что на 33% больше контроля. Чистая прибыль в результате возросла на 19% относительно естественного агрофона, рентабельность при этом снизилась с 134 до 105%. Стоит отметить, что в различные годы из-за разницы в урожае зерна и уборочной влажности, рентабельность на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна варьировала. В 2016 и 2017 г. она достигала 142 и 120% соответственно, а неблагоприятный 2018 г. рентабельность снижалась до 53%.

На вариантах с планируемой урожайностью выше 5,0 т/га зерна получить запланированный урожай не удалось. Высокие дозы минеральных удобрений на этих вариантах значительно увеличили затраты, которые на варианте с планируемой урожайностью 5,0 т/га зерна кукурузы достигли 27871 рубля. Чистая прибыль на этом варианте достигала 26737 руб., а рентабельность уменьшалась до 96%. В отдельные годы этот показатель варьировал от 45 до 121%.

На максимальном агрофоне затраты возрастали до 31270 руб., совместно с этим повышалась себестоимость продукции до 7011 руб. Рентабельность уменьшились до 91%. Изменяясь за годы исследования от 40 до 113%.

Благодаря высокому потенциальному плодородию чернозема выщелоченного, на котором проводились исследования, уровень рентабельности при выращивании кукурузы на зерно при первом сроке посева достигал 127%. При увеличении планируемой урожайности за счет минеральных удобрений значительно повышались затраты, в связи с чем уровень рентабельности снижался до 80-96%. Использование междурядной обработки на всех исследуемых агрофонах обеспечивало значительную прибавку в зерне с минимальными затратами (не более 5% в структуре затрат) и тем самым повышало экономическую эффективность на 7-11 процентов (табл. 36).

Таблица 35 – Рентабельность выращивания кукурузы при использовании различных агротехнологических приемов, % (2016-2018 гг.)

Варианты	Зерно				Зелена масса			
	I срок посева		II срок посева		I срок посева		II срок посева	
	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО
Контроль	134	127	112	106	69	67	79	77
НРК на 4,0 т/га	105	96	89	85	55	54	58	58
НРК на 5,0 т/га	96	90	86	81	44	44	46	45
НРК на 6,0 т/га	91	80	80	74	36	35	38	38

МО – междурядная обработка

Смещение сроков посева на вторую декаду мая не только снизило урожайность зерна, но повышало его влажность. Эти факторы снижали чистую прибыль на 15-47% относительно первого срока посева и понижали рентабельность производства на 6-22%.

Экономическая эффективность выращивания кукурузу на зеленую массу на естественном агрофоне составляла 67%. Увеличение уровня питания привело к понижению рентабельности с 54 до 35%. Междурядная обработка за счет повышения урожайности незначительно улучшила экономическую эффективность. Смещение сроков посева на вторую декаду мая, благодаря возрастанию урожайности зеленой массы, повышало экономическую эффективность от 2 до 10% относительно первого срока посева.

На естественном агрофоне максимальные затраты приходится на сушку зерна и составляют 37% от прямых затрат на выращивание кукурузы. Порядка 24% приходится на химические средства защиты растений. На качественный семенной материал из общих затрат приходится 12% от общего количества (рис. 10).

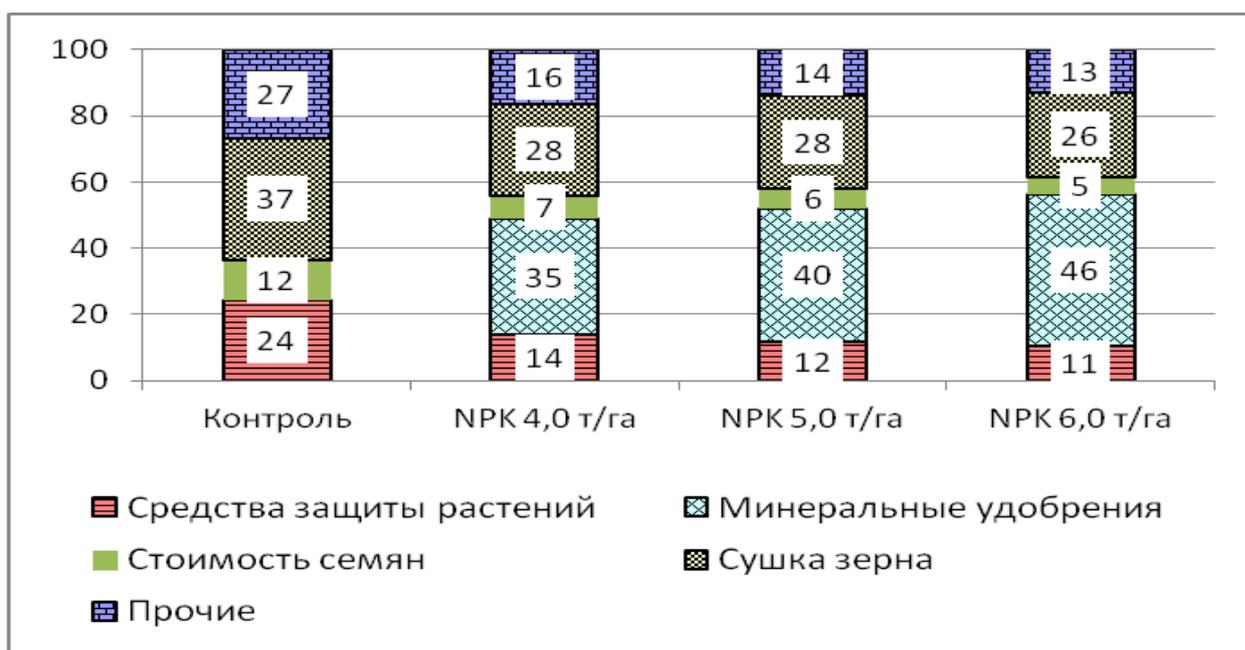


Рисунок 10 – Влияние уровня минерального питания на структуру затрат при выращивании кукурузы на зерно, % (2016-2018 гг.)

На удобренных вариантах основная часть затрат приходится на минеральные удобрения. На варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га зерна кукурузы на них приходится около 35% от прямых затрат. Расходы связанные с сушкой зерна на это варианте составляли 28%. Доля других затрат в общей структуре по сравнению с естественных агрофоном также снижалась. Дальнейшее повышение планируемой урожайности увеличивает долю затрат на удобрения до 46% от общего количества. Что касается структуры затрат на получения зеленой массы кукурузы, то она идентична с анализом зерновой технологии. Только вместо сушки зерна эти затраты переходят в уборку и вывоз с поля получаемой продукции.

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. Междурядная 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 кукурузой 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%. Междурядная 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 средним 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 междурядной обработки и посевом при температуре почвы 8-10°C, что обеспечивает экономический эффект 105%.

Список используемой литературы

1. Абрамов Н.В. Агрофизические свойства старопахотных выщелоченных черноземов Тобол-Ишимского междуречья Зауральского плато / Н.В. Абрамов, Д.И. Ерёмин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – №2. – С. 8-12.
2. Абрамов Н.В. Воспроизводства плодородия почв УРФО / Н.В. Абрамов // АПК России. – 2017. – №5. – С. 1055-1065.
3. Агафонов Е.В. Система удобрения гибридов кукурузы разного срока созревания на темно-каштановой почве Ростовской области / Е.В. Агафонов, А.А. Батаков // Агрехимия. – 2000. – №11. – С. 41.
4. Агафонов Е.В. Система удобрения гибридов кукурузы при выращивании на зерно / Е.В. Агафонов, А.А. Батаков // Кормопроизводство. – 2002. – № 5. – С. 18-20.
5. Агеев В.В. Калий в современном земледелии. Проблемы и их решения / В.В. Агеев, О.Ю. Лобанкова, Ю.И. Гречишкина // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – № 2(22). – С. 115-121.
6. Адиньяев Э.Д. Влияние водного режима и удобрений на продуктивность и качество зерна различных гибридов кукурузы в условиях степной зоны ЧР / Э.Д. Адиньяев, А.Г. Амаева // Известия Горского ГАУ. – 2012 – Т.49. – С. 50-52.
7. Акинчин А.В. Формирование урожая и качества силоса кукурузы в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрений / А.В. Акинчин, Л.Н., Кузнецова, С. А. Линков // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 3. – С. 18-20.
8. Алтунин Д.А. Влияние органических и минеральных удобрений на урожай зеленой массы кукурузы и вынос элементов питания / Д.А. Алтунин // Агрехимия. – 1983. – №1. – С. 66-70.
9. Аль-Холани Х.А. Определение концентрации маннита для использования в процессе клеточной селекции на устойчивость к засухе

кукурузы / Х.А. Аль-Холани, Ю.И. Долгих // Вестник РУДн. Серия: Агрономия и животноводство. – 2007. – №12. – С. 38-42.

10. Андреев, Н.Г. Кукуруза / Н.Г. Андреев // – М.: – Сельколхозгиз, – 1955. – 64 с.

11. Антонова О.И. Управление питанием кукурузы на черноземах умеренно засушливой и колючей степи Алтайского края / О.И. Антонова, А.Г. Шестаков // Вестник Алтайского ГАУ. – 2014. – № 4(114). – С. 5-9.

12. Ахмедов А.Д. Водосберегающие технологии полива сельскохозяйственных культур / А.Д. Ахмедов // Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии: сб. научных докладов междунар. науч. практ. конф. / ВНИИ «Радуга». – Коломна. – 2004. – С.38-41.

13. Багринцева В.Н. Урожайность зерна кукурузы при раннем посеве / В.Н. Багринцева, Г.Н. Сухоярская // Зерновое хозяйство России. – 2010. – №5. – С. 23-27.

14. Багринцева В.Н. Влаго- и теплообеспеченность периода вегетации кукурузы и ее урожайность в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края / В.Н. Багринцева / Земледелие. – 2016. – №1. – С. 35-37.

15. Балакай Г.Т. Влияние способов полива на рост, развитие и урожайность кукурузы на зерно / Г.Т. Балакай, В.А. Орел // Пути повышения эффективности использования орошаемых земель: сб.науч.тр. / ФГНУ «РосНИИ- ИППМ». – Новочеркасск. – 2005. – С.66-69.

16. Баранова Л.А. Технология капсулирования мочевины силикатной плёнкой и эффективность ее применения под зерновые и овощные культуры / Л.А. Баранова, И.Д. Комисаров, Т.А. Молюгина // ГАУ Северного Зауралья. – 2013. – С. 80-82.

17. Баранова Л.А. Экологически чистое азотное удобрение / Л.А. Баранова // Вестник ГАУ Северного Зауралья. – 2013. – №3(22). – С. 15-18.

18. Батищев И.В. Расчет оросительной нормы кукурузы при капельном способе полива / И.В. Батищев, Е.Н. Лунева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – №2(30). – С. 61-77.
19. Белоголовцев В.П. Диагностика минерального питания кукурузы на каштановой почве Саратовского Заволжья: автореф. дис...канд. с. -х. наук: (06.01.04.) – Саратов. – 2009. – 18 с.
20. Белолобцева А.И. Агроклиматическая оценка условий формирования урожая кукурузы в степной зоне Украины на период до 2050 года / А.И. Белолобцева, Е.А. Дронова, И.Ф. Асауляк // Гидрометеорология и экология. – 2017. – №2(85). – С. 16-25.
21. Бельченко С. А. Оценка влияния агротехнологий возделывания кукурузы на качество зеленой массы и силоса в условиях юго-западной части Нечерноземья / С. А. Бельченко, И.Н. Белоус // Вестник Курской ГСХА. – 2014. – №6. – С. 48-50.
22. Бендер Р.Р. Динамика поглощения элементов питания современными гибридами кукурузы / Р.Р. Бендер, Дж.В. Хаегеле, М.Л. Руффо и Ф.Е. Белоу / Питание растений. – 2014. – №1. – С. 8-13.
23. Бирюкова О.А. Содержание макро- и микроэлементов в зерне кукурузы при внесении удобрений на черноземе обыкновенном / О.А. Бирюкова и др. // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – №103(09). – С. 1-10.
24. Бобренко И.А. Оптимизация минерального питания кормовых, овощных культур и картофеля на черноземах Западной Сибири: автореф. дис. ... доктора с. -х. наук / И.А. Бобренко. – Тюмень. – 2004. – 32 с.
25. Бобренко И.А. Эффективность минеральных удобрений при возделывании различных гибридов кукурузы на зеленую массу на обыкновенном черноземе Казахстана / И.А. Бобренко, Э.Е. Кантарбаева // Омский научный вестник. – 2014. – №2(134). – С. 151-154.
26. Бобренко И.А. Эффективность применения минеральных удобрений при возделывании гибридов кукурузы в условиях Северного

Казахстана / И.А.Бобренко, В.М. Красницкий, Э.Е. Кантарбаева // Плодородие. – 2014. – №5(80). – С. 16-17.

27. Букарев В.В. Влияние предшественников и удобрений на урожайность кукурузы в зоне неустойчивого увлажнения: автореферат дис. на соискание канд. с.-х. наук (06.01.01) – Ставрополь, – 2010. – 22с.

28. Булдыкова И.А. Влияние микроудобрений на урожайность и качество зерна кукурузы / И.А. Булдыкова, А.Х. Шеуджен // Политем. сет. электрон. науч. жур. КубГАУ. – Краснодар. – 2014. – № 98. – С. 632-644.

29. Васин В.Г. Продуктивность и кормовая ценность гибридов кукурузы при применении минеральных удобрений и стимуляторов роста в условиях лесостепи среднего Поволжья / В.Г. Васин, И.К. Кошелева // Кормопроизводство. – 2017. – №9. – С. 40-43.

30. Васина Н.В. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / Н.В. Васина // – Кинель : – РИЦ СГСХА. – 2014. – 42 с.

31. Введенский Б. А. Большая советская энциклопедия Кукуруза – Лесничество // Большая сов. энцикл. – 1953. – Т. 24. – 620 с.

32. Володарский Н.И. Формирование урожая кукурузы при различных условиях водообеспеченности и азотного питания / Н.И. Володарский, Н.Г. Сыкало, Л.В. Зиневич // Биологические основы орошаемого земледелия. – 1974. – С.176-183.

33. Воронин А.Н. Оптимизация технологий возделывания кукурузы на зерно в зерно- пропашном севообороте / А.Н. Воронин, Н.М. Доманов, К.Б. Ибадуллаев // Кукуруза и сорго. – 2011. – №3. – С. 9-12.

34. Гамзиков Г.П. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии: / Г.П. Гамзиков. М. ФГБНУ «Росинформагротех». – 2018. – 48 с.

35. Гончарова Э.А. Ретроспектива исследований водного статуса культурных растений на базе коллекции генетических ресурсов ВИР / Э.А.

Гончарова, Ю.В. Чесноков, М.Н. Ситников // – Тр. Карельск. научн. центра РАН. – Петрозаводск. – 2013. – №3. – С. 10-17.

36. Горбачева А.Г. Реакция гибридов кукурузы на температурный режим в период прорастания / А.Г. Горбачева, И.А. Ветошкина, А.Э. Панфилов, Е.С. Иванова // Кукуруза и сорго. – 2014. – №2. – С. 20-24.

37. Горбачева А.Г. Экологическая оценка гибридов кукурузы в период прорастания при раннем и оптимальном сроках посева А.Г. Горбачева, И.А. Ветошкина, А.Э. Панфилов, Е.С. Иванова // Кукуруза и сорго. – 2015. – №2. – С. 3-10.

38. Грабовский М. И. Восстановление и усвоение азота растениями кукурузы на возрастающих уровнях азотного питания / М.И. Грабовский // Тр. ВИУА. – 1981. – Вып. 60. – С. 23-31.

39. Гулидова В. А. Кукуруза на зерно. Современные технологии возделывания. Практическое руководство. / В.А. Гулидова, Е.И. Хрюкина, Г.Я. Сергеев // – 2017 – 51с.

40. Гурьев Б.П. В зависимости от групп спелости / Б.П. Гурьев, Е.И. Филатова // Кукуруза и сорго. – 1990. – №3. – С. 7.

41. Даниленко Ю.Л. Совершенствование технологий возделывания кукурузы – основной путь повышения урожайности/ Ю.Л. Даниленко // Кукуруза и сорго. – 2003. – № 6. –С. 2-3.

42. Денеште Ж.Х. Появление всходов кукурузы в непрогретой почве / Ж.Х. Денеште, Ш. Заборски, Т. Берди // Кукуруза и сорго. – 2003. – № 1. – С. 19-24.

43. Денисов К.Е. Зависимость плотности почвы как основного показателя плодородия от других агрофизических факторов / К.Е. Денисов, Е.П. Денисов, А.П. Солодовников и др. // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 9. – С. 27-30.

44. Дзюин Г.П Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений, навоза и почвы культурами севооборота / Г.П.

Дзюин, А.Г. Дзюин // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 5. – С. 83-90.

45. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов // – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.

46. Драгнев С.В. Возможности заготовки побочной продукции кукурузы на зерно для энергетического использования в Украине / С.В. Драгнев, Т.А. Железная, Г.Г. Гелетуха // Аналитическая записка БАУ. – 2016. – №16.

47. Дружкин А.Ф. Совершенствование приемов возделывания кукурузы на зерно в Саратовском правобережье / А.Ф. Дружкин, А.А. Беляева // Аграрный научный журнал. – 2015. – №4. – С. 8-13.

48. Дудкин И.В. Научное обоснование приёмов и систем регулирования засорённости посевов сельскохозяйственных культур в ландшафтном земледелии лесостепи Центрального Черноземья: дис. ... докт. с. -х. наук / 06.01.01.– Курск. – 2009. – 439 с.

49. Емельянов Ю.Я. Ресурсосберегающие технологические приёмы использования фосфорных удобрений / Ю.Я. Емельянов, В.И. Волынкин // – Курган. – 2003. – С. 123-126.

50. Ерёмин Д.И. Физические свойства выщелоченных чернозёмов Северного Зауралья в условиях длительного сельскохозяйственного использования / Д.И. Ерёмин, Д.В. Ерёмкина, Ж.А. Фисунова // Аграрный вестник Урала. – 2009. – №4. – С. 60-65.

51. Ерёмин Д.И. Динамика влажности чернозёма выщелоченного при различных системах обработки под яровую пшеницу в условиях Северного Зауралья / Д.И. Ерёмин, О.А. Шахова // Аграрный вестник Урала. – 2010. – №1. – С. 38-40.

52. Еремин Д.И. Влияние севооборотов на агрофизические свойства чернозема выщелоченного / Д.И. Еремин, А.Н. Моисеев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2012. – №6. – С. 26-32.

53. Ерёмин Д.И. Влияние севооборотов на агрофизические свойства чернозёма выщелоченного / Д.И. Ерёмин, А.Н. Моисеев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2012. – № 6. – С. 26-32.
54. Еремин Д.И. Рациональное применение минеральных удобрений как фактор экологической безопасности агроценозов / Д.И. Еремин, М.Г. Уфимцева // Аграрный вестник Урала. – 2013. – №12. – С. 63-66.
55. Ермохин Ю.И. Влияние расчетных доз удобрений на продуктивность кормовых культур в условиях Западной Сибири / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко, В.М. Красницкий // Плодородие. – 2004. – №3. – С. 7-11.
56. Ермохин Ю.И. Оптимизация минерального питания кормовых, овощных культур и картофеля на основе системы «ПРОД» / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко // Вестник ОмГАУ. – 2004. – №3. – С. 43-55.
57. Ермохин Ю.И. Основы прикладной агрохимии / Ю.И. Ермохин // – Омск: Вариант-Сибирь. 2004. – 120 с.
58. Ермохин Ю.И. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур (на основе системы «ПРОД»): монография / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко. – Омск: – Изд-во ФГОУ ВПО «ОмГАУ». – 2005. – 284 с.
59. Ермохин Ю.И. Использование физиологического метода завядания растений для установления оптимального уровня питания кукурузы и картофеля в условиях омского Прииртышья / Ю.И. Ермохин, Д.Н. Молкоедов // Омский научный вестник. – 2013. – №1(118). – С. 174-178.
60. Ермохин Ю.И. Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений: / Ю.И. Ермохин. Омск. Литера. – 2014. – 239 с.
61. Ермохин Ю.И. Система почвенно-растительной оперативной диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – №4(7). – С. 4-7.

62. Еськов Е.К. Влияние обработки семян кукурузы ультрадисперсным порошком железа на развитие растений и аккумуляцию в них химических элементов / Е.К. Еськов // *Агрохимия*. – 2012. – №1. – С. 74-77.
63. Ефремова З.С. Влияние удобрений на урожай и качество зеленой массы гибридов кукурузы в условиях Нечерноземной зоны РСФСР / З.С. Ефремова, Т.М. Забугина // *Агрохимия*. – 1987. – № 2. – С. 43–48.
64. Загинайлов А.В. Рост, развитие и продуктивность кукурузы при различных технологиях возделывания в нечерноземной зоне / А.В. Загинайлов, В.А. Шевченко // *Плодородие*. – 2011. – №2. – С. 14-16.
65. Зверев В.А. Влияние средств химизации на урожайность и качество силосной кукурузы / В.А. Зверев, А.М. Хлопяников // *Кукуруза и сорго*. – 2000. – № 5. – С. 19-23.
66. Зезин Н.Н. Итоги и перспективы возделывания кукурузы на силос в Свердловской области/ Н.Н. Зезин и др. // *Нива Урала*. – 2012. – № 7/8. – С. 2-4.
67. Зиновьев А.В. Комовая продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от абиотических условий среднего Предуралья / А.В. Зиновьев, С. И. Коконов// *Кормопроизводство*. – 2015. – №12. – С. 31-34.
68. Иваненко А. С. Агроклиматические условия Тюменской области / А. С. Иваненко, О. А. Кулясова / – Тюмень. – ТГСХА. – 2008. – 206 с.
69. Иванов В.М. Зерновое сорго и кукуруза при орошении в Нижнем Поволжье: монография / В.М. Иванов, Ю.П. Даниленко; Волгоград: ФГОУ ВПО ВГСХА. – 2010. – 240 с.
70. Иванов В.М. Водопотребление кукурузы на зерно по разным предшественникам и агрофонам при возделывании по системе Стрип-Тил в степной зоне черноземных почв / В.М. Иванов, А.В. Кубарева // *Известия Нижневолжского аграрного университета*. – 2016. – С. 39-46.
71. Иванов И. А. Применение удобрений на дерново-подзолистых почвах с высокими запасами фосфора и калия / И.А. Иванов, А.И. Иванова, Н.И. Семенова // *Агрохимия*. – 1996. – №4. – С. 9-14.

72. Иванов Н. Н. Возделывание кукурузы в Центрально-Черноземной зоне: (вопросы биологии и агротехники) / Н.Н. Иванов // – Воронеж: – Центрально-Черноземное книжное изд-во. – 1970. – 142 с.
73. Иванова Е.С. Эффективность десикации посевов кукурузы при выращивании на зерно в северной лесостепи Зауралья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Иванова Евгения Сергеевна. Курган. 2018. –18 с.
74. Ильин В.Б. Условия эффективности калийных удобрений, вносимых под кормовые культуры, на орошаемых черноземах Кулунды / В.Б. Ильин, Н.В. Смирнов // Агрохимия. – 1994. – №12. – С. 41-47.
75. Ионова И.П. Адаптация гибрида и сорта кукурузы при разных сроках посева в засушливой зоне Астраханской области/ И.П. Ионова, Н.Д. Смашевский / Вестник Алтайского ГАУ. – 2018. – №4. – С. 38-46.
76. Ишин А. Г Селекция, семеноводство и технология возделывания кормовых культур в Поволжье: Саратов: – НИИСХ Юго-Востока. – 1985. – 156с.
77. Казакова Н.И. Органогенез и продукционный процесс кукурузы в Зауралье. – Челябинск: – ЧГАА. – 2015. –132 с.
78. Каменев Р.А. Использование птичьего помёта для оптимизации питания полевых культур на чернозёмных почвах в степной зоне северного Кавказа дис...докт. с. -х. наук. Перзиановский. – 2017. – 526с.
79. Кануков З.Т. Влияние различных систем удобрения на урожайность и качество зерна кукурузы в условиях лесостепной зоны РСО-Алания / З.Т. Кануков, А.Е. Басиев., Т.К. Лазаров, С.Х. Дзанагов // Известия Горского ГАУ. – 2015. – Т. 52. – № 2. –С. 39-44.
80. Кануков З.Т. Влияние разных уровней удобренности на ростовые процессы, урожайность и качество кукурузы, выращиваемой на силос, в северной Осетии-Алании / З.Т. Кануков, А.Е. Басиев., Т.К. Лазаров, С.Х. Дзанагов // Плодородие. – 2017. – № 2(95). – С. 20-22.

81. Караулова Л.Н. Динамика содержания элементов питания в растениях кукурузы / Л.Н. Караулова // Сборник материалов II Международной научно-практической конференции . – 2017. – С. 38-40.
82. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. – Новосибирск: – Наука. Сиб. отд-ние, – 1990. – 286 с.
83. Карова И.А. Удобрение кукурузы на обыкновенных черноземах предгорной зоны Кабардино-Балкарии: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.04/ Карова Ирина Аксербиевна. – Нальчик. 2004. – 23с.
84. Кашеваров Н.И. Кукуруза в Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, В.С. Ильин, Н.Н. Кашеварова, И.В. Ильин. – Новосибирск. – 2004. – 400с.
85. Кашеваров Н.И. Влияние приемов ухода на урожайность кукурузы в условиях лесостепной зоны Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, А.А. Полищук, Н.Н. Кашеварова и др. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – №2. – С. 34-41.
86. Кидин В.В. Особенности трансформации аммонийного и нитратного азота в разных горизонтах дерново-подзолистой почвы / В.В. Кидин, Е.Н. Ильнюк // Известия ТСХА. – 2006. – №2. – С. 32-39.
87. Кидин В.В. Потребление азота, фосфора, калия и микроэлементов растениями кукурузы из разных слоев дерново-подзолистой почвы / В.В. Кидин, Т.В. Украинская // Агрехимия. – 2016. – №6. – С. 9-15.
88. Ким К.В. Оценка нормативов потребления азота и фосфора кукурузой в условиях северной лесостепной зоны Челябинской области / К.В. Ким // Проблемы и перспективы развития АПК России. – 2017. – С. 36-39.
89. Клименко П.Д. Индустриальная технология возделывания кукурузы на зерно / П.Д.Клименко, Л. З. Сикан. – Киев: Вицшк. – 1986. – 39 с.
90. Коковихин С.В. Влияние влагообеспечения, минерального питания и густоты стояния на урожайность семян самоопыленных линий кукурузы / С.В. Коквихин и др. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – №2(10). – С. 78-88.

91. Колесниченко А. В. Белки низкотемпературного стресса растений / А. В. Колесниченко, В. К. Войников; Отв. ред. В.К. Войников; СО РАН. Сибирский институт физиологии и биохимии растений (СИФИБР). Иркутск: АртПресС. – 2010. – 196 с.
92. Коломейченко В. В. Кормопроизводство: учеб. / В.В. Коломейченко // Санкт-Петербург: – Лань. – 2015. – 656 с.
93. Коновалова Г.В. Коэффициенты водопотребления кукурузы на зерно при орошении на светло-каштановых почвах Волгоградской области / Г.В. Коновалова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – №6. – С. 57-58.
94. Коновалова Г.В. Усовершенствованные приёмы возделывания кукурузы на зерно при орошении дождеванием на светло-каштановых почвах нижнего Поволжья: дис...канд. с. -х. наук. – Волгоград. – 2016. – 201 с.
95. Коровин А.И. Влияние пониженной температуры почвы и ее влажности в различные периоды онтогенеза на рост и развитие растений / А.И. Коровин, З.И. Коровина // Известия Карельского и Кольского филиалов ан СССР. – 1958 – №2. – С. 108-116.
96. Коровин А.И. Растения и экстремальные температуры / А.И. Коровин // Ленинград. Гидрометеоиздат. – 1984. – 271 с.
97. Коростылев С. А. Калийный потенциал чернозема выщелоченного и урожайность кукурузы на силос в зависимости от систем удобрения в условиях ставропольской возвышенности / С. А. Коростылев, А.Н. Есаулко, и др.// Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – №1(21). – С. 177-182.
98. Корыстина Д.С. Ультраранние гибриды кукурузы и оптимизация некоторых элементов их сортовой агротехники в северной лесостепи Зауралья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Корыстина Диана Саловатовна. – Курган. 2004. – 19с.
99. Косицина О.А. Роль элементов технологии в формировании урожайности зерна кукурузы в условиях Зейско-Буреинской равнины:

автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 /Косицына Ольга Александровна. – Барнаул. 2004. – 15с.

100. Кошелева И.К. Оптимизация приемов возделывания кукурузы на зерно в условиях лесостепи Среднего Поволжья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Кошелева Ирина Камишановна. – Кинель. 2018. – 177с.

101. Кравченко В.В. Продуктивность ультраранних и раннеспелых гибридов кукурузы и оптимизация сроков их уборки на силос в условиях среднего и южного Урала: дис канд.с.-х. наук: 06.01.01 / Кравченко Владимир Вячеславович. – Екатеринбург. 2015. – 159 с.

102. Кравченко Р.В. Агробиологическое обоснование получения стабильных урожаев зерна кукурузы в условиях степной зоны Центрального Предкавказья : монография / Р.В. Кравченко. – Ставрополь. –2010. – 208 с.

103. Кравченко Р.В. Погодные условия вегетации кукурузы в связи со сроками посева в засушливой зоне центрального Предкавказья / Р.В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского ГАУ. – 2016. – №116. – С. 1496-1519.

104. Кружилин И.П. Сахарная кукуруза на орошаемых землях Нижнего Поволжья / И.П. Кружилин, Н.В. Кузнецова / Научно-производственное обеспечение развития комплексных мелиораций Прикаспия: доклады межд. науч.- практ. конф. / – ПНИИАЗ. – М. – 2006. – С.384-390.

105. Кудеяров В. Н. Проблемы агрохимии и современное состояние химизации сельскохозяйственного производства в Российской Федерации / В.Н. Кудеяров, В.М. Семенов // Агрохимия. – 2014. – №10. – С. 3-17.

106. Кузелев М.М. Трансформация соединений органического углерода и фосфора в обыкновенных черноземах каменной степи под влиянием антропогенеза: автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.27 / Кузелев Михаил Михайлович. – Москва. 2008. – 19 с.

107. Кузнецов П.И. Инновационные технологии возделывания кукурузы на орошаемых землях / П.И. Кузнецов, А.Е. Новиков, А.Г. Мельников // Земледелие. – 2011. – № 2. – С.13-14.

108. Кузнецова Л.Н. Комплекс агроприемов как фактор почвенного плодородия/ Л.Н. Кузнецова, А.В. Акинчин / Белгород. – 2014. – 135 с.?’

109. Кузнецова Т.Г. Влияние приёмов биологизации и обработки почвы на засорённость посевов и урожайность культур: дис. ... канд. с. -х. наук: 06.01.01 / Кузнецова Татьяна Геннадьевна. – Воронеж. 2014. – 184 с.

110. Куликов Л.А. Динамика питательных элементов в растениях кукурузы под влиянием некорневых подкормок / Л.А. Куликов // Агрехимический вестник. – 2016. – №4. – С. 46-48.

111. Лапы В.В. Система применения удобрений / В.В. Лапы // – Гродно: ГГАУ. – 2011. – 418 с.

112. Ласкин Р.В. Особенности формирования урожая зерна кукурузы в зависимости от кратности междурядных культиваций и применения гербицидов на чернозёме выщелоченном западного Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с. -х. наук: 06.01.01 / Ласкин Роман Валерьевич. – Краснодар. 2011. – 23 с.

113. Линков С.А. Влияние сидеральных культур и способов их заделки на микробиологическую активность почвы и урожайность подсолнечника и кукурузы на зерно / С.А. Линков, А.С. Акинчин // Вестник Курской ГСХА. – 2014. – №9. – С. 36 – 38

114. Лисов В.Ю. Влияние влажности на внутренне сцепление и трение частиц почвы / В.Ю. Лисов, В.Н. Язов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2014. – Вып. 208. – С. 121-129.

115. Литвинов Д. В. Производительность кукурузы на зерно в короткоротационных севооборотах левобережной Лесостепи / Д. В. Литвинов, Н. П. Товстенко // Межведомственный тематический научный сборник «Корма и кормопроизводство». – Винница. – 2011. – №68. – С. 59-62.

116. Лицуков С.Д. Влияние удобрений при различных способах обработки почвы на урожайность и качество зерна кукурузы / С.Д. Лицуков,

А.Ф. Глуховченко // Инновация в АПК: проблемы и перспективы. – 2016. – №2(10). – С. 66-70.

117. Лукашов А.Г. Диагностика минерального питания кукурузы на черноземе обыкновенном карбонатном нижнего Дона: автореф. дис ... канд биол. наук: 06.01.04 / Лукашов Алексей Георгиевич. – Ростов на Дону. 2006. – 24 с.

118. Любова С.В. Система удобрений овощных культур/ С В. Любова // Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т. – 2010. – 36 с.

119. Магомедов Н.Р. Влияние приемов обработки на агрофизические, агрохимические свойства почвы и продуктивность кукурузы в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции / Н.Р. Магомедов, Ш.М. Мажидов, Н.Н. Магомедов / Горное сельское хозяйство. – 2015. – №3. – С. 68-71.

120. Макаров М.И. Закономерности аккумуляции фосфора органических соединений в горных почвах и отдельных гранулометрических фракциях / М.И. Макаров, Т. И. Малышева, Н. П. Недбаев, С. В. Петрова // Вестник Московского университета. – 2000. – №2. – С. 8-13.

121. Малаканова В.П. Эффективность припосевного применения минеральных удобрений и азотных подкормок при выращивании кукурузы/ В.П. Малаканова, Т.Р. Толорая, А.И. Подлесный и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2013. – С. 279-288.

122. Мамсиров Н.И. Некоторые элементы технологии возделывания белозерной пищевой кукурузы «Адыгейская» / Н.И. Мамсиров, Р.К. Тугуз // Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2010. – №1. – С. 140-142

123. Марцуль О.Н. Продуктивность и вынос элементов питания кукурузой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / О.Н. Марцуль // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С. 204-212.

124. Мастерова Е.М. Эффективность применения макро- и микроудобрений при возделывании кукурузы на зеленую массу в условиях

северо-востока Беларуси / Е.М. Мастерова // Вестник Белорусской ГСХА. – 2014. – №4. – С. 95-100.

125. Махматмурадов А.У. Рост и развитие корневой системы кукурузы при различных фосфатных режимах / А.У. Махматмурадов, Э.У. Умурзаков // Актуальные проблемы современной науки. – 2017. – №6(97). – С. 169-173.

126. Мингалев С.К. Снижение засоренности посевов кукурузы и ее урожайность / С.К. Мингалев // Аграрный вестник Урала. – 2017. – №5. – С. 7-9.

127. Минеев В.Г. Агрохимические и экологические функции калия. М.: Изд-во МГУ. – 1999. – 332 с.

128. Миронов С.К. Отзывчивость различных по скороспелости гибридов кукурузы на применение возрастающих доз минеральных удобрений // Материалы науч.-техн. конф. по проблемам кукурузы. Днепропетровск. – 1985. – Ч. II. – С. 85–86.

129. Митрофанов Д.В. Влияние атмосферных осадков, продуктивной влаги и подвижных форм питательных веществ на продуктивность кукурузы в различных севооборотах и бессменном посеве на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / Д.В. Митрофанов // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – №3. – Т. 101. – С. 151-162.

130. Михайлова М.Ю. Формирование высокопродуктивных посевов на основе внесения расчетных доз минеральных удобрений и применения адаптивных гибридов кукурузы на серых лесных почвах республики Татарстан: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Михайлова Марина Юрьевна. – Казань. 2016. – 240 с.

131. Москвичев А.Ю. Влияние обработок почвы на водный режим и продуктивность зерновой кукурузы в условиях южных черноземов Нижнего Поволжья / А.Ю. Москвичев, Г.В. Казаков, С. В. Еремин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – №2(22). – С. 28-34.

132. Муравин Э.А. Агрохимия / Э.А. Муравин, В.И. Титова. // – М.: – КолоС. – 2009. – 463 с.
133. Мышко М.Н. Урожайность и качество кукурузы в зависимости от удобрений на выщелоченном черноземе Кубани: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. –Краснодар. – 2004. – 22 с.
134. Надточаев Н.Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточаев; НПЦ НАН Беларуси по земледелию. Минск: ИВЦ Минфина. – 2008. – 412 С.
135. Наумкин В.Н. Урожай и качество зеленой массы кукурузы / В.Н. Наумкин, А.М. Хлопяников, А.Л. Кондрашов // Кормопроизводство. – 1999.– №6. – С. 20-24.
136. Неверов А.А. Приемы повышения продуктивности посевов кукурузы при выращивании на силос в степной зоне оренбургского Предуралья: автореф... дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Неверов Александр Алексеевич – Оренбург. 2004. – 27 с.
137. Невзоров А.И. Действие различных доз и способов внесения минеральных удобрений на содержание в почве азота при выращивании кукурузы на силос / А. И. Невзоров, Е. В. Пальчиков / Вопросы современной науки и практики. – №4(62). – 2016. – С. 19-24.
138. 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.
139. Никитишен В.И. Формирование продуктивности агроэкосистем при применении минеральных удобрений и действии климатических факторов в условиях ополи Центральной России / В.И. Никитишен, В.И. Личко // Агрохимия. – 2008. – №12. – С. 20-28.
140. Никитишен В.И. Минеральное питание кукурузы при взаимодействии азотного и фосфорного удобрений / В.И. Никитишен, В.И. Личко // Агрохимия. – 2012. – № 11. – С. 9-15
141. Новоселов С.И. Влияние агроэкологических условий на аммонифицирующую и нитрифицирующую способность почвы / С.И.

Новоселов // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2015. – №4. – С. 42-46.

142. Нормативы выноса и коэффициентов использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из минеральных удобрений и почв – М.: Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО). – 1989. – 85 с.

143. Панфилов А.Э. Культура кукурузы в Зауралье / А.Э. Панфилов // Челябинск: ЧГАУ. – 2004. – 356 С.

144. Панфилов А.Э. Потребление минеральных элементов посевами кукурузы при различной засоренности / А.Э. Панфилов, Е.С. Корыстин // Вестник ЧГАУ. – 2006. – Т.48.– С. 23-27.

145. Панфилов А.Э. Эффективность использования атмосферных факторов при различных сроках посева кукурузы в лесостепи Зауралья / А.Э. Панфилов, Н.И. Казаков // Кукуруза и сорго. – 2010. – №3. – С. 7-10.

146. Панфилов А. Э. Проблемы и перспективы выращивания кукурузы на зерно в Зауралье/ А.Э. Панфилов // Вестник ЧГАА. – 2012. – Т.61. – С. 115-119.

147. Панфилов А.Э. Рекуррентный отбор как метод улучшения местной популяции кукурузы / А.Э. Панфилов // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – Т.64. – 2013. –С. 129-133.

148. Панфилов Э.А. Норма и стабильность реакции гибридов кукурузы на температуру почвы в период прорастания / А. Э. Панфилов, А. Г. Горбачева, И. А. Ветошкина, Н.А. Колесникова // АПК России. – 2015. – Т.71. – С. 102-106.

149. Панфилов А.Э. Кукуруза в регионах России: селекция и технология возделывания // АПК России. – 2016. – Т.23. – №3. – С. 657-658.

150. Пестрикова Е.С. Нормативы потребления элементов питания зерновой кукурузой в условиях Северного Зауралья / Е.С. Пестрикова // АПК России. – 2014. – Т.70. – С. 205-209.

151. Пестрикова Е.С. Реакция скороспелого гибрида кукурузы Кубанский 101 СВ на состав и дозы минерального удобрения / Е.С. Пестрикова // Достижения науки – агропромышленному производству. Материалы LIII международной научно-технической конференции. – 2014. – С. 232-238.

152. Пестрикова Е.С. Разработка нормативной базы потребления элементов питания зерновой кукурузы в Зауралье / Е.С. Пестрикова // Кукуруза и сорго. – 2016. – № 1. – С. 6-10.

153. Петренко Е.С. Особенности технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской / Е.С. Петренко, О.Г. Эрнст, Н.О. Смолянинова, Д.В. Ахалбедашвили // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №12. – С. 1266-1269.

154. Петрик Г.Ф. Продуктивность гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции при возделывании на силос и зерно в условиях Западного Предкавказья: автореф. дис...канд. с. -х. наук: 06.01.09 / Петрик Галина Федоровна. – Краснодар. 2004. – 25 с.

155. Петров Н. Ю. Развитие кукурузы в зависимости от сроков посева / Н. Ю.Петров, Е. Н.Ефремова // Известия Оренбургского ГАУ. – 2012. Вып. – 35. – Т. 3. – С. 87-89.

156. Прокошев В.В. К вопросу о состоянии калия и сопутствующих элементов в системе почва – растение – удобрение / В.В. Прокошев, Т.А. Соколова // Матер. 22-го межд. коллоквиума «Выработка рекомендаций по применению калийных удобрений». – Солигорск, 1990. – Т.1. – С. 105-128.

157. Пронько В.В. Отзывчивость сельскохозяйственных культур на минеральные удобрения в различных гидротермических условиях степного Поволжья / В.В. Пронько и др. // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 9. – С. 27-32.

158. Просвиряк П.Н. Технологии возделывания кукурузы на зерностержневую смесь в условиях Верхневолжья с учетом агроландшафта /

П.Н. Просвирак, А.М. Соловьев, В.А. Шевченко // Плодородие. – 2012. – №1. – С. 28-30.

159. Прохода В.И. Экономическая и биоэнергетическая оценка внесения минеральных удобрений и основной обработки почвы при возделывании раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы / В.И. Прохода, Р.В. Кравченко // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – №1(17). – С. 256-261.

160. Проценко Е.П. Нитратонакопление и продуктивность севооборотов на склонах ЦЧЗ / Е.П. Проценко, Л.Н. Караулова // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 1. – С. 23-24.

161. Рак М.В. Влияние некорневых подкормок микроудобрениями на качество зеленой массы и зерна кукурузы / М.В. Рак, Ю.В. Кляусова // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – №2(51). – С. 221-228.

162. Рзаева В.В. Динамика плотности сложения и общей порозности чернозема выщелоченного при длительном сельскохозяйственном использовании в Северном Зауралье / В.В. Рзаева., Д.И. Еремин // Аграрный вестник Урала. – 2010. – №4(70). – С. 62-65.

163. Сатановская И.П. Содержание и выход сухого вещества гибрида кукуруз Моника 350 МВ в зависимости от предпосевной обработки семян, внескорневых подкормок и удобрений / И.П. Сатановская // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №3. – С. 93-103.

164. Сатаров Г.А. Система применения удобрений / Г.А. Сатаров // – Ульяновск. – 2007, – 35 С.

165. Серая Т.М. Сравнительная эффективность органических и минеральных удобрений при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т.М. Серая // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2(47). – С. 70-77.

166. Силантьев А.Н. Продуктивность биотипов кукурузы и особенности их возделывания в южных районах Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1986. – № 4. – С. 41-47.

167. Синявский В.А. Обоснование систем удобрения в севооборотах под планируемый урожай сельскохозяйственных культур на почвах нечерноземной зоны Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с. -х. наук: 06.01.04. / Синявский Василий Андреевич – М. 1989. – 34 С.

168. Скарга О.В. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от припосевного применения безводного аммиака при разной густоте стояния растений на выщелоченном черноземе западного Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с. -х. наук: 06.01.09 / Скрага Олег Викторович. – Краснодар. 2004. – 24 с.

169. Скрипник Л.Н. Потребление основных элементов питания различными гибридами кукурузы // Бюл. ВНИИ кукурузы. – №2. – Днепропетровск. – 1985. – С. 41-46.

170. Смольский В.Г. Влияние жидких комплексных удобрений на основе КАС на урожайность и качество зеленой массы кукурузы: дис. ...канд. с. -х. наук: 06.01.04 / Смольских Вадим Георгиевич. – Минск. 2004. – 108 с.

171. Соколов Ю.В. Рост и развитие кукурузы в зависимости от глубины заделки семян и густоты стояния растений в центральной зоне Оренбургской области / Ю.В. Соколов, В.И. Вишнев, С. А. Зоря // Известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2004. – Т.3. – №3. – С. 33-34.

172. Сотченко В.С. Перспективная ресурсосберегающая технология производства кукурузы на зерно: метод.рек. / В.С. Сотченко, В.Н. Багринцева, Е.Ф. Сотченко и др. // ФГНУ «Росинформагротех». – 2009. – 72 С.

173. Стрижова Ф.М. Биологические особенности и технология возделывания основных полевых культур в Алтайском крае: учебное пособие / Ф.М. Стрижова, Л.Е. Царева, Н.И. Шевчук и др. – Барнаул: – Изд-во АГАУ. – 2006. – 124 с.

174. Стулин А.Ф. Влияние минерального длительного применения удобрений в бессменном посеве кукурузы на ее продуктивность и вынос

элементов питания на черноземе выщелоченном/ А.Ф. Стулин //Агрохимия. – 2007. – № 1. – С. 25-30.

175. Ступаков И.А. Влияние технологий возделывания и удобрений на урожайность кукурузы и ее качество в северо-западной зоне ЦЧЗ / И.А. Ступаков, А.В. Шумаков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 44-46.

176. Сурин И.В. Влияние нормы высева на урожайность и качество урожая кукурузы гибрида «Катерина СВ.» при выращивании на зеленую массу с початками молочно-восковой спелости / И.В. Сурин // Молодежь и наука. – 2012. – №1. – С. 7-9.

177. Сурин И. В. Зерновая продуктивность гибридов кукурузы при разных сроках посева на Среднем Урале / И. В. Сурин, С. К. Мингалев // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 8. – С. 61-64.

178. Сурин И.В. Урожайность зеленой массы кукурузы с початками молочно-восковой спелости и качество корма / И.В. Сурин, В.Р. Лаптев // Молодежь и наука. – 2013. – №1. – С. 23.

179. Таланов И.П. Эффективность возделывания зеленой массы гибридов кукурузы на расчетных фонах минерального питания в условиях Предволжья Республики Татарстан / И.П. Таланов, Л.З. Каримова, Л.Т. Вафина, Г.К. Хузина // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2017. – №1. – С. 40-45.

180. Титова В.И. Оптимизация применения азотных и калийных удобрений на почвах с высоким содержанием фосфора / В.И. Титова // Пермский аграрный вестник. – 2018. – С. 87-93.

181. Толорая Т.Р. Влияние корневой подкормки минеральными удобрениями на урожайность и качества зерна кукурузы / Т.Р. Толорая, В.П. Малаканова, Д.В. Ломовской и др. // Агрохимия. – 2008. – № 12. – С. 35-39.

182. Толпчиева Л.В. Уровень транскриптов генов про-и антиапоптотических белков при действии на растения неблагоприятных температур/ Л.В. Толпчиева и др./ VIII Съезд Общества физиологов растений

России; Всероссийская научная конференция и школа для молодых ученых «Растения в условиях глобальных и локальных природно-климатических и антропогенных воздействий» – 2015. – 533 с.

183. Тронева О.В. Влияние минерального питания на урожайность гибридов кукурузы иностранной селекции/ О.В. Тронева, Р.В. Кравченко // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2010. – № 3. – С. 62-64.

184. Усанова З.И. Влияние расчетных доз удобрений и густоты стояния на продуктивность кукурузы, вынос и хозяйственный баланс основных элементов питания / З.И. Усанова, И.В. Шальнов, А.С. Васильев // Земледелие. – 2016. – №3. – С. 23-26.

185. Фомин В.Н. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на динамику влажности почвы, водопотребление и урожайность кукурузы на силос / В.Н. Фомин, М.М. Фафиков, В.В. Медведев, Д.В. Якимов // Достижение науки и техники АПК. – 2017. – №12. – С. 12-16.

186. Фролова Л.Д. Оптимизация кормовых севооборотов с кукурузой / Л.Д. Фролова // Владимирский земледелец. – 2018. – №1(83). – С. 26-29.

187. Хатефов Э.Б. Динамика изменения климата в Кабардино-Балкарии и задачи селекции зерновых культур на продуктивность / Э.Б. Хатефов, А.М. Кагермазов, А.В. Хачидогов, М.А. Шомахова // Международные научные исследования. – 2017. – №2(31). – С. 59-62.

188. Хатефов Э.Б. Особенности селекции кукурузы в КБ НИИСХ в связи с глобальным изменением климата / Э.Б. Хатефов, А.М. Кагерманов, З.М. Малухов, В.Н. Мадянова // Зерновое хозяйство России. – 2010. – № 4(10). – С. 52-56.

189. Хохлачев В. В. Древнейший злак: О кукурузе / В. В. Хохлачев // Киев: Урожай. – 1989. – 211 С.

190. 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.

191. Циков В.С. Технология возделывания кукурузы / Матюха Л. А., Циков В.С. . – М.: Агропромиздат.– 1989. – 244 с.

192. Чекмарев П.А. Влияние удобрений на пищевой режим и химический состав зерна гибридов кукурузы / П.А. Чекмарев, В.Н. Фомин, С. Л. Турнин // Земледелие. – 2017. – №8. – С. 14-17.

193. Черенков А.В. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90-100 ц/га (практичні рекомендації) / А.В. Черенков, В.С.Циков, Б.В. Дзюбецький, М.С. Шевченко // Дніпропетровськ: ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України, –2012. – 31 с.

194. Чуян О.Г. Модель управления агрохимическими свойствами почв для условий центрального Черноземья / О.Г. Чуян, Г.М. Дериглазова, Л.Н. Караулова, О.А. Митрохина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 8. – С. 88-96.

195. Шалагинова Л.И. Влияние минеральных удобрений при орошении на микрофлору и эффективное плодородие черноземов выщелоченных // Л.И. Шалагинова, И.А. Федотов, Т.Ю. Хвоина // Вестник Алтайского государственного аграрного Университета. – 2006. – №6(26). – С. 28-31.

196. Шальнов И.В. Программированное возделывание кукурузы в Верхневолжье с применением наноматериалов и биопрепаратов: дис. ... канд. с.-х. наук:06.01.01 / Шальнов Иван Викторович – Тверь. 2016. – 204 с.

197. Шафран С.А. Влияние типа почв и содержания в них подвижных фосфатов на эффективность фосфорных удобрений / С.А. Шафран // Агрохимия. – 2015. – № 3. – С. 26-33.

198. Шахова О.А. Особенности минерального питания яровой пшеницы в условиях внедрения ресурсосберегающих технологий в лесостепной зоне Зауралья / О.А. Шахова, Д.И. Еремин // Вестник

Красноярского государственного аграрного университета. – 2007. – №1. – С. 149-152.

199. Шеуджен А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Кукуруза / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: Изд-во ООО «Аякс». – 2010. – 20 с.

200. Шмараев Г. Е. Кукуруза (филогения, классификация, селекция). / Г. Е. Шмараев // Издательство Колос. –1975. –303 с.

201. Шогенов Ю.М. Влияние глубины заделки семян на урожайность гибридов кукурузы // Ю.М. Шогенов, С.С. Эльмесов // II международная научно-практическая интернет-конференция. ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования». – 2017. – С. 1153-1154.

202. Шпаар Д. Зерновые культуры (выращивание, уборка, доработка и использование). Т.1/Д.Шпаар, Х. Гинапп, Д. Дрегер –М.: ИД ООО «DLV Агродело», – 2014. – 390 с.

203. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. – Новосибирск: – Изд-во СО РАН. – 2003. – 231 с.

204. Якименко В.Н. Влияние уровня калийного питания на продуктивность кукурузы и фонд калия в почве / В.Н. Якименко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2005. – № 5. – С. 23-29.

205. Antonio P. M Phosphorus and potassium placement methods for corn and soybean: an Iowa perspective/ Antonio P Mallarino / Proc. of the 2009 Wisconsin Crop Management Conference. – Vol.48, – P.109-115.

206. Barnette R.M. Warner I.D. A response of chlorotic corn plants to the applications of zinc sulfate to the soil // Soil. Sc., – 1935. – V. 39. – P.145-156.

207. Bunting E. S. Forage maize. Production and utilization /, E. S. Bunting, B. F Pain., R. H. Phips J. M. Wilkinson, R. E Gunn. // Agricultural research council, London. – 1978 – 342 p.

208. Gordon B.W., Murphy L., Wiatrak P. Improving phosphorus nutrition of corn // *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. – 2014. – №9(3). – P.294-298.
209. Miedema P. The Effects of Low Temperature on Zea mays // *Advances in Agronomy*. – 1982. – VoL.35. – P.93-128.
210. Mohammad H.H. Effect of the plant density and sowing date on kernel yield in early maturing maize / Mohammad Hossein Haddadi, Masoud Mohsenib/ *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. – 2014. – VoL. 4. – P. 170-175.
211. Shahbazi S, Bagheri H, Farboudi M, Shahrokhi S. The Effect of Sowing Dates and Different Levels of Nitrogen on Yield and Yield Components of Second Crop Corn Var. 704-KSC in Miyaneh County. *Adv. Biores.* – Vol 7[3] – 2016: – P. 119-125. DOI: 10.15515/abr.0976-4585.7.3.119125.
212. Todorova N. Effect of Irrigation, Fertilization, Soil Tillage and Some Other Factors on Maize Yield / N. Todorova, S. Stratieva // *BALWOIS*. – Ohrid, Republic of Macedonia. – 2008. – P.2-7.
213. Wilhelm W. Tillage and rotation interactions for corn and soybean grain yield as affected by precipitation and air temperature/ W. Wilhelm, C.S. Wortmann // *Agronomy*. – 2004. – J.96. – P.425-432.

Приложения

Приложение А – Влияние минеральных удобрений и сроков посева на межфазный период кукурузы, сут.

Варианты	Посев- всходы		Всходы 5-6 лист		5-6 лист- 8-9 лист		8-9 лист- цветение		Цветение- восковая спелость	
	I*	II**	I*	II**	I*	II**	I*	II**	I*	II**
2016 год										
Контроль	12	11	10	9	24	23	20	18	69	62
НРК 4,0 т/га	12	11	10	9	24	23	21	19	69	64
НРК 5,0 т/га	12	11	10	9	25	24	21	19	70	65
НРК 6,0 т/га	12	11	10	9	25	24	22	20	70	68
2017 год										
Контроль	20	11	10	10	22	21	26	22	78	74
НРК 4,0 т/га	20	11	10	10	23	22	27	24	80	75
НРК 5,0 т/га	20	11	10	10	23	22	28	24	83	78
НРК 6,0 т/га	20	11	10	10	22	23	28	25	84	80
2018 год										
Контроль	13	13	16	16	26	25	25	24	76	75
НРК 4,0 т/га	13	13	16	16	26	25	26	25	77	76
НРК 5,0 т/га	13	13	16	16	27	25	26	25	77	76
НРК 6,0 т/га	13	13	16	16	27	26	27	26	78	76
* - первый срок посева: ** - второй срок посева										

Приложение Б – Влияние минеральных удобрений и различных агроприемов на скорость нарастания биомассы, кг/га

Варианты	5-6 лист		8-9 лист		Цветение		Восковая спелость	
	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО	МО	без МО
Первый срок посева								
Контроль	69	69	2318	2095	9972	8372	14427	13850
NPК 4,0 т/га	92	92	2638	2370	10346	8764	18805	17641
NPК 5,0 т/га	79	79	3192	3288	11316	9748	19396	18009
NPК 6,0 т/га	93	93	3790	3711	12625	12009	20985	20426
Второй срок посева								
Контроль	63	63	1696	1860	9785	9662	14783	14091
NPК 4,0 т/га	81	81	2908	2854	10528	9941	18844	18441
NPК 5,0 т/га	74	74	4022	3882	11335	10733	20918	19411
NPК 6,0 т/га	81	81	4413	4156	11865	11426	20301	20520

МО – междурядная обработка

Приложение В – Влияние минеральных удобрений на азотный режим чернозема выщелоченного в посевах кукурузы с применением междурядной обработки при первом сроке посева, мг/кг

Варианты	Слой, см	Перед посевом	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Восковая спелость
Контроль	0-10	12,3	10,4	8,7	5,9	6,6
	10-20	11,8	11,8	7,2	10,1	7,7
	20-30	11,9	11,0	8,7	7,4	7,1
	30-40	7,2	6,8	7,9	5,4	4,3
	0-40	10,8	10,0	8,1	7,2	6,4
NPK 4,0 т/га	0-10	11,9	68,0	39,6	26,5	16,3
	10-20	10,6	13,6	27,9	20,1	14,8
	20-30	10,3	10,6	14,2	15,4	9,7
	30-40	7,0	6,6	6,0	11,8	7,7
	0-40	9,9	24,7	21,9	18,5	12,1
NPK 5,0 т/га	0-10	12,5	77,1	42,4	34,5	21,2
	10-20	12,0	19,2	29,3	20,9	13,0
	20-30	10,5	12,4	17,8	14,4	9,3
	30-40	7,9	7,0	8,2	11,5	7,2
	0-40	10,7	28,9	24,4	20,3	12,7
NPK 6,0 т/га	0-10	12,6	87,0	47,8	37,6	22,8
	10-20	11,7	28,6	34,4	27,2	16,9
	20-30	10,0	13,6	27,8	18,5	11,5
	30-40	7,0	6,8	9,0	10,6	7,3
	0-40	10,3	34,0	29,7	23,5	14,6

Приложение Г – Влияние минеральных удобрений на азотный режим чернозема выщелоченного в посевах кукурузы без применения междурядной обработки при первом сроке посева, мг/кг

Варианты	Слой, см	Перед посевом	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Восковая спелость
Контроль	0-10	11,9	10,8	9,0	7,2	5,8
	10-20	11,6	11,2	7,8	8,7	5,7
	20-30	11,5	9,5	8,2	7,1	5,2
	30-40	7,0	6,0	7,2	5,0	3,7
	0-40	10,8	9,4	8,0	7,0	5,1
NPK 4,0 т/га	0-10	12,1	65,8	39,7	29,4	18,8
	10-20	10,8	25,8	26,4	21,2	13,2
	20-30	10,2	9,7	11,9	13,6	8,8
	30-40	6,7	6,3	6,5	9,5	8,2
	0-40	10,0	26,9	21,1	18,4	12,2
NPK 5,0 т/га	0-10	12,4	79,7	54,7	37,1	23,1
	10-20	11,7	22,1	28,3	19,9	13,1
	20-30	10,4	15,4	15,5	14,8	8,2
	30-40	6,9	7,3	6,3	8,9	6,1
	0-40	10,7	31,2	26,2	20,2	12,6
NPK 6,0 т/га	0-10	12,6	85,4	49,8	39,1	20,0
	10-20	11,8	32,1	39,3	27,5	17,2
	20-30	11,5	13,5	24,7	16,4	12,0
	30-40	7,6	8,6	10,5	10,0	9,0
	0-40	10,3	34,9	31,1	23,2	14,6

Приложение Д – Влияние минеральных удобрений на азотный режим чернозема выщелоченного в посевах кукурузы с применением междурядной обработки при втором сроке посева, мг/кг

Варианты	Слой, см	Перед посевом	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Восковая спелость
Контроль	0-10	12,1	6,7	6,3	7,7	6,4
	10-20	11,2	7,5	7,2	5,2	6,7
	20-30	10,7	7,0	6,8	6,3	6,3
	30-40	7,1	4,3	4,3	5,1	4,0
	0-40	10,3	6,4	6,2	6,1	5,9
NPK 4,0 т/га	0-10	13,8	44,7	29,2	23,8	13,2
	10-20	12,5	8,9	22,7	17,7	11,7
	20-30	11,9	7,0	17,6	14,7	7,7
	30-40	8,2	4,4	5,8	8,5	6,4
	0-40	11,6	16,2	18,8	16,2	9,8
NPK 5,0 т/га	0-10	13,7	49,9	34,5	26,3	17,1
	10-20	10,5	12,4	24,5	21,7	12,0
	20-30	10,5	8,0	15,7	12,1	8,1
	30-40	8,6	4,6	8,5	11,6	6,7
	0-40	10,8	18,7	20,8	17,9	11,0
NPK 6,0 т/га	0-10	12,8	56,2	32,1	24,6	15,7
	10-20	11,8	18,4	19,1	23,1	13,4
	20-30	11,0	8,8	15,3	15,6	11,9
	30-40	7,7	4,4	6,8	7,7	10,3
	0-40	10,8	21,9	18,3	17,8	12,8

Приложение Ж – Влияние минеральных удобрений на азотный режим чернозема выщелоченного в посевах кукурузы без междурядной обработки при втором сроке посева, мг/кг

Варианты	Слой, см	Перед посевом	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Восковая спелость
Контроль	0-10	11,7	7,3	7,1	6,0	6,6
	10-20	11,1	7,2	6,5	8,3	6,4
	20-30	11,2	5,8	7,0	6,6	5,9
	30-40	6,7	3,8	6,2	3,8	4,2
	0-40	10,2	6,0	6,7	6,2	5,8
NPK 4,0 т/га	0-10	12,4	41,5	31,7	20,9	14,5
	10-20	10,4	17,6	23,5	17,2	12,0
	20-30	10,7	6,6	11,4	11,0	8,5
	30-40	6,6	4,1	7,5	9,3	7,6
	0-40	10,1	17,4	18,5	14,6	10,7
NPK 5,0 т/га	0-10	12,0	49,7	41,3	33,1	24,9
	10-20	11,3	14,0	26,3	16,3	12,5
	20-30	10,0	9,3	14,6	13,2	10,3
	30-40	6,6	4,7	5,9	8,2	5,9
	0-40	10,0	19,4	22,0	17,7	13,4
NPK 6,0 т/га	0-10	12,2	54,2	29,2	29,6	17,9
	10-20	11,4	20,3	24,4	20,3	16,5
	20-30	10,7	8,4	18,9	15,1	9,4
	30-40	7,1	5,3	7,6	9,2	7,2
	0-40	10,3	22,1	20,0	18,6	12,7

Приложение 3 – Влияние минеральных удобрений на фосфорный режим чернозема выщелоченного в посевах кукурузы с междурядной обработкой при первом сроке посева, мг/кг

Варианты	Слой, см	Перед посевом	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Восковая спелость
Контроль	0-10	112	101	95	89	67
	10-20	92	95	88	74	62
	20-30	64	68	66	70	56
	30-40	41	45	42	42	43
	0-40	77	77	73	69	57
NPK 4,0 т/га	0-10	112	148	117	91	74
	10-20	94	112	92	70	59
	20-30	66	91	76	75	54
	30-40	43	46	47	51	44
	0-40	79	99	83	71	58
NPK 5,0 т/га	0-10	112	158	127	114	84
	10-20	94	132	119	101	75
	20-30	65	90	87	87	58
	30-40	42	50	48	44	41
	0-40	78	108	95	87	65
NPK 6,0 т/га	0-10	112	159	144	129	84
	10-20	92	134	122	106	75
	20-30	64	91	89	85	63
	30-40	41	48	47	45	41
	0-40	77	108	100	91	66

Приложение И – Влияние минеральных удобрений на фосфорный режим чернозема выщелоченного в посевах кукурузы без междурядной обработки при первом сроке посева, мг/кг

Варианты	Слой, см	Перед посевом	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Восковая спелость
Контроль	0-10	112	102	95	85	64
	10-20	92	95	85	84	69
	20-30	64	68	67	67	53
	30-40	41	43	42	42	47
	0-40	77	77	72	69	58
NPK 4,0 т/га	0-10	112	136	109	91	75
	10-20	94	109	94	72	63
	20-30	66	89	78	71	55
	30-40	43	59	50	49	44
	0-40	79	98	83	71	59
NPK 5,0 т/га	0-10	112	150	130	106	81
	10-20	94	127	113	107	76
	20-30	65	93	91	90	67
	30-40	42	51	50	44	42
	0-40	78	106	96	87	66
NPK 6,0 т/га	0-10	112	167	146	134	89
	10-20	92	145	136	110	79
	20-30	64	101	87	82	65
	30-40	41	46	46	43	41
	0-40	77	115	104	93	69

Приложение Л – Влияние минеральных удобрений на фосфорный режим чернозема выщелоченного в посевах кукурузы с междурядной обработкой при втором сроке посева, мг/кг

Варианты	Слой, см	Перед посевом	5-6 лист	8-9 лист	Цветение	Восковая спелость
Контроль	0-10	114	109	102	92	68
	10-20	93	106	92	90	74
	20-30	65	72	71	71	57
	30-40	42	46	45	45	50
	0-40	78	83	78	75	62
NPK 4,0 т/га	0-10	113	145	119	96	75
	10-20	95	116	101	69	61
	20-30	66	95	83	74	55
	30-40	43	63	53	52	47
	0-40	79	105	89	73	60
NPK 5,0 т/га	0-10	113	164	139	113	92
	10-20	94	140	125	111	84
	20-30	65	99	99	97	69
	30-40	42	55	54	47	44
	0-40	79	114	104	92	72
NPK 6,0 т/га	0-10	113	183	156	146	102
	10-20	94	155	141	115	87
	20-30	66	108	93	88	66
	30-40	42	50	50	45	43
	0-40	79	124	110	99	74

Приложение М – Влияние минеральных удобрений на калийный режим
чернозема выщелоченного в посевах кукурузы, мг/кг

Варианты	Слой	Первый срок посева			Второй срок посева		
		перед посевом	8-9 лист	восковая спелость	перед посевом	8-9 лист	восковая спелость
Контроль	0-10	186	149	131	187	150	130
	10-20	174	102	103	170	102	100
	20-30	162	155	79	157	143	80
	30-40	153	166	60	144	134	54
NPK 4,0 т/га	0-10	189	176	94	190	180	100
	10-20	173	165	62	174	167	90
	20-30	163	151	100	165	150	85
	30-40	156	149	111	153	140	98
NPK 5,0 т/га	0-10	183	187	79	186	189	98
	10-20	167	156	60	172	160	77
	20-30	164	157	89	159	150	81
	30-40	154	151	93	150	161	76
NPK 6,0 т/га	0-10	183	189	59	184	200	69
	10-20	172	169	48	170	172	67
	20-30	164	157	80	159	165	69
	30-40	155	151	88	148	145	69

Приложение Н – Хозяйственный вынос питательных веществ в различные годы исследований, кг/га

Варианты	Азот	Фосфор	Калий
2016 год			
Контроль	140	36	292
NPК 4,0 т/га	175	56	346
NPК 5,0 т/га	139	70	354
NPК 6,0 т/га	217	86	440
2017 год			
Контроль	134	44	229
NPК 4,0 т/га	173	53	345
NPК 5,0 т/га	220	68	376
NPК 6,0 т/га	257	84	411
2018 год			
Контроль	155	34	287
NPК 4,0 т/га	165	52	378
NPК 5,0 т/га	221	74	400
NPК 6,0 т/га	260	89	457

**АКТ
ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАКОНЧЕННЫХ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

1. Наименование внедренного мероприятия: «Оптимизация минерального питания кукурузы в ООО «ПК Молоко» Гольшмановского района».
2. Каким научно-исследовательским учреждением (высшим учебным заведением) мероприятие предложено к внедрению: ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Агротехнологический институт, кафедра почвоведения и агрохимии.
3. Кем принято решение о внедрении мероприятия В.Л. Уляшевым, директором структурного подразделения ООО «ПК Молоко» и Д.И.Ереминым, профессором кафедры почвоведения и агрохимии, Е.А. Дёминым, аспирантом каф. почвоведения и агрохимии в мае 2018 г.
4. Наименование хозяйства и его адрес, где произведено внедрение: ООО «ПК Молоко», Гольшмановский район, Тюменская область.
5. Год и объем внедрения (по плану и фактический): мероприятие было внедрено в 2018 г. на площади 73 га.
6. Экономический эффект от внедрения составил 9856 руб./га.
7. Акт составлен «4» октября 2018 г.
8. Ответственные за внедрение:

Директор структурного подразделения ООО «ПК Молоко»

В.Л. Уляшев



АКТ
ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАКОНЧЕННЫХ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Наименование внедренного мероприятия: *«Оптимизация минерального питания кукурузы в ООО «Возрождение» Заводоуковского района».*
2. Каким научно-исследовательским учреждением (высшим учебным заведением) мероприятие предложено к внедрению: *ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Агротехнологический институт, кафедра почвоведения и агрохимии.*
3. Кем принято решение о внедрении мероприятия *А.А. Васильевым, главным агрономом ООО «Возрождение» и Д.И.Ереминым, профессором кафедры почвоведения и агрохимии, Е.А. Дёминым, аспирантом каф. почвоведения и агрохимии в мае 2018 г.*
4. Наименование хозяйства и его адрес, где произведено внедрение: *ООО «Возрождение», Заводоуковский район, Тюменская область.*
5. Год и объем внедрения (по плану и фактический): *мероприятие было внедрено в 2018 г. на площади 50 га.*
6. Экономический эффект от внедрения *составил 12242 руб./га.*
7. Акт составлен «18» октября 2018 г.
8. Ответственные за внедрение:



Главный агроном ООО «Возрождения»

Васильев А.А.