

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ ИМЕНИ А.Н. КОСТЯКОВА  
ВОЛГОГРАДСКИЙ ФИЛИАЛ

На правах рукописи

КОНОВАЛОВА ГАЛИНА ВИКТОРОВНА

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ПРИЁМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ  
КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ  
НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность

06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель –  
академик РАН, доктор  
сельскохозяйственных наук,  
профессор  
Дубенок Н.Н.

Волгоград - 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, ОРОШЕНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ (СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА) .....	10
1.1 Биологические характеристики кукурузы на зерно и требования к факторам жизни .....	10
1.2 Обработка почвы и продуктивность кукурузы.....	14
1.3 Водный режим почвы и продуктивность кукурузы .....	25
1.4 Питательный режим почвы и продуктивность кукурузы .....	31
1.5 Обоснование направления исследований .....	38
2. УСЛОВИЯ, СХЕМА ОПЫТА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДО- ВАНИЙ.....	40
2.1 Погодные условия в годы проведения опытов.....	40
2.2 Почвенные условия исследуемого участка .....	45
2.3 Схема полевого опыта.....	50
2.4 Методика проведения опытов по изучению агротехнических приемов, со- путствующие исследования и наблюдения.....	54
2.5 Агротехника кукурузы в опытах.....	60
3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ОРО- ШАЕМЫХ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУ- РУЗЫ НА ЗЕРНО.....	63
3.1 Влияние способов и глубины основной обработки на водный режим почвы.....	63
3.2 Изменение водно-физических свойств орошаемых светло-каштановых почв в посевах кукурузы при различных способах ее обработки.....	75
3.3 Микробиологическая активность почвы.....	80
3.4 Засорённость посевов кукурузы.....	81
3.5 Формирование и структура урожая зерна кукурузы.....	84

4. РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО.....	87
4.1 Динамика влажности почвы в период вегетации кукурузы на зерно.....	87
4.2 Режим орошения кукурузы на зерно в зависимости от варианта опыта.....	90
4.3 Суммарное водопотребление и его структура при возделывании кукурузы на зерно.....	97
4.4 Динамика среднесуточного водопотребления кукурузы на зерно.....	104
4.5 Коэффициенты водопотребления кукурузы на зерно при орошении.....	108
4.6 Взаимосвязь суммарного водопотребления кукурузы и метеорологическими показателями в зависимости от варианта опыта .....	111
5. ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ.....	116
5.1 Рост, развитие и урожайность кукурузы в зависимости от варианта опыта.....	116
5.2 Фотосинтетическая деятельность посевов кукурузы.....	124
5.3 Структура урожая зерна кукурузы при различных уровнях урожайности.....	134
5.4 Формирование корневой системы кукурузы на зерно под влиянием орошения и удобрения .....	136
6. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО ПРИ ОРОШЕНИИ.....	142
6.1 Экологическая оценка возделывания кукурузы на зерно в условиях орошения.....	142
6.2 Энерго-экономическая оценка возделывания кукурузы на зерно.....	145
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	153
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	155
ЛИТЕРАТУРА .....	156
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	177

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Кукуруза относится к числу важнейших зерновых культур. Посевные площади кукурузы на зерно в Волгоградской области в 2015 году превысили 93,7тыс.га, однако в структуре посевных площадей кукуруза на зерно занимает 3,2%. Средняя урожайность зерна 2,04 т/га. Для региона характерно также постоянное или периодическое воздействие засух и суховеев, что приводит к заметному снижению, а порой и полной гибели урожая. В условиях нарастающего дефицита воды решение вопросов оптимизации условий роста и развития растений кукурузы как важнейшей составляющей наиболее полного использования генетического потенциала культуры на орошаемых землях должно основываться на рациональном расходовании поливной воды, что может быть достигнуто как за счет регулирования водного режима почвы, пищевого режима, так и совершенствования технологии возделывания. В условиях орошения изменяются водно-физические свойства почвы, наблюдается разрушение водопрочных, агрономически ценных агрегатов.

Внесение с минеральными удобрениями солей Na, K и  $\text{NH}_4$  приводит к вытеснению обменного кальция из почвенного поглощающего комплекса, что также нарушает устойчивость почвенной структуры, а в совокупности с орошением и механическими обработками приводит к образованию по всему профилю почвы иллювиальной прослойки (плужной «подошвы») на глубине 0,2-0,25 м.

Уплотненный слой почвы снижает объемы аккумуляции продуктивных влагозапасов, препятствует распространению корневой системы растений, не обеспечивает необходимый водно-воздушный и пищевой режимы сельскохозяйственных культур, в том числе из подпахотных горизонтов. При орошении с увеличением плотности почвы уменьшается её впитывающая способность и, как следствие, интенсифицируются ирригационно-эрозионные процессы. Поэтому изучение различных способов основной обработки почвы на орошаемых землях при возделывании кукурузы на зерно, направленные на предотвращение ирригационно-эрозионных процессов за счет оптимизации физиче-

ских свойств почвы, относится к актуальным задачам научного земледелия.

**Степень разработанности темы.** Большой вклад в исследования по водному режиму почвы и минеральному питанию орошаемой кукурузы внесли ведущие ученые И.П. Кружилин, М.К. Тихонова, Н.В. Кузнецова (1991,2004), Ж.В. Кружилина (1988), Н.И. Володарский (1974), Г.П. Устенко (1963). М.Н. Багров, Г.К. Льгов (1965,1989), Н.А. Наумов (1982), Л.Л. Тарасова (1986,2004), А.Ф. Иванов, В.М. Иванов (1984), А.Д. Адиньяев (1988 А.В. Майер, В. М. Ракутин (2004), Мелихов В.В. (2011), Г.В. Седанов, Ю.П. Даниленко (1994). Исследованиям различных способов обработок каштановых почв в условиях засушливого земледелия Волгоградской области посвящено много работ И.Б. Борисенко, Ю.Н. Плескачева (2004, 2005, 2012) А.Ю. Москвичева (2015), А.М.Белякова, В.Н. Чурзина (2006, 2013), В.И. Пындака (2009, 2013), А.И. Беленкова (2006, 2009), А.Н. Сухова, А.М. Гаврилова (2011, 1971) и других. Изучению орошаемых каштановых почв Поволжья под воздействием различных способов их обработки посвящены работы Максименко В.П. (2011), Жидкова В.М. (2011), Чамурлиева О.Г.(2003, 2011), Чурзина А.Н. (2013), Бондарева А.Г. (1985), Щербакова А.П. (1994), Нагорного В.А. (1997, 2001), Решетова Г.Г. (1996), Туктарова Б.И. (2005), Денисова Е.П. (2010-2015), Пронько Н.А.(2000, 2002, 2005), Пындака В.И (2005, 2006, 2009, 2013), Плескачёва Ю.Н. (2002, 2004, 2005), Москвичева А.Ю. (2015), Корсака В.В., Фальковича А.С. (2005), Новикова А.Е (2009, 2014, 2015) и др. В настоящее время в связи со значимостью проблемы крайне актуальны исследования совершенствования приемов возделывания кукурузы на зерно при орошении дождеванием на основе подробного изучения изменения водно-физических свойств почвы при разных способах основной обработки почвы с оценкой рационального режима орошения.

**Цель исследований** – увеличение урожайности зерна кукурузы в Нижнем Поволжье до 8-9 т/га на основе совершенствования приемов её возделывания при орошении дождеванием.

В задачи исследований входило:

1. Обоснование выбора способов основной обработки почвы в условиях орошения при возделывании кукурузы на зерно
2. Изучить влияние способов основной обработки почвы на агрофизические, водно-физические и агрохимические свойства почвы, её микробиологическую активность;
3. Показать роль разных способов основной обработки почвы в изменении засоренности посевов кукурузы;
4. Установить особенности роста, развития и формирования урожая зерна перспективными гибридами кукурузы при орошении в сочетании с различными обработками почвы;
5. Разработать рациональный режим орошения кукурузы на зерно;
6. Определить особенности водопотребления кукурузы на зерно при различных режимах орошения;
7. Изучить особенности формирования надземной массы и корневой системы кукурузы на зерно при различных сочетаниях водного и питательного режимов почвы;
8. Дать экономическую, энергетическую оценку эффективности возделывания кукурузы на зерно при дождевании с учетом основной обработки почвы.

**Научная новизна** заключается в теоретическом и экспериментальном обосновании способов основной обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно в условиях орошения. Изучено воздействие способов основной обработки на водно-физические и агрохимические свойства почвы формирование увлажняемой зоны почвы, выявлено изменение количественного и качественного состава сорняков в посевах кукурузы под влиянием способов обработки почвы, дана оценка микробиологической активности почвы, показатели продуктивности перспективных гибридов кукурузы, дана комплексная оценка основных урожаеобразующих факторов. Разработан и научно обоснован рациональный режим орошения и минерального питания кукурузы, определены показатели суммарного и среднесуточного водопотребления, уточнены темпера-

турные коэффициенты при различных режимах орошения. Рассчитана экономическая и энергетическая эффективность возделывания кукурузы на зерно при дождевании с учетом основной обработки почвы.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в установлении наиболее эффективных приемов основной обработки почвы, обеспечивающих улучшение водно-физических, агрохимические и фитосанитарных показателей, сохранение и улучшение плодородия почвы при возделывании кукурузы на зерно при орошении дождеванием в Волгоградской области.

Разработан режим орошения, установлены дозы минеральных удобрений кукурузы на зерно, позволяющие получать в почвенно-климатических условиях Волгоградской области более 9 т/га зерна при эффективном использовании оросительной воды, сохранении и восстановлении плодородия орошаемых земель.

Практическая значимость работы состоит в экспериментальном подтверждении эффективности чизельно-отвальной обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно в сравнении с другими способами. Результаты исследований прошли производственную проверку в 2015 году в ООО АПК «Пригородный» на площади 100 га и КФХ Думброва С.И. на площади 80 га в Светлоярском районе Волгоградской области. Применение рекомендованной технологии проведения основной чизельно-отвальной обработки почвы позволило повысить рентабельность возделывания зерновой кукурузы на 19-21%.

**Методология и методы исследования.** В качестве главного методологического подхода исследований принят метод факторного полевого эксперимента. Теоретическое обобщение и анализ результатов ранее проведенных исследований позволили обосновать гипотезу и методы решения задач исследований. При разработке программы исследований учитывали методологические положения, изложенные в трудах Доспехова Б.А (1985), Роде А.А. (1969), Костякова А.Н. (1960) и др. Оценка результатов полевых исследований проводилась с использованием методов вариационного анализа и статистического моделирования.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- особенности изменения водно-физических и агрохимических свойств почвы в зависимости от способов основной обработки почвы под кукурузу на зерно при орошении дождеванием;
- характер влияния основных обработок почвы на микробиологическую активность почвы, видовой состав и число сорняков в посевах кукурузы;
- рациональный режим орошения кукурузы на зерно на светло-каштановых почвах Волгоградской области и особенности водопотребления кукурузы;
- комплексная оценка показателей продуктивности перспективных гибридов кукурузы в зависимости от способов основной обработки почвы и поливного режима;

**Степень достоверности результатов исследований.** Степень достоверности и обоснованности результатов исследований, выводов и рекомендаций подтверждается многолетним периодом исследований, корректностью принятых современных и апробированных методов планирования, закладки и проведения полевых опытов, достаточной базой экспериментального материала, а также современными статистическими методами обработки данных с использованием программных продуктов.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы доложены и одобрены на международных научно-практических конференциях: «75-летию института мелиорации и луговодства НАН Беларуси» (Минск, 2005); «Теория и практика агролесомелиорации» (Саратов, 2005); «Техническое обеспечение орошаемого земледелия в АПК» (Коломна, 2005); «Актуальные проблемы развития АПК» (Волгоград, 2005, 2008-2009, 2013-2016); «Достижения и проблемы современной науки» (Уфа, 2015);

**Личный вклад автора** в получении результатов, изложенных в диссертационной работе, заключается в обосновании направления и постановке задач исследований, используемых методик, проведении полевых опытов, анализе и обобщении экспериментального материала. Доля личного участия автора в проведении исследований составляет около 80 %.



**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе - 7 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, предложений производству, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 201 страницах компьютерного текста, содержит 50 таблиц, 18 рисунков, 12 приложений. Список использованной литературы включает 203 источника, в т.ч. 5 иностранных авторов.

# 1. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, ОРОШЕНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ (СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА)

## 1.1 Биологические характеристики кукурузы на зерно и требования к факторам жизни

Высокие урожаи кукурузы можно получить только при условии применения комплекса агротехнических приемов с учетом требования растений в отдельные периоды их роста и развития. Для этого необходимо глубокое знание биологических особенностей свойств и экологических требований этой культуры. Квалифицированное применение той или иной технологии возделывания предусматривает адаптацию её к почвенно-климатическим условиям, что дает возможность наиболее полно использовать благоприятные условия и ослаблять или полностью устранять влияние негативных условий среды при возделывании кукурузы на зерно (подбор соответствующих сортов и гибридов, сроков посева, видов и доз удобрений, густоты растений, орошение и др.).

Кукуруза – теплолюбивая культура. Однако требования ее к теплу в различные периоды неодинаковы.

Кукуруза отличается повышенной требовательностью к теплу, влаге, освещению и обеспечению питательными веществами. Вместе с тем она способна эффективно применять хорошие условия для формирования большого урожая зерна и листостебельной массы [4].

Семена большинства районированных сортов и гибридов прорастают при температуре около  $+10^{\circ}\text{C}$ , хотя уже созданы биотипы, семена которых способны прорасти при температуре  $+5\dots+6^{\circ}\text{C}$ .

Продолжительность периода «посев – всходы» обычно не включают в общую продолжительность вегетационного периода, так как высеянные семена начинают прорасти не сразу после посева, а некоторая часть их при неблагоприятных условиях может не дать всходов. Кроме этого в производстве важно знать, какие условия необходимы в этот период для получения дружных и полноценных всходов [32, 36, 74].

При оптимальной увлажненности почвы длительность межфазного периода «посев – всходы» обуславливается предпочтительно температурой на глубине заделки зёрен. Чем температура почвы выше, тем как правило короче период от посева до всходов.

Длительность межфазного периода «посев – всходы» оказывает заметное влияние на полевую всхожесть семян: с удлинением его всхожесть снижается.

Всходы кукурузы способны переносить заморозки до  $-5...-6^{\circ}\text{C}$ , хотя надземная часть растений может повреждаться или полностью отмирать.

В первый период жизни (до образования 6-7 листьев) на поверхности расположены только листья, а верхушечная почка, из которой впоследствии образуется метелка, находится еще в почве.

Наиболее благоприятные в это время для кукурузы среднесуточные температуры  $+20...+23^{\circ}\text{C}$ . Резкое снижение интенсивности роста наблюдается при температуре  $+14...+15^{\circ}\text{C}$ , а при  $+10^{\circ}\text{C}$  рост останавливается.

До выхода в свет генеративных органов увеличение температуры до  $+26^{\circ}\text{C}$  не оказывает отрицательное воздействие на рост и развитие растений. В момент цветения метёлок и возникновения нитей в початках, температура  $+26^{\circ}\text{C}$  и выше является неблагоприятной, а свыше  $+30^{\circ}\text{C}$  наблюдается нарушение цветения и оплодотворения: уменьшается момент жизнеспособности пыльцы, высыхают ниточки початков, что отрицательно сказывается на оплодотворении [73, 78, 84].

Оптимальной температурой для роста и развития растений кукурузы во второй половине вегетационного периода (от цветения до созревания) является температура воздуха  $+22...+23^{\circ}\text{C}$ .

Очень чувствительна кукуруза к осенним заморозкам. Зеленые листья повреждаются даже при отрицательной температуре очень близкой к нулю, а стебли и початки – при температуре  $-2,5...-3^{\circ}\text{C}$ . Небольшие минусовые температуры повреждают и спелое чрезмерно влажное зерно. При влажности около 20 % чувствительность семян к пониженным температурам заметно повышается, а свыше 25 % они повреждаются при  $-6...-8^{\circ}\text{C}$ .

Кукурузе характерны такие биологические индивидуальности, которые разрешают отнести её к засухоустойчивым культурам. Растение ее может достаточно долгое время присутствовать в состоянии увядания, храня при всём этом дееспособность восстанавливать обычную жизнедеятельность после осадков. Характерные черты устойчивости в засушливый период особенно проявляются в начальный межфазный период развития, до формирования генеративных органов [92, 124, 130].

Проникая глубоко в почву, разветвленная корневая система, использует запасы воды из нижних горизонтов которая способна всасывать влагу при наиболее низкой влажности почвы по сравнению с корневой системой почти всех остальных культур. Кукуруза эффективно употребляет осадки во второй половине лета, которые фактически бесполезны для других зерновых культур.

Важнейшая биологическая индивидуальность этой культуры, которая даёт основание полагать ее устойчивость к засухе – это экономное потребление воды на образование единицы сухого вещества надземной массы. На образование 1 кг сухого вещества расходует кукуруза около 250...300 кг воды. Это меньше, чем употребляют зерновые культуры первой группы – пшеница, ячмень, овес. Но потребность в воде у неё не менее высокая, нежели у данных культур [124, 138].

Кукуруза, имея продолжительный вегетационный период, формирует большую надземную и корневую массы и расходует при этом значительное количество воды.

Растения ее по-разному требовательны к влаге в зависимости от периода роста и развития.

Общее количество воды, необходимое для прорастания семян, составляет 40...45% массы их в сухом состоянии и практически не зависит от температур. Нормальное набухание и прорастание семян происходит при влажности почвы не ниже 18...20%, что следует учитывать при установлении глубины заделки семян, особенно в районах недостаточного увлажнения.

Самое большое количество воды кукуруза тратит на протяжении 30-дневного опасного периода, который начинается приблизительно за десять дней до выбрасывания метелок и в дальнейшие 20 дней (до молочной спелости зерна). Установлено, собственно в течение суток в очень теплую погоду пре-восходно развитое растение испаряет до 4 кг воды, что составит около 120 т/га. В данный период бывают замечены воздушные корешки, которые при хороших условиях укореняются и содействуют интенсивному накоплению растениями сухого вещества. В течение тридцатидневного периода кукуруза употребляет 45...55 % общего количества воды. В случае если в данный период кукуруза станет испытывать недостаток воды в почве, то у растений может случиться его преждевременное увядание, начинают подсыхать листья, нарушается процесс формирования зерна. Оптимальной в этот период считается температура +25...+27°C. При снижении температуры продолжительность фаз увеличивается. В то время когда происходит формирование, налив и созревание зерна употребление воды растениями кукурузы немного уменьшается. В тоже время когда в период молочной спелости наблюдается влажность ниже оптимальной, вследствие чего преждевременно прекращается налив зерна [79, 93].

С целью прохождения каждой фазы роста и развития, растениям кукурузы необходима определенная сумма температур. Исследованиями, проведенными Н.Ю. Петровым, А.И. Агарковым, доказано, что для прохождения периода «всходы – выметывание» нужна необходимая сумма активных температур порядка 900...1000 °С [1, 128].

Недостаточная влажность почвы в более поздний период приводит к снижению урожая вследствие неполноценного налива зерна.

Таким образом, вода играет особенно важную роль в получении большого урожая кукурузы и вследствие этого все приемы её по возделыванию в районах недостаточного увлажнения должна быть направлена на максимальное накопление и рациональное использование влаги в почве.

Кукуруза – светолюбивая культура. Повышенные требования к интенсивному освещению проявляются с первых дней появления всходов [10, 25].

Для нормального роста и развития растения кукурузы требуют интенсивного солнечного освещения при продолжительности дня 12...14 часов. При более продолжительном дне вегетационный период удлиняется. Это особенно четко проявляется у позднеспелых гибридов и сортов южного происхождения. Если происходит небольшое затенение при благоприятном сочетании других факторов, уменьшается листовая поверхность растений, задерживается наступление фенологических фаз, ослабляется поглощение элементов питания и вследствие этого наблюдается снижение урожая. Интенсивность освещения в значительной степени зависит от способа размещения растений на площади и их густоты.

Учитывая вышеизложенное, можно отметить, что свет для кукурузы является один из основных факторов, обеспечивающих высокий урожай. К агротехническим приемам, улучшающим освещенность растений, нужно отнести размещение посевов на южных склонах, борьбу против сорняков (особенно в начале роста) и своевременное обеспечение нормальной густоты стояния растений.

При размещении кукурузы необходимо учитывать хорошую водоудерживающую способность и воздухопроницаемость почвы. Пахотный слой должен быть достаточно глубоким, что способствует развитию корневой системы, а также содержать большое количество питательных веществ в формах, легко усваиваемых растениями. Поля должны быть чистыми от сорняков и вредителей.

Физико-механические особенности почвы также оказывают существенное влияние на рост и развитие растений. Наиболее пригодны суглинистые и супесчаные почвы. Кроме того, самые высокие урожаи кукуруза дает на темно-каштановых почвах, черноземах и почвах речных пойм [4, 41].

## **1.2 Обработка почвы и продуктивность кукурузы**

Правильный выбор способов и приемов обработки в сочетании с другими агротехническими приемами позволяет, с одной стороны, пополнять водный

баланс почвы за счет уменьшения сноса снега и стока талых и дождевых вод, а с другой - резко сократить непроизводительные расходы воды из почвы путем уменьшения диффузно-конвекционного испарения влаги.

В условиях Нижнего Поволжья безотвальная обработка, обеспечивающая сохранение в полях стерни, и создание органического мульчирующего слоя заслуживает внимания и применения, с одной стороны, как эффективное средство защиты почвы от эрозии и с другой - как способ ослабления и преодоления засушливости климата.

Правильная обработка, построенная с учетом особенностей почв, погодных условий и требований сельскохозяйственных культур, является главной составной частью системы современного земледелия, направленной на максимальное получение продукции с гектара пашни с наименьшими издержками на ее производство. Это достигается посредством влияния на многие факторы роста и развития растений.

Обработка почвы играет ведущую роль в создании однородного глубокого окультуренного пахотного слоя. В основной массе природное плодородие пахотных земель в Нижнем Поволжье низкое. Содержание гумуса, органического вещества, азота, усвояемого фосфора и калия в существующем пахотном слое большинства земель очень мало. Сама по себе обработка не может обеспечить количественного увеличения этих важнейших элементов почвенного плодородия, но в совокупности с внесением удобрений и севооборотом позволяет активно вмешиваться в природные свойства почвы и изменять их в нужном направлении. При этом глубокая обработка почв в настоящее время не может быть заменена никаким другим агрономическим приемом.

С другой стороны, на обработку почвы возлагается главная роль в создании благоприятного строения пахотного слоя. Бедные от природы земли региона имеют неудовлетворительные физические свойства. В большинстве своем они после естественного оседания имеют повышенную (значительно выше оптимальных значений) плотность. После дождя на поверхности образуется мощная плотная корка. Сильно уплотнившийся пахотный слой мало содержит воз-

духа, плохо впитывает влагу атмосферных осадков и теряет ее через капиллярное испарение. Приемы обработки, оперативно проведенные с учетом сложившихся условий, позволяют регулировать строение пахотного слоя, создавать желаемое соотношение различных типов пористости, что в конечном итоге дает возможность обеспечить оптимальные (по возможности) для культурных растений и почвенных микроорганизмов условия водного, воздушного теплового и питательного режимов.

Мощность окультуренного пахотного слоя играет решающую роль в обеспечении растений влагой и пищей. Только глубокий высокоплодородный пахотный слой может обеспечивать высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур. На его фоне проявляется высокая эффективность всех других передовых приемов агротехники.

В глубоком пахотном слое создается лучший водный режим. Атмосферные осадки быстрее поглощаются и проникают вглубь почвы, являясь запасом влаги для растений в летний период. В таком слое растения развивают более мощную корневую систему, корни проникают глубже, увеличивается объем почвы, вовлекаемый в активную корнеобитаемую сферу. Глубокий пахотный слой меньше уплотняется и заплывает под действием атмосферных осадков, имеет лучшие агрофизические свойства, способствующие активизации почвенных микроорганизмов. Все это позволяет в лучшей степени обеспечивать растения элементами питания и, в конечном счете, получать наиболее высокие урожаи.

Таким образом, глубина пахотного слоя является важнейшим показателем окультуренности почвы и играет исключительно большую роль в получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Можно выделить несколько основных способов (видов) обработки почвы: нулевая, минимальная (безотвальная, плоскорезная), отвальная (лемешно-отвальная), глубокая и комбинированная [19, 20, 67, 146, 153].

Нулевая обработка (No-Till) и её модификация полосная обработка (Strip-Till) – это сложная система органического земледелия, при которой почва не



обрабатывается, а только мульчируется. Сторонники этой технологии, говоря о её преимуществе, главным образом, акцентируют внимание на экономии энергетических и трудовых ресурсов, а также сохранение плодородия почвы и активности почвенных микроорганизмов. Вопрос о предотвращении ирригационной и ветровой эрозии, а также сохранение влаги остается дискуссионным. Однако, для эффективного использования нулевой технологии, её необходимо дифференцировать в зависимости от почвенно-климатических условий, согласовывать с возделываемой культурой и наличием соответствующей материально-технической базы. Урожайность сельскохозяйственных культур при такой технологии обработки почвы в сравнении с другими зачастую значительно ниже [107, 171].

Минимальная обработка (Mini-Till), также как и No-Till, способствует сохранению и увеличению содержания органики в верхнем слое почвы, экономии энергетических и трудовых ресурсов на выполнение технологических операций [20, 22, 28, 31, 107, 171]. При этом для обработки почвы не требуется специфической дорогостоящей техники как при No-Till, зачастую используются безотвальные и дисковые орудия, плоскорезы и культиваторы. Несмотря на многочисленные преимущества данного вида обработки почвы, его широкое распространение ограничивается такими факторами, как недостаточно эффективная борьба с сорняками, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур, трудность заделки органических и минеральных удобрений, а также слабое крошение обрабатываемого слоя почвы. Большой вклад в развитие направления минимальной обработки почвы внесли отечественные учёные-практики Т.С. Мальцев и А.И. Бараев, основополагающие положения которого изложены, например в [95, 16].

Отвально-лемешная вспашка на сегодняшний день – это самый распространенный вид отвальной обработки почвы, её основное преимущество состоит в том, что отвально-лемешные плуги имеются во всех производственных хозяйствах. Конечно, этот агротехнический приём эффективен в борьбе со многими сорняками, при обороте пласта сорняки вместе с семенами по существу

«хоронятся» на глубину пахотного слоя, качественные характеристики вспашки (коэффициенты глыбистости, крошения, рыхления, гребнистости, распылённости и др.) близки к оптимальным. Но при этом происходит дифференциация пахотного слоя по плодородию и микроорганизмам, образование иллювиальной прослойки, уничтожение защитного экрана из растительных остатков, и как следствие развитие ирригационно-эрозионных и дефляционных процессов. Потери органики в процессе микробиологического окисления после лемешно-отвальной вспашки почвы в 10 раз больше, чем потери от эрозии. Количество диоксида углерода  $\text{CO}_2$  (составляющей органического вещества), поступающего в атмосферу в течение 5 часов после лемешно-отвальной вспашки, составляет  $81,3 \text{ г/м}^2$ , происходит дисбаланс в соотношении C/N и дегумификация. Для сравнения при безотвальной обработке этот показатель составляет порядка  $25,0 \text{ г/м}^2$ , а при нулевой –  $5,9 \text{ г/м}^2$  [55]. Кроме того, лемешно-отвальная вспашка – это энергоёмкий процесс, на который приходится не менее 50 % общих затрат энергии [19, 64, 67 и др.].

Глубокая обработка почвы посредством чизельных орудий относится к почвозащитным и энергосберегающим технологиям [19, 64, 67, 81, и др.]. Чизельная обработка обеспечивает надежную защиту почвы от ветровой эрозии и регулирование стока талых вод на склонах до  $5^\circ$ . При этом не наблюдается дифференциации пахотного слоя по плодородию, не образуется иллювиальная прослойка, а при наличии – происходит её разрушение. По сравнению с лемешно-отвальной вспашкой и обработкой плоскорезами при чизельной обработке выше водопроницаемость и влагоёмкость почвы, её можно проводить при бóльшем диапазоне увлажнения осенью. При этом способе весной почва лучше противостоит уплотнению энергонасыщенными тракторами и другими тяжелыми сельскохозяйственными машинами [19, 82, 85, 94, 95, 101, 102, 103 и др.].

Глубокая обработка почвы чизельными орудиями в итоге положительно сказывается на продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур [103, 104, 105, и др.].

Исследованиям различных способов обработки каштановых почв Волго-

градской области посвящено много работ, они активно проводятся и в настоящее время. Известны работы Борисенко И.Б., Плескачева Ю.Н., Москвичева А.Ю., Белякова А.М., Чурзина В.Н., Пындака В.И., Беленкова А.И., Сухова А.Н., Гаврилова А.М. и других учёных-аграриев и их последователей [19, 116, 117, 135, 137, 144, 145, 149, 150, 153, 166, 167 и др.]. Однако эти исследования в основном реализовывались и проводятся в условиях засушливого земледелия. Изучению орошаемых каштановых почв Нижнего Поволжья под воздействием различных способов их обработки посвящено значительно меньше работ, известны, например, работы Жидкова В.М., Чамурлиева О.Г. [55, 183, 184].

Таким образом, выбор способов основной обработки почвы в условиях современного земледелия базируется на принципах энерго- и ресурсосбережения, адаптивно-ландшафтного районирования, экологизации и эффективности производства сельскохозяйственной продукции.

Способы основной обработки почвы зависят от почвенно-климатических условий, предшествующей культуры, степени засоренности поля и видового состава сорняков. [123, 126, 133]

Наиболее широкое распространение получили следующие системы основной обработки почвы: улучшенная зябь, полупаровая обработка почвы, послыйная обработка почвы, интегрированная, противоэрозионная и почвозащитная [131, 133]

В зонах распространения кукурузы при засоренности полей только однолетними сорняками по данным [132] наиболее эффективна улучшенная зябь, включающая в себя 2-3 дисковых лущения стерни на глубину 0,06-0,08 м и 0,08-0,10 м с применением почвообрабатывающих орудий БД-10, БДТ-7 или ЛДГ-10 и вспашку с плугом с предплужником на глубину 0,20-0,22 м осенью. При лущении стерни создается мульчирующий слой из почвы и пожнивных остатков, что способствует уменьшению потерь влаги, улучшению качества вспашки, обеспечивая очищение полей от однолетних сорняков.

Систему послыйной обработки почвы следует применять на полях сильно засоренных многолетними корнеотпрысковыми сорняками, такими как осот,

вьюнок, молочай и другие. Такая обработка почвы обеспечивает истощение и подавление сорных растений. Обычно такая система включает 2-3 дисковых лущения на глубину 0,08-0,10 м следующего на глубину 0,10-0,12 м через 2-3 недели после него лущение тяжелыми дисковыми боронами и глубокую отвальную вспашку на 0,25-0,30 м осенью, обычно в сентябре-октябре [136, 145, 146].

Большинство авторов [34, 103, 148] рекомендуют в зонах совместного действия ветровой и водной эрозии на чистых от многолетних сорняков полях использовать чизельную обработку на глубину 0,30 м.

На полях, где возделывают кукурузу, при сильной засоренности полей корнеотпрысковыми сорняками по данным [124, 125] целесообразна интегрированная система обработки почвы, которая предусматривает совместное применение агротехнических и химических способов уничтожения в течение 2-3 лет.

Данные Раенко Е.Н., Тепчиева И.С. Ерхова Н.С. свидетельствуют о том, что под влиянием орошения происходит уплотнение почвы, увеличение плотности почвы подпахотных горизонтов на 9-15% [53]. Орошением дождеванием с высокой интенсивностью и повышенной поливной нормой приводит к разрушению агрегатного состава почвы. Вода, поданная в больших количествах, заполняет сразу все крупные поры, замещая в них почвенный воздух, вследствие чего происходит разрыв почвенных агрегатов.

Ухудшение водно-воздушных условий при орошении отрицательно сказывается на трансформации органического вещества, в том числе и гумусообразовании. Орошение активизирует все микробиологические процессы, происходящие в почве, поэтому происходит резкое снижение содержания легкодоступных низкомолекулярных соединений, так и собственно гумуса. Многие ученые Орлов Д.С., Барановская В.А. и Околелова А.А., Каратаев И.А., Филипов В.Н. [121, 122, 17] и другие в своих работах отмечают разрушение менее устойчивых компонентов гумуса при орошении и отмечают сужение соотношения гуминовых и фульвокислот.

В своих исследованиях Туктаров Б.И., Нагорный В.А. [175, 109] на посевах кукурузы на зерно отмечают, что при увеличении водной нагрузки уменьшается водопроницаемость почвы, наименьшая водопроницаемость наблюдается при интенсивном орошении кукурузы, а по ресурсосберегающему режиму орошения она наибольшая. Поэтому авторы обращая внимание на изменение водно-физических свойств почвы в период ротации севооборотов, рекомендуют после нескольких лет посева зерновых и пропашных культур, в том числе и кукурузы на зерно, требующих частой обработки почвы (вспашка, боронование, культивация, посев и др.) в процессе которых почва теряет структуру и распадается, обязательно отводить поле под многолетние травы для восстановления водно- и агрофизических свойств почвы.

При орошении наблюдается изменение плотности почвы. Как отмечают Решетов Г.Г., Шумаков Б.Б. [155, 192], уплотнение почвенного профиля при орошении идет за счет уменьшения порового пространства. По данным Щербакова А.П., Щеглова Д.Н., Панфилова В.П. [196] при увеличении плотности сложения на  $0,01-0,09 \text{ г/м}^3$ , общая пористость снижается на 1-5%, а водопроницаемость почти вдвое.

Приемы обработки почвы оказывают сильное влияние на плотность почвы. Фильтрующая вглубь поливная вода вымывает илистые частицы из пахотного, периодически разрыхляемого слоя и выносит их в подпахотный горизонт. По данным Лысогорова С.Д., Ушкаренко В.А. [91, 178] на некоторой глубине образуется слой с неблагоприятными водно-физическими свойствами. Наблюдается сильное уплотнение пахотного слоя при частых и обильных поливах, ухудшение его аэрации.

При увеличении предполивной влажности почвы увеличивается плотность. Сравнивая два интенсивных режима орошения, где поддерживают предполивную влажность почв на уровне 75-80-70% НВ, но различными поливными нормами, можно отметить, что на варианте с эрозионно безопасными нормами полива наблюдается некоторое снижение плотности почвы. Все это возмож-

но объяснить тем, что поливная норма  $400 \text{ м}^3/\text{га}$  дает меньшую водную нагрузку на почву, меньшее разрушение ее структуры и уплотнение [53, 109, 130].

По данным Кирюшина В.И. [63, 64] увеличение плотности почвы до  $1,4-1,6 \text{ г/м}^3$  затрудняет развитие корневой системы, растения сильно угнетаются. Поэтому в условиях более высоких значений плотности почвы рост большинства растений просто невозможен.

По данным многих исследователей [91, 108, 115] наибольшее уплотнение верхнего пахотного горизонта наблюдается при интенсивном режиме орошения с поливными нормами  $600 \text{ м}^3/\text{га}$ . В сравнении с поливным режимом поливными нормами  $400 \text{ м}^3/\text{га}$ , при интенсивном поливном режиме плотность верхнего слоя  $0-0,15 \text{ м}$  увеличивается до  $1,13-1,37 \text{ г/см}^3$ , а слоя  $0,15-0,3 \text{ м}$  до  $1,24-1,30 \text{ г/см}^3$ .

При дождевании многие авторы отмечают значительное уменьшение содержания агрономически ценных агрегатов [111].

Орошение вызывает снижение окислительно-восстановительного потенциала и как следствие этого высокая дисперсность почвенной массы, ухудшение структуры повышение подвижности гумусовых веществ, заплывание поверхности почвы и образование корки. Все это ведет к непроизводительному использованию минеральных удобрений и оросительной воды. Прогнозирование почвенных процессов позволяет своевременно принимать меры, предотвращающие их деградацию и определять пути управления устойчивостью этих свойств [142, 161].

Модульные рабочие органы Ранчо разработаны в конструкторском бюро Нижневолжского научно-исследовательского института сельского хозяйства под руководством д.т.н. И.Б. Борисенко [23]. Рабочий орган для глубокой обработки почвы «РАНЧО» (патент №2354088 от 10.05.2009г.) рассматривается, как основополагающий элемент ресурсосбережения не только с энергетической и материальной, но и экологической позиций.



Рисунок 1 – Рабочий орган «РАНЧО» в полной комплектации.

«РАНЧО» настраивается на различные технологии глубокой обработки почвы. Его можно устанавливать как на рамы серийно выпускаемых, так и на рамы оригинальной конструкции – орудия серии ОЧО.

Заложенная в конструкции «РАНЧО» техническая возможность перемещения отвала вдоль стойки, позволяет настраивать орудие на глубину рыхления (до 0,45 м) с учетом «экономической» отзывчивости растений при обороте пласта на минимально необходимую величину (наука рекомендует на 0,10...0,15 м, техническая возможность до 0,25 м). Замена широкого долота (60мм) на узкое (30мм) позволяет менять технологию обработки почвы чизелевание на щелевание. Вместо отвала или совместно предусмотрена установка подрезающей лапы с возможностью изменения угла крошения и перемещения вдоль стойки (до 0,4 м).

Модульная конструкция «РАНЧО» позволяет оперативно настраивать орудие на 8 различных технологий основной обработки почвы: чизелевание с оборотом поверхностного пласта; чизелевание с оборотом пласта и подрезанием внутрипочвенных гребней; чизелевание с требуемой гребнистостью поверхно-

сти; чизелевание; чизелевание с подрезанием внутрпочвенных гребней; чизелевание с полным подрезанием растительности; щелевание.

Применение рабочих органов РАНЧО позволяет устанавливать величину оборачиваемого пласта (0,10-0,15м), независимо от глубины рыхления. При работе по безотвальной технологии рекомендуется устанавливать подрезающие лапы способствующие «проникновению» удобрения в почву.

Разработанный рабочий орган «РАНЧО» рассматривается, как основополагающий элемент ресурсосбережения не только с энергетической и материальной, но и с экологической позиции. Установка вместо отвала подрезающей лапы с возможностью изменения угла крошения и перемещения вдоль стойки регулирует глубину сплошного подрезания (до 0,30 м) и качество безотвального рыхления.

Технология работы отвала РАНЧО сводится к обороту уже взрыхленной почвы долотом. Поэтому главный брус, специально разработанной рамы для данных рабочих органов, расположен под углом  $51^{\circ}$ , что позволяет орудью серии ОЧО иметь наименьшую длину без повышения забиваемости почвой и растительными остатками.

Все технологические варианты обработки почв осуществляются с разуплотнением подпахотного горизонта, разрушением «плужной подошвы» без образования новой, что обеспечивает лучшие условия влагонакопления в нижних слоях почвы, водопроницаемости и аэрации в верхних слоях. Такое множество и возможность комбинаций рабочих органов на одной раме имеют только орудия с чизельно-отвальными рабочими органами РАНЧО. Поэтому считаем, что обработка почвы рабочими органами РАНЧО перспективна в условиях орошения, так как будет обеспечено повышение плодородия почвы и созданы оптимальные условия для роста, развития и формирования урожайности зерна кукурузы.



### **1.3 Водный режим почвы и продуктивность кукурузы**

Анализ результатов различных исследователей показывает, что в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения почвы главными факторами, обеспечивающими значительное повышение урожайности сельскохозяйственных культур, являются орошение и удобрение. Возделывание сельскохозяйственных культур при орошении в большинстве ориентируется отличительными чертами эксплуатационного режима орошения. Следовательно, для развития кукурузы вода считается одним из значимых условий, которые оказывают воздействие, на их жизнедеятельность. Обеспеченность водой сельскохозяйственных культур ориентируется присутствием воды в почве и степенью доступности её растениям [54, 76, 83].

Главные закономерности формирования резервов воды в почве при орошении освещены в классических трудах А.Н. Костякова [69]. На основании многолетних исследовательских работ он разработал принципиальную схему увлажнения почвы при различных способах полива. Положения эти поддерживались и получили развитие в исследованиях различных ученых страны, таких как Б.А. Шумаков, С.Ю. Сергеев и до сих пор широко применяются в практике различных стран мира [193, 162].

По результатам исследований такие ученые, как М.С. Григоров, Н.Н. Дубенок и др., утверждают, что водный режим более переменчив и имеет необходимость в непрерывном учёте соотношений отдельных элементов баланса. Однако для того чтобы управлять водным режимом нужно понимать и представлять взаимосвязь между содержанием воды в почве и её потреблением растениями. Перемена водного режима случается под воздействием осадков, которые пополняют запасы воды в почве, или испарения и транспирации, направленных на его снижение [40, 47].

Водный баланс даёт суммарные количественные характеристики прихода и расхода воды, анализ действий накопления и расходования влаги в почве характеризует водный режим почвы.

Водный режим почвы подразумевает все те процессы, которые связанные с поступлением воды, её расходом, передвижением и изменением. Он предопределяет рост и развитие растений, протекание фотосинтеза и обмена веществ. В период недостатка естественных запасов воды наиболее полно применять атмосферные и агропочвенные ресурсы возможно лишь за счёт регулировки систем водного режима почвы проведением оросительной мелиорации.

Так, М.Н. Багров, М.С. Григоров, И.П. Кружилин, и другие считают, что орошение является главным условием для получения больших и стабильных урожаев в условиях Нижнего Поволжья. Орошение формирует также основу для наиболее результативного применения удобрений [13, 39, 73, 181].

Таким образом, различными экспериментами определено, что при оптимальном присутствии воды в почве улучшается формирование корневой системы, возрастает её функциональная поглощающая поверхность, улучшается поглощение влаги и питательных веществ. Чтобы установить нужный режим орошения, который обеспечит получение наибольшего урожая, особенно необходимо знать биологические индивидуальности культуры, климатические и агропочвенные условия, её требования к условиям увлажнения на протяжении вегетации [78, 83].

Установлено что, кукуруза это культура, которая устойчиво переносит засуху. Для образования единицы сухого вещества кукуруза требует воды практически вдвое меньше, чем яровая пшеница, ячмень, и другие колосовые культуры, а за всю вегетацию она расходует значительное количество влаги, формируя при этом мощную листостебельную массу [30].

Транспирация влаги растением происходит через стебель и листья в атмосферу из почвы с помощью разветвлённой корневой системой. Но в свою очередь, когда в почве не хватает достаточного количества воды, появляется дефицит влагообеспеченности растений. Вследствие этого сокращается длительность вегетационного периода. Последующее увеличение дефицита влаги приводит к значительному замедлению роста и формирования растений, что

определяет снижение урожайности кукурузы. Для того чтобы обеспечить благоприятные условия развития растений нужно поддерживать почвенную влагу на таком уровне, который гарантирует абсолютное удовлетворение нужного количества воды для растений во время всего вегетационного периода.

Большой сбор урожая зависит не только от рационального снабжения водой растений в «опасный период». Понижение почвенной влаги в другие периоды жизни растений также приводит к понижению урожая. Многочисленными наблюдениями установлено, что по мере расходования влаги и питательных веществ у растений меняется собственный окрас со светло-зеленого до темно-зеленого цвета. В период избыточного увлажнения у растений кукурузы листья начинают приобретать цвет, близкий к салатному, а при дефиците – цвет становится темно-зеленый.

Наиболее доступным и обычным способом для визуального установления срока проведения полива считается ориентация на симптом увядания листьев. Увядания листьев случается в период недостатка воды в верхних слоях почвы. Преимущественно это происходит в раннем возрасте у таких растений, как кукуруза, сахарная свекла, гречиха, тыква.

Результаты многочисленных исследований показывают, что вегетационные поливы назначают тогда, когда изменяются внешние признаки растений, которые часто сопровождаются визуальным определением влаги в почве. Однако при этом назначается полив в случае, если у растений отмечается небольшое увядание листьев, а комочек сжатой земли, взятой из не большой глубины 0,25 м при падении с высоты 1м рассыпается. В общем, можно отметить, что увядание листьев находится в зависимости не только от понижения почвенной влаги, а также от температуры воздуха её влажности и возраста растений. Кроме того, на стареющих листьях симптомы увядания не совсем четко проявляются, и поэтому определять срок полива бывает достаточно трудно. Следовательно, признаки увядания с опозданием сигнализируют о необходимости проведения очередного полива. Таким образом, поливы согласно отмеченным признакам назначаются в то время, когда последние начинают достигать

конкретных величин, дифференцированных для различных сортов, культур, фаз и стадий формирования, спецификация почвенно-климатических критерий.

Многие исследователи утверждают, что главным условием формирования больших урожаев кукурузы в условиях орошения считается обоснование режима увлажнения почвы. Удовлетворение потребности растений в воде за счёт проведения поливов дает возможность получать стабильную урожайность кукурузы на зерно. Это происходит при наименьших трудовых затратах на получение единицы продукции [1, 7, 13, 24].

Ряд исследователей, в том числе А.М. Алпатьев, А.А. Аликадиев, К.С. Сергеев, и др., считают, что с целью осуществления возможности высокого урожая кукурузы оптимальная влага почвы должна поддерживаться в пределах 80 – 100 % НВ на протяжении всей вегетации. Вследствие понижения её до 75...77 % НВ снижается прирост растений за сутки в высоту. Другие авторы доказывают, что для формирования стабильной и большой продуктивности кукурузы почвенную влагу во время вегетации можно поддерживать не менее 65...75 % НВ [6, 7, 8, 12, 162].

Все же тяжело отметить у зерновых культур периоды с низкой чувствительностью к недостатку воды в почве. В связи с этим наибольшая продуктивность формируется при поддержании нижнего порога почвенной влаги 75...80 % НВ на протяжении всей вегетации [39]. Многие ученые полагают, что нижний предел оптимальной почвенной влаги во время большого потребления воды растениями кукурузы увеличивается влажность увядания на 20...36 % НВ. Но данная величина не остается неизменной и меняется в зависимости от биологических индивидуальностей растения, погодных условий, водно-физических свойств почвы, и отдельных прочих факторов. Также имеются исследования, данные, которых показывают, что наибольшая продуктивность кукурузы складывается при увлажнении почвы не ниже 75...80 % НВ [6, 13, 78, 130].

В степной зоне Самарской области согласно сведениям Куйбышевского НИИСХ, в период выращивания кукурузы оросительная норма с режимом орошения 80% НВ на 530 м<sup>3</sup>/га превосходила оросительную норму в сопостав-

лении с вариантом назначения поливов при умеренном поливном режиме (70 % НВ), оросительная норма составила 2598 м<sup>3</sup>/га с проведением 5 поливов.

В условиях Волгоградской области увеличение предполивного порога влажности с 70 до 80 % НВ сопровождалось повышением оросительной нормы от 2200...2800 до 3000...4000 м<sup>3</sup>/га, а количество поливов за вегетацию – с 4...5 до 7...10 [78].

Вследствие чего, анализ литературных источников позволяет утверждать, что оптимальный порог влажности нужно поддерживать в пределах 70...85 % НВ. При таком уровне влажности существенно повышается результативность воздействия минеральных удобрений, увеличивается доля листьев, становится лучше фотосинтез растений и, как следствие, увеличивается сбор урожая кукурузы. Что же относится к глубине увлажнения почвы, то тут есть различные мнения.

В связи с крупными расходами оросительной воды при орошении, которую используют для наиболее высокого режима увлажнения почвы, главной задачей при выращивании кукурузы считается поиск путей снижения оросительной нормы без значимого понижения урожайности культуры. Необходимо выделить, что она не будет решена при использовании в период всей вегетации умеренных режимов орошения (70 % НВ), потому что при всем этом отмечается значительное понижение урожайности культуры.

Предпосылкой, с целью эффективного постановления намеченной задачи считалась разная потребность в воде кукурузы. А.М. Гаврилов полагает то, что на землях орошения Нижнего Поволжья почвенную влагу до межфазного периода 7 листьев кукурузы нужно поддерживать не меньше 70 % НВ, а в последующем времени вплоть до окончания периода «налив зерна» не меньше 80 % НВ [32].

Отмечено, что влага в активном слое почвы должна находиться в немаловажной степени в период, начало которого наступает за 9...16 дней вплоть до выметывания метёлок кукурузы и заканчивается через 16...19 дней после

фазы цветения. В следующие межфазные периоды роста и формирования кукурузы на зерно почвенная влага никак не должна понижаться менее чем на 65...70 % НВ [54].

Исследованиями Ж.В. Кружилиной определено то, что в первоначальные периоды роста, до формирования 6...7 листьев, растения кукурузы употребляют небольшое количество воды. Самое большое расходование воды доводится в момент активного увеличения стебля – от фазы образования 14...15 листьев, вплоть до развития молочной спелости зерна [78].

В степных районах Украины возможность уменьшения подачи воды при выращивании кукурузы исследовалась В.А. Писаренко, Е.Я. Григоренко, Д.Р. Йокич. Они сделали вывод, собственно для условий юга Украины с точки зрения экономики более подходящим считается дифференцированный режим орошения, т.к. в данном режиме окупаемость оросительной воды составила на 23...45 % больше, чем при режиме орошения с назначением поливов в активном слое почвы 80% НВ [130].

В сухостепной зоне Волгоградской области поддержание дифференцированного порога предполивной влажности почвы (70...80...70 % НВ) в сравнении с постоянным режимом орошения (80 % НВ), обеспечивало экономию поливной воды на 8...11 %, без существенного уменьшения урожая кукурузы [71, 76].

М.Н. Багров и И.П. Кружилин предлагают осуществлять поливы, дифференцируя активный слой почвы в зависимости от межфазного периода растений. Вследствие личных исследований они определили, что наибольшая производительность среднепозднего гибрида Поволжский 89 ТВ примерно за годы изучения составила 10,6 т/га при орошении с дифференцированным расчётным слоем увлажнения 0,4 - 0,7 м и применении минеральных удобрений. Эта точка зрения поддерживается М.С. Григоровым, Л.И.Хохловым, С.А. Леонтьевым и Л.В. Рассказовой. Они утверждают, то что высокий результат приобретён в варианте с увлажнением дифференцированного слоя почвы 0,5...0,8 м. При смачивании слоя почвы 0,5 м сбор урожая кукурузы уменьшался

на 14...19 %, в слое 0,8 м, приводило к не значительному уменьшению урожая кукурузы [13, 75].

М.Н. Багров, отмечая положительную отзывчивость на орошение кукурузы в условиях Нижнего Поволжья, рекомендует дифференцированное увлажнение слоёв почвы 0...0,4 м и 0...0,8 м [13].

В.И. Остапов и В.С. Довнер, опираясь на результатах учёных УкрНИИОЗ, ВНИИК и Херсонского СХИ, полагают, что кукуруза даёт особенно большие урожаи при поддержании глубины увлажнения почвы 0,0...0,7 м вплоть до выбрасывания метёлок и в период молочно-восковой спелости зерна при глубине слоя почвы 0,0...1,0 м, предполивной порог почвенной влаги при этом обязан быть на уровне не менее 75...80 % НВ [124, 43]. Другие ученые сообщают о том, что в условиях Северного Кавказа имеет смысл использовать комбинированный прием полива. Первый полив кукурузы в наиболее ранний период её формирования необходимо осуществлять нормой 400...500 м<sup>3</sup>/га, после этого, в период формирования корневой системы, необходимо повышать значения поливных норм вплоть до 800...1000 м<sup>3</sup>/га.

В большинстве случаев, исследователи отмечают положительное воздействие на производительность кукурузы дифференцированного слоя увлажнения почвы. Но помимо прочего присутствуют сведения, свидетельствующие малоэффективность подобного режима орошения. Об этом говорится в исследованиях М.Н. Багорова, что при дифференцированных слоях увлажнения 0,6...1,0 м получена низкая урожайность сравнимая с вариантами, учитывающими влажность постоянных слоев почвы 0,0...0,6 м и 0,0...1,0 м [13].

#### **1.4 Питательный режим почвы и продуктивность кукурузы**

В технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях орошения особое внимание придается вопросам изучения минерального питания, эффективности использования удобрений.

Н.В. Кузнецова, Ж.В. Кружилина, И.Г. Ефимов в результате своих исследований приходят к выводу, что результативность используемых удобрений в большой степени находится в зависимости от присутствия продуктивной почвенной влаги [84, 78, 54]. Особенно часто в местах неуравновешенного увлажнения в острозасушливые годы удобрения не только не увеличивают, а в том числе и сокращают высокоурожайность зерна кукурузы и зелёной массы. залогом чрезвычайно эффективного применения удобрений считается обеспеченность растений водой. Кроме того, Ж.В. Кружилина, Н.В. Кузнецова, А.Л. Запорожченко, И.А. Агарков и др. отмечает, что при оптимальной влагообеспеченности кукурузы растения лучше и существенно скорее усваивают питательные вещества удобрений [79, 83, 57, 1].

На опытных орошаемых полях ВНИИОЗ и ВГСХА на протяжении длительного времени велись изучения согласно исследованию воздействия доз удобрений на продуктивность кукурузы.

Экспериментальные исследования Н.А. Наумова [110], проводимые с гибридами кукурузы различных сроков спелости, определено, что в среднем за 1974-1977 годах очень высокая урожайность сложилась при использовании удобрений  $N_{220}P_{120}K_{200}$  кг/га д.в.

В.И. Филин и А.И. Агарков [181] исследовали результативность воздействия расчётных доз минеральных удобрений с различной технологией возделывания кукурузы. Авторами доказано, что внесение удобрений дозой  $N_{100}P_{60}K_{60}$  кг/га д.в. обеспечивает получение урожая зерна на уровне 8 т/га. В период внесения  $N_{200}P_{95}K_{90}$  кг/га д.в. получение урожая обеспечивает при индустриальной технологии с применением смеси симазина и эридина 6 Е.

Итогами исследовательских работ В.И. Филина, А.А. Аликадиева, [181, б] определено, что использование органоминеральных удобрений под установленную продуктивность способствовало получению высоких урожаев под посевами кукурузы запоздалых сроков созревания.

В ходе исследований 1990-1992 гг. в ОПХ «Орошаемое» ВНИИОЗ определено, что наибольшая производительность гибрида Поволжский 89МВ –



10,35 т/га зерна – образуется во время внесения минеральных удобрений  $N_{250}P_{135}K_{75}$  кг/га д.в. при поддержании предполивного порога влажности не менее 70...80...70 % НВ и дифференцированной глубине увлажнения почвы 0,4–0,7 м [73].

В исследованиях Н.Ю. Петрова [129] в посевах гибридов, сортов популяций при программировании урожаев с 1 гектара получено 6,4...7,2; 8,5...9,1 т при внесении в почву удобрений  $N_{50}P_{95}K_{156}$  кг/га д.в.

Исследованиями И.П. Кружилина и Л.И. Лобойко [77, 90] определено, то что в посевах среднепоздних, среднеспелых сортов урожайность зерна составила 6,2 т/га, обеспечиваемая при внесении  $N_{120}P_{120}K_{95}$  кг/га д.в. при поддержании предполивного порога влажности не менее 60 % НВ и  $N_{90}P_{90}K_{70}$  кг/га д.в. при 70 % НВ; при внесении  $N_{150}P_{140}K_{120}$  кг/га д.в. урожайность зерна составила 10 т/га при пороге влажности, равном 70...80...70% НВ и  $N_{175}P_{175}K_{135}$  кг/га д.в. при пороге влажности 70% НВ

Кукурузе нужно конкретное количество легкоусваиваемых элементов питания, для реализации генотипического потенциала продуктивности. Многочисленными разработками определено, что обеспечение значительного уровня питания растений вследствие правильного использования удобрений является одним из основополагающих критерий увеличения продуктивности кукурузы. На орошаемых землях юга Украины, в частности с урожаем кукуруза выносит из почвогрунта свыше 200 кг азота, а фосфора более 100 кг [6, 30 33, 44, 61].

Благодаря многочисленным исследованиям накоплен большой общенаучный материал об удобрениях и их эффективности применительно к агропочвенным условиям и были разработаны рекомендации по использованию удобрений в разных почвенно-климатических участках [88, 110, 179].

В Канаде на суглинистых почвах хорошо дренированных с большим содержанием гумуса (4,2 %) использование при орошении  $N_{554-672}P_{205-339}K_{187-392}$  кг/га д.в., а также Ca, S, Mg, Zn, Mn, Cu и B обеспечило высокую урожайность зерна кукурузы гибрида Pioneer 3707 – 16,2 т/га, при этом густота стояния составила 96,8 тыс.шт./га, а гибрида Pioneer 3450 – 17,6 т/га [200, 201].

В Болгарии дозы NPK используют в зависимости от степени плодородия почвы, биологических свойств гибридов и орошения. Примерно при орошении под высокопродуктивные гибриды кукурузы вносят  $N_{240}P_{80}K_{60}$  кг/га д.в. При этом увеличение урожая зерна составляет 30...95 % в сравнении с посевами где не применяли удобрения [197].

В Узбекистане Э.Д. Адиньяев на гидроморфных почвах орошения рекомендует для получения 8...10 т/га урожая зерна кукурузы вносить следующее количество питательных веществ  $N_{220}P_{162}K_{90}$  кг/га д.в. или органоминеральные – навоз 20 т +  $N_{152}P_{100}K_{65}$  кг/га д.в. При этом дозу навоза, в объеме 70 % фосфора, калия 50 % вносят – весной под предпосевную обработку почвы, азотные удобрения – дробно в два приема: 50 % вплоть до посева и 50 % в подкормку [4].

На темно-каштановых почвах Западного Казахстана, присутствие в них N 12...13 мг на 100 г почвы,  $K_2O$  – 41...43 мг  $P_2O_5$  – 12,0...12,6 мг, с дозой внесения удобрений  $N_{150}P_{120}K_{90}$  кг/га д.в. способствует получению урожайности зерна на 9,1...9,5 т/га гибрида Будан 237 МВ [186].

Полевые исследования, которые проводились в 1981 – 1983 гг. Л.Г. Парватовой и Е.Н. Парватовым и [125] с применением гибрида ВИР 338 ТВ в Ферганской области на луговых, тяжелосуглинистых почвах с небольшим содержанием нитратного азота (25,8 мг/кг), калием и фосфором показали, что наибольшая урожайность при выращивании кукурузы на зерно в первый год составила 8,38 т/га при внесении удобрений до  $N_{200}K_{140}$  кг/га д.в. Урожайность при возделывании кукурузы на второй и третий год составила 6,95 – 8,38 т/га с увеличением доз удобрений  $N_{250}P_{180}K_{125}$  кг/га д.в. Последующее повышение дозы удобрений до  $N_{310}P_{220}K_{152}$  кг/га д.в. не обеспечивает повышение урожайности, а в отдельные годы наблюдается её снижение.

Проведенные исследования в Саратовской области, установили то, что с целью получения 6,4...7,6 т/га урожая зерна гибрида Саратовский-16, выращиваемого на южных черноземах, нужно вносить удобрения дозой  $N_{152}P_{115}K_{195}$  кг/га д.в. При возделывании кукурузы на зерно гибрида Коллективный-160 ТВ

на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья при внесении расчетных удобрений  $N_{120}P_{120}K_{60}$  кг/га д.в. обеспечивает получение урожайности 6,01 т/га [140].

Кукуруза при достаточной обеспеченности легкоусвояемыми питательными веществами на протяжении всей вегетации даёт возможность получать большие и устойчивые урожаи. Самым важным из элементов питания растений считается азот. Конкретно данный компонент питания проявляет значительное воздействие на рост растений, сроки прохождения отдельных фаз формирования, структуру величину, и качество урожая. Замедление роста растений, уменьшение интенсивности фотосинтетической деятельности происходит при нехватки азота, вследствие чего начинается преждевременное отмирание листьев, что негативно влияет на урожайность растений. При избыточном питании азотом задерживаются всходы, начинает происходить усиленное нарастание вегетативной массы, понижается стойкость растений к полеганию. Растения очень хорошо усваивают в основном азот в начале вегетационного периода, до выметывание метелок...молочная спелость, после чего его поступление резко уменьшается.

Оптимальные дозы азотных удобрений не бывают одними и теми же для всех зон, в том числе и хозяйств одинаковой зоны. Оптимальная величина элементов питания зависит от многих факторов: типа почвы, влагообеспеченности, ресурсов тепла, системы удобрений в севообороте, формы азотного удобрения, предшественника, возделываемого гибрида. Таким образом, республики Северная Осетия – Алания в лесостепной зоне на выщелоченных черноземах Т.Б. Хадикова советует использовать под кукурузу внесение азота по дозам, не более 90 кг/га, а в степной зоне Кабардино-Балкарии на лугово-черноземных почвах повышение дозы азота до 123 кг/га на фоне  $P_{60}K_{60}$  кг/га д.в. обеспечило приобретение суммарной прибавки урожайности кукурузы 1,42 т/га [4, 180].

Внесение азотных удобрений полной дозой под основную обработку почвы рекомендуется использовать осенью, потому что они хорошо растворяются и частично вымываются в осенне-зимний период. Хороший результат частич-

ного внесения азотных удобрений замечен в исследованиях Е.Н. Парватова, с повышением дозы азота от  $N_{30}$  до  $N_{60}$  и  $N_{90}$  кг/га д.в., который вносили в подкормки под позднеспелые гибриды в период 9...10 листьев, прибавка урожая составила соответственно 1,2 и 1,51 т/га. При частичном внесении этих же доз азотных удобрений – в межфазный период 10...11 и 13...15 листьев урожайность в соответствии с этим выросла на 1,42 и 1,69 т/га [125].

Фосфор нужен растениям с первых дней его жизни, и раннее фосфорное голодание не имеет возможности полностью его компенсировать улучшением фосфорного питания в последующие периоды их жизнедеятельности.

Недостаток в фосфорном питании заметно продлевает вегетационный период, определяет неполноценное оплодотворение женских цветков, початки остаются недоразвитыми, часто уродливой формы, с мелким зерном и искривленными рядами. При недостатке фосфора задерживается рост и развитие корневой системы.

При достаточно большом количестве фосфорного питания останавливается процесс роста, ускоряет формирование растений и понижает урожайность вегетативной массы и зерна.

При хороших порциях фосфорного питания улучшается углеводный и азотный обмен, корневая система усиливает свое развитие, увеличивается устойчивость в засушливую погоду, заметно улучшаются процессы оплодотворения, размеры и озерненность початка становятся крупнее [30].

Д.С. Филев, А.Л. Запорожченко советуют как фосфорные, так и азотные удобрения вносить частями под предпосевную культивацию дозой  $N_{30}P_{30}$  кг/га д.в. и в виде подкормок когда подаём первый полив ( $N_{15}P_{15}$ ), затем перед вторым поливом ( $N_{15}P_{15}$ ) [179]. Хотя итоги проведенных исследований других авторов [2, 4, 10] ориентируют на высокую результативность внесения фосфора под основную обработку, по причине небольшого движения его в почве.

Собственно когда фосфор и азот входят в состав различных органических синтезов растения, то калий практически полностью находится в тканях в виде растворимых в воде солей и занимает весомую и своеобразную роль в жизни

растений. Калий активизирует процессы обмена веществ, оказывает позитивное воздействие на фотосинтез, энергетику растений. За счёт хорошего обеспечения калием повышается устойчивость к полеганию, стеблевой гнили, пузырчатой головне, дефициту воды, низким и повышенным температурам [164, 84].

При недостатка калия рост растений приостанавливается, развитие корневой системы снижается, початки образуются щуплыми верхушки початка с плохим наполнением или пустые даже бывают совсем без завязи, созревание зерна запаздывает. В период наибольшего присутствие калия в почве то особого воздействия на рост, формирование и сбор урожая кукурузы не оказывает.

При совместном внесении фосфора, калия и азота создаются положительные условия для развития микрофлоры почвы, заметно повышаются процессы скопления фосфатов и нитратов в почве, собственно в результате чего и происходит повышение урожайности [57, 178].

В Волгоградской области на экспериментальных полях орошения ВНИИОЗ и Волгоградского СХИ на протяжении длительного периода велись исследования по влиянию на производительность зерновой кукурузы доз удобрений [77, 79, 83, 84, 128, 129, 134, 162, 181, 182].

Полученные результаты исследований, проведённые В.И. Пожиловым, В.П. Поповым [134], показывают, что предельно допустимой дозой азота под зерновую кукурузу Краснодарская – 440 МВ считается  $N_{215}$  кг/га д.в. Применении свыше 150 кг азота урожаи зерна, в независимости от его распределения (однократно или двукратно), в период вегетации были практически одинаковые.

Результаты многих исследовательских работ, проведённые в Волгоградской области доказывают, что увеличение доз удобрений вплоть до  $N_{300}P_{120}K_{110}$  кг/га д.в. на светло-каштановых почвах не способствует увеличению урожайности кукурузы [2, 162].

В неорошаемых условиях Крыма невысокая результативность удобрений посевов зерновых культур и кукурузы, вследствие недостающей влажности отмечается проведенными изучениями А.А. Гапенко, М.Е. Сычевского [33].

Следовательно, залогом очень эффективного применения удобрений считается обеспеченность растений водой. При всём этом растения лучше и стремительнее усваивают элементы питания [1, 4, 57, 79, 84, 198, 199].

Анализ данных исследований позволяет отметить то, что присутствие наилучшего сочетания водного и пищевого режимов почвы с целью получения намечаемой урожайности сельскохозяйственных культур роль условий минерального питания растений возрастает.

### **1.5 Обоснование направления исследований**

Анализ литературных источников показывает, что в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения, крайне неравномерного выпадения осадков, возделывание кукурузы на зерно возможно только при орошении. Однако под влиянием орошения происходит уплотнение почвы, увеличение плотности подпахотных горизонтов.

Орошение дождеванием с высокой интенсивностью и повышенной поливной нормой полива приводит к разрушению агрегатного состава почвы, заставляя в них почвенный воздух, происходит разрыв почвенных агрегатов. Ухудшение водно-воздушных условий при увеличении водной нагрузки отрицательно сказывается на трансформации органического вещества, в том числе и гумусообразовании. Поэтому высокая и устойчивая урожайность зерна кукурузы в зоне орошения в светло-каштановых почвах Волгоградской области может быть достигнута путём совершенствования основной обработки почвы, улучшение физических и водно-физических свойств почв, влагообеспеченности и технологических показателей.

На наш взгляд необходимо рассмотрение технологических вариантов обработки почвы, обеспечивающих разуплотнение подпахотного горизонта, разрушение «плужной подошвы». Всё это будет направлено на обеспечение лучших условий влагонакопления в нижних слоях почвы, водопроницаемости и аэрации в верхних слоях. Считаем, что недостаточно изучены вопросы влияния

способов основной обработки почвы на агрофизические и агрохимические свойства почвы, мало сведений о микробиологической активности почвы в условиях орошения.

Необходимо оценить перспективные гибриды кукурузы для орошаемых условий, установить особенности роста развития и формирования урожая зерна в зависимости от изучаемых факторов. Недостаточное изучение этих вопросов в условиях орошения на светло-каштановых почвах сыграли существенную роль в обосновании направлении наших исследований.

## 2. УСЛОВИЯ, СХЕМА ОПЫТА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Погодные условия в годы проведения опытов

Орошаемый участок, на котором в 2010-2014 гг. непосредственно проводились экспериментальные исследования, находится в Городищенском районе Волгоградской области.

Климат Волгоградской области определяется как резко континентальный с небольшим количеством осадков, присутствием восточных и юго-восточных иссушающих ветров. Органические остатки быстро минерализуются, что является причиной бедности почв гумусом. Засушливый континентальный климат, скудный и изреженный видовой состав растительности, бедные минералами, засоленные почвообразующие породы привели к образованию комплексного почвенного покрова с преобладанием светло-каштановых почв и солонца.

Наиболее низкая среднемесячная температура наблюдается в январе, высокая в июле. В летнее время температура воздуха способна подниматься больше +40°C, в зимний период спускается ниже -30°C. Следовательно, абсолютно совершенная амплитуда колебаний температуры воздуха составляет приблизительно 70°C. Безморозный период в данной части междуречья составляет 172 дня с немалыми колебаниями по годам. Особенность температурного режима региона считается возвращение холодов, запоздалые заморозки в весенний период (в мае) и преждевременные морозы по осени (в сентябре). Общие годовая численность осадков в регионе исследований составляет примерно 300 мм с немалыми колебаниями по годам, которые достигают 50 % от средне-многолетних значений. Основная их численность (до 70 %) достается в теплое время, при этом максимальное количество приходится на май и июнь. Небольшое число осадков, влияние сухих восточных и юго-восточных ветров обуславливают значительную сухость воздуха и почв. Очень большая относительная влажность воздуха в зимний период времени ориентировочно 86 %, низкая – в теплое время (36...42 %). Во время сухих ветров она может иметь 20 %.



Самый большой ущерб сельскому хозяйству приносят долговременные засухи, их температура воздуха в данный период времени поднимается до +34...+42°C, а температура поверхности земли вплоть – до +55...+64°C влажность атмосферного воздуха при этом составляет меньше 30% , скорость ветра от 6 до 21 м/с. Отмечены характерные черты ветрового и температурного режимов, высокая испаряемость с поверхности почвы, превышающая численность осадков в 6...7 раз. Нужно выделить два главных фактора, значительно влияющие на климат района исследования: соседство полупустыни с востока и запада и разливы талой воды, которые повторяются каждый год.

Повторяющиеся разливы талых вод, притекающие из холодных областей страны, снижая амплитуду колебаний температуры и повышая влажность атмосферного воздуха по сравнению с климатом полупустынь находящихся вокруг пространств, формируют, подобным способом, особенную провинцию атмосферного климата.

Изобилие тепла (свыше 3000°C), солнечного света (свыше 2500 часов) и возможность орошения формируют подходящие условия для выращивания больших урожаев теплолюбивых культур в междуречье.

За период проведения полевых исследований погодные условия в 2011-2013 годах сформировывались следующим образом (таблица 2.1).

$$ГТК = \frac{10 \cdot \sum P}{\sum t},$$

где ГТК – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова, показывающий степень влагообеспеченности региона от осадков; P – сумма осадков за период со среднесуточной температурой выше 10 °C, мм; t – сумма температур за тот же период, °C. Для оценки влагообеспеченности по критерию ГТК используют следующую шкалу градаций  $1,6 \leq ГТК \leq 1,3$  - зона достаточного увлажнения;  $1,3 \leq ГТК < 1$  - слабозасушливая зона;  $1 \leq ГТК \leq 0,7$  - засушливая зона;  $0,7 \leq ГТК \leq 0,4$  – крайне засушливая зона;  $ГТК < 0,4$  - зона с сухим климатом.

По условиям теплообеспеченности годы исследования были близкими к среднемноголетним значениям (таблица 2.1). По сумме положительных температур за период активной вегетации посева кукурузы были обеспечены теплом до полного вызревания (от 3300 до 3407°C). Наиболее жаркие месяцы были за три года исследований июль и август. Самой высокой сумма температур наблюдалась в 2011 году в июле и составила 875,3°C при этом на 11,4% превышала 2012 г. и на 18,7% - 2013 год, среднее значение за период вегетации кукурузы (май-сентябрь) составило 660°C.

Для формирования высокой продуктивности кукурузы очень важны весенние влагозапасы в метровом слое почвы и количество выпавших осадков за вегетационный период. Если динамика нарастания температур незначительно отличалась от среднемноголетних, то распределение осадков за вегетационный период было более неравномерным. Июнь и сентябрь 2013 года, а также сентябрь 2011 года были влажными, выпало почти по три нормы осадков. Июль 2012 года занимал промежуточное положение с суммой осадков 56,2 мм. В сентябре 2012 года сумма осадков составила 2,8 мм, в августе 2013 года 2,0 мм, что практически были без осадков с суховеями. В мае 2011 год, май 2012 и июнь, и в 2013 году май и июль были близкими к среднемноголетним значениям с суммой осадков от 22,3 до 32,6 мм (приложение 1).

Таблица 2.1 – Погодные условия в период проведения исследования  
(по данным метеостанции ВолГАУ)

Период	Годы исследований								
	2011			2012			2013		
	ΣP	Σt	ГТК	ΣP	Σt	ГТК	ΣP	Σt	ГТК
май	22,3	550,5	0,41	25,3	620,7	0,41	24,34	641,3	0,38
июнь	16,3	674,1	0,24	32,6	736,9	0,44	113,2	666,0	1,7
июль	10,8	875,3	0,12	56,2	775,7	0,72	28,2	711,5	0,4
август	10,0	728,1	0,14	14,4	755	1,91	2,0	704,8	0,028
сентябрь	133,0	471,6	2,82	2,8	519,1	0,05	117,5	413,0	2,84
итого	192,0	3300,0	0,58	131,0	3407,0	0,38	285,2	3136,6	0,91

В целом годы исследования по совокупности гидротермического коэффициента за период вегетации, можно охарактеризовать как крайне

засушливые и сухие: 2011 г. – (ГТК=0,58), 2012 г. – (ГТК=0,38), 2013г. – (ГТК=0,91). В 2011 году 69,3% осадков от общей суммы за вегетационный период выпало в сентябре, а в 2013 году 39,7% и 41,2% - осадков в июне и в сентябре, однако высокая интенсивность дождя образовывала ливневые стоки и не привела к накоплению почвой продуктивной влаги.

Изменчивость метеорологических показателей по температуре и осадкам за вегетационный период кукурузы на зерно (май-сентябрь) по годам исследований и в многолетнем разрезе представлена на рисунке 2.1

Наиболее жаркие месяцы в ранее проведенные 2004-2006гг. – это июль и август. Негативные условия возделывания сельскохозяйственных культур на территории области, не считая почвенной засухи, обостряются суховеями, которые характеризуются относительной атмосферной влажностью меньше 35 %, средней суточной температурой воздуха больше 22 °С и скоростью ветра больше 6 м/с. За теплый период насчитывается 50...59 этих дней.

Небольшое число зимних и весенне-летних осадков, большая испаряемость в летний сезон, превышающая в 3...4 раза необходимую сумму выпавших осадков, приводят к острому недостатку почвенной влаги. Следовательно, устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур и кукурузы на зерно в том числе, возможно получать в при таких условиях исключительно при орошении.

Годы экспериментальных работ в 2004-2006 гг. по распределению осадков, относительной влажности воздуха и температуры характеризовались по данным агрометеорологической станции ВолГАУ.

Температурный режим воздуха по годам изучений имел незначительные различия от среднемноголетнего значения (приложение 2, 3, 4).

По совокупности гидротермического коэффициента за период вегетации, годы изучений можно охарактеризовать как: 2004 г. – засушливый (ГТК=0,77), 2005 г. – очень засушливый (ГТК=0,55) и 2006 г. – сухой (ГТК=0,40).

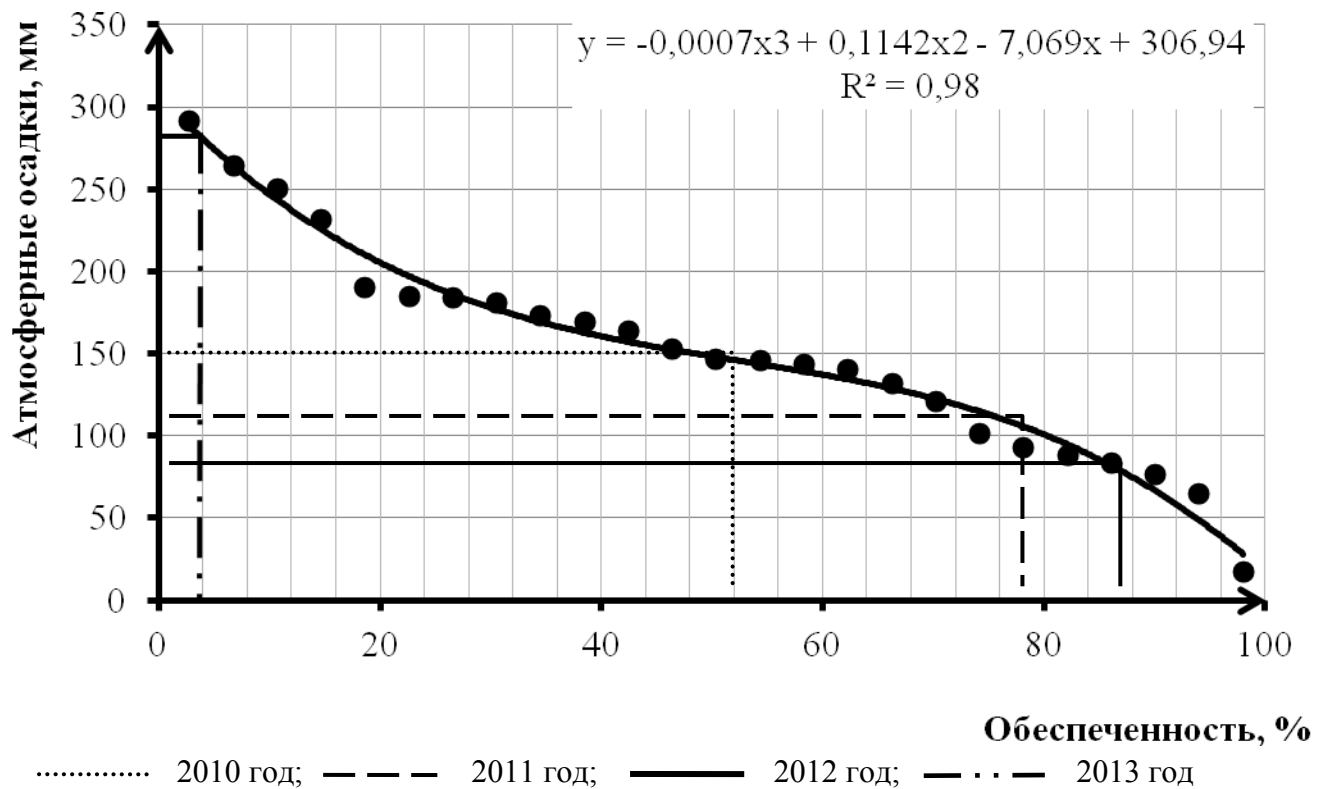
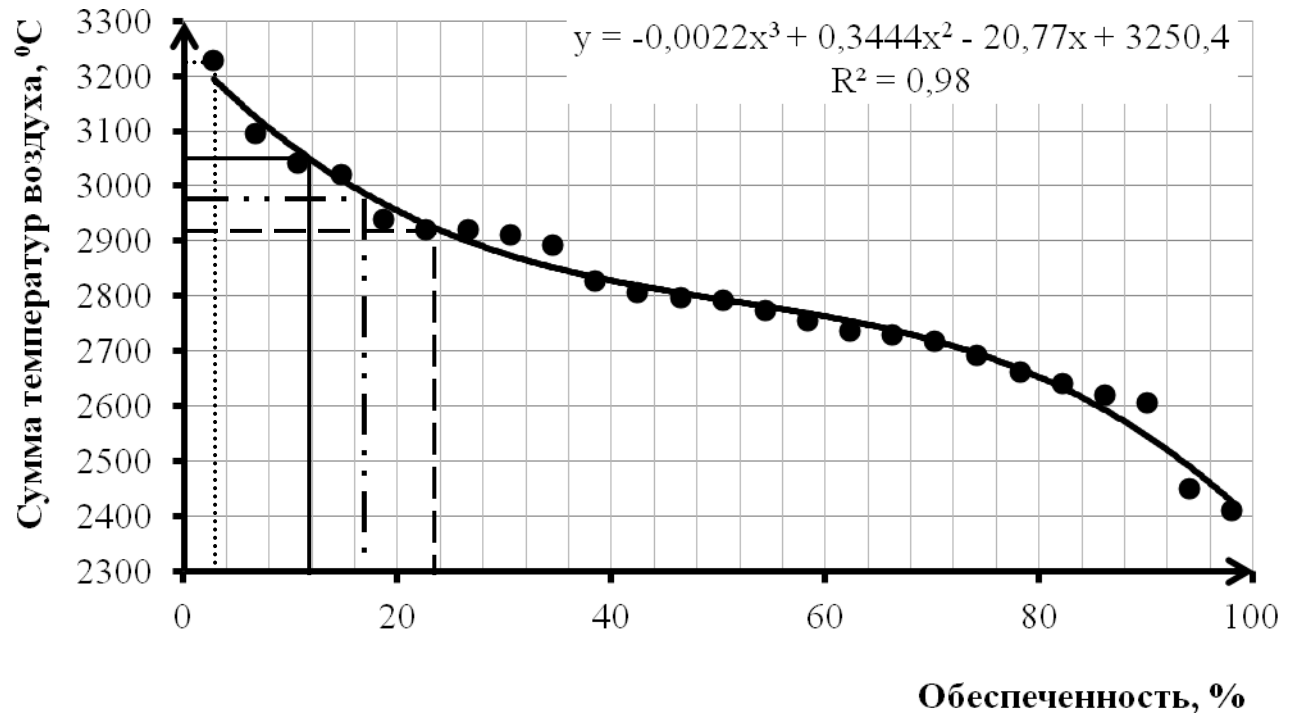


Рисунок 2.1 – Обеспеченность поступления тепла и осадков в годы проведения исследований

В мае и июне 2004-2005 гг. число выпавших осадков превосходило среднемноголетние значения на 12,3 и 35,6 мм; 37,2 и 7,0 мм соответственно, что характеризует начало вегетационного периода как самый влажный. Очень жаркие месяцы в 2004 году были июль и август, сумма температур составила в июле - 682,1 С<sup>0</sup> и в августе - 657,2 С<sup>0</sup>, при этом среднее значение составило 558,5 С<sup>0</sup>. Сумма осадков была меньше, среднемноголетних значений, июль - 27,9мм, август – 28,7 мм, соответственно данный период вегетации является засушливым. В 2005 году наибольшая сумма температур отмечена в июле и августе которая составила 731,6С<sup>0</sup> и 720 С<sup>0</sup>, средняя сумма температур была 679 С<sup>0</sup>, сумма осадков составила среднее за вегетационный период 37,3мм, из полученных данных можно отметить, что данный период вегетации является очень засушливым. Количество осадков за период вегетации 2006 года превышало среднемноголетние данные только в мае на 24,5 мм, в остальные месяцы сумма осадков была ниже среднемноголетней. Наибольшее отклонение от среднемноголетнего количества осадков наблюдалось в июне – 31,8 % от нормы.

Относительная влажность воздуха за период вегетации 2004 года была понижена в мае на 4 %, а в другие месяцы она превышала на 6 – 11%. В 2005 году в июне, августе и сентябре она была меньше среднемноголетнего значения в среднем 5-8 %, а в 2006 году в течение всей вегетации была ниже среднемноголетнего значения на 6 - 12 %, кроме мая и сентября.

Анализ агрометеорологических данных показал, что погодные условия в годы проведения полевых опытов существенно различались по температуре и относительной влажности воздуха, по сумме осадков и были характерны для региона исследований. Следует отметить, что получение высоких урожаев зерна на кукурузы в условиях Волгоградской области возможны только в условиях орошения.

## **2.2 Почвенные условия исследуемого участка**

Почвенный покров территории, представлен светло-каштановыми почвенными разностями разной степенью солонцеватости. Почвообразующими

породами на опытном участке служат средние и легкие суглинки.

В геологическом строении принимают участие неогеновые и верхнечетвертичные элювиально-делювиальные и аллювиальные отложения.

Горизонт  $A_{\text{п}}$  0...0,27 м – пахотный, темновато-серый, суглинистый, текстура комковато-зернистая, плотное сложение, пронизан корнями, к следующему горизонту переход постепенный.

Горизонт А 0,27...0,44 м – темновато-серый, суглинистый, текстура грубо-комковатая, сложен достаточно плотно, пронизан корнями, резкий переход к следующему горизонту.

Горизонт  $B_1$  0,44...0,62 м – коричневатого-серый, окрашенный неравномерно, от затеков перегноя пятнистый, суглинистый, сложение чуть плотное, наблюдаются железистые пятна и конкреции, которые свидетельствуют происходящих в нём окислительно-восстановительных процессах, к следующему горизонту переход постепенный.

Горизонт  $B_2$  0,62...0,88 м – коричневатого-желтый, супесчаный, рыхлое сложение, наблюдаются ржавые и бурые пятна, к следующему горизонту переход постепенный.

Горизонт С ниже 0,88 м – желтовато-серый, бесструктурный рыхлый песок с ржавыми пятнами.

Описанная почва не вскипает, скопления сульфатов нет.

Почвы опытного участка можно причислить к среднесуглинистым, потому, что физической глины в горизонте А содержится около 32...47% (для степного типа почвообразования).

Кроме гранулометрического состава (таблица 2.2), на водно-воздушный и питательный режим почвы значительно влияет и ее структура. К агрономически значимым принадлежат агрегаты размером от 0,25 вплоть до 10 мм, наиболее укрупнённые почвенные отдельности считаются глыбистой частью почвы, а наиболее мелкие – распыленной. Лучшие водно-физические качества почв сухостепной зоны формируются при объёме агрегатов от 0,25 до 3 мм.

Таблица 2.2 – Гранулометрический состав почв опытного участка, мм

Наименование горизонта	Слой почвогрунта, м	Размер фракций, мм				
		1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	Менее 0,001
A <sub>п</sub>	0,0...0,27	9,8	13,6	29,2	7,1	19,9
A	0,27...0,44	9,4	0,4	20,6	13,4	15,7
B <sub>1</sub>	0,44...0,62	14,5	15,0	23,9	6,7	12,6
B <sub>2</sub>	0,62...0,88	21,8	24,8	20,0	8,7	10,0
C	0,88...0,100	25,5	31,2	6,4	7,3	7,6

С целью высококачественной оценки используют коэффициент структурности, который рассчитывают как отношение массы комочков диаметром от 0,25 до 10 мм к массе остальных фракций. Чем коэффициент больше, тем правильнее сложена структура почвы. В исследуемой почве в слое 0,0...0,2 м этот коэффициент равен 3,26, а в слое 0,2...0,4 м – 2,46.

Главными условиями агрономической ценности структуры считаются ее влагопрочность и пористость. В исследуемой почве слоя 0,0...0,2 м содержание влагостойких агрегатов составило 72,8% размером более 0,25 мм, а в слое 0,2...0,4 м – 78,6%. Это свидетельствует о высочайшей стойкости сложения и наилучшей влагопрочности структуры для зерновых культур.

Сложение почвы характеризуется пористостью и плотностью. Плотность почвы, в существенной мере устанавливает ее воздушный и водный режимы. Она находится в зависимости от структурного и гранулометрического состава почвы. Плотность почвы для расчетных слоев почвогрунта 0,0...0,4 и 0,0...0,7 м составляет 1,21 и 1,27 т/м<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость в слое 0,0...0,4 м – 28,89%, 0,0...0,7 м – 26,67% массы сухой почвы (таблица 2.3).

Одним из особо важных качеств почвы, обуславливающее в основном воздушный и водный режим, – это общая пористость. Для суглинистых почв оптимальные значения общей пористости для пахотного слоя составляют 50...60 % общего объема. Применительно к нам общая пористость пахотного слоя равна 54,31...57,89 %.

Таблица 2.3 – Водно-физические характеристики почвы исследуемого участка

Глубина слоя, м	Плотность твердой фазы, г/м <sup>3</sup>	Плотность сложения, г/м <sup>3</sup>	Наименьшая влагоемкость, % массы сухой почвы	Общая пористость, %
0,0...0,1	2,66	1,12	29,77	57,89
0,1...0,2	2,67	1,19	29,43	55,43
0,2...0,3	2,67	1,22	28,71	54,31
0,3...0,4	2,68	1,31	27,65	51,12
0,4...0,5	2,68	1,37	24,62	48,88
0,5...0,6	2,65	1,35	23,87	49,06
0,6...0,7	2,60	1,38	22,63	46,92
0,0...0,4	2,67	1,21	28,89	54,68
0,0...0,7	2,66	1,27	25,31	51,94

Полагаясь на полученные результаты анализа водной вытяжки почвы можно отнести к незасоленным, поскольку слое 0,0...0,4м плотный остаток в не превышает 0,2 % (таблица 2.4).

Большое число ионов находится в слое 0,0...0,2 м, из катионов в составе водной вытяжки превалирует кальций. В общей сумме солей больше присутствуют сульфаты. Тип засоления определяют путём соотношения ионов. Полученные данные почвы можно отнести к сульфатному типу. При этом типе засоления почвы содержат менее 0,15 % солей, поэтому их можно отнести к незасоленным.

Таблица 2.4 – Водная вытяжка почв опытного участка

Слой почвы, м	HCO <sub>3</sub>	CL <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Сумма анионов	Сумма катионов	Общая сумма	Плотный остаток
0,0...0,2	$\frac{0,020}{0,32}$	$\frac{0,007}{0,19}$	$\frac{0,069}{1,44}$	$\frac{0,030}{1,50}$	$\frac{0,002}{0,16}$	$\frac{0,07}{0,29}$	0,096	0,039	0,135	0,125
0,2...0,4	$\frac{0,024}{0,4}$	$\frac{0,010}{0,29}$	$\frac{0,043}{0,90}$	$\frac{0,018}{0,90}$	$\frac{0,005}{0,41}$	$\frac{0,007}{0,29}$	0,074	0,030	0,107	0,095

Примечание. В числителе показано содержание ионов в % на сухое вещество, в знаменателе - в мг-эк./100 г почвы.



Существенное влияние на формирование растений оказывает реакция почвенного раствора. Реакция среды в слое 0,0...0,4 м на участках где проводились исследования изменялась от 6,8 до 7,0, т.е. – от слабокислой до нейтральной.

Наиболее абсолютное представление о результативном плодородии почв дает агрохимическая черта, которая учитывает подвижные формы питательных веществ, оказывающих большое влияние на развитие и рост растений и способствующих увеличению урожая (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Агрохимическая характеристика почв опытного участка

Глубина слоя, м	рН	Гумус, %	Азот		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			Легкогидролизруемый	Нитратный		
			мг/100 г сухого вещества			
0,0...0,2	6,8	2,46	16,4	12,3	5,8	11,4
0,2...0,4	7,0	2,02	14,2	11,8	6,6	17,5
0,0...0,4	6,9	2,24	2,24	12,1	6,2	14,5

В рассматриваемых нами почвах невысокое содержание гумуса. Наибольшее число (2,46 %) присутствует в слое 0...0,2 м, после этого быстро понижается, и в слое 0,2...0,4 м не более чем 2,02 % гумуса. В это почве наблюдается достаточно большая обеспеченность подвижными фосфатами и легкогидролизруемым азотом, хотя содержание обменного калия невысокое.

Для всех зерновых культур, чувствительных к небольшой влажности воздуха, более результативно дождевание. Оно способствует понижению температуры воздуха, почвы и растения, становится выше влажность воздуха и снижается транспирация у растений, что очень хорошо влияет на физиологические процессы. При дождевании допустимо проведение освежительных поливов и более точное регулирование водного режима почвы. Кроме этого, большое значение имеет качество поливной воды (таблица 2.6).

Как видно из таблицы, вода имеет хорошее качество по всем показателям и вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качеству поливной воды.

Таблица 2.6 – Качество поливной воды

№ опорной скважины	Сухой остаток, мг/л	Общая жесткость, мг-экв./л	Cl <sup>-</sup> мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> мг/л	Fe <sup>3+</sup> Мг/л	рН
1	258	2,7	21	44	0,24	7,6
2	590	4,1	128	125	0,95	6,5
3	585	5,1	190	82	0,83	6,0

Таким образом, можно отметить, что на орошаемом опытном участке для получения стабильной урожайности нужно осуществлять комплекс агротехнических мероприятий, помимо этого, рационально периодическое поверхностное рыхление, кроме того внесение органических и минеральных удобрений.

### 2.3 Схема полевого опыта

В 2011-2013 гг. исследования проводились в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области (УНПЦ Горная поляна) по схеме двухфакторного полевого опыта, где в составе фактора А изучали способы основной (осенней) обработки почвы, а фактора В – изучали сорта кукурузы, возделываемой на зерно.

Схемой опыта по способам основной обработки почвы были предусмотрены 3 варианта: вариант А1 – лемешно-отвальная вспашка (контроль), вариант А2 – чизельное безотвальное рыхление, вариант А3 – чизельное отвальное рыхление.

По фактору В изучались гибриды кукурузы на зерно по вариантам обработки почвы: фактор В1 - гибрид Поволжский 89 МВ, фактор В2 – гибрид Поволжский 188 МВ, фактор В3 – гибрид Поволжский 190 СВ.

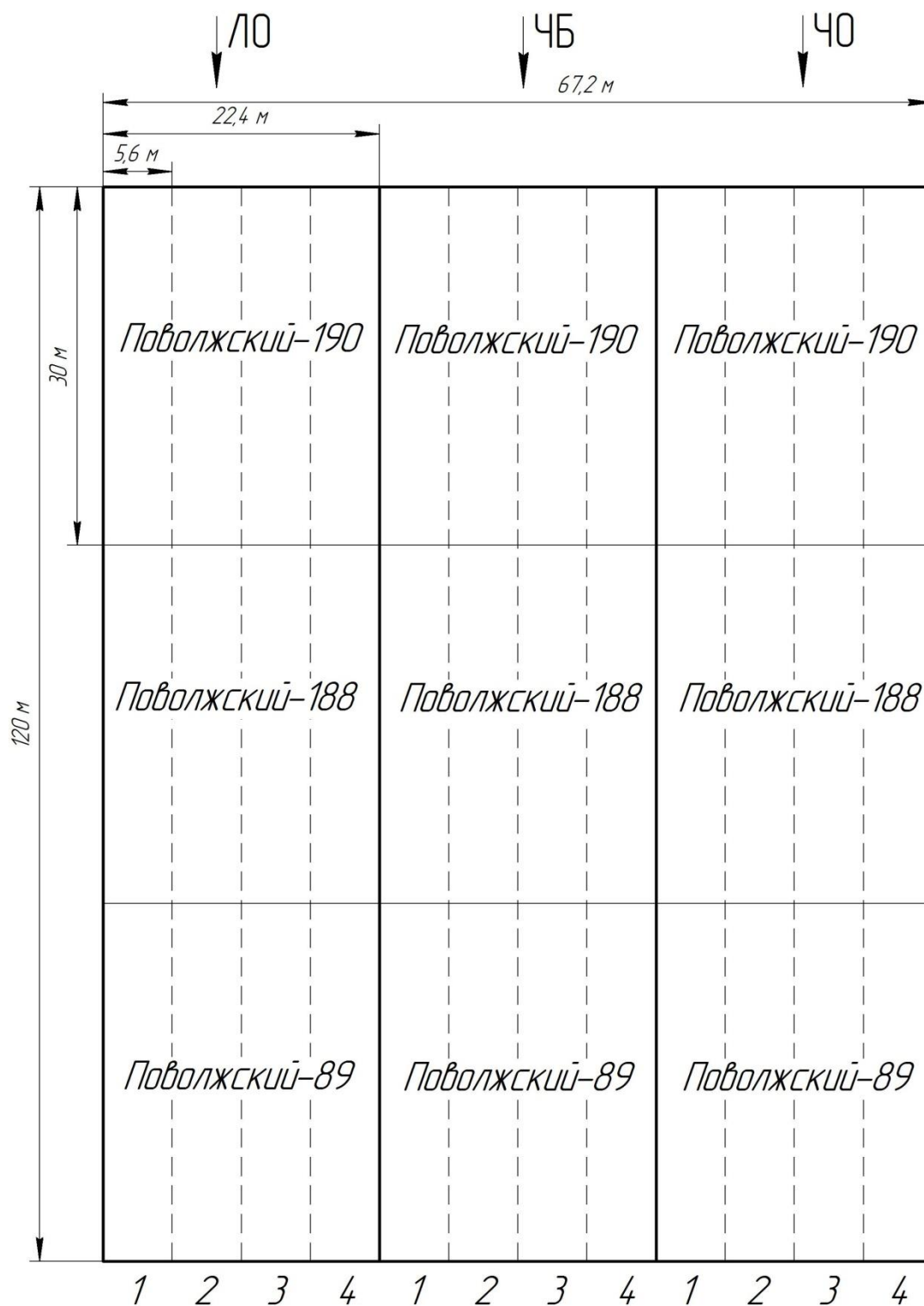


Рисунок 2.2 – Схема размещения делянок: ЛО – лемешно-отвальная вспашка; ЧБ – чизельная безотвальная обработка; ЧО – чизельная отвальная обработка; 1, 2, 3, 4 – повторности

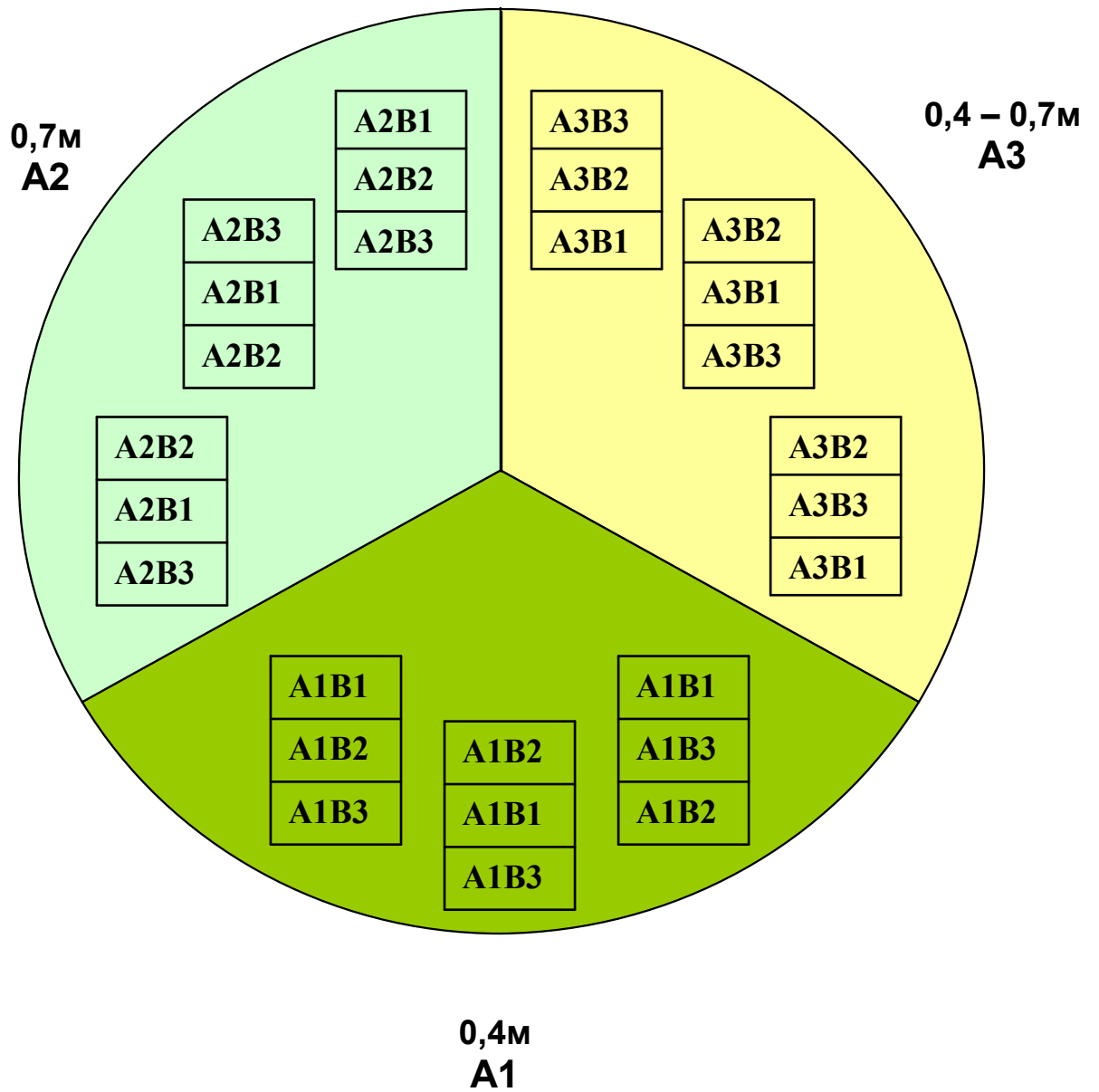
По вариантам обработки почвы по годам исследования в соответствии с методикой полевого опыта [45, 99] опыты закладывали систематическим методом. Общая площадь опыта – 0,2 га. Площадь посевной делянки 168 м<sup>2</sup> (5,6 × 30), учётной – 56 м<sup>2</sup> (2 × 26). Повторность вариантов – четырёхкратная. Предполивной порог влажности почвы поддерживался на уровне не ниже 80 % НВ в слое 0,7 м от фазы 13 листьев до окончания цветения, а в остальной период – 70 % НВ в слое почвы 0,4 м. Фон удобрений (N<sub>180</sub>P<sub>95</sub>K<sub>50</sub> кг д.в.) и агротехника (за исключением основной обработки почвы) идентичны на всех вариантах опыта и соответствуют принятым для зоны Поволжья [98].

Ранее двухфакторный полевой эксперимент по изучению режимов орошения и минерального питания кукурузы на зерно при поливе дождевальными машинами МД «Кубань – ЛК» был заложен в 2004-2006 гг. ОАО «Н.К. Крупской» Котельниковском районе Волгоградской области.

Схемой вариантов в опыте предусматривались три варианта глубины увлажнения почвы: 1-й – на глубину увлажнения 0,4 м слоя почвы, 2-й – 0,7, 3-й – дифференцированный, с переменной глубиной увлажнения (0,4 и 0,7 м). В третьем (дифференцированном) варианте поливы назначили по предполивной влажности, в период снижения влажности почвы в расчетном слое 0,4-0,7 м до заданного уровня, поливные нормы рассчитывали на глубину активного слоя почвы 0,7 м. Для всех вариантов опыта предполивной порог влажности принят одинаковый – 75 % НВ.

В опытах использовали районированный для данной зоны гибрид РОСС-273 МВ, который высевали широкорядным способом, с междурядьями 70 см на всех вариантах опыта.

Опыты закладывали путем расщепленных делянок при одноярусном систематическом последовательном по режиму увлажнения и рендомизированном размещении вариантов по минеральному питанию. Учетная площадь делянок по глубине увлажнения почвы – 900 м<sup>2</sup>, норме удобрений – 120 м<sup>2</sup>. Повторность экспериментов трехкратная (рисунок 2.3).



Дозы удобрений рассчитаны на получение зерна: В1-7 т/га; В2-8 т/га; В3-9 т/га.  
Глубина увлажнения почвы – А1, А2, А3.

Рисунок 2.3 – Схема размещения вариантов в опыте

Таблица 2.7 – Варианты полевого опыта

№ п/п	Фактор А	Условные обозначения	Фактор В	Условные обозначения	Полное обозначение вариантов
	Глубина увлажнения почв, м		Доза минерального удобрения, кг/га д.в.		
1	0,4	A <sub>1</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>
2		A <sub>1</sub>	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>
3		A <sub>1</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	b <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>
4	0,7	A <sub>2</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>
5		A <sub>2</sub>	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>
6		A <sub>2</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	b <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>
7	0,4 – 0,7	A <sub>3</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>
8		A <sub>3</sub>	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>
9		A <sub>3</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	b <sub>3</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>

В каждом из трех вариантов увлажнения нормы минеральных удобрений, рассчитывались на запланированную урожайность кукурузы на зерно 7,0; 8,0 и 9,0 т/га и составили соответственно N<sub>50</sub>P<sub>50</sub>K<sub>20</sub> , N<sub>100</sub>P<sub>95</sub>K<sub>40</sub> , N<sub>150</sub>P<sub>140</sub>K<sub>60</sub> кг/га д.в. (таблица 2.7).

#### 2.4 Методика проведения опытов по изучению агротехнических приемов, сопутствующие исследования и наблюдения

**Метеорологические наблюдения.** При проведении полевых опытов были собраны метеорологические данные предшествующих лет (50 лет), ежегодно проводились наблюдения за изменением метеорологических факторов (осадки, температура, влажность воздуха, скорость ветра). Полученные данные сопоставляли с многолетними показателями. Метеорологические наблюдения проводились по общепринятым методикам [3, 8, 186,] непосредственно на опытном участке. Среднесуточные показатели были получены с метеостанции г. Волгограда.

Осадки измеряли осадкомером Третьякова О-1. Для непрерывной регистрации температуры и относительной влажности воздуха использовали метеостанцию, подключенную к компьютеру. В отдельных случаях использовали аспирационный психрометр МВ-4М.

Для измерения температуры почвы на различных глубинах применяли термометры Савинова ТМ-5. Коленчатые термометры устанавливали под углом  $45^{\circ}$  на глубине 5, 10, 15 и 20 см. от поверхности почвы. Расстояние между термометрами около 10 см.

### **Изучение агрофизических и водно-физических свойств почвы.**

Плотность сложения почвы (масса почвы в единице объема в естественном сложении,  $\text{т/м}^3$  или  $\text{г/см}^3$ ) определяли методом режущего кольца. Отбор проб производится по горизонтам почвенного разреза через каждые 10 см. до глубины 1 м и через 20 см. в более глубоких горизонтах. Повторность 3-х кратная. Отбор почвенных проб ведется из специально подготовленного для этой цели шурфа размером  $0,7 \times 1,0$  м необходимой глубины путем вдавливания бура в почву. После заполнения его ножом срезают излишки грунта с краями кольца. Оставшийся в кольце образец почвы, равный объему кольца, без потерь переносят в предварительно взвешенные бюксы. Образцы почвы взвешивают и высушивают при температуре  $105^{\circ}\text{C}$  в течении 8 часов.

Массу абсолютно сухой почвы делили на объем цилиндра и определяли плотность сложения [26, 135]

Плотность твердой фазы почвы (отношение массы абсолютно сухой почвы к объему твердых частиц,  $\text{т/м}^3$  или  $\text{г/см}^3$ ) определяли пикнометрическим методом [35, 59, 60].

Почвенную влажность завядания растений (ВЗ), общую порозность  $\varepsilon$  (пористость, скважность) и пористость аэрации  $\varepsilon_{\text{air}}$  расчётными методами, %:

$$BZ = 1,5 \cdot MГ; \quad \varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}\right) \cdot 100; \quad \varepsilon_{\text{air}} = \varepsilon - \theta = \varepsilon - \rho_b \cdot \gamma,$$

где  $\theta$  – объёмная влажность почвы (капиллярная пористость), %;  $\gamma$  – влажность почвы, %.

Влагозапасы активного слоя почвы определяются по формуле:

$$W = \frac{(h \cdot \beta \cdot \alpha)}{100},$$

где  $h$  – глубина расчетного слоя, м;  $\beta$  – влажность почвы в расчетном слое, % массы сухой почвы;  $\alpha$  – плотность почвы в рассматриваемом слое, г/м<sup>3</sup>.

Запасы почвенной влаги определяли расчетным методом, исходя из плотности сложения и полевой влажности почвы. Динамику влажности почвы определяли термостатно-весовым методом, а также с использованием тензиометров. Повторность отбора проб четырехкратная. Определение влажности почвы проводили перед посевом кукурузы, до и после полива, а также по фазам развития растений. Образцы почвы до и после вегетационного периода кукурузы на зерно отбирали в слое 0...1,0 м, а в период вегетации – в слое 0...0,4 м. Пробы отбирали послойно через 0,1 м на динамических площадках (перед поливом, после полива через 1...2 суток и после выпадения осадков, никак не реже, чем через 8...11 суток). Влажность почвы в процентах к абсолютной сухой почве определяли по формуле:

$$y = \frac{P_v}{P_c} * 100,$$

где  $y$  – влажность почвы, % от абсолютной сухой почвы;  $P_v$  – масса воды в почвенном образце;  $P_c$  – масса высушенного почвенного образца, г; 100 – коэффициент для пересчета в проценты.

Поступление влаги в зону аэрации из грунтовых вод во внимание не принималось, т.к. на опытном участке они расположены вне зоны капиллярного влияния на корнеобитаемый слой.

Устанавливаемые сроки отбора образцов из почвы глубина, частота, повторность определения, размеры, месторасположение скважин и наблюдательных площадок на которых велись исследования по методике А.А. Роде [156, 157]. До установленного порога влажности в почве назначались поливы.

С помощью метода водного баланса определяли суммарное водопотребление кукурузы по уравнению А.Н. Костякова [69].



$$E = M + 10 \mu P \pm \Delta W + W_{гр},$$

где  $E$  – суммарное водопотребление, м<sup>3</sup>/га;  $M$  – оросительная норма, м<sup>3</sup>/га;  $P$  – сумма выпавших за расчетный период осадков, мм;  $\mu$  – коэффициент использования осадков;  $\Delta W$  – изменения запасов воды в почве за рассматриваемый период времени, м<sup>3</sup>/га;  $W_{гр}$  – подпитывание грунтовыми водами активного слоя почвы, м<sup>3</sup>/га.

Расчет поливной нормы устанавливали по формуле А.Н. Костякова:

$$m = 100 \cdot H \cdot \alpha \cdot (\beta_{нв} - \beta_{пн}),$$

где  $m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $H$  – толщина расчетного слоя почвы, м;  $\alpha$  – плотность почвы в слое  $H$ , т/м<sup>3</sup>;  $\beta_{нв}$  – наименьшая влагоемкость, % от массы сухой почвы;  $\beta_{пн}$  – влажность почвы перед поливом, % от массы сухой почвы.

Среднесуточное водопотребление кукурузы определяли расчётным методом [69].

$$E_{ср.сут.} = \frac{E_{пер.}}{T_{пер.}},$$

где  $E_{ср.сут.}$  – среднесуточное водопотребление растений, м<sup>3</sup>/га;  $E_{пер.}$  – водопотребление за вегетационный период культуры, м<sup>3</sup>/га;  $T_{пер.}$  – продолжительность расчётного периода, сут.

$$K_B = \frac{E}{Y},$$

где  $K_B$  – коэффициент водопотребления, м<sup>3</sup>/т;  $E$  – суммарное водопотребление за период вегетации культуры, м<sup>3</sup>/га;  $Y$  – урожайность, т/га.

**Агрохимические исследования на опытном участке.** Для исходной агрохимической характеристики и классификации почвы определяли следующие показатели ее по взятым образцам:

- гранулометрический состав [59, 60, 190];
- содержание гумуса по методу Тюрина в модификации ЦИНАО во всех горизонтах почвенного профиля;

Максимальную гигроскопичность [35];

- водную вытяжку с определением рН [ГОСТ 26423-85; ГОСТ 26488-85];

- содержание нитратного и аммиачного азота в почве в водной вытяжке для оценки обеспеченности почвы опытного участка доступным азотом [26, 59, 60, 135];

- содержание подвижного фосфора и обменного калия [ГОСТ 26204-84, ГОСТ 26223-84, ОСТ 46-40-76].

Почвенные образцы для агрохимического анализа брали дважды в год. Для этого весной из двух горизонтов (0,0...0,2 и 0,2...0,4 м), с каждой повторности отбирали смешанный образец, который состоял из 5 индивидуальных проб, осенью смешанный образец был из 3 проб с каждой делянки опыта.

**Сопутствующие наблюдения за опытными растениями.** Фенологические наблюдения, необходимые для оценки влияния агроприемов и факторов среды на рост и развитие растений кукурузы проводились на всех вариантах опыта ежедневно, обычно по утрам, в одно и тоже время [45]. Наблюдения выполнялись на 3-х динамических площадках расположенных по диагонали на двух несмежных повторениях каждого варианта полевых работ. На каждом варианте опыта определяли даты вступления растений в очередные фазы роста и развития: образование 3, 5, 7, 9, 11, 14 листьев, выметывание метёлок, цветение, образование початка, молочная спелость, молочно-восковая, восковая и полная спелость зерна. При проявлении признаков фазы у 15 % регистрировалось начало фазы, а при проявлении признаков фазы у 75 % растений регистрировалось полное вступление [86, 120, 179].

Биометрические наблюдения проводили через каждые 10 дней и в конце вегетации растений. На каждом варианте в трехкратной повторности выделяли по 10 растений [61, 138].

Фотосинтетическую деятельность растений в посевах изучали по общепринятой методике [177, 114, 173].

Прирост сухой и сырой биомассы определяли путем систематического отбора и взвешивания растительной массы модельных растений кукурузы.

Площадь листьев определяли на модельных растениях методом высечек с помощью пробочного сверла диаметром 0,8 или 1,0 см. [113, 114,].

Фотосинтетический потенциал рассчитывали суммированием средней площади листьев в различные периоды развития растений (тыс. м<sup>2</sup> х дней/га).

Чистую продуктивность фотосинтеза определяли по формуле:

$$\text{ЧПФ} = (B2 - B1) / (0,5 \cdot (S2 - S1) \cdot n), \text{ г/м}^2 \text{ в сутки},$$

где: B2-B1 – прирост сухой биомассы за период, г; 0,5·(S2-S1) – средняя площадь листьев за период, м<sup>2</sup>; n – число дней в периоде.

Учет накопления массы корней проводили рамочным методом послойно в горизонте 0,0-0,4м [169].

Учет урожая проводился по вариантам опыта с отбором образцов для оценки качества зерна, включая содержание нитратов [120, 179].

#### **Патентные исследования и статистическая обработка данных.**

Аналитический обзор патентной и другой научно-технической информации, направленный на решение задачи усовершенствования агротехнических приемов возделывания кукурузы на зерно на светло-каштановых почвах Волгоградской области был сделан при проведении патентных исследований с использованием «Методических указаний о порядке проведения патентных исследований» (1988 г.).

Для получения объективной, количественной оценки наблюдений и полученных в опыте данных нами была проведена статистическая обработка методом дисперсионного анализа с использованием современных компьютерных программ [46].

**Экономическая оценка результатов исследований.** Экономическая оценка вариантов опыта по способам обработки почвы, технологии выращивания орошаемой кукурузы проводилась в соответствии с требованиями методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов [56].

Используемая методика обеспечивает объективную оценку изучаемых вариантов и позволяет с учетом производственных и экономических условий рекомендовать наиболее целесообразные из них.

## 2.5 Агротехника кукурузы в опытах

В опытах применялась агротехника, разработанная ФГБНУ ВНИИОЗ и Волгоградским ГАУ на основе собственных исследований, полученных в процессе изучения технологических приемов в регионе Нижнего Поволжья.

При проведении исследований в 2011-2013 годах после уборки предшественника (озимая пшеница) проводилось лушение стерни в два следа лушильниками ЛДГ-10 на глубину 0,06-0,08 м, внесение минеральных удобрений на получение планируемых урожаев зерна кукурузы на уровне 8 т/га. Обработка почвы проводилась согласно схемы опыта осенью в октябре-ноябре.

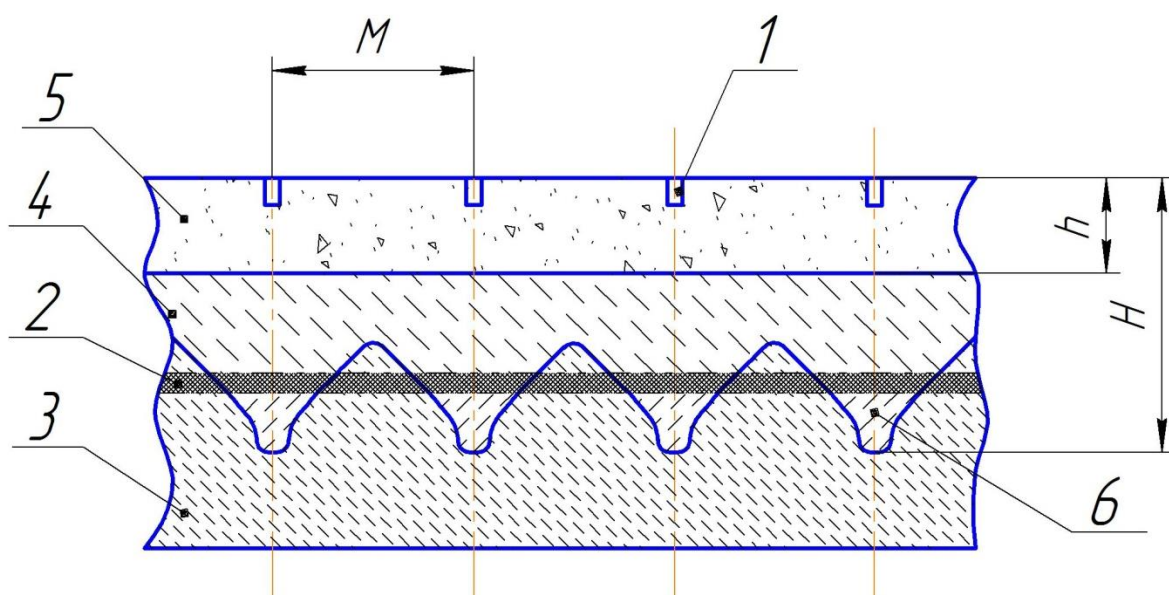


Рисунок 2.4 – Схема профиля почвы после вспашки чизельным орудием с отвалами: 1 – ложка под посев семян; 2 – разрушенная иллювиальная прослойка («плужная» подошва); 3 – нетронутый (подпахотный) горизонт почвы; 4 – разрыхленный горизонт стойками чизеля; 5 – взрыхлённый горизонт отвалами чизеля; 6 – углубления дна борозды

Предпосевная обработка почвы для сохранения влаги состояла из минимума операций, включая покровное боронование средними зубowymi боронами в два следа, в зависимости от засоренности посевов, одну-две культивации. Учитывая засоренность полей злаковыми и двудольными сорняками применялись гербициды: в 2011 и 2013 годах после внесения Харнеса (норма расхода 2,5-3,0 л/га) его заделывали в почву перед посевом на глубину 3-5 см пружин-

ной бороной. В 2012 году применяли перед посевом Раундап по свежим розеткам осота с нормой расхода 2,5-3,0 л/га.

Посев кукурузы на зерно проводили сеялкой СУПН-8-01 в конце первой декады мая. Использовали гибриды кукурузы Поволжский 89МВ, Поволжский 188 МВ и Поволжский 190 СВ. Семена заделывали на глубину 0,06-0,08 м. Послепосевное прикатывание проводилось кольчатыми катками ЗКК-6.

Уход за посевами кукурузы в период вегетации складывался из борьбы с сорной растительностью, которая включала обработку посевов в фазе 3-5 листьев кукурузы страховым гербицидом Диален Супер (1-1,5 л/га) с использованием навесного штангового опрыскивателя ОП-2000М. В период вегетации проводилось 2-3 культивации. Для уборки кукурузы на зерно использовали зерноуборочный комбайн СК-5 «Нива-Эффект» с приставкой ППК-4

Для проведения опытов в 2004-2006 гг. был выбран районированный для этой зоны гибрид кукурузы РОСС 273 МВ. Двойной межлинейный гибрид создан Краснодарским НИИСХ им. П.П. Лукьяненко, Всероссийским НИИ орошаемого земледелия и НПСО «Заволжье». Относится к группе среднераннего типа с вегетационным периодом 105...110 дней (ФАО 200) и сумма температур от всходов до полной спелости зерна 2100 °С.

В ходе исследований проводили лущение стерни в два следа на глубину 6...10 см лущильником ЛДГ – 15. Эта операция проводилась сразу после уборки предшественника (зерновые – колосовые), при этом учитывалась вспашка на глубину 25...27 см. пахотного слоя. Весной обработку почвы начинали с покровного боронования в два следа.

Основная обработка почвы при возделывании кукурузы заключалась прежде всего в максимальном избавлении опытного участка от сорняков. В ходе исследований до посева кукурузы применяли базовые гербициды почвенного действия Фронтьер (2,0-2,5 л/га), Харнес (2,5-3,0 л/га). Боронование проводили легкими зубowymi боронами по мере оттаивания и созревания почвы, что обеспечивало заделку удобрений, рыхление поверхности почвы. Предпосевная культивация проводилась на глубину заделки семян 6-7см.

Согласно схемы опыта посев кукурузы осуществлялся югославской восьмирядной сеялкой. Послепосевное прикатывание выполнялось кольчатыми катками ЗКК-6. Уборку урожая кукурузы выполняли комбайном Херсонец 200 в период полной спелости зерна.

### **3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ОРОШАЕМЫХ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО**

#### **3.1. Влияние способов и глубины основной обработки на водный режим почвы.**

Одним из основных и энергоёмких элементов агротехники возделывания любой сельскохозяйственной культуры является основная обработка почвы, в задачи которой входит обеспечение оптимальной плотности пахотного слоя, в частности для зерновых 1,20-1,28, для пропашных – 1,00-1,30, картофеля и овощных – 1,15-1,26 т/м<sup>3</sup>. Однако интенсивное земледелие, пропагандируемое долгое время, привело к деградации структуры почвы, плотность верхних горизонтов зачастую достигает 1,40-1,45 т/м<sup>3</sup>. Уплотненный слой почвы снижает объемы аккумуляции продуктивных влагозапасов, препятствует распространению корневой системы растений, не обеспечивает необходимый водно-воздушный и пищевой режимы сельскохозяйственных культур, в том числе из подпахотных горизонтов. При орошении с увеличением плотности почвы уменьшается её впитывающая способность и, как следствие, интенсифицируются ирригационно-эрозионные процессы [25, 94, 141, 161].

Получение достаточных и устойчивых урожаев зерна кукурузы во многом зависит от глубины обработки почвы [20, 126, 202]. При использовании традиционных орудий для вспашки ниже пахотного слоя происходит значительное повышение расхода моторного топлива. Для глубокой обработки почвы предпочтительно использование безотвальных и отвальных орудий чизельного типа, которые благодаря своим конструктивным особенностям не приводят к дополнительному повышению энергозатрат на обработку почвы [203]. Таким образом, цель исследования состояла в изучении влияния различных способов основной обработки орошаемых светло-каштановых почв Нижнего Поволжья на продуктивность зерновой кукурузы.

Полевые исследования проводились в соответствии с методикой полевого опыта в условиях орошения [45, 99]. Опытный участок расположен в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области (УНПЦ Горная поляна). По гранулометрическому составу почвы тяжёлосуглинистые. Количество гумуса в пахотном слое (0,22-0,24 м) 1,65-1,75 %. Почва слабо обеспечена доступными формами азота (35-45 мг в 1 кг воздушно-сухой почвы), содержание фосфора среднее (75-85 мг/кг), калия – повышенное (280-300 мг/кг, местами до 450). Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 6,5-7,2). Плотность сложения пахотного слоя 1,35-1,40 т/м<sup>3</sup>, плотность твёрдой фазы –  $\approx 2,54$  т/м<sup>3</sup>; порозность –  $\approx 43$  %, наименьшая влагоёмкость – 22-24 % массы сухой почвы.

В соответствии с целью исследования схемой опыта было предусмотрено три способа основной (осенней) обработки почвы – это традиционная лемешно-отвальная вспашка (контроль) и чизельное безотвальное и отвальное рыхления (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Варианты основной обработки почвы по годам исследования

Вид обработки почвы	Тип орудия	Год исследования	Глубина обработки, м
Лемешно-отвальная (ЛО)	ПН-5-35	2011	0,22-0,24
		2012	0,22-0,24
		2013	0,22-0,24
Чизельная безотвальная (ЧБ)	ПЧВ-5-40	2011	0,25-0,27
		2012	0,25-0,27
		2013	0,25-0,27
Чизельная-отвальная (ЧО)	ПЧВ-5-40М	2011	0,36-0,38; 0,16-0,18*
		2012	0,25-0,27; 0,16-0,18*
		2013	0,25-0,27; 0,16-0,18*

\*Примечание: глубина внедрения отвалов

Выбор глубины безотвальной и глубокой обработок чизельными орудиями обусловлен возделываемой культурой – кукурузой, а также необходимостью разрушения плужной «подошвы». Глубина обработки почвы лемешно-отвальным плугом обусловлена его конструктивными возможностями.



На контроле все технологические мероприятия по выращиванию кукурузы проводили в соответствии с рекомендациями для зоны Нижнего Поволжья [29]. В опытах использовали районированные гибриды Поволжский 89МВ, Поволжский 188 МВ, Поволжский 190 СВ. Посев семян проводился на глубину 0,05-0,06 м универсальной 8-рядной пропашной сеялкой с шириной междурядья 0,70 м по достижению почвой оптимальных температур (10-12 °С). Норма высева семян кукурузы составляла 70 тыс./га. За вегетационный период в зависимости от погодных условий, болезней и вредителей, а также засорённости посевов проводились необходимые мероприятия по уходу за растениями. Доза внесения минеральных удобрений под запланированную урожайность зерна кукурузы на уровне 8 т/га составляла  $N_{180}P_{95}K_{50}$ , причём 50 % азотных и 80 % фосфорных и калийных вносилось под основную обработку почвы, оставшиеся части удобрений – при посеве [77].

Полив посевов кукурузы проводили дождевальными машинами «Фрегат». По всем вариантам основной обработки почвы влажность поддерживалась на уровне не ниже 80 % НВ в слое 0,7 м от фазы 13 листьев до окончания цветения, а в остальной период (от всходов до образования 13 листьев и после цветения) – 70 % НВ в слое почвы 0,4 м. В вариантах с безотвальной и отвальной чизельной обработками почвы посев проводился перпендикулярно доминирующему направлению ветра в период вегетации растений. Этот агротехнический приём позволяет более эффективно использовать климатические и агробиологические факторы, в частности получать оптимальное (для фотосинтеза, развития, накопления биомассы, формирования урожая и других процессов) количество солнечной энергии и питательных веществ из почвы, и сократить выдувание влаги из междурядий кукурузы. После уборки кукурузы, распределённые по полю стерневые остатки обрабатывали с помощью опрыскивателя раствором из азотного удобрения и биопрепарата. Раствор из расчёта на 1 гектар составляет: 300 л воды, 12-15 кг аммиачной селитры и 500-600 грамм флорГумата. Азот является катализатором процесса разложения, а биологический препарат необ-

ходим для заселения бактерий, которые перерабатывают растительные остатки [127].

Нижнее Поволжье относится к зоне рискованного земледелия, т.к. характеризуется недостаточной влагообеспеченностью для получения высоких и стабильных урожаев продукции растениеводства. Атмосферные осадки за вегетационный период компенсируют примерно 45-50 % суммарного водопотребления культурных растений в засушливых районах, а в полусухих и сухих – не более 30 %. Погодные условия, сложившиеся по годам исследования, показаны в таблице 2.1

В соответствии с погодными условиями за период 2011-2013 гг. формировались запасы влаги по слоям и назначались поливы при заданной влажности почвы (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Поливные нормы и количество поливов посевов кукурузы (гибрид Поволжский – 89 МВ) на зерно по годам исследования в зависимости от вариантов обработки почвы

Год	Варианты обработки почвы	Водный режим почвы	Количество поливов	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
2011	Лемешно-отвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	3	500	3250
		70 % НВ, h = 0,4 м	7	250	
	Чизельная безотвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	3	550	3150
		70 % НВ, h = 0,4 м	5	300	
	Чизельная отвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	3	550	3050
		70 % НВ, h = 0,4 м	4	350	
2012	Лемешно-отвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	3	500	3000
		70 % НВ, h = 0,4 м	6	250	
	Чизельная безотвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	3	550	2900
		70 % НВ, h = 0,4 м	5	250	
	Чизельная отвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	3	500	2750
		70 % НВ, h = 0,4 м	5	250	
2013	Лемешно-отвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	3	500	2750
		70 % НВ, h = 0,4 м	5	250	
	Чизельная безотвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	3	500	2700
		70 % НВ, h = 0,4 м	6	200	
	Чизельная отвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	3	550	2650
		70 % НВ, h = 0,4 м	5	200	

Выбор водного режима почвы 80 % НВ в слое  $h = 0,7$  м и 70 % НВ в слое  $h = 0,4$  м обусловлен водопотреблением кукурузы по этапам её биологического развития. Так, водопотребление кукурузы минимально в начальный период вегетации, до фазы образования у растений 9 листьев. В течение данного периода кукуруза потребляет всего 15-17 % всей влаги. Наибольшее водопотребление происходит в период образования у растения 13 листьев и до начала фазы формирования зерна, что составляет 29-31 % от суммарного значения. Потребление растением влаги в период формирования зерна и до молочно-восковой спелости – 17-21 %.

Для поддержания заданного режима орошения в годы исследования потребовалось в варианте с лемешно-отвальной обработкой почвы от 8 до 10 вегетационных поливов оросительной нормой от 2750 до 3250 м<sup>3</sup>/га, с чизельной безотвальной обработкой – от 8 до 9 поливов нормой от 2700 до 3150 м<sup>3</sup>/га, и чизельной отвальной обработкой – от 7 до 8 поливов нормой от 2650 до 3050 м<sup>3</sup>/га.

Доля оросительной воды в суммарном водопотреблении посевов кукурузы на зерно по годам исследования изменялась от 51,8 до 63,3 % (таблица 3.3). На долю атмосферных осадков в структуре суммарного водопотребления кукурузы приходилось 27,6-37,7 %, а на использование запасов почвенной влаги – от 5,4 до 11,4 %. В целом суммарное водопотребление кукурузы по годам исследования при различных вариантах обработки почвы изменялось незначительно – от 4581 до 5182 м<sup>3</sup>/га соответственно.

Аналогичные результаты получены нами на посевах кукурузы гибрида Поволжский 190 СВ и гибрида Поволжский 188 МВ (таблица 3.4, 3.5). Доля оросительной воды в суммарном водопотреблении посевов кукурузы этих гибридов по годам исследований изменялась от 46,0 до 55,9%. В структуре суммарного водопотребления доля атмосферных осадков изменялась в пределах 30,9 – 42,3%.

Таблица 3.3 – Статьи водного баланса посевов кукурузы на зерно по вариантам обработки почвы и по годам исследования при водном режиме почвы 80 % НВ в слое  $h = 0,7$  м и 70 % НВ в слое  $h = 0,4$  м

Год	Варианты обработки почвы	Оросительная норма		Влага от осадков*		Влага из почвы		Суммарное потребление воды	
		м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
2011	Лемешно-отвальная	3250	62,7	1654	31,9	278	5,4	5182	100
	Чизельная безотвальная	3150	61,8		32,4	294	5,8	5098	
	Чизельная отвальная	3050	60,7		33,0	316	6,3	5020	
2012	Лемешно-отвальная	3000	63,3	1310	27,6	427	9,1	4737	100
	Чизельная безотвальная	2900	61,8		27,9	484	10,3	4694	
	Чизельная отвальная	2750	60,0		28,6	521	11,4	4581	
2013	Лемешно-отвальная	2750	53,5	1929	37,5	464	9,0	5143	100
	Чизельная безотвальная	2700	52,7		37,6	496	9,7	5125	
	Чизельная отвальная	2650	51,8		37,7	534	10,5	5113	

\*Примечание: влага от осадков принята с учётом коэффициента их использования в вегетационный период для зоны недостаточного увлажнения,  $\mu = 0,6-0,8$ .

На формирование урожая посева кукурузы гибридов Поволжский 190 СВ и Поволжский 188 МВ использовали 6,0 – 12,8% запасов почвенной влаги (таблица 3.5). Суммарное водопотребление посевов по годам исследований изменялось в пределах 4237 – 4682 м/га.

При изучении различных вариантов обработки почвы важным показателем является использование доступных запасов влаги из почвы. Так, при безотвальной и отвальной обработках почвы чизельным орудием использование запасов доступной влаги растениями кукурузы выше на 38-94 м<sup>3</sup>/га (по годам исследования), чем при лемешно-отвальной вспашке. Это свидетельствует о том,

что при чизельной обработке почвы ниже плужной «подошвы» происходит разуплотнение подпахотных горизонтов.

Таблица 3.4 – Поливные нормы и количество поливов посевов кукурузы (гибрид Поволжский 190СВ, гибрид Поволжский 188МВ) на зерно по годам исследования в зависимости от вариантов обработки почвы

Год	Варианты обработки почвы	Водный режим почвы	Количество поливов	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
2011	Лемешно-отвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	2	500	2750
		70 % НВ, h = 0,4 м	7	250	
	Чизельная безотвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	2	550	2600
70 % НВ, h = 0,4 м		5	300		
2012	Лемешно-отвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	2	500	2500
		70 % НВ, h = 0,4 м	6	250	
	Чизельная безотвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	2	550	2350
70 % НВ, h = 0,4 м		5	250		
2013	Лемешно-отвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	2	500	2250
		70 % НВ, h = 0,4 м	5	250	
	Чизельная безотвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	2	500	2200
70 % НВ, h = 0,4 м		6	200		
2013	Чизельная отвальная	80 % НВ, h = 0,7 м	2	550	2100
		70 % НВ, h = 0,4 м	5	200	

Влага от осадков в осенне-зимний и ранневесенний периоды проникает в более глубокие горизонты и сохраняется там, при этом уменьшается испарение влаги с поверхности пашни. В таблице 3.6 приведены данные по динамике влажности орошаемых светло-каштановых почв при различных вариантах обработки почвы по годам исследования. Анализ данных таблицы 3.6 показывает, что влажность почвы по слоям в период наблюдений в вариантах с лемешно-отвальной и чизельной безотвальной обработках изменялась не существенно,

так в среднем в горизонте 0,0-0,5 м влажность почвы перед посевом и после уборки кукурузы составила 14,1 и 12,9 % и 14,5 и 12,9 % соответственно.

Таблица – 3.5 Статьи водного баланса посевов кукурузы (гибрид Поволжский 190СВ, гибрид Поволжский 188МВ) на зерно по вариантам обработки почвы и по годам исследования при водном режиме почвы 80 % НВ в слое  $h = 0,7$  м и 70 % НВ в слое  $h = 0,4$  м

Год	Варианты обработки почвы	Оросительная норма		Влага от осадков*		Влага из почвы		Суммарное потребление воды	
		м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
2011	Лемешно-отвальная	2750	58,7	1654	35,3	278	6,0	4682	100
	Чизельная безотвальная	2600	57,2		36,4	294	6,4	4548	
	Чизельная отвальная	2500	55,9		37,0	316	7,1	4470	
2012	Лемешно-отвальная	2500	59,0	1310	30,9	427	10,1	4237	100
	Чизельная безотвальная	2350	56,7		31,6	484	11,7	4144	
	Чизельная отвальная	2250	55,1		32,1	521	12,8	4081	
2013	Лемешно-отвальная	2250	48,5	1929	41,5	464	10,0	4643	100
	Чизельная безотвальная	2200	47,6		41,7	496	10,7	4625	
	Чизельная отвальная	2100	46,0		42,3	534	11,7	4563	

\*Примечание: влага от осадков принята с учётом коэффициента их использования в вегетационный период для зоны недостаточного увлажнения,  $\mu = 0,6-0,8$ .

В варианте с чизельной отвальной обработкой влажность почвы по слоям закономерно выше. В 2011 г. после глубокой вспашки на 0,36-0,38 м осенью 2010 г. влажность почвы в слое 0,0-0,5 в среднем составила 16,4 % перед посевом и 14,8 % после уборки кукурузы. В 2012 и 2013 гг. этот показатель несколько снижается, что связано с уменьшением до 0,25-0,27 м глубины рыхления.

Таблица 3.6 – Динамика влажности почвы по слоям под кукурузой по вариантам обработки почвы по годам исследования\*, % абс.-сух.почвы

Вариант Обработки почвы	Слой почвы, м	Год			Среднее
		2011	2012	2013	
Лемешно-отвальная (ЛО)	0,0-0,1	14,0/12,2	14,4/12,5	14,2/12,3	14,2/12,3
	0,1-0,2	14,2/12,4	14,6/12,8	14,3/12,5	14,4/12,6
	0,2-0,3	14,3/13,3	14,7/13,6	14,4/13,4	14,5/13,4
	0,3-0,4	13,9/13,5	14,3/13,9	14,1/13,7	14,1/13,7
	0,4-0,5	13,2/12,1	13,7/12,5	13,5/12,3	13,5/12,3
	0,0-0,5	13,9/12,7	14,3/13,1	14,1/12,8	14,1/12,9
	0,0-1,0	13,7/12,2	14,1/13,0	13,9/12,6	13,9/12,6
Чизельная безотвальная (ЧБ)	0,0-0,1	14,4/12,2	14,8/12,7	14,5/12,4	14,6/12,4
	0,1-0,2	14,5/12,4	14,9/12,9	14,7/12,6	14,7/12,6
	0,2-0,3	14,6/13,3	15,0/13,7	14,8/13,5	14,8/13,5
	0,3-0,4	14,2/13,5	14,7/13,8	14,5/13,6	14,5/13,6
	0,4-0,5	13,8/12,1	14,3/12,5	14,0/12,4	14,0/12,3
	0,0-0,5	14,3/12,7	14,7/13,1	14,5/12,9	14,5/12,9
	0,0-1,0	14,1/12,5	14,6/13,0	14,4/12,6	14,4/12,7
Чизельная отвальная (ЧО)	0,0-0,1	16,5/14,3	15,4/13,2	15,3/13,2	15,7/13,6
	0,1-0,2	16,7/14,5	15,6/13,5	15,5/13,3	15,9/13,8
	0,2-0,3	16,6/15,4	15,5/14,1	15,2/14,0	15,8/14,5
	0,3-0,4	16,3/15,5	15,1/13,3	15,2/13,1	15,5/14,0
	0,4-0,5	15,7/14,4	14,3/13,0	14,1/12,8	14,7/13,4
	0,0-0,5	16,4/14,8	15,2/13,4	15,1/13,3	15,6/13,8
	0,0-1,0	16,2/14,5	15,0/13,1	15,0/13,2	15,4/13,6

\*Примечание: в числителе – влажность почвы перед посевом кукурузы, в знаменателе – влажность почвы после уборки кукурузы.

В целом повышение влажности почвы вариантах с чизелеванием почвы связано с разрушением плужной «подошвы», которая препятствует проникновению осенне-зимних и ранневесенних осадков в более глубокие слои, а в случае с чизельной отвальной обработкой – дополнительным её укрытием верхним взрыхлённым слоём почвы, формируемым отвалами орудия.

Наблюдения за влажностью почвы показали, что наибольшее её количество фиксируются после отвальной чизельной обработки почвы. Так, в среднем запасы влаги до посева и после уборки кукурузы составляли 153,0 и 107,7 мм, что больше запасов в варианте с лемешно-отвальной вспашкой на 20,5 и 23,2 %,

а в варианте с безотвальной чизельной обработкой – на 11,8 и 14,1 % соответственно.

Эффективность режима орошения характеризуется количеством полученного урожая зерна кукурузы, а также затратами оросительной воды на производство тонны зерна  $Q_3$  и коэффициентом водопотребления  $K_B$ , показывающего расход воды для формирования единицы товарной продукции (табл. 3.7, 3.8, 3.9).

Таблица 3.7 – Показатели эффективности режима орошения по годам исследования в зависимости от вариантов обработки почвы (на примере гибрида Поволжский 89М)

Год	Варианты обработки почвы	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Суммарное потребление воды, м <sup>3</sup> /га	Урожайность		$Q_3$ , м <sup>3</sup> /т	$K_B$ , м <sup>3</sup> /т
				т/га	% к контролю		
2011	Лемешно-отвальная	3250	5182	7,32	100,0	444,0	707,9
	Чизельная безотвальная	3150	5098	8,31	113,5	379,1	613,5
	Чизельная отвальная	3050	5020	8,56	116,9	356,3	586,4
2012	Лемешно-отвальная	3000	4737	7,18	100,0	417,8	687,6
	Чизельная безотвальная	2900	4694	8,27	115,2	350,7	591,8
	Чизельная отвальная	2750	4581	8,44	117,5	325,8	566,5
2013	Лемешно-отвальная	2750	5143	7,76	100,0	354,4	675,6
	Чизельная безотвальная	2700	5125	8,87	114,3	304,4	589,1
	Чизельная отвальная	2650	5113	9,26	119,3	286,2	562,9
Среднее	Лемешно-отвальная	3000	5021	7,42	100,0	405,4	690,4
	Чизельная безотвальная	2900	4972	8,48	114,3	344,7	598,1
	Чизельная отвальная	2817	4905	8,75	118,0	322,8	571,9



Таблица 3.8 – Показатели эффективности режима орошения по годам исследования в зависимости от вариантов обработки почвы (на примере гибрида Поволжский 190СВ)

Год	Варианты обработки почвы	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Суммарное потребление воды, м <sup>3</sup> /га	Урожайность		Q <sub>з</sub> , м <sup>3</sup> /т	K <sub>в</sub> , м <sup>3</sup> /т
				т/га	% к контролю		
2011	Лемешно-отвальная	2750	4682	6,11	100,0	450,1	766,3
	Чизельная безотвальная	2600	4548	7,15	117,0	363,6	636,1
	Чизельная отвальная	2500	4470	7,42	121,4	336,9	602,4
2012	Лемешно-отвальная	2500	4237	6,16	100,0	405,8	687,8
	Чизельная безотвальная	2350	4144	7,13	115,7	329,6	581,2
	Чизельная отвальная	2250	4081	8,02	130,2	280,5	508,8
2013	Лемешно-отвальная	2250	4643	6,80	100,0	330,9	682,8
	Чизельная безотвальная	2200	4625	7,39	108,7	297,7	625,8
	Чизельная отвальная	2100	4563	7,78	114,4	270,0	586,5
Среднее	Лемешно-отвальная	2500	4521	6,36	100,0	393,1	710,8
	Чизельная безотвальная	2383	4439	7,22	113,5	330,1	614,8
	Чизельная отвальная	2283	4371	7,74	121,7	295,0	564,7

На посевах кукурузы гибрида Поволжский 89 МВ затраты оросительной воды на производство 1 т зерна на варианте 1 (лемешно-отвальная вспашка) в среднем за годы исследований были наибольшими и составили 405,4 м<sup>3</sup>/т.

На варианте 2 (чизельная безотвальная обработка) и варианте 3 (чизельная отвальная обработка) эти показатели были менее соответственно на 60,7 и 82,6 м<sup>3</sup>/т.

Расход воды на формирование одной тонны зерна на контроле составил 690,4 м<sup>3</sup>/т, а на опытных участках 598,1 – 571,9 м<sup>3</sup>/т.

Таблица 3.9 – Показатели эффективности режима орошения по годам исследования в зависимости от вариантов обработки почвы (на примере гибрида Поволжский 188МВ)

Год	Варианты обработки почвы	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Суммарное потребление воды, м <sup>3</sup> /га	Урожайность		Q <sub>з</sub> , м <sup>3</sup> /т	K <sub>в</sub> , м <sup>3</sup> /т
				т/га	% к контролю		
2011	Лемешно-отвальная	2750	4682	6,13	100,0	448,6	763,8
	Чизельная безотвальная	2600	4548	7,10	115,8	366,2	640,6
	Чизельная отвальная	2500	4470	7,27	118,6	343,9	614,8
2012	Лемешно-отвальная	2500	4237	6,9	100,0	362,3	614,0
	Чизельная безотвальная	2350	4144	7,8	113,0	301,3	531,3
	Чизельная отвальная	2250	4081	8,13	117,8	276,7	502,0
2013	Лемешно-отвальная	2250	4643	6,73	100,0	334,3	689,9
	Чизельная безотвальная	2200	4625	7,12	105,6	309,0	649,6
	Чизельная отвальная	2100	4563	7,60	112,9	276,3	600,4
Среднее	Лемешно-отвальная	2500	4521	6,59	100,0	379,4	686,0
	Чизельная безотвальная	2383	4439	7,34	111,4	324,7	604,8
	Чизельная отвальная	2283	4371	7,67	116,4	297,6	569,9

На посевах кукурузы гибрида Поволжский 190 СВ более эффективно оросительная вода на создание 1 т зерна использовалась при чизельно-отвальной обработки почвы, что на 98 м<sup>3</sup>/т меньше в сравнении с контрольным вариантом 1 и на 63 м<sup>3</sup>/т меньше при чизельной безотвальной обработки почвы. Аналогичная закономерность отмечена нами на посевах кукурузы Поволжский 188 МВ.

### **3.2 Изменение водно-физических свойств орошаемых светло-каштановых почв в посевах кукурузы при различных способах ее обработки**

Среди процессов деградации, возникающих наиболее часто в условиях орошаемого земледелия, многие специалисты отмечают изменение водно-физических свойств почвы, сопровождающееся разрушением водопрочных агрономически ценных почвенных агрегатов (0,25...10 мм). Вследствие этого происходит уплотнение почвогрунтов и, как следствие, негативное изменение условий произрастания растений (рисунок 3.1).

Агрономически ценные агрегаты характеризуются комковато-зернистой структурой пронизанной капиллярами и воздушными порами. Наличие в почве более 55 % агрегатов размером 0,25-10 мм благоприятно сказывается на прорастании семян культур, распространении корневой системы растений, их вегетации. В такой почве одновременно присутствуют в достаточном количестве воздух и вода с доступными для растений питательными веществами [94].

Изменение водно-физических свойств орошаемых почв вызвано многократными проходами энергонасыщенной сельскохозяйственной техникой по полю при выполнении различных технологических операций. Орошаемые почвы особо чувствительны к воздействию механического давления, так как находятся в состоянии увлажнения, оптимального не только для растений, но и для их уплотнения.

Кроме того, современные технологии получения запланированных урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых землях предполагают также внесение высоких доз элементов минерального питания. Внесение с минеральными удобрениями солей Na, K и  $\text{NH}_4$  приводит к вытеснению обменного кальция из почвенного поглощающего комплекса, что также нарушает устойчивость почвенной структуры, а в совокупности с орошением и механическими обработками приводит к образованию по всему профилю почвы иллювиальной прослойки на глубине 0,2-0,25 м [80].



Рисунок 3.1 – Схема зависимости почвенных процессов от уплотнения среды

Изучение орошаемых светло-каштановых почв на опытном участке по содержанию легкорастворимых солей – хлоридов и сульфатов – показало незначительное их содержание с тенденцией увеличения по слоям (таблица 3.10). Присутствие хлоридов в почве в количестве 0,0028-0,007 вредного влияния на растения не оказывает.

Таблица 3.10 – Содержание легкорастворимых солей в почве по горизонтам

Горизонт	Глубина взятия образца, м	Плотный остаток, %	$C^-$ , %	$O_4^2$ , %
A	0-0,25	0,067	0,0028	0,0070
B <sub>1</sub>	0,25-0,34	0,073	0,0030	0,0065
B <sub>2</sub>	0,35-0,67	0,080	0,0060	0,0068
C <sub>1</sub>	0,68-1,15	0,103	0,0070	0,0097

Среди водно-физических свойств относительно стабильной величиной является плотность твёрдой фазы, которая характеризует минералогический и химический состав почвы, а также определяет общую порозность и пористость аэрации. В таблице 3.11 показано изменение данного показателя по слоям почвы в метровом горизонте.

Таблица 3.11 – Изменение плотности твёрдой фазы  $\rho_s$  по слоям  $h$  почвы

$h,$ м	0,0- 0,1	0,1- 0,2	0,2- 0,3	0,3- 0,4	0,4- 0,5	0,0- 0,5	0,5- 0,6	0,6- 0,7	0,7- 0,8	0,8- 0,9	0,9- 1,0	0,0- 1,0
$\rho_s,$ т/м <sup>3</sup>	2,46	2,52	2,54	2,58	2,61	2,54	2,65	2,67	2,69	2,68	2,66	2,61

Исследования плотности сложения почвы по годам (таблица 3.12) показывает закономерное её изменение в зависимости от варианта обработки почвы. Наименьшая плотность пахотного слоя почвы отмечается при отвальных обработках. Так, в варианте с лемешной вспашкой  $\rho_b$  до посева кукурузы находится в диапазоне от 1,28-1,37 т/м<sup>3</sup>, а после уборки – 1,33-1,41 т/м<sup>3</sup>, в варианте с чизельной обработкой  $\rho_b$  до посева – 1,26-1,35 т/м<sup>3</sup>, после уборки – 1,31-1,41 т/м<sup>3</sup>.

Это объясняется работой отвалов на соответствующих почвообрабатывающих орудиях, которые дополнительно крошат и разрыхляют пахотный горизонт. При этом в варианте с чизельной отвальной обработкой почвы  $\rho_b$  ниже. Это обусловлено тем, что отвалы на чизеле не оборачивают пласт на всю глубину обработки как при лемешной вспашке, а только рыхлят верхний слой, при наличии сорняков – подрезают их и заделывают на глубину до 0,18 м.

Анализ плотности почвы ниже иллювиальной прослойки (плужной «подошвы») закономерно меньше в вариантах с чизелеванием почвы, что определено глубиной её обработки. При этом минимум в слое 0,2-0,3 м и 0,3-0,4 м фиксируется в 2011 г. в варианте с чизельной отвальной обработкой на глубину 0,36-0,38 м. В 2012 и 2013 гг.  $\rho_b$  в вариантах с чизелеванием постепенно выравнивается, что также связано с одинаковой глубиной основной обработки почвы.

Таблица 3.12 – Динамика плотности сложения почвы по слоям под кукурузой по вариантам обработки почвы по годам исследования\*, т/м<sup>3</sup>

Вариант Обработки почвы	Слой почвы, м	Год			Среднее
		2011	2012	2013	
Лемешно- отвальная	0,0-0,1	1,26/1,33	1,27/1,31	1,30/1,34	1,28/1,33
	0,1-0,2	1,35/1,37	1,34/1,35	1,34/1,37	1,34/1,36
	0,2-0,3	1,38/1,42	1,36/1,40	1,37/1,42	1,37/1,41
	0,3-0,4	1,52/1,54	1,51/1,52	1,53/1,55	1,52/1,54
	0,4-0,5	1,55/1,58	1,56/1,57	1,55/1,58	1,55/1,58
	0,0-0,5	1,41/1,45	1,41/1,43	1,42/1,45	1,41/1,44
	0,0-1,0	1,46/1,47	1,48/1,49	1,47/1,49	1,47/1,48
Чизельная безотвальная	0,0-0,1	1,29/1,35	1,30/1,34	1,32/1,37	1,30/1,35
	0,1-0,2	1,36/1,41	1,37/1,42	1,35/1,39	1,36/1,41
	0,2-0,3	1,38/1,42	1,38/1,44	1,39/1,43	1,38/1,43
	0,3-0,4	1,50/1,52	1,50/1,52	1,52/1,55	1,51/1,53
	0,4-0,5	1,55/1,58	1,54/1,57	1,54/1,57	1,54/1,57
	0,0-0,5	1,42/1,46	1,42/1,46	1,42/1,46	1,42/1,46
	0,0-1,0	1,47/1,48	1,47/1,48	1,45/1,47	1,46/1,48
Чизельная отвальная	0,0-0,1	1,25/1,31	1,26/1,31	1,28/1,32	1,26/1,31
	0,1-0,2	1,31/1,34	1,32/1,35	1,33/1,34	1,32/1,34
	0,2-0,3	1,33/1,40	1,35/1,40	1,36/1,43	1,35/1,41
	0,3-0,4	1,37/1,42	1,50/1,52	1,52/1,55	1,46/1,50
	0,4-0,5	1,48/1,53	1,54/1,57	1,54/1,57	1,52/1,56
	0,0-0,5	1,35/1,40	1,39/1,43	1,41/1,44	1,38/1,42
	0,0-1,0	1,44/1,46	1,46/1,48	1,46/1,48	1,45/1,47

\*Примечание: в числителе – плотность почвы перед посевом кукурузы, в знаменателе – плотность почвы после уборки кукурузы.

Плотность сложения почвы является величиной определяющей состояние других водно-физических свойств: наименьшая влагоемкость (НВ), Максимальная гигроскопичность (МГ), почвенная влажность завядания растений (ВЗ) (таблица 3.13) и др. Максимальная гигроскопичность показывает способность частиц почвы сорбировать молекулы парообразной влаги. Из таблицы 3.13 следует, что величина МГ выше в вариантах с отвальной обработкой почвы. Это связано с формированием в этих вариантах за счёт отвалов большей суммарной поверхности почвенных частиц, в частности илистой фракции, обладающих высокой физико-химической поглотительной способностью. Подобная динамика наблюдается и по показателям НВ и ВЗ.

Таблица 3.13 – Водно-физические свойства почвы по слоям под кукурузой по вариантам обработки почвы в среднем за период 2011-2013 гг. исследования, %

Слой почвы, м	Вариант обработки почвы								
	лемешно-отвальная			чизельная безотвальная			Чизельная отвальная		
	НВ	МГ	ВЗ	НВ	МГ	ВЗ	НВ	МГ	ВЗ
0,0-0,1	23,6	8,1	12,2	22,8	7,9	11,9	24,2	8,2	12,3
0,1-0,2	23,4	8,0	12,0	22,7	7,8	11,7	23,7	8,1	12,2
0,2-0,3	22,5	8,0	12,3	22,3	7,9	11,9	23,1	8,1	12,2
0,3-0,4	20,5	8,2	12,3	21,6	8,3	12,5	22,5	8,3	12,5
0,4-0,5	20,6	8,3	12,5	20,8	8,3	12,5	20,8	8,3	12,5
0,0-0,5	22,1	8,1	12,3	22,0	8,0	12,3	22,9	8,2	12,3
0,0-1,0	20,3	7,8	11,7	20,6	7,7	11,6	21,1	7,9	11,9

В соответствии с полученными экспериментальными данными по плотности и влажности орошаемых светло-каштановых почв были определены показатели общей порозности и пористости аэрации по слоям (таблица 3.14).

Таблица 3.14 – Динамика общей порозности и пористости аэрации по слоям под кукурузой по вариантам обработки почвы в среднем за период 2011-2013 гг. исследования, %\*

Слой почвы, м	Вариант обработки почвы					
	лемешно-отвальная		Чизельная безотвальная		Чизельная отвальная	
	$\epsilon$	$\epsilon_{air}$	$\epsilon$	$\epsilon_{air}$	$\epsilon$	$\epsilon_{air}$
0,0-0,1	48,0/45,9	29,8/29,5	47,2/45,1	28,2/28,4	48,8/46,7	29,0/28,9
0,1-0,2	46,8/46,0	27,5/28,9	46,0/44,0	26,0/26,2	47,6/46,8	26,6/28,3
0,2-0,3	46,1/44,5	26,2/25,6	45,7/43,7	25,3/24,4	46,9/44,5	25,6/24,1
0,3-0,4	41,1/40,3	19,7/19,2	41,5/40,7	19,6/19,9	43,4/41,9	20,8/20,9
0,4-0,5	40,6/39,5	19,7/20,1	41,0/39,8	19,4/20,5	41,8/40,2	19,4/19,3
0,0-0,5	44,5/43,3	24,6/24,7	44,1/42,5	23,5/23,7	45,7/44,1	24,2/24,5
0,0-1,0	43,7/43,3	23,3/24,6	44,1/43,3	23,1/24,5	44,4/43,7	22,1/23,7

\*Примечание: в числителе – показатель перед посевом кукурузы, в знаменателе – показатель после уборки кукурузы.

Полученные данные свидетельствуют о протекании в почве ирригационно-эрозионных процессов, в частности средняя общая порозность по всем вариантам обработки почвы в пахотном слое находится в диапазоне от 43 до 48 % < 50 %. По

шкале Н.А. Качинского [59, 60] такая почва характеризуется как неудовлетворительная для пахотного слоя. Это влияет на ухудшение воздухообмена (пористость аэрации), что вызывает развитие анаэробных процессов.

### **3.3 Микробиологическая активность почвы**

Микробиологическая активность почвы зависит от многих причин, основными из которых являются количество органического вещества, условия увлажнения, водно-физические, химические, гранулометрические показатели. Поэтому микробиологическую активность почвы можно считать основным обобщающим показателем уровня плодородия.

В наших исследованиях микробиологическая активность почвы характеризовалась скоростью разложения клетчатки в зависимости от обработки почвы. Клетчатка является одним из главных компонентов растительных остатков. В результате жизнедеятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов ежегодно разрушается огромное количество клетчатки. При этом образуется углекислота, биологически активные вещества, пигменты, ферменты, глюкоза, которые имеют большое значение для роста растений, для процессов гумификации и жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Поэтому данный метод позволяет судить не только об активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов, но и напряженности хода биологических процессов в целом.

Нами установлено, что на варианте с чизельной обработкой почвы создаются наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов, так как убыль клетчатки в среднем составляет 43,05% (таблица 3.15).

Наибольшие значения биологической активности почвы в среднем за вегетацию наблюдались в исследованиях на варианте с чизельной обработкой рабочими органами РАНЧО с рыхлением до 0,36-0,38 м и оборотом пласта на 0,16-0,18 м – 585 и чизельной обработки рабочими органами РАНЧО с рыхлением до 0,27 м без оборота пласта – 467 мкг аминокислот на 1 г полотна, т.е. на



всех вариантах , где складывались благоприятные водно-физические условия для развития микроорганизмов. На отвальном фоне количество аминокислот в среднем за вегетацию зафиксировано 443 мкг, а наименьшее 394 мкг.

Таблица 3.15 – Интенсивность разложения клетчатки под кукурузой по вариантам опыта (среднее 2011-2013 гг.), %

Способ обработки почвы	Интенсивность разложения клетчатки, %	
	В слое почвы 0-0,3 м	В слое почвы 0-0,6 м
Лемешно-отвальная	53,5	28,2
Чизельная безотвальная	55,8	29,6
Чизельная отвальная	57,5	30,4

Анализ биологической активности по слоям почвы показал, что независимо от способа и глубины обработки почвы биологическая активность наиболее высокая наблюдается в период формирования 5-9 листьев у кукурузы, а к концу вегетации она снижается. Наиболее активным по всем вариантам опыта является слой почвы 0-0,2 м а в слое 0,5 м имеют место минимальные показатели биологической активности почвы.

### 3.4 Засоренность посевов кукурузы

В условиях орошения большое значение придается борьбе с сорняками. Известно, что к быстрому и интенсивному засорению полей при орошении является способность семян сорняков передвигаться и сохранять свою жизнеспособность в воде оросительных каналов. По данным с одной тонной оросительной воды на поля поступает до 2 тысяч семян сорняков. При средней поливной норме 800 м<sup>3</sup> /га это составляет 1,6 млн. семян на 1 га. С поливной водой нередко на поля поступают семена сорняков, которых на поле раньше не было. Орошение благоприятствует усилению вегетативного размножения многолетних сорняков. Поливы повышают засоренность в десятки раз [180].

Сорные растения препятствуют нормальному току воды в каналах оросительной сети, повышая ее потери на фильтрацию, вызывают застой и заболачивание дренажной сети. Ухудшение водного режима, условий питания и освещения на полях с повышенной засоренностью приводит к снижению урожая и его качества, нерациональному расходованию оросительной воды [123, 158].

По данным многих авторов [28, 108, 123] в условиях орошения происходит постепенное закономерное изменение видового состава сорных растений. Исчезают засухоустойчивые сорняки (ксерофиты), появляются влаголюбивые (гигрофиты). Из однолетних к ним относят щирицу, щетинники, дурнишник и другие, из многолетних – осот розовый, вьюнок полевой, тростник и др.

На орошаемых землях эффективна глубокая обработка почвы. Существенный показатель качества основной обработки почвы – очищение полей от сорняков.

На наших опытных полях встречались как однолетние, так и многолетние сорные растения. Из однолетних сорных растений в основном преобладали марь белая, щетинник зеленый, ширица запрокинутая, горец вьюнковый, куриное просо. Многолетние сорняки представлены молоканом татарским, осотом полевым, вьюнком полевым, бодяком полевым.

Как отмечают большинство авторов [123, 131, 133, 149, 167] особое внимание в борьбе с сорной растительностью следует уделять способам обработки почвы. Известные ученые нашей страны Доспехов Б.А., Лысогоров С.Д. и др. [45, 91, 101, 149, 150] доказали важное значение глубокой вспашки в борьбе с сорняками. Отмечено, что увеличение вспашки до 0,27 м снижает засоренность полей до 19% в массе, а при увеличении глубины вспашки до 0,30-0,35 м уничтожается до 57-59% сорняков. В тоже время авторы отмечают, что с увеличением глубины отвальной вспашки более 0,25 м в связи возрастанием энергетических затрат становится не эквивалентным снижению засоренности посевов.

Многочисленные исследования Бараева А.И., Моргуна Ф.Г. [16, 106, 153, 101, 174, и др.] показывают, что при обработке почвы с оборотом пласта часть семян как бы консервируется. На дне борозды они проходят период покоя. Верхний

слой почвы повторно засоряется при последующей глубокой вспашке. Ученые показывают, что при глубоком безотвальном рыхлении такой консервации семян не наблюдается. Семена сорняков в этом случае остаются на поверхности, прорастают и гибнут при последующих междурядных обработках почвы.

Своими исследованиями Воронин А.И., Тухтаров Б.Э. доказали, что семена сорняков при глубокой заделки их в почву теряют жизнеспособность через 4-5 лет, а некоторые через 2-3 года[31]. Поэтому проведение глубокой обработки почвы через 3-4 года в сочетании с поверхностными обработками позволяет лишить жизнеспособности большую часть семян сорняков.

Наши исследования показали, что наименьшее число сорной растительности отмечалось на варианте с лемешно-отвальной вспашкой (Таблица 3.16). Однако следует отметить, что разница по сорнякам с вариантом, где проводилась чизельная отвальная обработка почвы, статистически недостоверна.

Таблица 3.16 – Влияние способов обработки почвы на развитие сорных растений в посевах кукурузы, шт/м<sup>2</sup> (среднее 2011-2013 гг.)

Вид сорного растения	Лемешно-отвальная		Чизельная безотвальная		Чизельная отвальная	
	В фазу всходов	При уборке	В фазу всходов	При уборке	В фазу всходов	При уборке
Однолетние						
Щетинник зеленый	5,6	3,0	6,5	4,2	5,5	4,0
Марь белая	1,3	-	2	-	1	-
Горец вьюнковый	2,3	-	3,0	1,0	2,3	-
Куриное просо	2,2	-	2,0	1,0	1,4	-
Многолетние						
Осот полевой	1,2	-	2,7	1,0	1,0	-
Вьюнок полевой	4	-	5,0	3,2	2,0	-
Бодяк полевой	-	-	1	1	-	-
Всего сорняков						
-	16	3,0	22,2	11,4	13,2	4,0

На варианте с чизельной обработкой почвы рабочими органами Ранчо с рыхлением до 0,27 м без оборота пласта сорняков как однолетних, так и многолетних по сравнению с вариантами, включающими оборот пласта, было больше. На 1 м<sup>2</sup> в среднем за 3 года наблюдений отмечено 13,5 однолетних и 8,7 многолетних сорняков.

На варианте чизельной обработки рабочими органами Ранчо с рыхлением до 0,38 м и оборотом пласта на 0,16-0,18 м однолетников было примерно такое же количество, что на варианте с лемешно-отвальной вспашкой – 10,2, а многолетников – 3,0 сорных растения на 1 м<sup>2</sup>.

Таким образом, как в фазу всходов кукурузы, так и при уборке наибольшей засорённостью отмечались посевы на варианте 2 (чизельная безотвальная) обработка почвы). Меньше всего к уборке сохранилось на варианте с чизельной отвальной обработкой почвы, однолетних 4 шт/1 м<sup>2</sup>, а многолетние сорняки были полностью уничтожены.

### **3.5 Формирование и структура урожая зерна кукурузы**

В посевах изучаемых гибридов кукурузы разных сроков созревания, урожайность формируется неодинаковой. Фактором, способствующим снижению урожайности в первую очередь, является недостаточный рост площади листьев и ограниченные её размеры. На варианте опыта с чизельно-отвальной обработкой почвы площадь листьев в посевах среднего гибрида Поволжский 89 МВ формировалась на уровне 41,3-45,6 тыс.м<sup>2</sup>/га, что обеспечивало накопление среднесуточных приростов сухой биомассы кукурузы к фазе выметывания 366,4-371,0 кг/га.

На участках опыта с чизельно-безотвальной обработкой почвы площадь посева кукурузы не превышала 39,2-41,0 тыс.м<sup>2</sup>/га. Максимальные среднесуточные приросты сухой биомассы к фазе выметывания составили 318-342 кг/га. Аналогичная закономерность в формировании площади посева и накоплении сухого вещества отмечена на участках опыта, где возделывали гибрид Поволж-

ский 188 МВ и гибрид Поволжский 190СФ. Фотосинтетический потенциал изменялся в зависимости от вариантов опытов. На 55-65% он формируется в период от «выметывания» до «восковой спелости зерна». Продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) колебалась от 7,38 до 7,76 г/м<sup>2</sup> сутки. Использование фотосинтетического потенциала каждые 1000 м<sup>2</sup> дн/га способствует формированию 2,9-3,5 кг зерна стандартной влажности. При этом наибольшая эффективность в наших опытах была достигнута в варианте с чизельно-отвальной и чизельно-безотвальной обработками почвы. В период формирования «13 листов-выметывание» фотосинтетический потенциал формировался на уровне 710,8-875,1 тыс.м<sup>2</sup>/га дней.

Урожай кукурузы формируется в конкретно складывающихся условиях внешней среды в течение вегетационного периода. Поэтому знание закономерностей формирования урожая кукурузы, изучение структуры урожая в связи с условиями выращивания позволяет вскрывать слабые звенья в принятой системе агрономических мероприятий, постоянно совершенствовать агротехнику, в наибольшей мере используя природные условия для получения высокого урожая, активно формировать урожай, придавая ему нужную структуру.

Как показали наблюдения, с образованием початков в общем урожае надземной массе постоянно увеличивается удельная масса зерна и початков. Длина початка и его диаметр – существенные показатели, учитывающие в конечном итоге выход зерна и массу стержня. Наибольших размеров початки сформировались на 2-3 вариантах опыта. У них длина стержня початка на 1,7 и 2,0 см превышала длину стержня початка в сравнении с контрольным вариантом 1.

Число рядов зерна в стержне початка косвенно характеризует диаметр стержня початка. Чем больше количество зерновых рядов в початке, тем больше при равной калибровке зерна, диаметр початка. В конечном итоге число зерновых рядов в среднем за годы исследований составило по всем орошаемым вариантам 14 штук.

Масса зерна в одном початке на контрольном варианте 1 составила 182,7.

Выход зерна на опытных участках с одного початка находился в пределах 82-86%. По массе 1000 зёрен опытные варианты 2 и 3 превосходили контрольный на 3,68-5,03 грамм. Обобщая полученные результаты можно сделать вывод, что формирование более высоких урожаев зерна кукурузы происходит на варианте с чизельно-безотвальной обработкой почвы

Анализ данных, приведенных в таблице 3,17 динамика урожайности кукурузы по изучаемым гибридам показывает, что наиболее урожайным показал себя гибрид Поволжский 89 МВ. Урожай зерна кукурузы данного гибрида по годам исследований в зависимости от способов основной обработки почвы изменялся от 8,44 до 9,26 т/га, что больше на 1,29-1,66 т/га чем у гибрида Поволжский 188 МВ и на 1,14-1,48 т/га у гибрида Поволжский 190 МВ.

Таблица 3.17 – Урожайность зерна кукурузы при разных способах основной обработки почвы, т/га

Способы основной обработки почвы	Годы исследований			
	2011	2012	2013	Среднее
Поволжский 89 МВ				
Лемешно - отвальная	7,32	7,18	7,76	7,42
Чизельная безотвальная	8,31	8,27	8,87	8,48
Чизельно-отвальная	8,56	8,44	9,26	8,75
Поволжский 188 МВ				
Лемешно - отвальная	6,13	6,90	6,73	6,62
Чизельная безотвальная	7,10	7,80	7,12	7,34
Чизельно-отвальная	7,27	8,13	7,60	7,67
Поволжский 190 СВ				
Лемешно - отвальная	6,11	6,16	6,80	6,36
Чизельная безотвальная	7,15	7,13	7,39	7,22
Чизельно-отвальная	7,42	8,02	7,78	7,74
Фактор А, НСР <sub>05</sub>	0,04	0,05	0,04	0,05
Фактор В, НСР <sub>05</sub>	0,04	0,05	0,04	0,05
Для частных средних НСР <sub>05</sub>	0,07	0,09	0,07	0,08

Статистическая обработка данных по продуктивности посевов кукурузы подтверждена, что исследуемые в опыте агротехнические приёмы оказали существенное влияние на урожай зерна.

#### **4. РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО**

##### **4.1 Динамика влажности почвы в период вегетации кукурузы на зерно**

Одним из главных показателей, характеризующими интенсивность развития и роста растений, считается присутствие воды в почве, ее подвижность и доступность. По данным ряда исследователей, таких как С.А. Вериги, Л.В. Разумовский, С.И. Долгова, А.А. Роде, и др., максимальной доступностью для растений агропочвенная влага характеризуется в пределах изменения ее минимальной влагоёмкости до 80...90 % НВ. При превышении этого параметра она проникает за границы, где находится основная масса корневой системы [27, 157].

К главным источникам основных запасов агропочвенной воды в природных условиях, которая обеспечивает растения, относятся атмосферные осадки. На протяжении всего года сумма осадков и их распределение в условиях постоянного увлажнения меняется весьма в обширных пределах. Анализ существующих литературных источников и вследствие приобретённой нами информации показывает, что в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области пополнение агропочвенных запасов воды за счет осадков, которые выпадают во время всего вегетационного периода, значительно малы для развития устойчивых урожаев кукурузы [3]. Следовательно, большая производительность растений в подобных обстоятельствах способна быть обеспечена только при достаточном и своевременном обеспечении их водой за счет проведения поливов. С учётом вышеизложенного нами в 2004-2006 гг. полевые исследования проведены на посевах кукурузы, где изучалось три варианта глубины увлажнения почвы.

Полученные нами экспериментальные данные показывают, что изначально запасы воды в слое 0,7 м в 2004 г. составили 1875 м<sup>3</sup>/га (88,6 % НВ), в слое почвы 0,4 м содержание агропочвенной воды – 91,2 % НВ, а объем влагозапасов составил 1120 м<sup>3</sup>/га.

На вариантах с глубиной увлажнения почвы 0,4 м, резервы воды понижались до предполивного уровня в 2004 году 7 раз. Первое понижение влаги до заданного уровня 75 % НВ зафиксировано на 32 день (17 июня) после посева в межфазный период «7 листьев». Число выпавших осадков, за этот период, составило 75,5 мм. Последнее понижение влаги в почве до расчетного уровня отмечено (29 июля) в фазу цветения початков. Продолжительность поливных периодов была 5...11 дней.

В 2004 году на варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м) в меж фазный период от посева до начала выметывания понижение почвенной влаги происходило 3 раза: 17, 24 июня, и 5 июля. В период от начала выметывания до молочной спелости снижение влажности в слое почвы 0,4 м на уровне до 75 % НВ происходило четыре раза с интервалом 4...7 дней, на глубине 0,7 м влага в почве до заданного уровня 75% НВ опускалась три раза. При данном режиме орошения на варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы период «посев-первый полив» составил 32 дня.

Как следует из полученных данных исследований, на варианте при глубине увлажнения почвы (0,4 м) в 2005 г. понижение запасов агропочвенной влаги до расчетного уровня зафиксировано 9 раз. В первый раз это происходило на 12 день после посева, т.е. 30 мая в фазу «всходы». Таким образом, продолжительность межполивного периода составила 4...11 дней. На варианте с глубиной увлажнения почвы до 0,7 м влажность почвы понижалась до заданного порога 7 раз. Первое пересушивание почвы вплоть до порога влажности почвы было 1 июня в фазу «3 листа», а последнее – 28 июля в фазу «цветение початков». Продолжительность применения запасов воды в почве от посева до первого полива составила 14 дней. Межполивной период изменялся от 5 до 15 дней.



В 2005 году на варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м) влажность опускалась 8 раз, первый – 30 мая, т.е. в фазу развития «всходы», второй – 3 июня, третий – 14 июня и четвертый – 19 июня, в фазе развития 3, 7, 9 и 11 листьев соответственно. В период «выметывание – цветение початков» понижение уровня воды до предполивного порога влажности 75% НВ происходило три раза 14 июля в фазу «выметывание» и 19, 26 июля в фазу «цветение початков». Последнее понижение агропочвенной воды до заданного порога было зафиксировано 27 июля в межфазный период «цветения початков». Продолжительность межполивных периодов составила 5-11 дней.

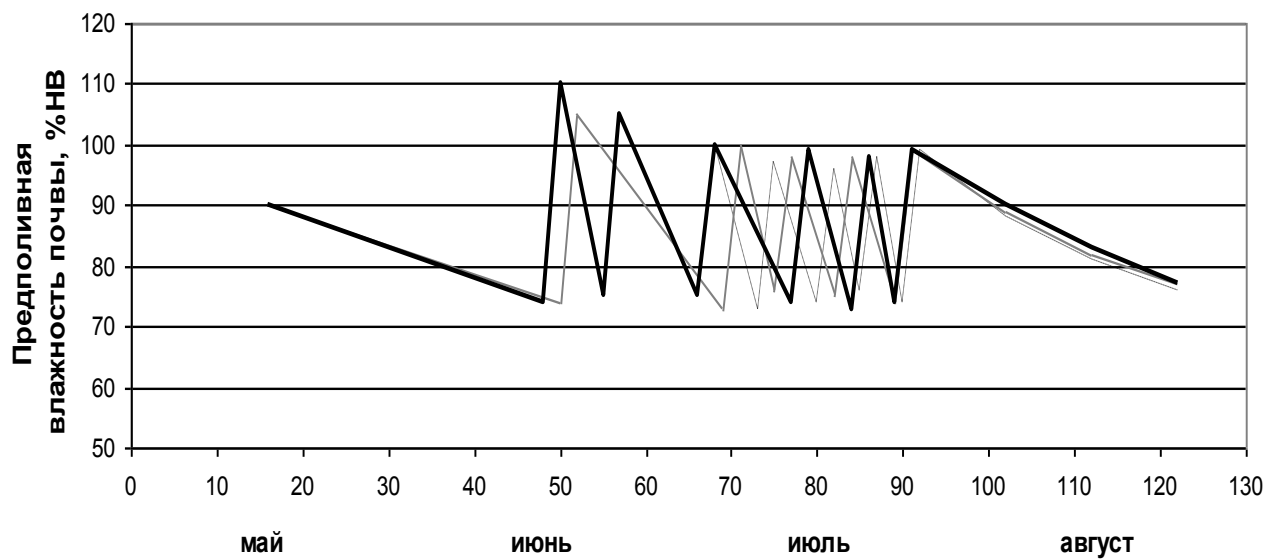
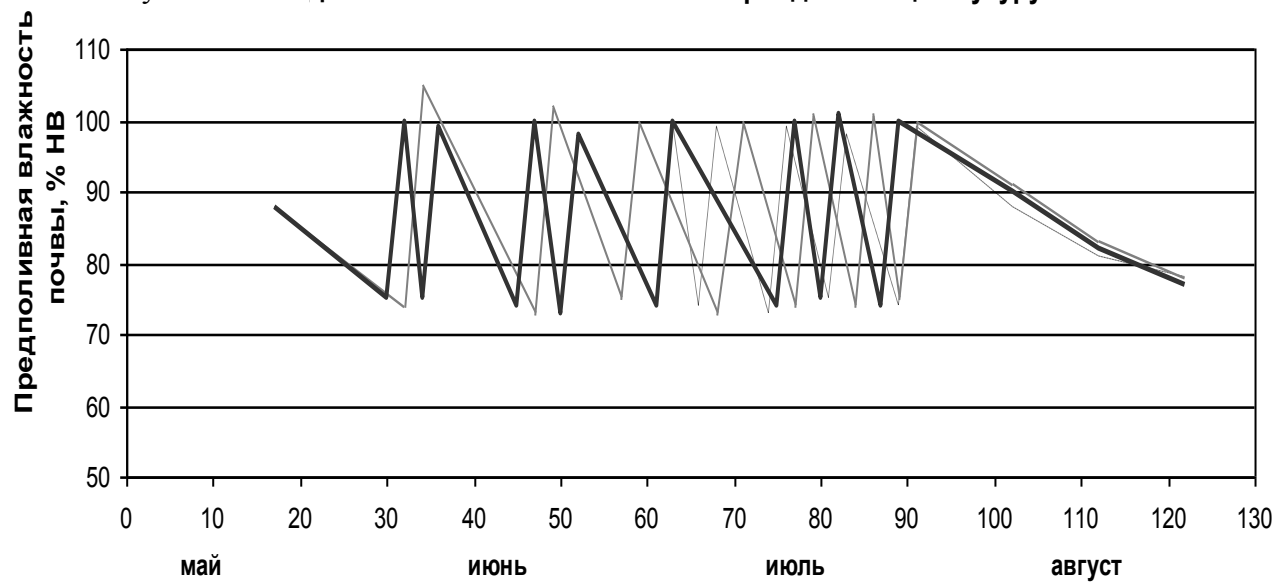
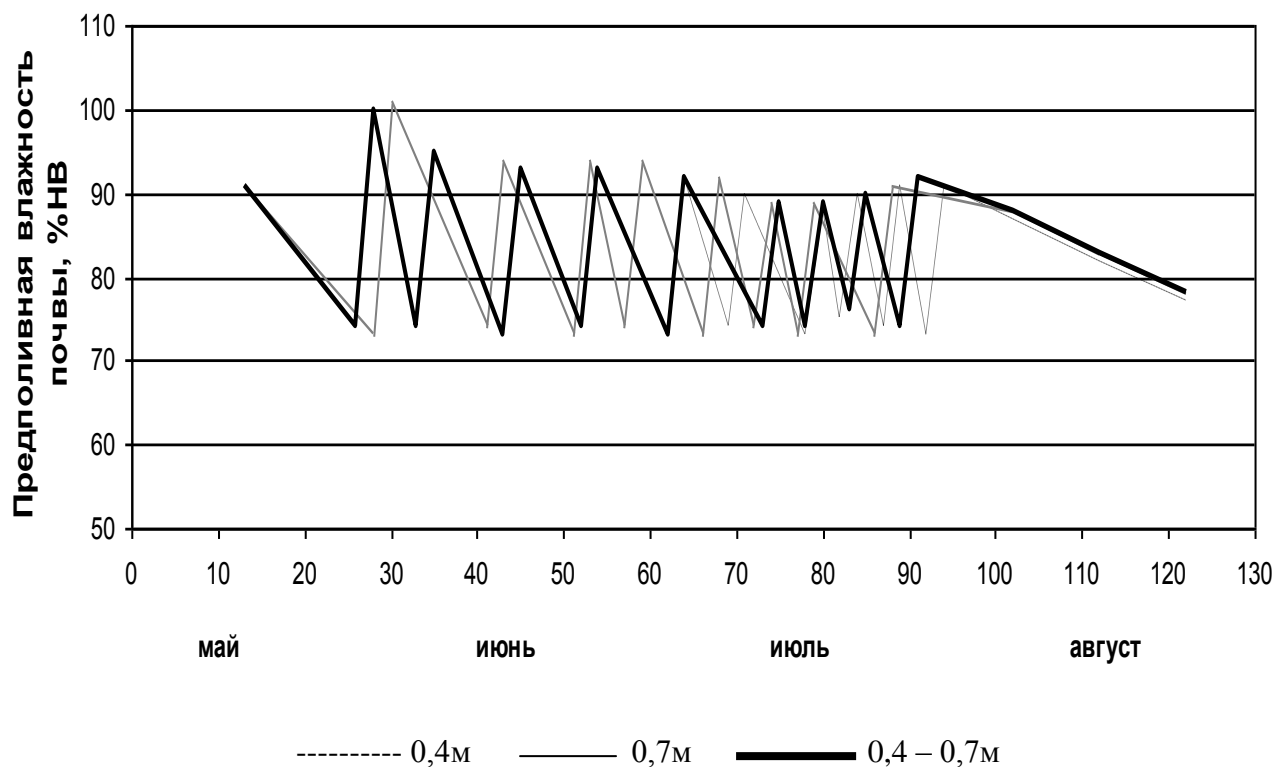
Рисунок – 4.1 **Динамика влажности почвы в период вегетации кукурузы за 2004г**Рисунок – 4.2 **Динамика влажности почвы в период вегетации кукурузы за 2005 г**

Рисунок – 4.3 **Динамика влажности почвы в период вегетации кукурузы за 2006 г**

В 2006 году динамика влажности на варианте с переменной глубиной увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м) снижалась 9 раз, в слое 0,7 м она снижалась 8 раз, в слое 0,4 м – 10 раз. Продолжительность межполивных периодов менялась от 6 до 12 дней.

#### **4.2 Режим орошения кукурузы на зерно в зависимости от варианта опыта**

Орошение является мощным фактором для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим одним из главных характеристик, определяющих интенсивность роста и развития растений, считается присутствие воды в почве, ее подвижность и доступность. Результаты полученных данных исследований доказывают, что своевременное обеспечение сельскохозяйственных культур водой возможно лишь при соблюдении режима орошения. Понятие «режим орошения» сформулировано основоположником мелиорации А.Н. Костяковым [69]. Режим орошения представляет собой совокупность

норм, сроков и количества поливов и в основном зависит от природно-климатических условий местности и биологических особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур.

В правильно разработанном режиме орошения культуры поливами охвачен весь особо важный по употреблению воды период существования растений. Величина нормы полива при всём этом обязана обеспечить водой слоя почвы, к моменту полива в котором размещена основная масса корней у растений. Она устанавливается в соответствии с водно-физическими особенностями и предположительного порога влажности почвы, способами проведения полива и принятой агротехникой. Длительность межполивных периодов в основном обуславливается фазой формирования растений. При возделывании сельскохозяйственной культуры на продолжительность межполивных периодов большое влияние оказывают метеорологические показатели [37, 51, 72].

Особо отрицательные результаты у растений, сопровождающиеся изменением обмена веществ и, таким образом, нарушением стандартного хода физиологических процессов, удерживающих развитие как всего растения в целом, так и отдельных его органов, отмечается во время присутствия снижения почвенной влаги в опасный период их формирования. Следовательно, для того чтобы создать условия большой продуктивности растений нужно предупредить дефицит влаги в почве. В настоящее время главной задачей считается разработка оптимальных режимов увлажнения почвы для получения определённого уровня, запланированного урожая. При этом в засушливых регионах Волгоградской области водный режим почвы считается главным условием в развитии растения. Как показывают исследования, нехватка воды в почве, также как ее избыток, негативно влияет на формирование культур и резко снижает урожайность. Кукуруза в различных стадиях развития, вследствие собственных биологических свойств, предъявляет разные требования к почвенной влаге, следовательно, соответствие этого либо другого порога влажности растений устанавливается согласно величине урожая. Многие исследователи, занимавшиеся данным вопросом, полагают, что минимальный предел влажности никак

не должен быть меньше 80...85 % НВ, это приводит к разрыву капилляров. Нижняя граница оптимальной влаги находится в зависимости от биологических свойств растений. При этом, чем меньше растение укореняется и у него небольшая корневая система, тем выше у него нижняя граница оптимальной влажности. На основании результатов многолетних исследований М.Н. Багров отмечает, что в условиях Нижнего Поволжья оптимальный предполивной порог влажности в активном слое почвы для многих овощных культур находится на уровне 80...85 % НВ, а для полевых культур 70...75 % НВ. [9, 13, 15, 23, 38, 50, 69, 73, 99, 100, 160].

Принимая во внимание вышеизложенное, нами при проведении исследований ставилась задача создания водного режима почвы, для удовлетворения необходимым количеством воды растений за весь период вегетации, то есть от посева до полного созревания. Режимы орошения кукурузы по вариантам опыта с различной глубиной увлажнения представлены в таблицах 7 – 10. В связи с тем, что предполивная влага почвы не спускалась ниже предусмотренной схемой опытов, фактически поливные нормы соответствовали расчетным. В зависимости от гидротермических условий, за годы экспериментальных работ в период вегетации кукурузы на зерно по вариантам опыта требовалось проводить различное число поливов (таблица 4.1).

Так, в варианте с глубиной увлажнения почвы 0,4 м в 2004 году поливной нормой 300 м<sup>3</sup>/га было проведено 7 поливов, оросительная норма составила 2100 м<sup>3</sup>/га.

В 2005 году поддержание предполивного порога влажности почвы 75% НВ обеспечивалось проведением 9 поливов, а в 2006 году 10 поливами. Оросительная норма составила соответственно 2700 м<sup>3</sup>/га и 3000 м<sup>3</sup>/га.

Режим орошения кукурузы на зерно в годы экспериментальных работ имел свои особенности, которые определялись изменением водопотребления культуры при формировании различного уровня урожайности.

Таблица 4.1 – Режим орошения кукурузы на зерно

Глубина увлажняемого слоя, м	Количество поливов	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
2004 – засушливый год			
0,4	7	300	2100
0,7	5	500	2500
0,4 – 0,7	6	300...500	2400
2005 – очень засушливый год			
0,4	9	300	2700
0,7	7	500	3500
0,4 – 0,7	8	300...500	3200
2006 – сухой год			
0,4	10	300	3000
0,7	8	500	4000
0,4 – 0,7	9	300...500	3700

Вегетационные поливы назначались при снижении влажности почвы до установленного порога (75% НВ). Когда влажность почвы опускалась до заданного порога (75%НВ) на глубине увлажняемого слоя почвы 0,4 м назначали полив нормой 300м<sup>3</sup>/га. На глубине увлажняемого слоя почвы 0,7 м при 75%НВ полив назначали нормой 500м<sup>3</sup>/га. При дифференцированной глубине увлажнения (0,4 – 0,7м) мы одновременно отслеживаем два варианта и смотрим среднюю величину, если влажность почвы снизилась до предполивного порога в расчетном слое 0,4 м слоя почвы назначали малые поливы нормой 300 м<sup>3</sup>/га, когда в слое почвы 0,7 м влажность опустилась до заданного порога, подаем большой полив нормой 500м<sup>3</sup>/га.

На варианте где увлажнение слоя почвы поддерживалось на глубину 0,7 м количество поливов стало меньше, в сравнении с глубиной увлажнения 0,4 м до 5 поливов в 2004 году, 7 поливов наблюдалось в 2005 году и 8 поливов пришлось на 2006 год, а оросительная норма при этом увеличилась, и составила соответственно 2500, 3500, 4000 м<sup>3</sup>/га (таблицы 4.2, 4.3).

Таблица 4.2 – Режим орошения кукурузы на варианте с глубиной увлажнения слоя почвы 0,4 м

Номер полива	Годы исследований					
	2004		2005		2006	
	Период роста и развития	Дата Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Период роста и развития	Дата Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Период роста и развития	Дата Поливная норма, м <sup>3</sup> /га
1	7 листьев	<u>17.06</u> 300	Всходы	<u>30.05</u> 300	Всходы	<u>26.05</u> 300
2	9 листьев	<u>24.06</u> 300	3 листа	<u>03.06</u> 300	3 листа	<u>02.06</u> 300
3	11 листьев	<u>05.07</u> 300	7 листьев	<u>14.06</u> 300	7 листьев	<u>12.06</u> 300
4	Выметывание	<u>12.07</u> 300	9 листьев	<u>19.06</u> 300	9 листьев	<u>21.06</u> 300
5	Выметывание	<u>19.07</u> 300	11 листьев	<u>30.06</u> 300	11 листьев	<u>01.07</u> 300
6	Выметывание	<u>24.07</u> 300	Выметывание	<u>05.07</u> 300	Выметывание	<u>08.07</u> 300
7	Цветение початков	<u>29.07</u> 300	Выметывание	<u>13.07</u> 300	Выметывание	<u>17.07</u> 300
8			Выметывание	<u>20.07</u> 300	Выметывание	<u>21.07</u> 300
9			Цветение початков	<u>28.07</u> 300	Цветение початков	<u>26.07</u> 300
10					Цветение початков	<u>31.07</u> 300
Оросительная норма м <sup>3</sup> /га		2100		2700		3000

На варианте с переменной глубиной увлажнения почвы число поливов увеличилось, а оросительная норма уменьшилась, по сравнению с вариантом, где глубина увлажнения почвы составляла 0,7 м.

Таблица 4.3 – Режим орошения кукурузы на варианте с глубиной увлажнения слоя почвы 0,7 м

Номер полива	Годы исследований					
	2004		2005		2006	
	Период роста и развития	<u>Дата</u> Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Период роста и развития	<u>Дата</u> Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Период роста и развития	<u>Дата</u> Поливная норма, м <sup>3</sup> /га
1	9 листьев	<u>19.06</u> 500	3 листа	<u>1.06</u> 500	3 листа	<u>28.05</u> 500
2	11 листьев	<u>08.07</u> 500	7 листьев	<u>16.06</u> 500	7 листьев	<u>10.06</u> 500
3	Выметывание	<u>14.07</u> 500	9 листьев	<u>26.06</u> 500	9 листьев	<u>20.06</u> 500
4	Выметывание	<u>21.07</u> 500	11 листьев	<u>7.07</u> 500	11 листьев	<u>26.06</u> 500
5	Цветение початков	<u>28.07</u> 500	Выметывание	<u>16.07</u> 500	Выметывание	<u>05.07</u> 500
6			Выметывание	<u>23.07</u> 500	Выметывание	<u>11.07</u> 500
7			Цветение початков	<u>28.07</u> 500	Выметывание	<u>16.07</u> 500
8					Цветение початков	<u>25.07</u> 500
Оросительная норма м <sup>3</sup> /га		2500		3500		4000

При глубине увлажняемого слоя (0,4 – 0,7)м в начале вегетационного периода влажность почвы поддерживалась на глубине 0,4 м; в 2004 г. было проведено – 3 полива нормой 300 и 3 полива – 500 м<sup>3</sup>/га, в 2005 г. – 4 полива нормой 300 м<sup>3</sup>/га и 4 полива. – 500 м<sup>3</sup>/га, в 2006 г. – 4 полива нормой 300 м<sup>3</sup>/га и 5 поливов – 500 м<sup>3</sup>/га. В целом оросительная норма за период вегетации кукурузы составила в 2004 г. – 2400, в 2005 г. – 3200 и в 2006 г. – 3700 м<sup>3</sup>/га (таблица 4.4).



Таблица 4.4 – Режим орошения кукурузы на варианте с глубиной увлажнения слоя почвы 0,4 – 0,7 м

Номер полива	Годы исследований					
	2004		2005		2006	
	Период роста и развития	Дата Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Период роста и развития	Дата Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Период роста и развития	Дата Поливная норма, м <sup>3</sup> /га
1	7 листьев	<u>17.06</u> 300	Всходы	<u>30.05</u> 300	Всходы	<u>26.05</u> 300
2	9 листьев	<u>24.06</u> 300	3 листа	<u>03.06</u> 300	3 листа	<u>02.06</u> 300
3	11 листьев	<u>05.07</u> 300	7 листьев	<u>14.06</u> 300	7 листьев	<u>12.06</u> 300
4	Выметывание	<u>16.07</u> 500	9 листьев	<u>19.06</u> 300	9 листьев	<u>21.06</u> 300
5	Выметывание	<u>23.07</u> 500	11 листьев	<u>30.06</u> 500	11 листьев	<u>01.07</u> 500
6	Цветение початков	<u>28.07</u> 500	Выметывание	<u>14.07</u> 500	Выметывание	<u>12.07</u> 500
7			Выметывание	<u>19.07</u> 500	Выметывание	<u>17.07</u> 500
8			Цветение початков	<u>27.07</u> 500	Выметывание	<u>22.07</u> 500
9					Цветение початков	<u>28.07</u> 500
Оросительная норма м <sup>3</sup> /га		2400		3200		3700

Следовательно, анализ приобретенных данных, позволил установить, что на посевах кукурузы на зерно огромное воздействие на водный режим почвы оказывают гидротермические условия всего вегетационного периода и меняющиеся согласно периодам биологические особенности орошаемого растения,

развитие и рост, степень формируемой урожайности. В результате они считаются главными показателями при установлении норм, количества и сроков поливов.

### **4.3 Суммарное водопотребление и его структура при возделывании кукурузы на зерно**

Суммарное водопотребление – общий расход воды на транспирацию с поверхности растений и испарение почвы за период вегетации. Суммарное водопотребление считается биологической основой правильного определения режима орошения сельскохозяйственных культур. Таким образом, данная величина не бывает неизменной, а находится в зависимости от некоторых факторов, таких как температурный режим, влажность воздуха, биологические свойства гибрида кукурузы и агротехнология возделывания. Учитывая вышеизложенное, можно отметить, что вода осуществляет непростые, жизненно важные для растений функции, преобразовывая в почве питательные вещества в усвояемые формы, растворяя в себе транспортирует их к надземным органам растений, улучшая питательный и тепловой режимы почвы, содействует насыщению тканей растений влагой, что дает им требуемую упругость, оказывающую содействие активизации фотосинтеза растений. В основном всё это формирует требования которые нужны с целью увеличения производительности растений [62, 86, 87, 113].

На основании полученных данных таблицы 4.5. рисунок 4.4 можно видеть, что на фоне дифференцированной глубины увлажнения суммарное водопотребление кукурузы на зерно в разные годы менялось в пределах 5070...5492 м<sup>3</sup>/га. Большой объём воды кукуруза потребляла на варианте при поддержании глубины увлажнения почвы 0,7 м, – при этом составила в среднем 5562 м<sup>3</sup>/га с колебаниями по годам исследованиям 5217...5804 м<sup>3</sup>/га. При снижении глубины увлажнения до 0,4 м способствовало снижению водо-

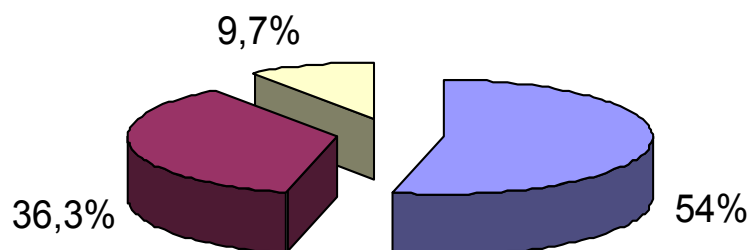
потребления в среднем на 4823 м<sup>3</sup>/га, с колебаниями по годам исследований 4681...5027 м<sup>3</sup>/га.

Таблица 4.5 – Структура суммарного водопотребления кукурузы на зерно по вариантам опыта

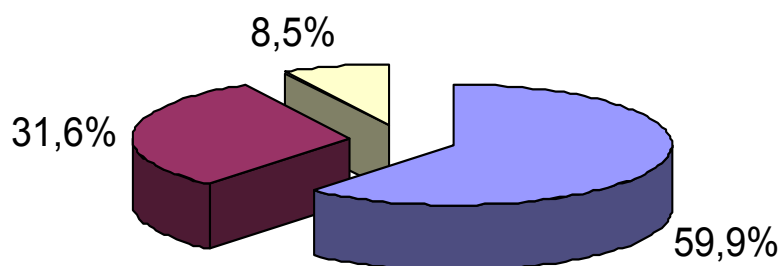
Глубина увлажняемого слоя почвы, м	Годы исследований	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма		Осадки		Используемые запасы влаги из почвы	
			м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
0,4 м	2004	4757	2100	44,1	2139	45,0	518	10,9
	2005	5027	2700	53,7	1867	37,1	460	9,2
	2006	4681	3000	64,1	1253	26,8	428	9,1
	среднее	4823	2600	54,0	1753	36,3	469	9,7
0,7 м	2004	5217	2500	47,9	2139	41,0	578	11,1
	2005	5804	3500	60,3	1867	32,2	437	7,5
	2006	5665	4000	70,6	1253	22,1	412	7,3
	среднее	5562	3333	59,9	1753	31,6	476	8,5
0,4 – 0,7 м	2004	5070	2400	47,3	2139	42,2	531	10,5
	2005	5492	3200	58,3	1867	34,0	425	7,7
	2006	5359	3700	69,0	1253	23,4	406	7,6
	среднее	5307	3100	58,4	1753	33,0	454	8,6

Значительную часть структуры суммарного водопотребления составляла оросительная вода на варианте с глубиной увлажнения 0,7 м – 59,9 % при дифференцированной глубине увлажнения (0,4 – 0,7 м) – 58,4 %, в среднем за три года.

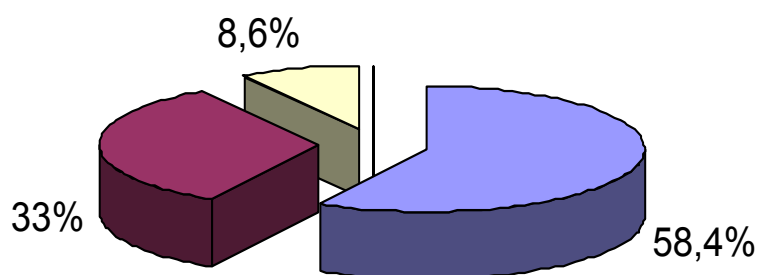
**h=0,4 м**



**h=0,7 м**



**h=0,4-0,7 м**



■ Оросительная норма    ■ Осадки    ■ Использованные запасы влаги

Рисунок 4.4 – Структура суммарного водопотребления кукурузы на зерно по вариантам опыта сорт РОСС 273-МВ, %

Доля оросительной воды при глубине увлажняемого слоя почвы 0,4 м в структуре суммарного водопотребления, уменьшалась и в среднем за три года составляла 54,0 %. Приход влаги от осадков в засушливые и очень засушливые годы в независимости от глубины увлажнения составлял значительную часть в структуре суммарного водопотребления. Таким образом, в 2004 году на их долю приходилось 41,0...45,0 % от общего водопотребления, в 2005 году 32,2...37,1 % и 2006 году с помощью осадков компенсировало 22,1...26,8 % дефицита водного баланса посевов.

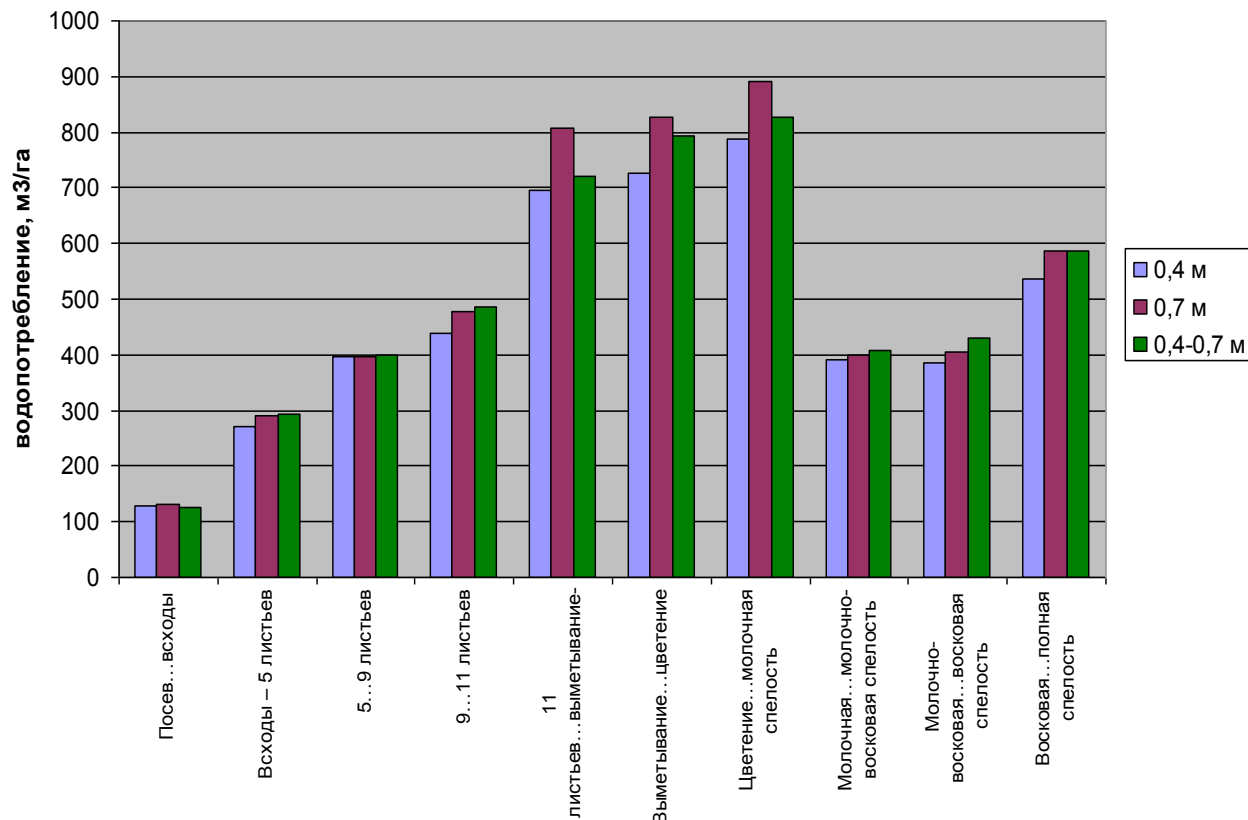
Анализ данных таблицы 4.5, позволил установить, что доля участия запасов воды в почве структуры суммарного водопотребления кукурузы на зерно в основном зависит от глубины увлажняемого слоя почвы и располагает противоположными показателями изменения численных значений в сравнении с оросительной нормой. Сравнение полученных данных по вариантам позволяет отметить, что высокий коэффициент участия продуктивных запасов воды в почве для удовлетворении потребности в воде растений наблюдался на варианте с поддержанием глубины увлажняемого слоя почвы 0,4 м и составил 9,7 %, с колебаниями по годам 9,1...10,9 %, наиболее низкий – на варианте с глубиной увлажнения 0,7 м – 8,5 % в среднем за три года исследований.

Обобщая вышеизложенное, можно отметить, что максимальное количество воды, как по периодам роста и развития, так и за всю вегетацию в целом кукуруза потребляла на варианте с глубиной увлажняемого слоя почвы на уровне 0,7 м. Кроме того, на протяжении вегетационного периода величины суммарного водопотребления кукурузы различались. Потребление воды в начальные фазы формирования растения было небольшим, хотя её запасы в почве были в достаточном количестве, так, на всех вариантах опыта в межфазный период «посев...всходы» водопотребление кукурузы на зерно составило 128...130 м<sup>3</sup>/га в среднем за три года. (таблица 4.6, рисунок 4.5).

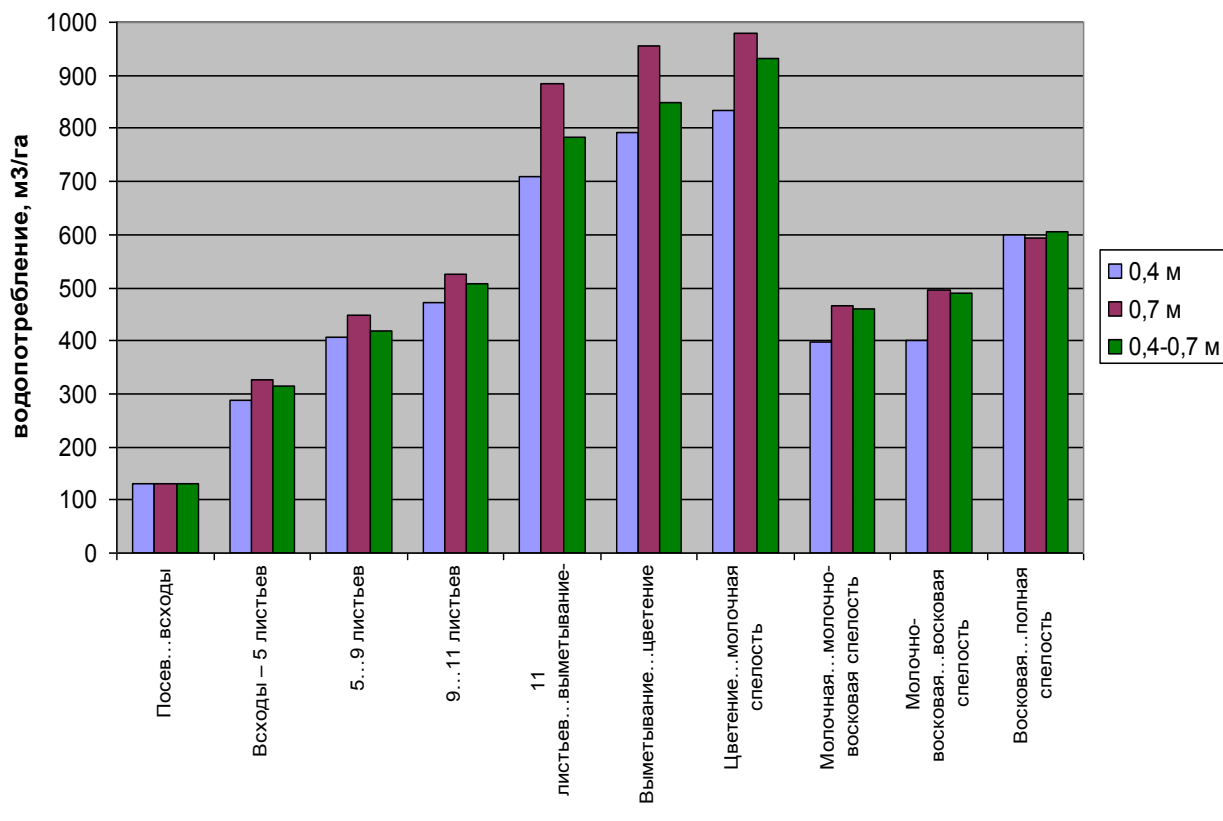
Таблица 4.6 – Водопотребление кукурузы на зерно по фазам роста и развития, м<sup>3</sup>/га

Межфазный период	Глубина увлажняемого слоя почвы, м											
	0,4			среднее	0,7			среднее	0,4-0,7			среднее
	2004	2005	2006		2004	2005	2006		2004	2005	2006	
Посев... всходы	128	130	125	128	132	130	128	130	126	130	130	128
Всходы –5 листьев	272	287	274	278	291	326	314	310	292	315	394	300
5...9 листьев	396	408	390	398	398	448	427	425	400	418	425	414
9...11 листьев	438	473	418	443	479	526	520	508	487	508	490	495
11 листьев ...Выметывание	695	708	706	703	808	884	861	851	720	783	794	765
Выметывание...цветение	726	791	788	768	827	954	926	902	793	851	836	826
Цветение... молочная спелость	789	833	764	795	892	980	968	947	828	933	873	877
Молочная... молочно-восковая	391	396	313	366	397	464	461	440	406	464	457	442
Молочновосковая... восковая	385	401	388	391	406	496	477	460	429	488	476	464
Восковая... полная спелость	536	598	513	549	585	594	584	587	587	605	582	591
Посев... полная спелость	4757	5026	4680	4821	5215	5802	5666	5561	5068	5495	5457	5308

### Водопотребление кукурузы по фазам развития за 2004 г.



### Водопотребление кукурузы по фазам развития за 2005 г.



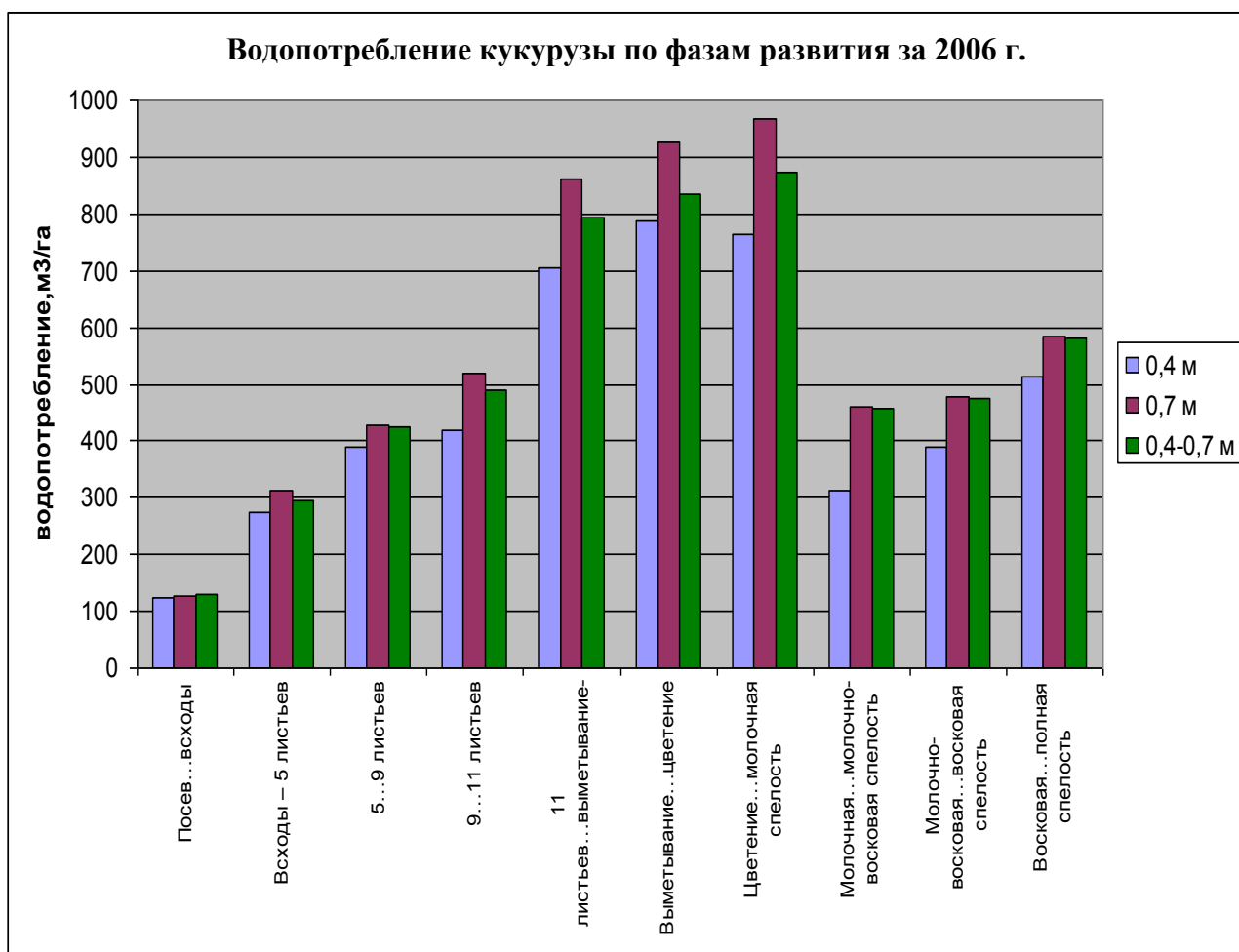


Рисунок 4.5 – Динамика водопотребления кукурузы на зерно по фазам роста и развития в зависимости от варианта опыта за 2004-2006гг.

Таким образом, за период от посева до фазы вымётывания в зависимости от варианта опыта на образование биомассы растениями затрачено в среднем от 43 до 49 % влаги от общего количества. Самое большое количество воды кукуруза на зерно потребляет в межфазный период «цветение – молочная спелость». За это время в зависимости от глубины увлажняемого слоя почвы растениями было израсходовано от 33,4 до 34,8 % воды от её общего количества. Полученные данные показывают, что в момент созревания зерна кукуруза резко уменьшает потребление воды, в среднем за три года, составило 549...591 м<sup>3</sup>/га.

Анализ полученных нами данных также показывает, что для кукурузы свойственен одновершинный ход кривой суммарного водопотребления, который согласуется с интенсивным накоплением вегетативной массы растениями.



#### 4.4 Динамика среднесуточного водопотребления кукурузы на зерно

Для обоснования наилучшего водного режима почвы при возделывании сельскохозяйственных культур определение среднесуточного водопотребления в отдельные периоды вегетации имеет огромную значимость. В связи с этим динамика среднесуточного водопотребления наиболее подробно определяет характер закономерности изменения потребности в воде растений в зависимости от почвенно-климатических условий и дает возможность аргументировать способ управления водным режимом почвы с целью получения стабильного урожая сельскохозяйственных культур.

При изучении водопотребления кукурузы на зерно весьма значимым считается определение среднесуточного расхода воды в отдельные фазы. На протяжении вегетационного периода интенсивность потребления воды растениями кукурузы изменяется в широких пределах. Так, в начале вегетации, когда на всех вариантах опыта запасы воды были одинаковые, транспирация небольшая, т.е среднесуточные расходы друг от друга недалеки.

Анализируя полученные данные (таблица 4.7, рисунок 4.6), можно отметить, что среднесуточное водопотребление изменяется в зависимости от фазы роста и развития. С накоплением вегетативной массы и повышением среднесуточных температур воздуха расход влаги растениями за сутки достигает наибольшего значения в межфазный период «вымётывание метелки...молочная спелость». На варианте с глубиной увлажнения почвы 0,4 м оно изменялось в эту фазу по годам исследований в пределах 65,0...70,6 м<sup>3</sup>/га, с изменением глубины увлажнения почвы на уровне 0,7 м среднесуточное водопотребление за этот период повысилось до 77,4...94,7 м<sup>3</sup>/га. При дифференцированной глубине увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м) среднесуточное водопотребление было меньше, чем при глубине увлажнения почвы 0,7, м и оно в среднем за три года исследований составило 80,1 м<sup>3</sup>/га. Таким образом, самое большое значение среднесуточного водопотребления зафиксировано на варианте, где глубина увлажнения почвы составила 0,7м.

Таблица 4.7 – Среднесуточные значения водопотребления кукурузы на зерно по вариантам опыта, м<sup>3</sup>/га

Межфазный период	Глубина увлажняемого слоя почвы, м											
	0,4			среднее	0,7			среднее	0,4-0,7			среднее
	2004	2005	2006		2004	2005	2006		2004	2005	2006	
Посев...всходы	14,2	13,0	13,0	13,4	14,7	13,0	12,8	13,5	14,0	13,0	13,0	13,3
Всходы –5 листьев	20,9	22,1	22,8	21,9	22,4	25,1	26,2	24,6	22,5	24,2	24,5	23,7
5 - 9 листьев	33,0	34,0	39,0	35,3	33,2	37,3	42,7	37,7	33,3	34,8	42,5	36,9
9...11 листьев	48,7	47,3	52,2	49,4	23,2	52,6	65,0	56,9	54,1	47,3	31,3	54,2
11 листьев ...Выметывание	63,2	54,5	58,8	58,8	73,5	68,0	66,2	69,2	72,0	65,3	69,5	68,9
Выметывание...молочная спелость	68,9	65,0	70,6	68,2	85,9	77,4	94,7	86,0	81,1	74,3	85,0	80,1
Молочная... молочно-восковая спелость	56,0	56,7	61,0	58,2	66,5	66,4	65,7	66,2	67,8	62,0	65,4	65,1
Молочновосковая...восковая спелость	48,1	44,6	44,1	45,6	50,8	55,1	59,6	55,2	53,6	42,0	59,5	51,7
Восковая... полная спелость	14,9	15,7	12,8	14,5	16,7	16,5	16,7	16,6	17,3	16,3	14,2	15,9
Посев... полная спелость	37,5	36,7	36,3	36,8	42,4	43,0	43,8	43,1	41,9	42,2	42,5	42,2

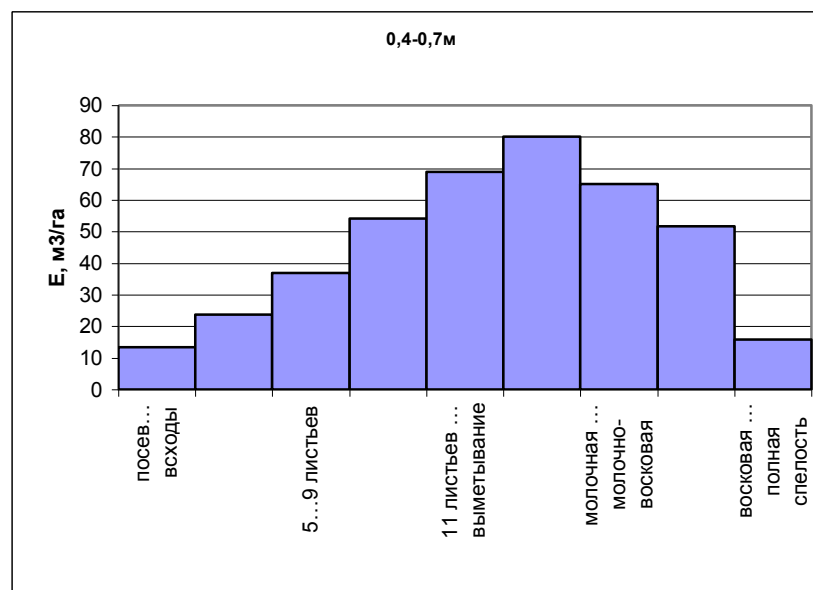
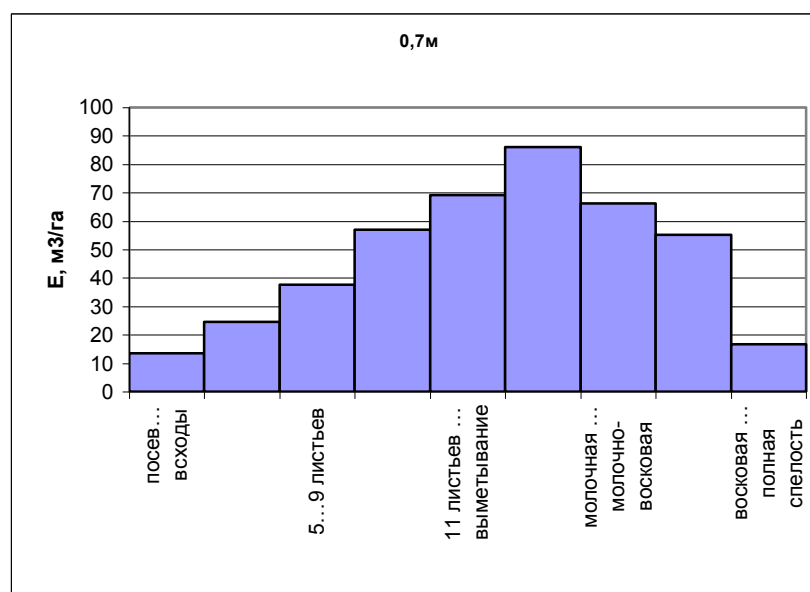
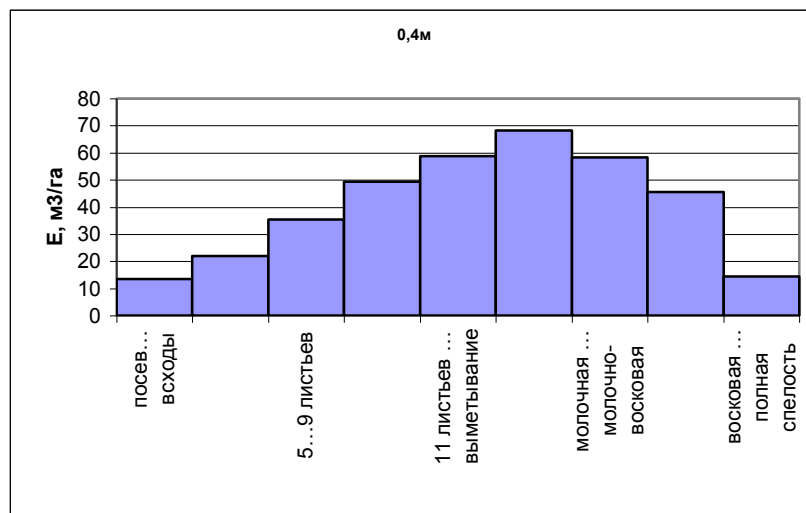


Рисунок 4.6 – Среднесуточное водопотребление кукурузы по вариантам опыта среднее за 2004-2006 гг.

Снижение среднесуточного водопотребления растений на варианте, где глубина увлажнения почвы составила 0,4 м, объясняется тем, что по мере иссушения нижний слой почвы снижает подвижность и степень доступности почвенной влаги в связи с этим ограничивает водопотребление посевов кукурузы на зерно.

Затем среднесуточный расход воды кукурузой в последующие периоды роста и развития постепенно понижается. Потребление влаги кукурузой в период от восковой до полной спелости зерна было незначительно выше, чем в фазу «посев... всходы» и в среднем по годам проведенных исследований изменялось по вариантам опыта в пределах от 13,3 до 13,5 м<sup>3</sup>/га.

Анализ динамики изменения развития среднесуточного водопотребления даёт возможность обосновать наилучший режим влажности почвы с целью получения разного уровня урожая кукурузы. В связи с тем, что потребление воды кукурузой за весь вегетационный период различно, имеет смысл для экономии воды применять дифференцированный режим орошения. При этом интенсивная водоподача используется не в течении всей вегетации, а в момент максимального водопотребления культуры, то есть в фазу «выметывание метелки... молочная спелость». В первоначальный и завершающие вегетационные периоды присутствие наименьшей необходимости растений в воде возможно без значимой потери производительности культуры снижать глубину увлажнения почвы до 0,4 м. Подтверждением тому считаются приобретённые нами результаты кукурузы на зерно по урожайности. Подводя итоги можно отметить, что увлажнение почвы на глубину 0,7 м, по сравнению с глубиной увлажнения почвы 0,4 м в период максимального водопотребления, оказывало положительное влияние на продуктивность кукурузы на зерно.

На основании расчета суммарного и среднесуточного водопотребления производилась количественная оценка потребностей растений в воде с целью развития планируемого урожая. Оценивая производительность применения воды растениями в условиях различной влагообеспеченности, определялись также затраты влаги на создание 1 т зерна кукурузы.

#### 4.5 Коэффициенты водопотребления кукурузы на зерно при орошении

С целью установления эффективности воздействия изучаемых агроприемов на величину и качество получаемой продукции большую роль играет коэффициент водопотребления. На основании коэффициента водопотребления можно установить объем воды, расходуемой растениями на создание единицы товарной продукции. Ряд авторов на основании своих исследований отмечает, что коэффициент водопотребления существенно меняется не только лишь для различных гибридов растений кукурузы но и для одного и того же гибрида который зависит от обстоятельств влагообеспеченности и числа питательных элементов в почве, технологических процессов выращивания, метеорологических особенностей периода вегетации, способов и техники полива и прочих факторов, кроме того, на величину коэффициента водопотребления значительное влияние оказывает величина урожайности [40, 68, 70, 75, 118, 192, 195].

Полученные экспериментальные данные позволяют считать, что на вариантах с дифференцированной глубиной увлажняемого слоя почвы эффективность использования оросительной воды возрастала в связи с увеличением урожайности зерна кукурузы.

Анализ результатов исследований показывает, что значительное воздействие на динамику коэффициента водопотребления растений кукурузы является стимулирующим фактором не только водный режим почвы но и внесение соответствующего уровня минерального питания (таблица 4.8). За годы экспериментальных исследований коэффициент водопотребления для получения 7 т/га зерна кукурузы менялся в пределах от 651 до 824 м<sup>3</sup>/т. Увеличение урожая зерна кукурузы до 8,0 т/га способствовало уменьшению расходов воды до значений 632...745 м<sup>3</sup>/т.

Для формирования 9 т/га урожая зерна кукурузы понадобилось 575 м<sup>3</sup> воды на получение 1 тонны зерна на варианте с поддержанием дифференцированной глубины увлажнения почвы и внесением расчетной дозы удобрений N<sub>150</sub>P<sub>140</sub>K<sub>60</sub> кг/га д.в.

Таблица 4.8 – Коэффициенты водопотребления кукурузы на зерно за 2004-2006 гг.

Глубина увлажнения почвы, м	Урожайность, т/га		Дозы минеральных удобрений, кг д.в./га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
	Планируемая	Фактическая			
0,4	7	5,77	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	4757	824
	8	7,34	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	5027	685
	9	7,95	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	4681	589
0,7	7	7,15	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	5217	730
	8	7,79	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	5804	745
	9	8,39	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	5665	675
0,4-0,7	7	7,79	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	5070	651
	8	8,69	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	5492	632
	9	9,32	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	5359	575

В целом применение расчетных доз удобрений и улучшение водообеспеченности существенно повышают урожайность зерна кукурузы. В связи с этим понижение коэффициента водопотребления содействует наиболее рациональному потреблению воды на создание 1 т зерна кукурузы.

Таким образом, выраженные закономерности изменения коэффициентов водопотребления, в зависимости от исследуемых условий, необходимо принимать во внимание при расчетах режимов орошения на получение планируемого урожая зерна.

Обработка полученных результатов исследований по выявлению зависимости величины урожайности кукурузы от суммарного водопотребления и коэффициента водопотребления позволила нам выразить уравнением типа  $Y=AE+B$  (рисунок 4.7 и 4.8).

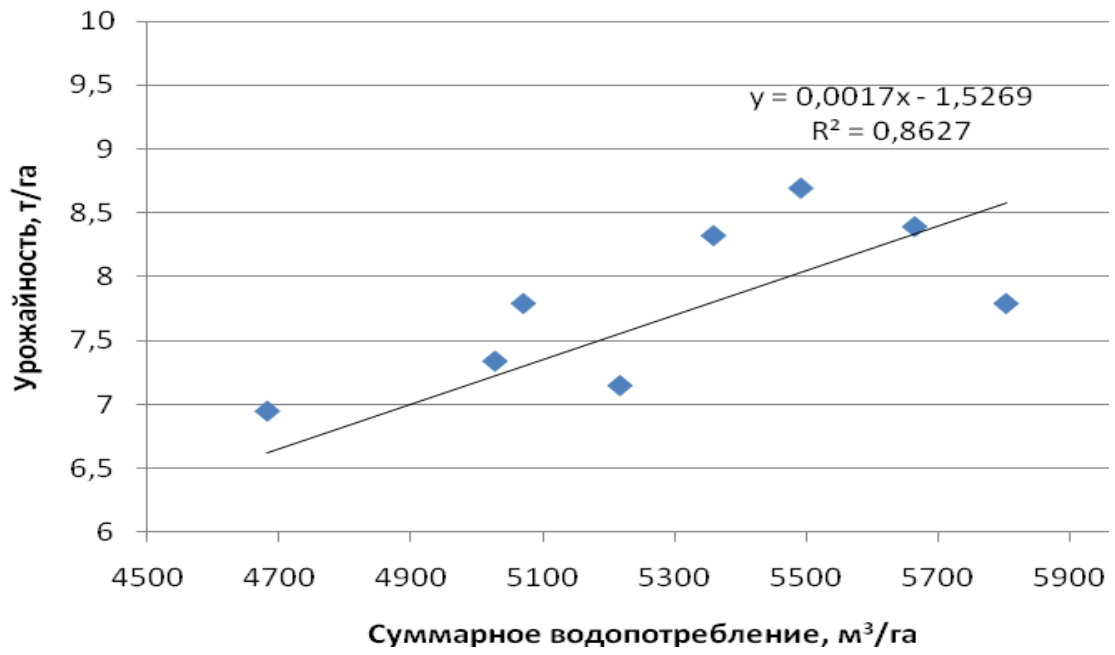


Рисунок 4.7 – Зависимость урожайности кукурузы от суммарного водопотребления

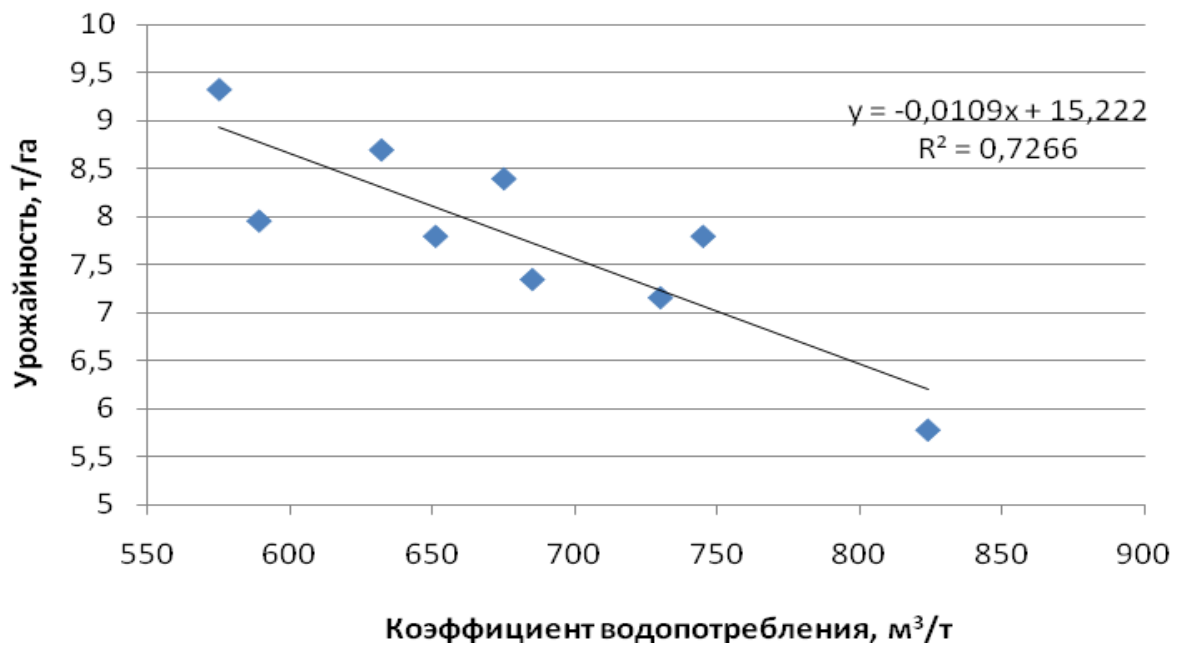


Рисунок 4.8 – Зависимость урожайности кукурузы от коэффициента водопотребления ( $K_B$ )

Следовательно, данные отношения суммарного водопотребления и коэффициента водопотребления с урожайностью зерна кукурузы которые мы получили в ходе экспериментальных работ можно описать уравнением с численными значениями постоянных коэффициентов А и В. Исходя из этого, взаимосвязь урожайности зерна от 7 до 9 т/га и суммарного водопотребления кукурузы уравнение регрессии имеет вид:

$$Y=0,0017 E+1,5269$$

$$Y=0,0109 K_B +15,222$$

где – У урожайность зерна кукурузы, т/га; Е – суммарное водопотребление м<sup>3</sup>/га; К<sub>В</sub> – коэффициент водопотребления, м<sup>3</sup>/т; А и В – постоянные коэффициенты.

Корреляционная взаимосвязь установленной зависимости имеет весьма значительную надежность и подтверждается коэффициентом детерминации, равными

$$R^2=0,8627; \quad R^2=0,7266$$

Результаты наших исследований показывают, что повышение урожая зерна кукурузы сопровождается с увеличением потребления воды. Таким образом, с целью развития урожая зерна на уровне 7 т/га суммарное расходование воды составило в среднем 4500±300 м<sup>3</sup>/га; с ростом продуктивности урожая зерна до 8 т/га суммарный расход воды растениями вырос вплоть до 4950±200 м<sup>3</sup>/га. Продуктивность кукурузы 9 т/га при суммарном водопотреблении обеспечивается в среднем 5250±300 м<sup>3</sup>/га.

#### **4.6 Взаимосвязь суммарного водопотребления кукурузы и метеорологическими показателями в зависимости от варианта опыта**

В современных рыночных условиях главной задачей в орошаемом земледелии является экономия оросительной воды. Следовательно, при этом огромный интерес уделяется теории улучшения расчетов суммарного водопотребления. Одним из особо применяемых способов расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур считается биоклиматический метод. В



основе его находится теоретически определенная и проверенная в полевых условиях связь между величиной водопотребления и метеорологическими показателями [8, 7, 74, 102, 139, 140, 188].

В качестве начальных компонентов с целью расчета влаги на орошаемом участке при оптимальной влагообеспеченности А.М. Алпатьев [9] внёс своё предложение применять суммы дефицитов атмосферной влажности воздуха.

Для расчёта биологических кривых начиная от всходов в виде шкалы времени С.М. Алпатьевым было предложено применять необходимую сумму среднесуточных температур воздуха с поправкой на длину светового дня.

Рассчитанные опытным путем данные биоклиматических коэффициентов всегда справедливы лишь для точных агроклиматических условий, т.е. данные характеристики, имеют зональный характер. С учетом вышеизложенного нами в период проведения исследований определены биоклиматические коэффициенты кукурузы на зерно для подзоны светло-каштановых почв Волгоградской области с применением среднесуточной температуры воздуха (таблица 4,9).

Анализ данных таблицы 4.9 и рисунка 4.9 показывает, что данные биоклиматических коэффициентов находятся в зависимости от режима влаги в почве и увеличиваются с его усовершенствованием. Таким образом, при глубине увлажнения почвы на уровне 0,4 м получили значения биоклиматических коэффициентов испарения по температуре, за время вегетационного периода кукурузы, которые составили  $0,153 \text{ мм}/^{\circ}\text{C}$  в среднем за годы исследований.

С увеличением глубины увлажняемого слоя почвы до 0,7 м за всю вегетацию расходование воды на  $1^{\circ}\text{C}$  температуры в среднем повысился до 0,157 мм. На вариантах при поддержании дифференцированной глубины увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м) температурный коэффициент в течение трех лет менялся от 0,164 до  $0,165 \text{ мм}/^{\circ}\text{C}$  и в среднем за вегетационный период составил  $0,164 \text{ мм}/^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 4.9 – Температурные коэффициенты расхода влаги кукурузой, в зависимости от варианта опыта, мм/°С

Глубина увлажняемого слоя почвы, м	Годы экспери- ментальных ис- следований	Посев... всхо- ды	Всходы... 5 листьев	5...9 листьев	9...11 листья	11 листьев ... выметывание	Выметыва- ние... молоч- ная спелость	Молочная... молочно- восковая спе- лость	Молочно- восковая... восковая спе- лость	Восковая... полная спе- лость	Посев... полная спелость
0,4	2004	0,06	0,08	0,17	0,20	0,19	0,23	0,19	0,19	0,06	0,152
	2005	0,07	0,12	0,16	0,18	0,21	0,24	0,19	0,17	0,07	0,156
	2006	0,08	0,12	0,15	0,18	0,23	0,25	0,18	0,16	0,07	0,152
	среднее	0,07	0,11	0,16	0,18	0,21	0,23	0,18	0,17	0,06	0,153
0,7	2004	0,05	0,08	0,17	0,20	0,20	0,24	0,19	0,18	0,06	0,152
	2005	0,07	0,12	0,16	0,18	0,22	0,24	0,19	0,18	0,07	0,158
	2006	0,08	0,12	0,14	0,18	0,25	0,26	0,19	0,16	0,07	0,161
	среднее	0,07	0,11	0,16	0,18	0,22	0,24	0,19	0,17	0,06	0,157
0,4 – 0,7	2004	0,08	0,08	0,17	0,20	0,21	0,25	0,22	0,21	0,07	0,165
	2005	0,07	0,12	0,16	0,18	0,22	0,26	0,20	0,19	0,08	0,164
	2006	0,06	0,12	0,15	0,18	0,25	0,27	0,19	0,18	0,08	0,164
	среднее	0,07	0,11	0,16	0,18	0,22	0,26	0,20	0,19	0,07	0,164

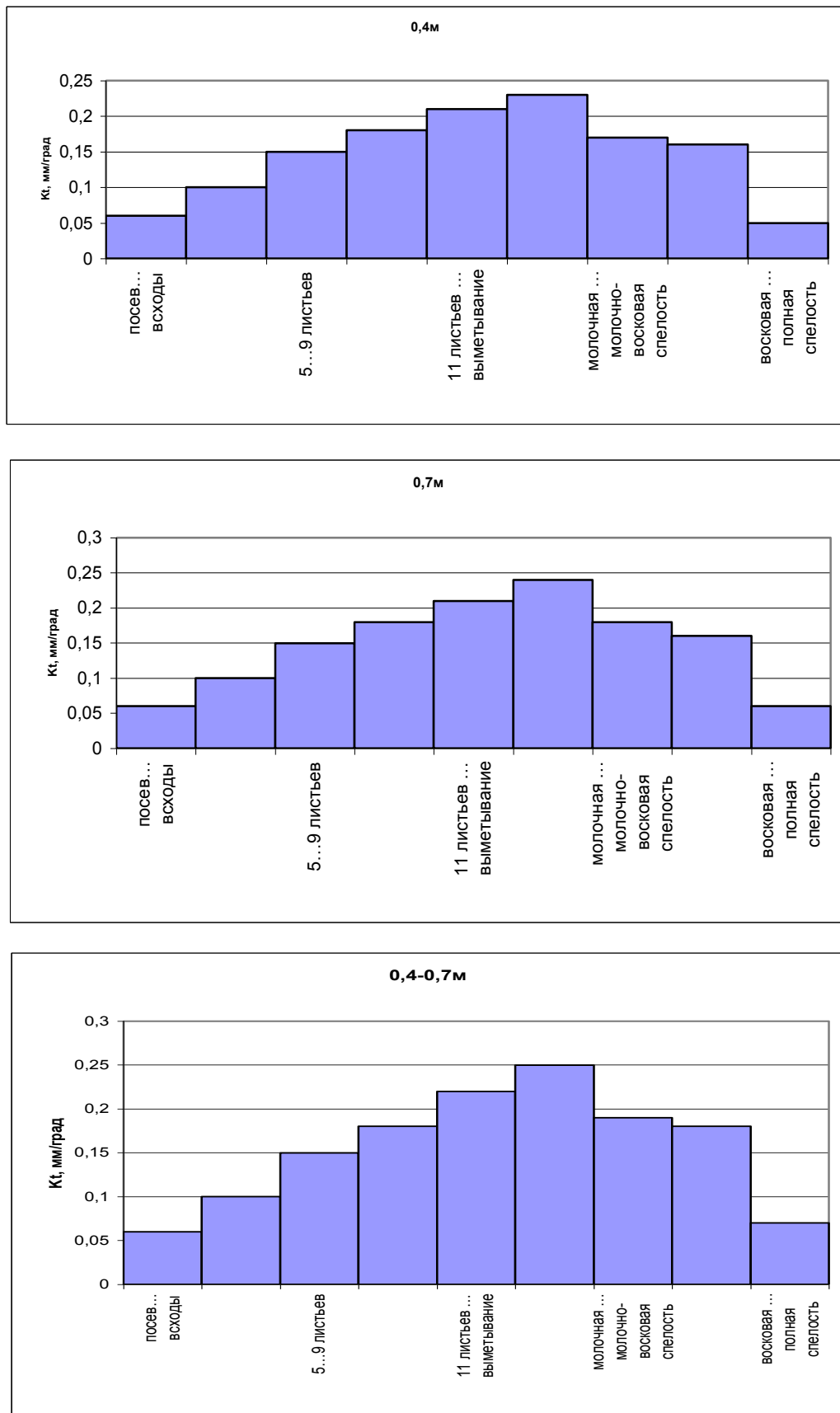


Рисунок 4.9 – Динамика средних температурных коэффициентов испарения (Кt) кукурузы в зависимости от периода роста и развития по вариантам опыта

Из полученных в ходе исследовательских работ результатов видно, что биоклиматические коэффициенты меняются на протяжении всей вегетации растений. Максимальные их значения наблюдаются в тот период, когда происходит наибольшее развитие листовой поверхности и накопление вегетативной массы растений в период «выметывание...молочная спелость». Следовательно, в начальный и конечный периоды формирования растений кукурузы биоклиматические коэффициенты понижаются с уменьшением водопотребления. В межфазный период «посев...всходы» отмечены минимальные значения температурных коэффициентов которые менялись в пределах 0,05 до 0,08 мм/°С. Среднее значение в течение трех лет исследований по всем вариантам опыта составило 0,07 мм/°С.

В фазу «выметывание...молочная спелость» при глубине увлажнения почвы 0,4 м значение температурного коэффициента составило 0,23 мм/°С. На варианте с глубиной увлажнения почвы 0,7 м, эти показатели составили 0,24 мм/°С. При дифференцированной глубине увлажнения почвы (0,4 - 0,7м) в этот период достигались наибольшие значения биоклиматических коэффициентов, которые в среднем за годы исследований составляют 0,26 мм/°С.

Таким образом, зная продолжительность вегетации и сумму температур за этот период, с помощью биоклиматических коэффициентов можно устанавливать водопотребление кукурузы на зерно, отдельно по фазным развития и за всю вегетацию в целом. На основании полученных результатов можно определить сроки назначения поливов и поливные нормы кукурузы на зерно.

## **5. ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ**

### **5.1 Рост, развитие и урожайность кукурузы в зависимости от варианта опыта**

Жизненный цикл кукурузы на зерно заключается из ряда последовательно идущих изменений роста, развития, в которых выражается присущая любому организму потенциальная способность к самовоспроизведению и размножению. Многие исследователи доказывают, что на сроки прохождения фаз и длительность межфазных периодов значительное воздействие оказывают биологические особенности гибрида и технология их возделывания, а также метеорологические условия и период вегетации. Поэтому необходимо отметить, что длительность вегетационного периода считается одним из главных условий управления процессами развития урожая [154, 159, 172, 188].

В ходе исследований проводили посев при прогревании почвы до 10...13 °С на глубине заделки семян. Кроме того, в зависимости от года исследований и при различных метеорологических условиях наблюдалась некоторая разница в сроках наступления периода роста и формирования кукурузы. Анализ приобретенных данных показывает, что в годы исследований 2004-2006 гг. наблюдалась определенная разность в сроках наступления периода кукурузы на протяжении всей вегетации. Например, различие в начале фазы «полная спелость» между годами составляет не более 1...4 дня. Между вариантами эта разница 1...7 дней (таблица 5.1).

Полученные данные за годы исследований показывают, что, на продолжительность отдельных фаз роста и развития, так и на всю вегетацию в целом оказывают воздействие метеорологические условия. Так, например, период «посев... всходы» по годам изучений менялся несущественно и исходя из температурных условий составил 9...10 дней. Продолжительность фазы «всходы...3 листа», 3-5, 5-7, 7-9 листьев в 2004 и 2005 годах была на один день больше, чем 2006 г.

Таблица 5.1 – Сроки наступления периода роста и развития кукурузы в зависимости от варианта опыта

Годы экспериментальных исследований	Глубина увлажняемого слоя почвы	Посев	Всходы	3 листа	5 листьев	7 листьев	9 листьев	11 листьев	Выметывание метелки	Молочная спелость	Молочно-восковая спелость	Восковая спелость	Полная спелость
2004	0,4	17.05	26.05	31.05	8.06	15.06	20.06	29.06	9.07	29.07	4.08	12.08	15.09
	0,7	17.05	26.05	31.05	8.06	15.06	20.06	29.06	10.07	30.07	3.08	13.08	17.09
	0,4 – 0,7	17.05	26.05	31.05	8.06	15.06	20.06	29.06	10.07	30.07	6.08	14.08	21.09
2005	0,4	19.05	29.05	2.06	9.06	15.06	19.06	28.06	9.07	26.07	5.08	13.08	16.09
	0,7	19.05	29.05	2.06	9.06	15.06	19.06	28.06	10.07	27.07	6.08	14.08	21.09
	0,4 – 0,7	19.05	29.05	2.06	9.06	15.06	19.06	28.06	10.07	27.07	6.08	12.08	23.09
2006	0,4	14.05	24.05	29.05	5.06	11.06	15.06	23.06	6.07	25.07	31.07	7.08	15.09
	0,7	14.05	24.05	29.05	5.06	11.06	15.06	23.06	6.07	26.07	2.08	8.08	17.09
	0,4 – 0,7	14.05	24.05	29.05	5.06	11.06	15.06	23.06	6.07	28.07	3.08	9.08	18.09

Таблица 5.2 – Продолжительность фаз роста и развития кукурузы по вариантам опыта.

Годы экспериментальных исследований	Глубина увлажняемого слоя почвы	Посев...всходы	Всходы...3 листьев	3...5 листьев	5...7 листьев	7...9 листьев	9...11 листьев	11 листьев...выметывание	Выметывание...молочная спелость	Молочная...молочно-восковая спелость	Молочно-восковая...спелость	Восковая...полная спелость	Посев...полная спелость
2004	0,4	9	5	8	7	5	9	10	20	6	8	34	121
	0,7	9	5	8	7	5	9	11	20	6	8	35	123
	0,4 – 0,7	9	5	8	7	5	9	11	20	7	8	38	127
2005	0,4	10	5	8	7	5	10	11	17	10	8	34	125
	0,7	10	5	8	7	5	10	12	17	10	8	38	130
	0,4 – 0,7	10	5	8	7	5	10	12	17	10	6	40	135
2006	0,4	10	5	7	6	4	8	13	19	7	6	39	124
	0,7	10	5	7	6	4	8	13	20	7	6	40	126
	0,4 – 0,7	10	5	7	6	4	8	13	22	7	6	40	128

Отмеченная закономерность наблюдается в течение всего периода от посева вплоть до формирования 9 листьев согласно всем изучаемым вариантам опыта. Совершенствование водного и пищевого режимов почвы увеличивало продолжительность межфазных периодов, тем самым растениям позволило развивать большую высоту стебля и ассимиляционную поверхность листьев (таблица 5.2).

В период исследований нами определялись техническая спелость зерна, сроки её наступления. На снижение влажности зерна с 30...35 до 16...14 % оказывают воздействие водный, пищевой режим почвы (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Сроки наступления технической спелости зерна по вариантам опыта (в среднем за 2004 – 2006 гг.)

Влажность зерна %	Годы экспериментальных исследований		
	2004	2005	2006
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 м			
30...35	11.08	12.08	6.08
20...25	24.08	28.08	23.08
14...16	14.09	15.09	14.09
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,7 м			
30...35	12.08	16.08	8.08
20...25	26.08	2.09	25.08
14...16	16.09	20.09	16.09
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 – 0,7 м			
30...35	15.08	16.08	8.08
20...25	29.08	3.09	25.08
14...16	20.09	22.09	17.09

Из данных видно, что минимальное время для достижения 16...14 % влажности зерна понадобилось на варианте с глубиной увлажняемого слоя почвы 0,4м. За один день на данном варианте было потеряно в период, когда влажность зерна понизилась с 30...35 до 20...25 %, в 2004 – 0,61, 2005 – 0,58, 2006 – 0,69 % влаги зерна кукурузы.



Данные ряда авторов показывают, что для завершения каждой фазы растения кукурузы необходима определенная сумма температур, которая оказывает влияние на её продолжительность и на всю вегетацию в целом. Все это в конечном итоге влияет на уровень продуктивности сельскохозяйственных культур, и урожайность зерна кукурузы в том числе.

В зависимости от погодных условий в период «посев... всходы» требовалась определенная сумма среднесуточных температур с изменением по годам исследований от 145,8 до 188°С и за три года исследовательских работ в среднем составила 167,6°С (таблица 5.4).

Сумма среднесуточных температур на варианте с глубиной увлажнения слоя почвы 0,4 м за годы экспериментальных работ в среднем составила 2735,1°С, при глубине увлажняемого слоя 0,7 м – 2778,3°С. На варианте с дифференцированной глубиной (0,4 – 0,7м) сумма среднесуточных температур составила 2827,5°С, с изменением по годам исследований 2444,2 ...3087,4.

Сумма температур, которая необходима для возделывания кукурузы на зерно, может оказывать влияние на фазы роста и развития растений, что позволяет прогнозировать и планировать проведение агротехнических мероприятий для получения стабильных урожаев зерна. В ходе исследований было установлено, что повышение продуктивности кукурузы на зерно происходит в соответствии с увеличением роста среднесуточного расхода воды. Например, за период вегетации урожайность зерна 7 т/га формируется при среднесуточном расходе воды 37,6 м<sup>3</sup>/га. Для образования урожайности зерна на уровне 8 т/га растениями использовано за вегетационный период до 38,2...39,8 м<sup>3</sup>/га влаги в сутки. Производительность 9 т/га достигается при среднесуточном водопотреблении 42,2 м<sup>3</sup>/га.

Таблица 5.4 – Величина показателей суммы среднесуточных температур в периоды роста и развития в годы исследований

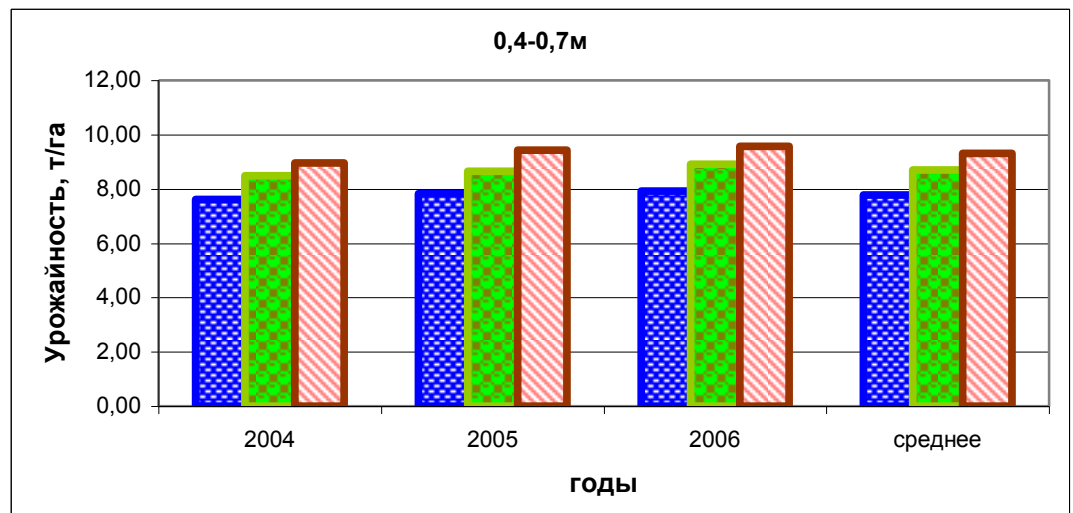
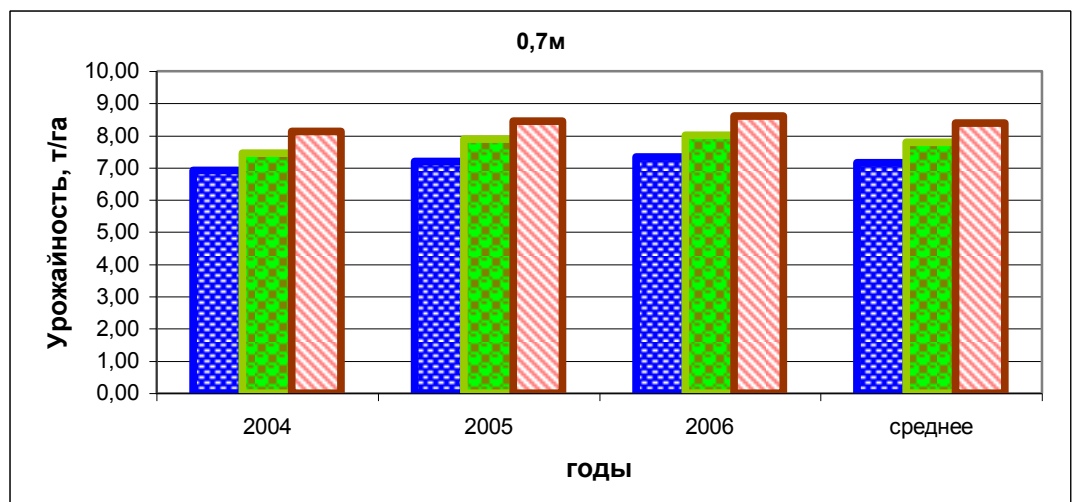
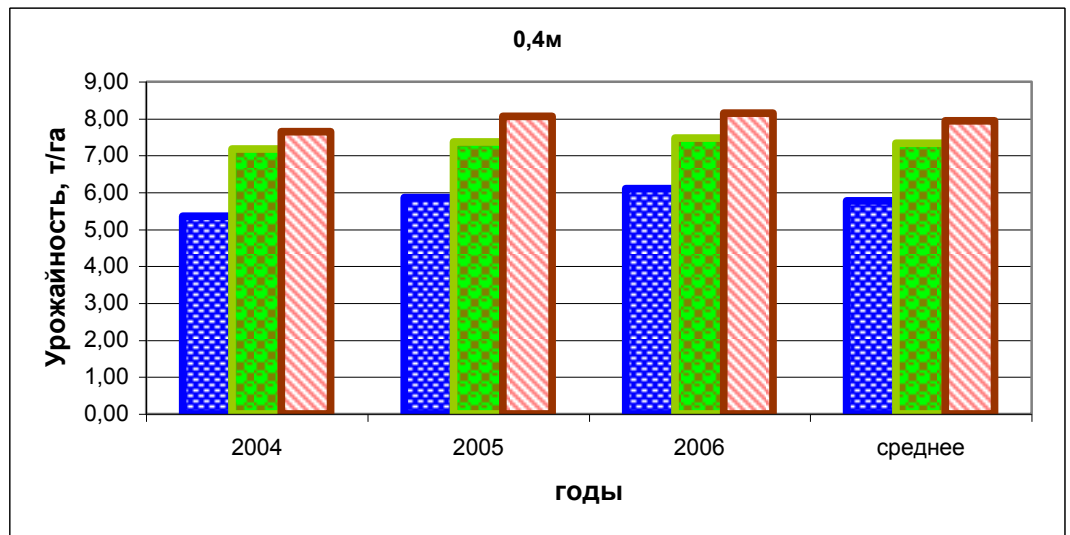
Межфазный период	Глубина увлажняемого слоя почвы, м											
	0,4			среднее	0,7			среднее	0,4-0,7			среднее
	2004	2005	2006		2004	2005	2006		2004	2005	2006	
Посев...всходы	145,8	188,0	169,0	167,6	145,8	188,0	169,0	167,6	145,8	188,0	169,0	167,6
Всходы –3листа	81,0	96,2	84,5	87,2	81,1	96,2	84,5	87,2	81,0	96,2	84,5	87,2
3...5 листьев	147,0	168,0	144,3	153,1	147,0	168,0	144,3	153,1	147,0	168,0	144,3	153,1
5...7 листьев	133,7	147,0	117,0	132,6	133,7	147,0	117,0	132,6	133,7	147,0	117,0	132,6
7...9 листьев	95,5	105,0	93,6	98,0	95,5	105,0	93,6	98,0	95,5	105,0	93,6	98,0
9...11 листьев	171,9	210,0	187,2	189,7	171,9	210,0	187,2	189,7	171,9	210,0	187,2	189,7
11 листьев ...выметывание	210,3	272,8	301,7	261,2	210,1	296,4	301,7	269,4	210,1	296,4	301,7	269,4
Выметывание...молоч- ная спелость	484,0	566,4	450,6	500,3	484,0	590,0	450,6	508,2	484,0	590,0	503,8	525,7
Молочная... молочно-восковая	150,8	141,6	164,0	152,1	150,8	165,2	164,0	160,0	148,4	165,2	186,2	166,6
Молочновоско- вая...восковая	169,6	216,0	205,4	197,0	169,6	216,0	212,8	199,5	169,6	216,0	186,2	190,6
Восковая... полная спелость	613,0	808,4	966,0	795,8	625,6	857,6	955,8	813,0	591,2	905,6	977,3	824,7
Посев... полная спе- лость	2402,6	2919,4	2883,3	2735,1	2415,0	3039,4	2880,5	2778,3	2444,2	3087,4	2950,8	2827,5

В наших исследованиях наибольшая урожайность зерна кукурузы была получена на варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы (0,4-0,7 м) в среднем по годам исследований она составила 7,79...9,32 т/га (таблица 5.5 и рисунок 5.1).

Таблица 5.5 – Урожайность зерна кукурузы при разных дозах удобрений и глубине увлажнения почвы, т/га

Расчетные дозы удобрений на урожайность, кг/га д.в.	Глубина увлажнения почвы, м	Годы исследований			Среднее за 2004-2006 гг.
		2004	2005	2006	
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	0,4	5,36	5,86	6,10	5,77
N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>		7,18	7,37	7,48	7,34
N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>		7,64	8,06	8,15	7,95
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	0,7	6,92	7,19	7,34	7,15
N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>		7,45	7,89	8,02	7,79
N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>		8,13	8,45	8,60	8,39
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	0,4 – 0,7	7,61	7,82	7,93	7,79
N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>		8,49	8,66	8,92	8,69
N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>		8,96	9,43	9,57	9,32
НСР <sub>05</sub>		0,16	0,13	0,10	0,14

Урожайность зерна кукурузы на варианте с глубиной увлажняемого слоя почвы 0,7 м по сравнению с дифференцированной глубиной (0,4-0,7м) снизилась на 7,2...11,8 %. При снижении слоя почвы до 0,4 м урожайность зерна кукурузы по сравнению с глубиной увлажнения почвы 0,7 м уменьшилась на 11,1...21,4 %. Анализ данных, приведенных в таблице 20 показывает, что максимальная урожайность зерна кукурузы обеспечивалась в 2006 г. В зависимости от глубины увлажняемого слоя урожайность зерна кукурузы в данном году исследований менялась в пределах от 6,10 до 9,57 т/га, что выше на 5,1...12,3 % чем в 2004 г.



 7т/га планируемого урожая

 8т/га планируемого урожая

 9т/га планируемого урожая

Рисунок 5.1 – Зависимость урожайности зерна кукурузы от глубины увлажнения почвы

На фоне увлажнения почвы 0,7 м при внесении минеральных доз удобрений, рассчитанные на получение планируемой урожайности по сравнению с вариантом, где глубина увлажнения почвы составляла 0,4 м, способствовало увеличению урожайности зерна кукурузы на 0,7 т/га в среднем за годы экспериментальных исследований.

На урожайность зерна кукурузы особое влияние оказывало внесение различных доз удобрений. Так, получению более высокой урожайности зерна кукурузы способствовало внесение дозы удобрений на уровне  $N_{150}P_{140}K_{60}$  кг/га д.в. (в среднем за годы исследований 2004 – 2005 гг.) которая менялась в пределах от 7,95 до 9,32 т/га

## **5.2 Фотосинтетическая деятельность посевов кукурузы**

При формировании урожая сельскохозяйственных культур основным фактором является фотосинтетическая деятельность растений. В процессе фотосинтеза формируется 90...95% сухой массы биологического урожая. Вследствие этого многостороннее изучение фотосинтетической деятельности растений по фазам развития является актуальной задачей.

Многие авторы в результате исследований утверждают, что существует прямая связь между урожаем и величиной площади листьев [5, 58, 87, 88, 62, 114, 172, 173]. Следовательно на оптимальных фонах минерального питания и увлажнение почвы которое осуществляется за счет выпавших осадков площадь листовой поверхности может достигать самых больших значений (32...45 тыс.м<sup>2</sup>/га), а при наилучшей влагообеспеченности их значение возрастает до 48...63 тыс.м<sup>2</sup>/га.

На основании анализа результатов различных исследований можно сделать вывод о том, что главным фактором, который чаще всего способствует снижению урожайности, считается медленный рост и развитие площади листьев, и незначительные ее размеры. Поэтому площадь листьев при повышении до определенных размеров может сопровождаться приростом урожайности. Од-

нако эта величина не может являться безграничной, так как существенное увеличение листовой поверхности растений может стать причиной в ухудшении светового режима, снижению продуктивности фотосинтеза и темпов прироста сухого вещества и в результате этого к неполучению урожайности. Таким образом, основным условием получения устойчивой урожайности является обеспечение формирования оптимальной площади листовой поверхности посевов кукурузы.

На основе полученных данных можно отметить, что в посевах кукурузы самые большие значения площади листьев менялись в зависимости от водного и пищевого режимов почвы. Больших значений площадь листьев достигает в межфазный период выметывания, а потом из-за подсыхания и отмирания нижних листьев, она резко начинает уменьшаться. Так, при глубине увлажнения почвы в слое 0,4 м в среднем за три года исследований максимальная площадь листьев составила 34,13 тыс.м<sup>2</sup>/га. По мере совершенствования условий водообеспеченности, т.е. при глубине увлажняемого слоя почвы 0,7 м максимальное значение площади листовой поверхности увеличилось на 3,5 % и составило 35,38 тыс.м<sup>2</sup>/га в среднем за три года. На варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м) наибольшая площадь листовой поверхности была существенно выше (на 7,5 %), чем на варианте с глубиной увлажнения почвы 0,4 м и составила 36,91 тыс.м<sup>2</sup>/га ( таблица 5.6, рисунок 5.2).

Дозы минеральных удобрений также являются одним из важнейших факторов, определяющих величину площади листовой поверхности. По мнению многих исследователей, внесение удобрений под кукурузу оказывает решающее воздействие на площадь листовой поверхности, интенсивность листового образования, и фотосинтетическую деятельность посевов.

Одним из факторов, воздействующих на продуктивность кукурузы, считается развитие высоты стебля.

Из полученных данных (таблица 5.7) видно, что до фазы выметывания происходит усиленный рост и развитие растений, затем происходит их резкое снижение.

Таблица 5.6 – Динамика площади листовой поверхности кукурузы, в среднем за 2004-2006 гг. тыс.м<sup>2</sup>/га

Фазы роста и развития							
5 листь- ев	7 листь- ев	9 листь- ев	11 ли- стьев	вымё- тывание	Молоч- ная спе- лость	Мо- лочно- вос- ковая спе- лость	Вос- ковая спе- лость
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 м							
3,73	6,68	11,25	21,44	34,13	31,65	28,79	25,16
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,7 м							
3,74	6,69	11,27	21,93	35,38	31,97	29,14	25,42
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 – 0,7 м							
3,82	6,90	11,75	22,97	36,91	32,23	29,41	25,67

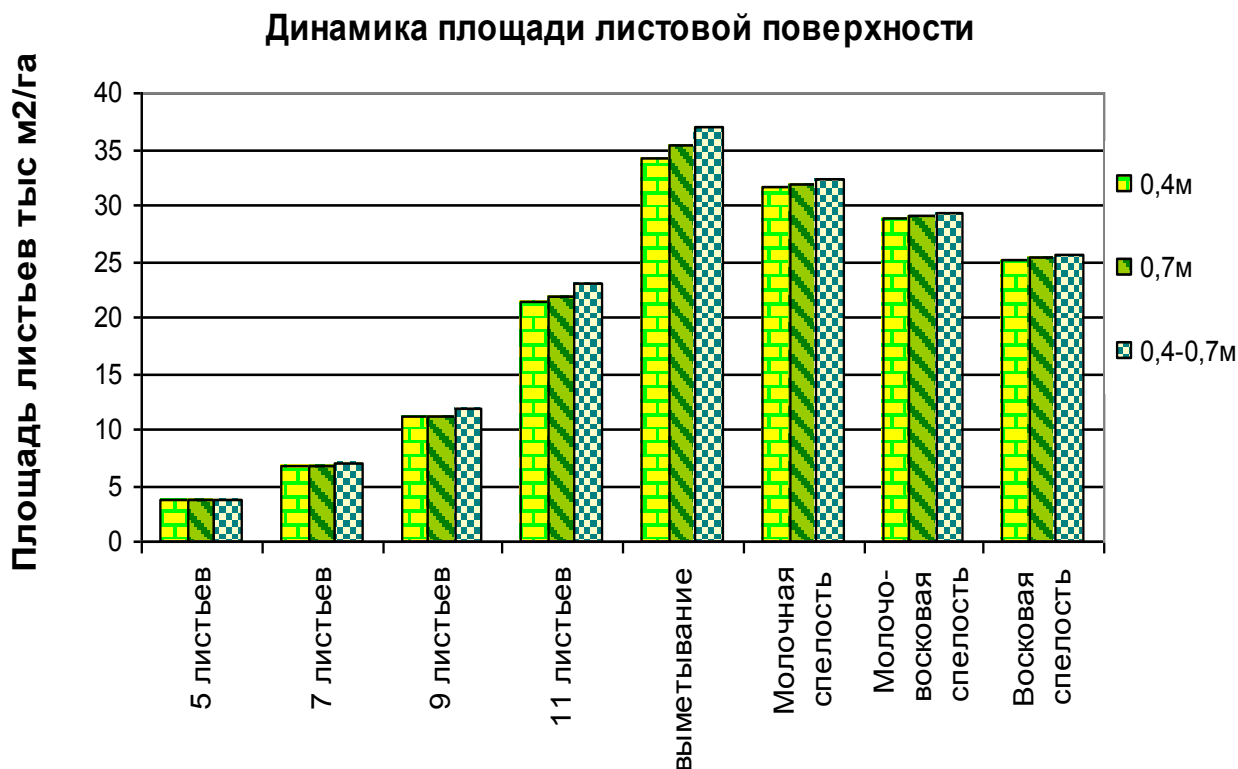


Рисунок 5.2 – Значения динамики площади листовой поверхности кукурузы за 2004-2006 гг. тыс.м<sup>2</sup>/га

Таблица 5.7 – Динамика линейного роста и развития растений кукурузы за 2004-2006 гг., м

Глубина увлажнения почвы, м	Годы исследований	7 листьев	9 листьев	11 листьев	Вымётывание	Молочная спелость	Полная спелость
0,4	2004	0,26	0,53	1,36	1,60	1,64	1,67
	2005	0,28	0,92	1,41	1,69	1,72	1,74
	2006	0,30	1,01	1,54	1,84	1,87	1,89
	среднее	0,28	0,82	1,44	1,71	1,74	1,74
0,7	2004	0,28	0,56	1,53	1,81	1,85	1,87
	2005	0,30	1,02	1,56	1,89	1,96	1,98
	2006	0,33	1,14	1,69	1,98	2,01	2,04
	среднее	0,30	0,91	1,59	1,89	1,94	1,96
0,4 – 0,7	2004	0,33	0,62	1,64	1,96	1,09	2,06
	2005	0,36	1,14	1,71	2,07	2,10	2,14
	2006	0,39	1,23	1,85	2,13	2,18	2,21
	среднее	0,36	0,99	1,73	2,05	2,09	2,14

Наиболее низкая высота растений отмечена, на глубине увлажняемого слоя почвы 0,4 м, которая в среднем за три года изучений составила 1,74 м. При глубине увлажнения почвы 0,7 м отмечается повышение роста растений. На варианте с дифференцированной глубиной увлажнения (0,4 – 0,7м) отмечен наиболее высокий линейный рост растений. Высота растений на данном варианте опыта в среднем за три года изучений составила 2,14 м, изменяясь от 2,06 до 2,21 м.

Анализ полученных данных по динамике нарастания сухой массы кукурузы на зерно (таблица 5.8) показывает, что вплоть до уборки урожая в растениях происходит процесс постепенного накопления сухой массы. Максимальные значения этого показателя отмечаются в фазу полной спелости зерна. Значительное влияние на динамику накопления сухого вещества оказывает глуби-



на увлажнения почвы. Из таблицы 5.8 следует, что на варианте с глубиной увлажняемого слоя 0,4 м урожайность кукурузы на зерно в сухом веществе за три года изучений в среднем составила 16,02 т/га.

Таблица 5.8 – Динамика накопления сухой массы кукурузы на зерно, т/га в среднем за 2004-2006 гг.

Фазы роста и развития								
5 лис- тьев	7 лис- тьев	9 лис- тьев	11 лис- тьев	Выме- тыва- ние	Мо- лочная спе- лость	Мо- лочно- воско- вая спе- лость	Воско- вая спе- лость	Пол- ная спе- лость
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 м								
0,13	0,27	0,63	1,86	4,90	11,82	13,07	14,20	16,02
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,7 м								
0,13	0,27	0,63	1,88	5,34	12,57	13,85	15,01	16,49
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 – 0,7 м								
0,14	0,30	0,68	2,02	5,72	13,99	15,30	16,48	17,72

При увеличении глубины увлажнения почвы с 0,4 до 0,7 м урожайность зерна кукурузы в сухом веществе увеличилась всего на 0,48 т/га и среднее её значение составило 16,49 т/га. На варианте с глубиной увлажнения 0,4 – 0,7 м урожайность кукурузы на зерно в сухом веществе превышала на 9,7 %, чем на варианте с глубиной увлажняемого слоя почвы 0,4 м и составила 17,72 т/га.

Следовательно, на увеличение накопления сухой биомассы кукурузы способствовала дифференцированная глубина увлажнения почвы.

Анализ динамики суточных приростов сухой биомассы в течение вегетации показывает, что в различных вариантах опыта характер изменения полученных данных является однотипным (таблица 5.9). Среднесуточный прирост сухой биомассы растений за время всего вегетационного периода происходит неравномерно.

Таблица 5.9 – Величина показателей среднесуточных приростов сухой биомассы кукурузы, кг/га в среднем за 2004-2006 гг.

Фазы роста и развития							
Всходы...5 листьев	5...7 листьев	7...9 листьев	9...11 листьев	11 листьев...выметывание	Выметывание...молочная спелость	Молочная..молочно-восковая спелость	Молочно-восковая..восковая спелость
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 м							
9,3	27,3	71,2	138,2	277,0	330,1	210,0	141,1
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,7 м							
9,3	27,3	71,2	140,1	289,1	345,2	215,0	145,1
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 – 0,7 м							
9,9	28,6	76,4	148,2	309,3	360,0	220,2	153,0

Так, в начале вегетации, когда площадь листовой поверхности имеет незначительные размеры, значения сухой биомассы были минимальными, т.е. в пределах 9,3...9,9 кг/га. Затем с ростом и развитием листовой поверхности растений, наблюдается наиболее интенсивный прирост сухой биомассы.

Наиболее интенсивный среднесуточный прирост сухого вещества растениями кукурузы отмечен перед цветением метелки. В это время в основном формируется значительная часть площади листьев. После периода «выметывание...молочная спелость» среднесуточный прирост сухой биомассы начинает снижаться и в конце вегетационного периода его значения составили 141,1...153,0 кг/га.

На варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м) были получены максимальные значения сухой биомассы, которые в период «выметывание...молочная спелость» составляли 360,0 кг/га. При глубине увлажнения почвы 0,7 м их значения были меньше на 14,8 кг/га и равны 345,2 кг/га. Дальнейшее снижение глубины увлажнения почвы до 0,4 м повлекло за собой снижение среднесуточного прироста сухой биомассы кукурузы и состава

вил 330,1 кг/га среднем за три года исследований. Анализ данных таблицы 5.9 показывает, что глубина увлажнения почвы оказывает значительное влияние на величину среднесуточного прироста сухой биомассы.

По данным Г.П. Устенко, [176, 177] продуктивность фотосинтеза на прямую зависит от величины площади листьев. Согласно сведениям А.И. Агаркова [1, 2] в условиях Волгоградской области на фоне удобрений при оптимальной водообеспеченности максимальные значения площади листьев были отмечены в межфазный период вымётывания метелки и образования первых початков которые в среднем составили 40 тыс.м<sup>2</sup>/га, а чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) – 7...8 г/м<sup>2</sup> сутки. Особо благоприятные условия способствовали повышению значений ЧПФ которые составили 12...15 и даже 16...18 г/м<sup>2</sup> сутки. О большой эффективности удобрений в увеличении чистой продуктивности фотосинтеза отмечено в научных работах Л.А. Максимова, А.Л. Запорожченко и др.[43, 57, 86, 87, 176, 177, 197].

Таким образом, удобрения в условиях наилучшей влагообеспеченности, увеличивают в почве содержание питательных веществ, заметно улучшают фотосинтетическую деятельность посевов.

Анализ данных по результатам исследования других авторов, показал, что изменения регулируемых факторов внешней среды не всегда давали существенное повышение чистой продуктивности, а в некоторых случаях содействовали понижению данной величины.

Полученные нами в период исследований данные (таблицы 5.10) свидетельствуют о том, что продуктивность фотосинтеза менялась в течение вегетационного периода кукурузы на зерно. В начале вегетационного периода чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) более интенсивно нарастала и достигла своих максимальных значений в период самого большого прироста листовой поверхности с дальнейшим её понижением. Анализ данных динамики изменения (ЧПФ) показал, что с усовершенствованием влагообеспеченности растений кукурузы продуктивность фотосинтеза повышалась.

Таблица 5.10 – Чистая продуктивность фотосинтеза посевов кукурузы, г/м<sup>2</sup>сут, в среднем за 2004-2006 гг.

Фазы роста и развития	Глубина почвы, м		
	0,4	0,7	0,4-0,7
Всходы...5 листьев	5,0	5,10	5,15
5...7 листьев	5,22	5,22	5,37
7...9 листьев	7,83	7,83	8,29
9...11 листьев	8,62	8,62	8,75
11 листьев... вымётывание	10,12	10,17	10,41
Вымётывание... молочная спелость	10,15	10,34	10,51
Молочная ...молочновосковая спелость	7,02	7,11	7,22
Молочновосковая ...восковая спелость	5,30	5,39	5,61
В среднем за период всходы...восковая спелость	7,41	7,50	7,65

При увлажнении почвы на глубину 0,4 м максимальное значение продуктивности фотосинтеза в среднем за годы исследований составило 10,15 г/м<sup>2</sup> сутки, на глубину 0,7 м чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) повысилась на 2,5 % и составила 10,34 г/м<sup>2</sup> в сутки. На фоне дифференцированной глубины увлажнения почвы (0,4–0,7 м) максимальное значение ЧПФ было на 2,1 и 3,0 % больше, чем при глубине увлажняемого слоя почвы 0,4 и 0,7 м, и составило 10,51 г/м<sup>2</sup> сутки. Анализируя данные ряда исследователей о влиянии минерального питания на чистую продуктивность фотосинтеза, можно отметить весьма противоречивые утверждения. Таким образом, одни авторы утверждают, что большие дозы удобрений в сравнении с малыми не дают значительного изменения продуктивности фотосинтеза или приводят к понижению ее величины, а другие замечают существенное повышение чистой продуктивности, как по периодам роста и развития, так и за всю вегетацию в целом.

В результате наших исследований наиболее низкая (ЧПФ) во все фазы роста и развития была получена при глубине 0,4 м. Полученные результаты вы-

явили, что при оптимизации пищевого и водного режимов почвы величина чистой продуктивности фотосинтеза менялась незначительно. Следовательно, их практическая ценность в управлении формированием планируемых урожаев снижается. В целом наибольшая площадь листьев никак не может считаться основным показателем, определяющим результативность посева. Она только способна для развития наиболее высокого фотосинтетического потенциала (ФП) и соответственно большого урожая сухой биомассы. Данные характеристик (ФП) дают возможность дополнить и конкретизировать показатели взаимосвязи площади листовой поверхности с урожайностью зерна кукурузы. С целью наиболее четкого установления результативности реализации световых ресурсов на создание биомассы растений кукурузы нужно знать не только наибольшую площадь листовой поверхности, но и интенсивность её работы на формирование урожая в течение всего периода вегетации – фотосинтетический потенциал. Данный показатель предусматривает величину и продолжительность работы ассимилирующей поверхности посева. Определяется (ФП) и площадь листьев в основном, уровнями увлажнения и минерального питания растений (таблица 5.11).

Таблица 5.11 – Величина показателей формирования фотосинтетического потенциала посевами кукурузы, тыс.м<sup>2</sup>дней/га, в среднем за 2004-2006 гг.

Всходы...5 листьев	5...7 листьев	7...9 листьев	9...11 листьев	11 листьев... вымётывание	Вымётывание... молочная спелость	Молочная...молочно- восковая спелость	Молочно-восковая... вос- ковая спелость
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 м							
22,5	31,6	45,7	147,7	305,2	690,7	182,0	216,4
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,7 м							
22,5	31,6	45,7	199,0	344,3	706,9	184,1	218,8
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 – 0,7 м							
23,7	33,0	47,5	157,1	359,6	794,6	185,6	220,9

В наших исследованиях на варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м) был сформирован наиболее высокий фотосинтетический потенциал. В среднем за три года исследований в межфазный период «вымётывание...молочная спелость» его максимальные значения составили 794,6 тыс.м<sup>2</sup> дней/га.

С изменением глубины увлажнения почвы от 0,4 – 0,7 до 0,4; 0,7 м фотосинтетический потенциал снизился и его значения в среднем за три года исследований равнялись 690,7 и 706,9 тыс. м<sup>2</sup> дней/га. Это меньше на 11,0 и 13,1 %, чем на варианте с глубиной увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м). На основе математического анализа были нами выведены зависимости формирования фотосинтетического потенциала и уровня планируемой урожайности кукурузы на зерно (рисунок 5.3). Тогда можно записать:

$$\text{ФП} = 46,275x^2 - 219,89x + 764,28$$

где: ФП - фотосинтетический потенциал тыс.м<sup>2</sup>дней/га

Высокий коэффициент детерминации между указанными показателями показывает достоверность полученных данных, т.е:

$$R^2 = 0,9751$$

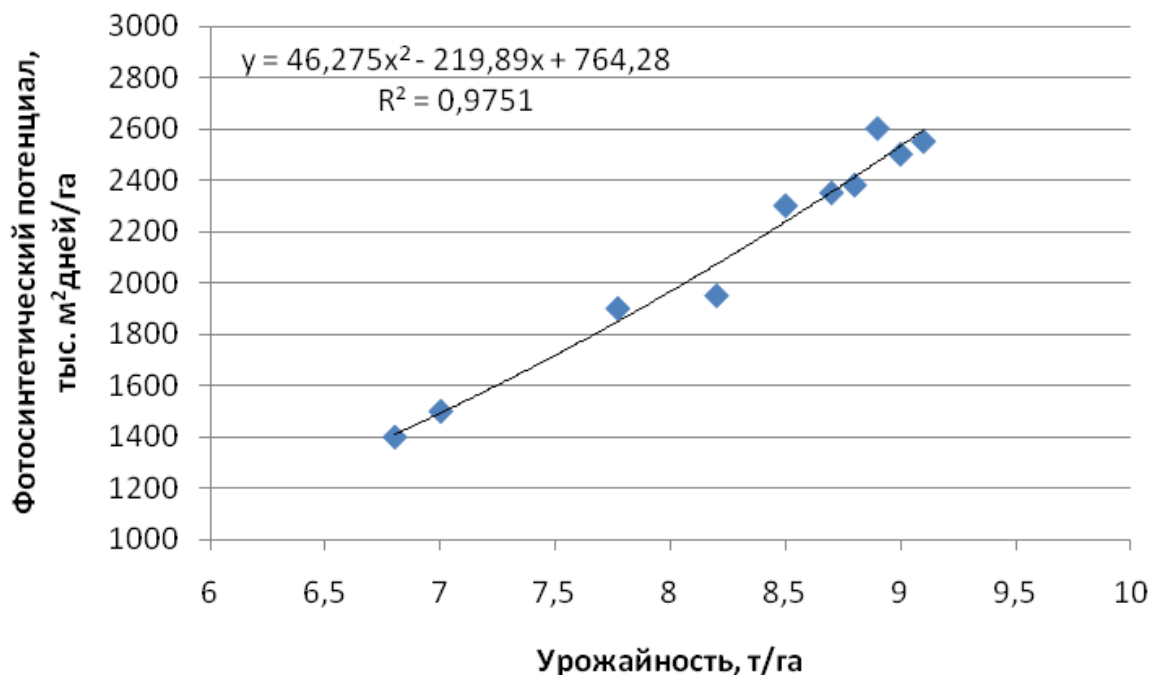


Рисунок 5.3 – Зависимость урожая зерна кукурузы от уровня фотосинтетического потенциала

При этом планируемая урожайность на уровне 7 т/га формируется при накоплении фотосинтетического потенциала в пределах 1548,21 тыс.м<sup>2</sup>дней/га. Увеличение продуктивности зерна кукурузы 8 т/га обеспечивается при величине фотосинтетического потенциала 1895,53 тыс.м<sup>2</sup>дней/га. Более высокая планируемая урожайность на уровне 9 т/га формируется тогда, когда значение фотосинтетического потенциала составляет 2576,58 тыс.м<sup>2</sup>дней/га.

Таким образом, можно отметить то, что орошение может способствовать не только увеличению формирования ассимилирующего аппарата и продолжительности его работы, но и увеличению суточного прироста сухого вещества.

### **5.3 Структура урожая зерна кукурузы при различных уровнях урожайности**

Производительность посевов зерновых культур обуславливается соотношением между структурой урожая и основными органами растений, т.е. долей участия товарной составляющей части в его общей величине.

На основании анализа полученных данных ряд авторов отмечают, что существует тесная связь между урожаем зерна и такими показателями початка, как масса, длина, и число зерен в рядке, а в наименьшей степени эта величина находится в зависимости от массы 1000 зерен [197].

Кроме того, установлено, что наилучшие условия в обеспечении растений кукурузы водой на протяжении всего периода и внесение азотных удобрений (в фазу 7...8 листьев) положительно оказывают влияние на величину численных значений структуры урожая. В целом, существенное воздействие на изменение некоторых компонентов структуры урожая оказывают минеральные удобрения [30, 66, 112, 163, 164, 178].

Следовательно, изучение закономерности формирования урожая, его структуры находящейся в зависимости от условий возделывания нужно с целью управления производительностью растений в посевах.

Учитывая вышеизложенное, можно отметить, что показатели структурного анализа початков кукурузы изменяются в зависимости от водного, пищевого режимов почвы. Из приобретенных нами данных видно, что усовершенствование водообеспеченности растений благоприятно оказывает воздействие на величину численных значений характеристики структуры початка (табл.5.12).

Так, например, наименьшие значения данных показателей были получены на варианте при увлажнении почвы на глубину 0,4 м. С увеличением глубины увлажнения почвы до 0,7 м способствовало увеличению длины початка на 6,2 %, в среднем за три года исследований, количество зерен в початке прибавилось на 3,1 %, количество зерен в ряду – на 1,3 %, на 11,4% увеличилась масса зерна 1 початка, масса 1000 зерен – на 8 % и масса 1 початка на 12,1%,

Таблица 5.12 – Структурный анализ початка кукурузы в среднем за 2004-2006 гг.

Длина початка, м	Количество рядков зерен, шт.	Количество зерен в ряду, шт	Количество зерен в початке, шт.	Масса 1 початка, кг	Масса зернена початка, кг	Выход зерна початка, %	Масса 1000 зерен, кг	Урожайность зерна, т/га
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 м								
0,162	14	29	406	0,087	0,070	77	0,150	7,02
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,7 м								
0,180	16	30	480	0,090	0,078	78	0,163	7,78
Глубина увлажняемого слоя почвы 0,4 – 0,7 м								
0,185	16	31	486	0,102	0,082	80	0,168	8,60

На варианте с дифференцированной глубиной (0,4 -0,7м) по периодам развития наблюдалось увеличение числа зерен в початке – на 1,3 и 4,2 % ,массы зерна 1 початка на 3,8 и 14,7 % и масса 1 початка – на 2,8 и 15, 7 %, соответственно по сравнению с другими вариантами, т.е. вариант 0,7 и 0,4 м.



По результатам наших исследований, он изменялся в зависимости от варианта опыта на уровне 77...80 %.

Анализ полученных показателей структуры початков показал, что дифференцированные глубины увлажнения почвы при соблюдении правильной агротехники способствуют увеличению производительности растений кукурузы. При этом происходит прирост массы зерна одного початка

#### **5.4 Формирование корневой системы кукурузы на зерно под влиянием орошения и удобрения**

Орошение является важным фактором, способствующим улучшению роста, повышению урожайности и экономической эффективности сельскохозяйственных культур.

Огромная значимость корней в увеличении растворимости труднодоступных питательных веществ у растений кукурузы, кроме того в исполнении опорной роли для наземных органов. Корневая система, накапливая органическое вещество, способна возвращать часть питательных элементов, а также улучшать водно-физические свойства почвы. Ряд ученых полагает обоснование зоны интенсивной работы корневой системы растений одним из основных характеристик для расчета режима орошения сельскохозяйственных культур.

Корневая система у кукурузы мочковатая. Основная масса корней размещается преимущественно в пахотном пласте грунта, но отдельные достигают глубины 2 м. Распространяется в радиусе более 1 м. Как у всех хлебов второй группы в период прорастания кукурузного семя, формируется один первичный корешок, далее 3...5 вторичных зародышевых корней из мезокотила. И лишь только затем образуется большое количество узловых придаточных корней. Мочковатая корневая система согласно площади питания всецело образуется при образовании 6...8 листьев, а особо большой глубины корни достигают в межфазный период «вымётывание». Помимо находящихся под землёй узловых придаточных корней нижние узлы над поверхностью почвы создают опорные или воздушные корни. Такие корни имеют свойства препятствовать растениям

к полеганию, а присутствие влажной погоде укореняются.

Распределяется корневая система по горизонтам почвы в соответствии с ее химическими свойствами, механическим составом, водным и питательным режимом. Чем все эти условия благоприятнее, тем больше концентрируется в них масса корней.

Учет массы корней определяли методом монолита. Монолит (столб) почвы окапывают на необходимую глубину, затем очень хорошо выравнивают стенки по отвесу и линейке, зачищают вплоть до необходимого размера и по слоям размечают. Потом берут его в заранее приготовленные для каждого горизонта мешки или ящики, затем их этикетируют и отправляют на отмывку корневой системы. Корни и растительные остатки от почвы отмывают струёй воды, классифицируют по фракциям, высушивают и впоследствии взвешивают.

Выемку монолита производили по частям непосредственно со стенки траншеи в мешки. Выкапывали траншею ширина которой составляла 50 - 60 см, глубина больше высоты монолита на 20 – 30 см. На поверхности почвы путем надреза точно намечают площадь монолита на вертикальной, хорошо выровненной и зачищенной стенке траншеи кроме того по линейке надрезали две прямые параллельные линии на расстоянии, одинаковом ширине монолита. Потом монолит делили линиями на слои согласно горизонтали. Почву переносили по частям лопаткой в мешок и этикетировали.

Для того чтобы безошибочно выполнять срезание стенок нужно осуществлять контроль деревянным прямоугольником с сечением, который равен сечению монолита, затем его укладывают в углубление агропочвенного разреза.

Удачный метод монолита считается *способ рамочной выемки почвы* методом Н.З. Станкова [169], который получил большое распространение в период проведения полевых экспериментов. На место, которое выбрали для взятия монолита, накладывают металлическую или деревянную рамку. Большими металлическими шпильками (гвоздями) прикрепляют углы рамки к почве. Поверхность площадки (монолита) очень хорошо очищают от оставшихся фрагментов растений, которые тоже собирают и учитывают. Ножом достаточно

острым длиной 10 см отрезают пограничную линию, разрезают на куски почву внутри рамки и совочком в мешок переносят слой почвы 0,0 – 0,1 м. Подобным образом извлекают слои 10 - 20, 20 - 30 и 30 -40 см, в отдельные мешки их складывают, этикетировывают и доставляют на место где осуществляют отмывку корней. На глубину 40 - 50 см взятие выемки почвы данной методикой затруднительно.

Выемку проб почвы более точного объема при применении рамочного метода может сделать вторая рамка (шаблон), которая имеет на 1 - 2 мм меньше свои внешние размеры, нежели первая рамка (сечение монолита). Внутренняя рамка погружается в яму, что разрешает держать под контролем размер вынутого монолита.

Наряду с отмеченными закономерностями динамики питательных веществ под влиянием удобрений и орошения были установлены существенные различия в формировании корневой массы, обусловленные влагообеспеченностью растений и доступными формами минерального питания.

В наших исследованиях было установлено, что на формирование корневой массы кукурузы положительное влияние оказывали удобрения и орошение. Наибольшая масса корней образовалась у растений кукурузы с дифференцированной глубиной увлажнения 0,4 – 0,7 м на всех вариантах внесения удобрений.

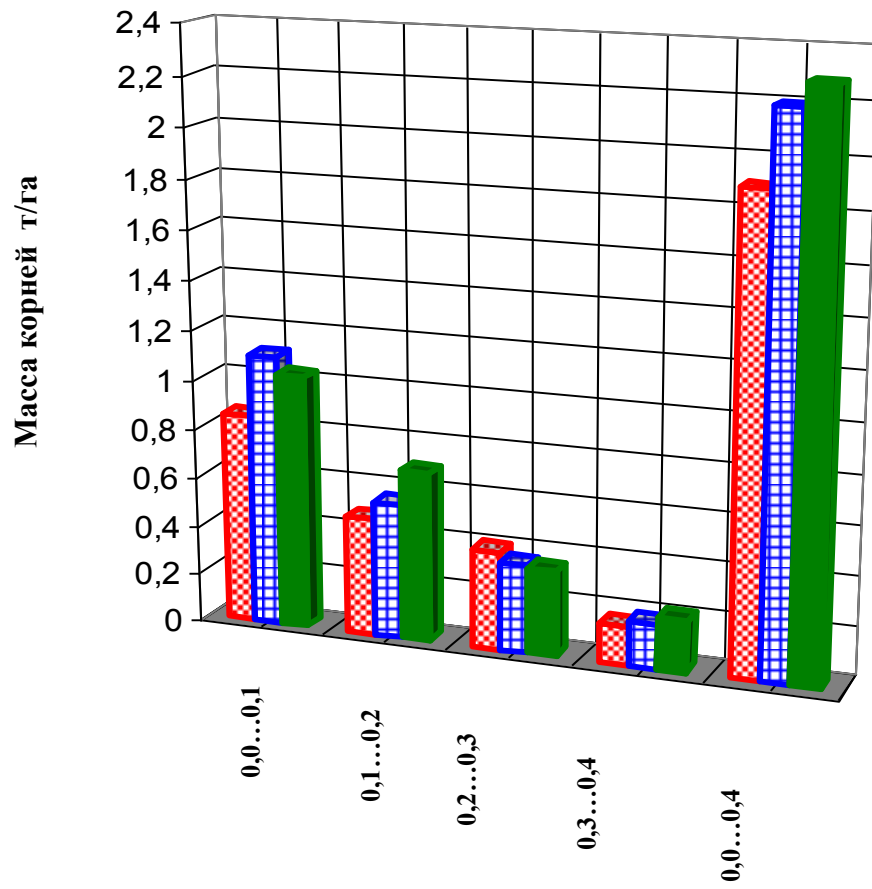
Весьма важным является размещение корней по слоям почвы. В ходе исследований полученные данные показывают, что максимальная масса корней независимо от условий произрастания кукурузы формируется в наиболее плодородном и увлажненном слое почвы 0,0...0,2 м. (таблица 5.13, рисунок 5.4)

В целом дифференцированный режим орошения 0,4 – 0,7 м способствовал увеличению массы корневой системы кукурузы по сравнению с другими вариантами опыта.

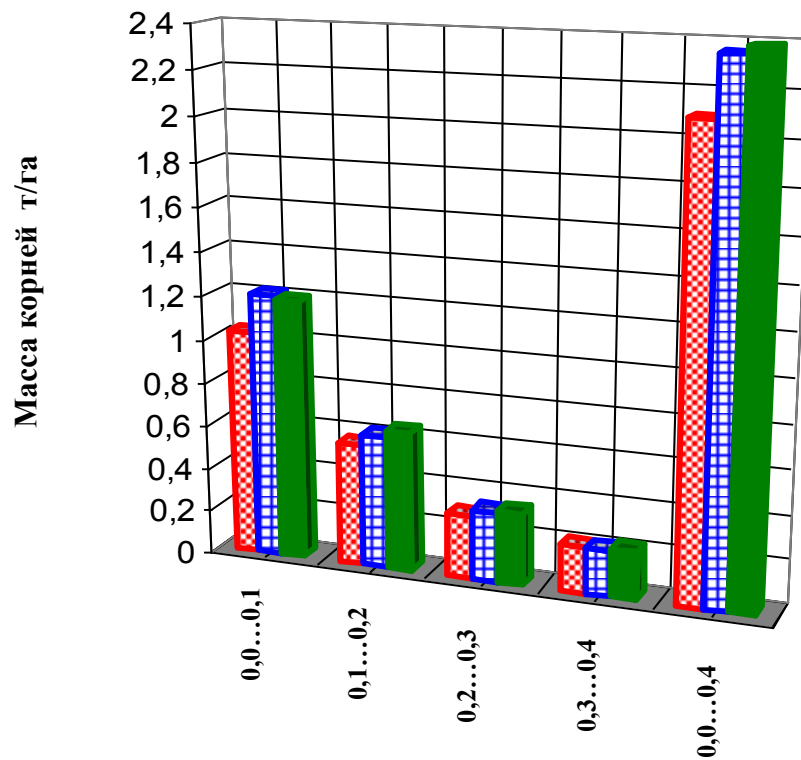
Таблица 5.13 – Масса корневых остатков кукурузы при различных дозах удобрений и глубины увлажнения, в среднем за 2004-2006 гг., т/га

Слой почвы, м	Глубина увлажняемого слоя почвы, м		
	0,4	0,7	0,4-0,7
$N_{50}P_{50}K_{20}$			
0,0...0,1	0,85	1,03	1,08
0,1...0,2	0,48	0,56	0,59
0,2...0,3	0,40	0,29	0,39
0,3...0,4	0,16	0,21	0,21
0,0...0,4	1,89	2,09	2,27
$N_{100}P_{95}K_{40}$			
0,0...0,1	1,10	1,21	1,40
0,1...0,2	0,55	0,61	0,92
0,2...0,3	0,36	0,32	0,45
0,3...0,4	0,18	0,21	0,21
0,0...0,4	2,19	2,35	2,98
$N_{150}P_{140}K_{60}$			
0,0...0,1	1,03	1,19	1,51
0,1...0,2	0,69	0,64	0,97
0,2...0,3	0,35	0,33	0,46
0,3...0,4	0,21	0,22	0,24
0,0...0,4	2,28	2,38	3,18

04м



0,7м



04-0,7м

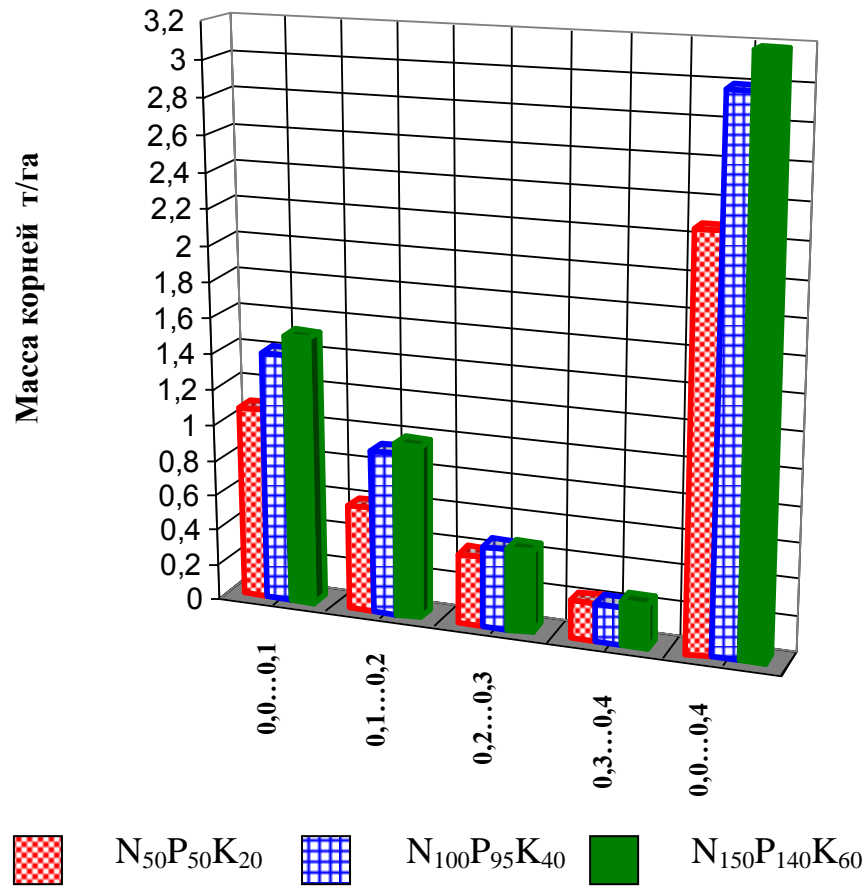


Рисунок 5.4 – Масса корневых остатков, в среднем за 2004-2006гг., т/га.

## **6. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО ПРИ ОРОШЕНИИ**

### **6.1 Экологическая оценка возделывания кукурузы на зерно в условиях орошения**

Создание экологически устойчивых природных систем является одной из важнейших социально-экономических задач, т.к. от их состояния зависит национальная безопасность нашей страны. В условиях интенсивного влияния на окружающую среду, агрохимикатами, выбросами автомобильного транспорта и промышленных предприятий приобретает значительную актуальность проблема её защиты. Следовательно, для повышения эффективности оросительных мелиораций выбор экологически безопасных технологий и режимов орошения с учетом экономии поливной воды в последние годы приобретает первостепенное значение [143, 119, 186].

Учитывая вышеизложенное, можно отметить, что в засушливых условиях Волгоградской области стабильное сельскохозяйственное производство может быть только при орошении. Причем когда при орошении, происходит не согласованность с потребностью в воде сельскохозяйственных культур на получение запланированного урожая, в результате чего подача воды на поля увеличивается, что ведет в свою очередь к утрате плодородия орошаемых земель. Здесь необходимо учитывать то, что экологическое обоснование режима орошения в сочетании внесения удобрений, а также применение водосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур оказывают содействие на улучшение состояния орошаемых земель и экологической обстановки в целом. В результате этого урожайность сельскохозяйственных культур возрастает.

Применение результатов научных исследовательских работ, даст возможность экономно расходовать водные ресурсы, получать с орошаемых земель экологически безопасную продукцию сельскохозяйственного производства и соблюдать все природоохранные мероприятия не нарушая устойчивости агроэкосистемы при проведении гидротехнических оросительных мелиораций.

На опытном участке в целях понижения ирригационной эрозии почв при поливе дождеванием и увеличения результативности этого способа полива в наших исследовательских работах было изучено три режима глубины увлажняемого слоя почвы. На варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м) поливы проводили чередованием больших и малых поливных норм. В результате хозяйственной деятельности зачастую происходит деградация природной среды. Предложенный метод позволил сократить норму полива в период самой большой эрозионной опасности – при небольшом покрытии почвы растениями кукурузы. В этот период один полив нормой, который рассчитывали на глубину увлажнения почвы 0,7 м дополняется двумя поливами, рассчитанными на 0,4 м. При всем этом глубина влажности почвы 0,7 м не понижается вплоть до установленного уровня. Основная масса корневой системы не сосредоточивается в верхнем слое почвы (0,4 м), а равномерно распределяется согласно всему профилю расчетной глубины.

В связи с этим дифференцированная глубина (0,4-0,7 м) дает возможность наиболее эффективно расходовать воду. На производство 1 т зерна кукурузы понадобилось на 2,4 и 14,5 % меньше воды, чем при глубине увлажняемого слоя почвы на уровне 0,4 и 0,7 м (табл. 4.8).

Анализ полученных результатов различных исследователей показывает, что увеличение урожайности требует широкого применения минеральных удобрений, пестицидов, химических мелиорантов, и других средств химизации. Например, подтверждено, что азот в больших дозах оказывает содействие на повышение содержания нитратов в растениях, однако не всегда сами по себе дозы считаются фактором, характеризующим их накопление. На их содержание оказывают большое влияние сроки и способы внесения удобрений, различия сортов, микроклимат и прочие условия [33, 54]. Вследствие этого разумно вносить большие дозы азотных удобрений (90 кг/га и более) дробно, по периодам вегетации сельскохозяйственных культур [182]. В проведенных нами экспериментах основную часть азотных удобрений вносили дробно, до посева и в две подкормки в периоды 3...5 и 7...9 листьев.



Однако при длительном применении высоких доз минеральных удобрений, особенно азотных, в продуктивных частях растений повышается большое количество содержания нитратов. [158, 165].

При избыточном накоплении нитратов растениями кукурузы может стать предпосылкой отравления людей и животных.

Оросительная вода, увеличивая влажность почвы, кроме того оказывает большое влияние на микробиологические процессы в почве. Согласно сведениям А.Н. Костякова, и других авторов [69], оптимальная влажность для процессов нитрификации составляет приблизительно 60 % НВ. Равно как наименьшая, так и повышенная влажность почвы подавляет процесс нитрификации, при этом действие высокой влажности выражается ярче, чем низкой. При правильном орошении на орошаемых землях процесс нитрификации следует на протяжении всего теплого периода года. Вследствие этого в острозасушливых районах на неорошаемых почвах процесс нитрификации происходит исключительно по весне и в осеннее время, а в летний сезон он затухает.

Анализируя результаты полученных данных можно отметить, что на протяжении вегетации растений при режиме 70 % НВ либо при отсутствии полива на фоне расчетной дозы NPK формируются наилучшие условия с целью нитрификации азота почвы и удобрений. При этом концентрируются нитраты в слое, где находится основная масса корневой системы. Повышение нижнего порога влажности до 80 % НВ оказывает содействие наиболее умеренному и равномерному азотному питанию растений. В результате этого в продукции концентрация нитратов не превышает допустимых значений.

По данным О.А. Соколова [165], в растениях кукурузы скопление нитратов в основном происходит в нижней части стебля и в нижних листьях. А минимальное содержание нитратов, которое содержит в 10...12 раз меньше ПДК, находится в межфазном периоде восковой спелости зерна.

Полученные нами в период исследований данные показывают, что наибольшее содержание нитратов в зерне кукурузы зафиксировано на варианте

с глубиной увлажнения почвы 0,4 м. При этом повышение дозы удобрений способствовало в накоплении нитратов в пределах 25,93 - 48,28 мг/кг (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Содержание нитратов в зерне кукурузы в среднем за 2004 – 2006 гг, мг/кг

Планируемая урожайность, т/га	Глубина увлажняемого слоя почвы, м		
	0,4	0,7	0,4 – 0,7
7	25,93	23,49	23,17
8	40,72	24,08	23,78
9	48,28	26,12	25,99

С увеличением глубины увлажнения почвы до 0,7 м содержание нитратов, в зависимости от планируемой урожайности, снижается в среднем на 9,4...45,7 %.

При внесении расчетных доз удобрений на получении 7; 8 и 9 т урожая зерна кукурузы на варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы содержание нитратов в зерне кукурузы уменьшилось на 1,1...1,4 % в сравнении с данными, полученными на варианте с глубиной увлажнения 0,7 м.

В целом, результаты полевых работ показали, что в зерне кукурузы накапливается небольшое число нитратов – 23,17...48,28 мг/кг, что значительно ниже ПДК - 300 мг/кг.

## 6.2 Энерго - экономическая оценка возделывания кукурузы на зерно

Оценку технологий возделывания кукурузы на зерно целесообразно проводить в энергетических или безразмерных единицах.

В общем виде уравнение, показывающее эффективность применения той или иной технологии, можно записать в виде отношения суммарной полученной энергии  $\Sigma E_i$  к суммарной затраченной  $\Sigma E_j$ , или:

$$\mathcal{E}\Phi = \sum E_i / \sum E_j$$

где  $\mathcal{E}\Phi$  – критерий энергетической эффективности [1].

В нашем случае при сравнении технологий возделывания кукурузы при различных вариантах основной обработки почвы: лемешно-отвальной вспашке, чизельной безотвальной и отвальной обработках почвы, технологические операции, влекущие идентичные расходы энергии, с целью упрощения и ясности расчётов, а также исключения громоздкости выражений, не учитывались.

Анализ выполненных полевых исследований по возделыванию кукурузы на зерно позволил выделить следующие основные эффекты:

- 1) повышение урожайности;
- 2) экономия моторного топлива при основной обработке почвы;
- 3) экономия расхода оросительной воды за период вегетации кукурузы (в расчётах принято среднее значение за период 2011-2013 гг.).

Таким образом, в нашем случае, суммарный приход энергии оценивается только урожайностью кукурузы, а расход – затратами на моторное топливо, оросительную воду и возможными потерями, т.е.

$$\sum E_i = Y_k \cdot e_k;$$

$$\sum E_j = Q_{диз} \cdot e_{диз} + Q_v \cdot e_v,$$

где  $Y_k$  – урожайность зерна кукурузы в среднем за период исследования (см таблица 6.2), т/га;  $e_k = 14,20$  МДж/кг – энергетический эквивалент зерна кукурузы [1];  $Q_{диз}$  – расход моторного топлива МТА на гектар пахоты в среднем за период исследования (см. табл.);  $e_{диз} = 52,80$  МДж/кг – энергетический эквивалент дизтоплива;  $Q_v$  – оросительная норма на один гектар в среднем за период исследования, м<sup>3</sup>/га;  $e_v = 6,5764$  МДж/м<sup>3</sup> – энергетический эквивалент поливной воды [1].

При энергетической оценке эффективности технологий было принято допущение: затраты энергии на транспортировку, внесение удобрений и т.п., а также потери энергии приняты равными во всех вариантах.

Таблица 6.2 – Усреднённые по годам исследования показатели энергетической оценки

Варианты основной обработки почвы	Урожайность зерна, т/га	Расход моторного топлива, кг/га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
Поволжский 89 МВ			
I Лемешно-отвальная	7,42	18,4	3000
II Чизельно-безотвальная	8,48	15,6	2900
III Чизельно-отвальная	8,75	15,8	2817
Поволжский 188 МВ			
I Лемешно-отвальная	6,59	18,4	3000
II Чизельно-безотвальная	7,34	15,6	2900
III Чизельно-отвальная	7,67	15,8	2817
Поволжский 190 СВ			
I Лемешно-отвальная	6,36	18,4	3000
II Чизельно-безотвальная	7,22	15,6	2900
III Чизельно-отвальная	7,74	15,8	2817

Таким образом, по вариантам возделывания кукурузы, получим:

Вариант I – для лемешно-отвальной вспашки:

$$\sum E_{i11} = 7420 \cdot 14,20 = 105364 \text{ МДж/га} - \text{Поволжский 89 МВ};$$

$$\sum E_{i12} = 6590 \cdot 14,20 = 93578 \text{ МДж/га} - \text{Поволжский 188 МВ};$$

$$\sum E_{i13} = 6360 \cdot 14,20 = 90312 \text{ МДж/га} - \text{Поволжский 190 СВ};$$

$$\sum E_{j1} = 18,4 \cdot 52,80 + 3000 \cdot 6,5764 = 20700,7 \text{ МДж/га}.$$

$$\varepsilon\Phi = \sum E_{i11} / \sum E_{j1} = 105364 / 20700,7 = 5,1 - \text{Поволжский 89 МВ};$$

$$\varepsilon\Phi = \sum E_{i12} / \sum E_{j1} = 93578 / 20700,7 = 4,52 - \text{Поволжский 188 МВ};$$

$$\varepsilon\Phi = \sum E_{i13} / \sum E_{j1} = 90312 / 20700,7 = 4,36 - \text{Поволжский 190 СВ}.$$

Вариант II – для чизельной безотвальной обработки:

$$\sum E_{i21} = 8480 \cdot 14,20 = 120416 \text{ МДж/га} - \text{Поволжский 89 МВ};$$

$$\sum E_{i22} = 7340 \cdot 14,20 = 104228 \text{ МДж/га} - \text{Поволжский 188 МВ};$$

$$\sum E_{i23} = 7220 \cdot 14,20 = 102524 \text{ МДж/га} - \text{Поволжский 190 СВ};$$

$$\sum E_{j2} = 15,6 \cdot 52,80 + 2900 \cdot 6,5764 = 19895,24 \text{ МДж/га}.$$

$$\mathcal{E}\Phi = \sum E_{i21} / \sum E_{j2} = 120416 / 19895,24 = 6,05 \text{ – Поволжский 89 МВ};$$

$$\mathcal{E}\Phi = \sum E_{i22} / \sum E_{j2} = 104228 / 19895,24 = 5,24 \text{ – Поволжский 188 МВ};$$

$$\mathcal{E}\Phi = \sum E_{i23} / \sum E_{j2} = 102524 / 19895,24 = 5,15 \text{ – Поволжский 190 СВ.}$$

Вариант III – для чизельно-отвальной обработки:

$$\sum E_{i31} = 8750 \cdot 14,20 = 124250 \text{ МДж/га – Поволжский 89 МВ};$$

$$\sum E_{i32} = 7670 \cdot 14,20 = 108914 \text{ МДж/га – Поволжский 188 МВ};$$

$$\sum E_{i33} = 7740 \cdot 14,20 = 109908 \text{ МДж/га – Поволжский 190 СВ};$$

$$\sum E_{j3} = 15,8 \cdot 52,80 + 2817 \cdot 6,5764 = 19360 \text{ МДж/га.}$$

$$\mathcal{E}\Phi = \sum E_{i31} / \sum E_{j3} = 124250 / 19360 = 6,42 \text{ – Поволжский 89 МВ};$$

$$\mathcal{E}\Phi = \sum E_{i32} / \sum E_{j3} = 108914 / 19360 = 5,62 \text{ – Поволжский 188 МВ};$$

$$\mathcal{E}\Phi = \sum E_{i33} / \sum E_{j3} = 109908 / 19360 = 5,68 \text{ – Поволжский 190 СВ.}$$

Таким образом, анализ полученных критериев энергоэффективности показывает, что наиболее рентабельно для орошаемых условий Нижнего Поволжья выращивать гибрид кукурузы Поволжский 89МВ; критерий энергоэффективности данного гибрида выше гибрида Поволжский 188 МВ на 11,4-13,4 %, а гибрида Поволжский 190 СВ – на 11,5-14,9 % соответственно.

Анализ критерия энергоэффективности по вариантам основной обработки почвы показывает, что энергоёмкость возделывания кукурузы (гибрид Поволжский 89) по технологии с чизельно-отвальным рыхлением почвы (вариант III) на 20,6 % ниже в сравнении с вариантом I (лемешно-отвальная вспашка) и на 5,8 % в сравнении с вариантом II (чизельное безотвальное рыхление).

Техника и технология полива оказывают решающее влияние на качество водораспределения и регулирования водного режима, а следовательно, и на степень использования почвенно-климатических, материально-технических и энергетических ресурсов, обеспечение стабильной урожайности, экономической эффективности и экологической безопасности орошаемого земледелия.

Основным условием рационального развития сельскохозяйственного производства является экономическая эффективность сельскохозяйственных куль-

тур. Показателями экономической эффективности являются: увеличение стоимости валовой продукции, снижение себестоимости и срока окупаемости, прирост чистого дохода, рост производительности труда и рентабельность.

Экономическая эффективность возделывания кукурузы на зерно определялась на основании технологических карт. При этом была принята средняя урожайность за годы исследований. Тарифные ставки, нормы выработки и другие нормативные данные были взяты из справочников для производственных условий Волгоградской области.

В результате расчетов было выявлено, что себестоимость 1 т фуражного зерна где глубина увлажняемого слоя почвы составляла 0,4 м менялась в пределах от 2907,47 до 3774,03 р., при этом уровень рентабельности составлял 58,98...106,36 %. Увеличение глубины увлажнения почвы до 0,7 м сопровождалось повышением производственных затрат на возделывание кукурузы, но при этом снижалась себестоимость до 2827,99...3168,19 р./т и повышалась рентабельность до 89,38-112,16 %. На варианте с переменной глубиной увлажнения (0,4 – 0,7 м) себестоимость 1 т зерна кукурузы была более низкой в сравнении с другими вариантами опыта, при этом обеспечивалась наиболее высокая рентабельность - 99,10...133,82 (таблица 6.3).

Широко используемый оценочный денежный эквивалент действующий в мировой практике, не всегда может дать подлинное стоимостное представление, которое способно существенно меняться по ряду некоторых обстоятельств. Оценочный эквивалент важен своей стабильностью, особенно в сельскохозяйственном производстве. Вследствие этого в современных экономических условиях более приемлемым способом оценки эффективности возделывания кукурузы на зерно считается энергетическая оценка производства. Это даёт возможность очень стремительно и правильно ориентироваться в различных экономических ситуациях что предоставляет вероятность более четко учесть и выразить не только основные затраты энергии на технологию, но и энергию, выраженную в средствах производства и в производственной продукции.

Энергетический анализ изучаемых технологий в основном сравнивается по следующим показателям таким как коэффициент энергетической эффективности, затраты совокупной энергии и энергоемкости полученной продукции. В проведенных нами исследованиях на выращивание кукурузы на зерно затраты энергии устанавливали на основании технологических карт, затрат электроэнергии, горючего, типовых норм выработки и энергетических эквивалентов использования сельскохозяйственной техники, семян, гербицида, минеральных удобрений, трудовых ресурсов.

Коэффициент энергетической эффективности определяли как отношение энергии, полученной в хозяйственной части урожая, к совокупной энергии, затраченной на производство урожая.

Энергетическая оценка эффективности возделывания кукурузы на зерно определялась по вариантам обеспечивающие урожай зерна 7; 8 и 9 т (таблица 6.4).

Анализируя полученные данные, можно отметить, что максимальные суммарные затраты совокупной энергии сформировывались на варианте, где глубина увлажнения почвы составляла 0,7 м. На этом варианте затраты совокупной энергии изменялись в пределах от 54130,2 до 56188,8 МДж/га. На варианте с глубиной увлажнения 0,4 м затраты совокупной энергии изменялись в пределах от 45155,2 до 55096,3 МДж/га, в варианте с дифференцированной глубиной составили 52271,3...53647,8 МДж/га.

Проводимые расчеты показали, что все варианты опытов являются энергосберегающими, так как отношение энергии во всех случаях превышает единицу. Например, как видно из полученных данных, на варианте с глубиной увлажнения почвы (0,4 – 0,7 м), обеспечивающем получение урожайности зерна до 7,79...9,32 т/га биоэнергетический коэффициент менялся в пределах от 2,06 до 2,42.

Таблица 6.3 – Экономическая эффективность оценки возделывания кукурузы на зерно в среднем за 2004-2006 гг.

Глубина увлажня- емого слоя поч- вы, м	Дозы удоб- рений, кг д.в./га	Урожайность, т/га		Производ- ственные затраты на 1 га, руб.	Стоимость продукции, руб./га	Себестои- мость 1 т зерна, руб.	Чистый доход на 1 га, руб.	Рента- бельность, %
		Планируемая	Фактическая					
0,4	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	7	5,77	21776,18	34620	3774,03	12843,82	58,98
	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	8	7,34	22850,44	44040	3113,14	21189,56	92,73
	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	9	7,95	23114,40	47700	2907,47	24585,60	106,36
0,7	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	7	7,15	22652,58	42900	3168,19	20247,42	89,38
	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	8	7,79	23015,40	46740	2954,48	23724,6	103,08
	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	9	8,39	23726,84	50340	2827,99	28613,10	112,16
0,4 – 0,7	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	7	7,79	23264,50	46740	2986,45	23475,50	99,10
	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	8	8,69	23788,74	52140	2737,48	28351,26	119,18
	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	9	9,32	23915,48	55920	2566,04	32004,52	133,82



Таблица 6.4 – Энергетическая оценка возделывания кукурузы на зерно в среднем за 2004-2006 гг.

Глубина увлажняемого слоя почвы, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фактическая урожайность, т/га	Накопление энергии в урожае, МДж/га	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
0,4	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	5,77	80376,1	45155,2	1,78
	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	7,34	102246,2	54971,1	1,86
	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	7,95	110743,5	55096,3	2,01
0,7	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	7,15	99599,5	54130,2	1,84
	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	7,79	108514,7	55648,6	1,95
	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	8,39	116872,7	56188,8	2,08
0,4 – 0,7	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	7,79	107678,9	52271,3	2,06
	N <sub>100</sub> P <sub>95</sub> K <sub>40</sub>	8,69	121051,7	52403,3	2,31
	N <sub>150</sub> P <sub>140</sub> K <sub>60</sub>	9,32	129827,6	53647,8	2,42

На варианте с глубиной увлажняемого слоя 0,4 м коэффициент энергетической эффективности менялся в пределах от 1,78 до 2,01, при глубине 0,7 м – 1,84...2,08. Наиболее высокие показатели коэффициента энергетической эффективности получены на всех вариантах опыта с применением расчетных доз удобрений на уровне N<sub>150</sub>P<sub>140</sub>K<sub>60</sub> кг/ га д.в. и составили 2,01...2,42

Таким образом, проведенные нами расчеты энерго-экономической эффективности возделывания кукурузы на зерно позволяют выявить пути экономии производственных затрат на её возделывание и дают возможность планировать большой уровень урожая в целях эффективного использования материально-технической базы хозяйствам с различным ресурсным обеспечением.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Чизельная безотвальная и отвальная основные обработки почвы в сравнении с лемешно-отвальной вспашкой позволяют увеличить запасы влаги перед посевом кукурузы в слое 0-0,5 м на 2,8 и 10,6 %, а в слое 0-1,0 м – на 3,6 и 10,8 % соответственно.

2. Плотность почвы в слое 0-0,3 м в вариантах с лемешно-отвальной вспашкой и чизельно-отвальным рыхлением, как перед посевом кукурузы, так и после её уборки закономерно ниже аналогичного показателя в варианте с чизельной безотвальной обработкой, что обусловлено наличием лемехов и отвалов у соответствующих орудий, которые дополнительно взрыхляют и крошат почву.

3. Общая порозность в слое 0-0,3 м по всем вариантам обработки почвы изменялась несущественно и составляла от 43 до 48 %.

4. Доказано, что на вариантах с чизельной обработкой почвы создаются наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов, так как убыль клетчатки в среднем составляет 43,05%. Наибольшие значения биологической активности почвы в среднем за вегетацию наблюдались на варианте с чизельной отвальной обработкой почвы до 0,36-0,38 м и оборотом пласта на 0,16-0,18 м – 585 мкг и чизельной безотвальной обработкой до 0,27 м без оборота пласта – 467 мкг аминокислот на 1 г полотна. На отвальном фоне количество аминокислот в среднем за вегетацию зафиксировано 443 мкг, а наименьшее 394 мкг на 1 г полотна.

5. Наименьшее число сорной растительности отмечалось на варианте с лемешно-отвальной вспашкой. На варианте с чизельной обработкой почвы с рыхлением до 0,27 м без оборота пласта сорняков как однолетних, так и многолетних по сравнению с вариантами, включающими оборот пласта, было больше (в среднем 13,5 однолетних и 8,7 многолетних сорняков на 1 м<sup>2</sup>). На варианте с чизельной обработкой почвы до 0,38 м и оборотом пласта на 0,16-0,18 м количество однолетних было примерно такое же, что и на варианте с лемешно-отвальной вспашкой – 10,2, а многолетних – 3,0 шт./м<sup>2</sup>.

6. Поддержание заданного режима орошения в годы исследований обеспечивалось проведением в варианте с лемешно-отвальной обработкой почвы от 8 до 10 вегетационных поливов оросительной нормой от 2750 до 3250 м<sup>3</sup>/га, с чизельной безотвальной обработкой – от 8 до 9 поливов нормой от 2700 до 3150 м<sup>3</sup>/га, и чизельной отвальной обработкой – от 7 до 8 поливов нормой от 2650 до 3050 м<sup>3</sup>/га.

7. Получены основные параметры формирования зерновой кукурузы на лучшем варианте с чизельной отвальной обработкой почвы на примере гибрида Поволжский 89МВ: режим орошения 75 % НВ, h = 0,4...0,7 м; максимальная площадь листьев 39,2-41,0 тыс. м<sup>2</sup>/га; средняя за вегетацию чистая продуктивность фотосинтеза 7,38-7,76 г/м<sup>2</sup>/сутки, продолжительность вегетации 110-115 дней. Высота растения 2,20-2,67 м, число початков на 1 растение 1,12 шт., количество зерен на 1 растение 509,4-514,8 шт., масса 1000 семян 0,156-0,180 кг.

8. Установлено, что наибольшая урожайность кукурузы по изучаемым гибридам формируется в варианте с чизельной отвальной обработкой почвы. Наиболее урожайным является гибрид Поволжский 89 МВ, который в зависимости от способов основной обработки почвы обеспечивал получение зерна от 8,44 до 9,26 т/га, что на 1,29-1,66 т/га больше гибрида Поволжский 188МВ и на 1,14-1,48 т/га гибрида Поволжский 190 МВ. Затраты оросительной воды на производство тонны продукции снизились почти на 20 % к контролю, а коэффициент водопотребления – на 17 % соответственно.

9. Анализ полученных критериев энергоэффективности показывает, что наиболее рентабельно для орошаемых условий Нижнего Поволжья выращивать гибрид кукурузы Поволжский 89МВ; критерий энергоэффективности выше гибрида Поволжский 188 МВ на 11,4-13,4 %, а гибрида Поволжский 190 СВ – на 11,5-14,9 % соответственно.

Наименьшая энергоёмкость возделывания кукурузы (гибрид Поволжский 89МВ) в варианте с чизельно-отвальным рыхлением почвы (вариант III) на 20,6 % ниже в сравнении с вариантом I (лемешно-отвальная вспашка) и на 5,8 % в сравнении с вариантом II (чизельное безотвальное рыхление).

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

Для почвенно-климатических условий Нижнего Поволжья при орошения дождеванием рекомендуется возделывать гибрид кукурузы Поволжский 89МВ, поддерживать дифференцированный режим орошения - 80 % НВ в слое 0,7 м от фазы 13 листьев до окончания цветения, а в остальной период – 70 % НВ в слое почвы 0,4 м.

В качестве основной обработки почвы под кукурузу на зерно рекомендуется раз в три года проводить чизельно-отвальное рыхление на глубину до 0,38 м с оборотом пласта до 0,18 м, а в последующие годы на глубину до 0,27 м с оборотом пласта до 0,18 м.

### **Перспективы дальнейших разработок**

Необходимо разработать ресурсосберегающую почвозащитную технологию возделывания кукурузы на зерно современных высокопродуктивных гибридов при орошении дождеванием с целью уменьшения водных нагрузок и предотвращения ирригационно-эрозионных процессов для сохранения почвенного плодородия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агарков, А.И. Основные приемы интенсивности технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях орошения на светло-каштановых почвах Волгоградской области: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Агарков А.И.- Волгоград, 1988.-23 с.
2. Агарков, А.И. Совершенствование технологии возделывания кукурузы в условиях орошения для получения запрограммированных урожаев зерна / Агарков А.И. // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Нижнего Поволжья: сб. науч. тр./ ВНИИОЗ.- Волгоград, 1986. - С. 61-72.
3. Агроклиматический справочник по Волгоградской области.-Л.: Гидрометеиздат, 1967.- 43-с.
4. Адиньяев, Э.Д. Возделывание кукурузы при орошении / Э.Д. Адиньяев- М.: Агропромиздат, 1988.- 174 с.
5. Алиев, Д.А. Фотосинтетическая деятельность, минеральное питание и продуктивность растений / Д.А. Алиев- Баку, 1974.- 334 с.
6. Аликадиев, А.А. Эффективность управления формированием урожая зерна и зеленой массы при программированном возделывании кукурузы / А.А. Аликадиев, К.С. Сергеев // Управление процессами формирования урожаев в полевых условиях: сб. науч. тр./ Волгоградский СХИ. – Волгоград, 1984.- Т. 88. - С.80-95.
7. Алпатов, А. М. О методах расчета потребности в воде культурных фитоценозов в связи с развитием орошения в СССР / А.М. Алпатов // Биологические основы орошаемого земледелия.- М., 1974.С. - 85-89.
8. Алпатов, А. М. Водопотребление культурных растений и климат. / А.М. Алпатов // Режим орошения сельскохозяйственных культур.- М., 1965. -С. 55-68.
9. Алпатов, А. М. Опыт использования биоклиматического метода расчета испарения при формировании эксплуатационного режима орошения / А.М.

- Алпатьев, В.П. Остапчик // Биологические основы орошаемого земледелия.- М., 1974. -С. 127-135.
10. Андреев, С.С. Экологические особенности кукурузы / Физиология водобмена растений кукурузы/ С.С. Андреев // Физиология сельскохозяйственных растений. / МГУ.- М., 1969.- Т. 5.- С. 198-219.
  11. Астапов, С.В. Мелиоративное почвоведение/ С.В. Астапов- М.: Сельхозгиз, 1958. - 367 с.
  12. Ахмедов, А.Д. Водосберегающие технологии полива сельскохозяйственных культур / А. Д. Ахмедов // Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии: сб. научн докладов междунар. науч. –практ. конф. / ВНИИ «Радуга». - Коломна, 2004.-С. 38-41.
  13. Багров, М.Н. Прогрессивная технология орошения сельскохозяйственных культур / М.Н. Багров, И.П. Кружилин - М.: Колос, 1980.- 208с.
  14. Байбеков, Р.Ф. Экологическое земледелие с основами почвоведения и агрохимии/Р.Ф. Байбеков, Н.С. Матюк, А.Я. Рассадин, В.Д. Полин // Уч. Пособие, М., 2006. – 186с.
  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 «РосНИИПМ».- Новочеркасск, 2005. – С. 66-69.
  16. Бараев, А.И. Теоретические основы почвозащитного земледелия / А.И. Бараев. – М.: Колос, 1975. – 304 с.
  17. Барановская, В.А. О процессах трансформации органической части почв Нижнего Поволжья / В.А. Барановская, Азовцев В.И., Околелова А.А. // Повышение плодородия орошаемых почв при интенсивном использовании: сб.науч.работ / ВНИОЗ. – Волгоград, 1989. – С. 79-86.
  18. Беленков, А.И. Агрэкологические принципы полевых севооборотов зерновой специализации, основной обработки почвы и регулирования плодородия зональных почв в чернозёмно-степной, сухостепной и полупустынной зонах Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01 /

- А.И. Беленков; ВГСХА – Волгоград, 2006. – 43 с.
19. Беленков, А.И. Совершенствование полевых севооборотов и основной обработки светло-каштановых почв в условиях волгоградской области / А.И. Беленков, А.А. Холод, В.П. Шачнев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии – 2009. – № 3. – С. 38-45.
  20. Богомягих, В.А. Минимальная обработка почвы в южной степной зоне / В.А. Богомягих, В.И. Таранин, Г.А. Жидков // Вестник РАСХН. – 2004. – № 4. – С. 20-21.
  21. Бондарев, А.Г. Агрофизические свойства и водный режим почв сухостепной зоны Поволжья, их изменение и оптимизация в условиях орошения: автореферат дисс...д-ра с-х наук/А.Г. Бондарев. – М, 1985. – с.
  22. Борисенко, И.Б. Совершенствование ресурсосберегающих и почвозащитных технологий и технических средств обработки почвы в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / И.Б. Борисенко; НВ НИИСХ. – Чебоксары, 2006. – 43 с.
  23. Бородычѐв, В.В. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур / В.В. Бородычѐв, М.Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. - 2015. - № 1. - С. 8-11.
  24. Бородычѐв, В.В. Перспективные приемы повышения эффективности мелиорации в Нижнем Поволжье / В.В. Бородычѐв // Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства в засушливых зонах России: сб. материалов науч. Сессии / РАСХН.- Москва, 2000.-Ч.1.- С. 455-461.
  25. Бородычѐв, В.В. Суммарное водопотребление кукурузы при орошении / В.В. Бородычѐв., А.В. Майер, М.Н. Лытов. // Пути повышения эффективности использования орошаемых земель: сб.науч.тр. / ФГПУ «РосНИИПМ»-Новочеркасск, 2005. - С. 69-73.
  26. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

27. Вериги, С.А. Почвенная влага / С.А. Вериги, Л.А. Разумова – Л.: Гидрометеиздат, 1973.- 328 с.
28. Влияние обработок почвы на водный режим и продуктивность зерновой кукурузы в условиях южных чернозёмов Нижнего Поволжья / А.Ю. Москвичев, Г.В. Казаков и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 2. – С. 28-34.
29. Волгоградская технология возделывания кукурузы. Памятка механизатору / сост. Ф.Л. Козловцев, В.М. Коконов, Л.А. Диканева и др.; НВ НИИСХ. - Волгоград, 1986. - 12 с.
30. 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.- М., 1974. – С. 176-183.
31. Воронин, А.И. Плотность сложения орошаемой каштановой почвы и её плодородие / А.И. Воронин // Почвоведение. – 1982. – № 5. – С. 32-39.
32. Гаврилов, А.М. Интенсивное использование орошаемых земель / А.М. Гаврилов- М.: Колос, 1971.- 311 с.
33. Гапенко, А.А. Влияние удобрений на плодородие почвы и урожайность силосной кукурузы / А.А. Гапенко, М.Е. Сычевский // Агрехимия.- 1988.- № 11. - С. 52-57.
34. Глубокое рыхление и щелевание эродированных, уплотнённых и временно переувлажнённых почв: рекомендации / сост. Р.Л. Турецкий, В.П. Цыганов и др.; ЦНИИМЭСХ – Минск, 1988. – 34 с.
35. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений; утв. Госстандартом СССР, 27.09.1989. – Введ. впервые, 01.06.1990. – Переизд. 01.12.2005. – М.: Стандартинформ, 2006. – 8 с.
36. Григоров, С.М. Определение суммарного водопотребления кукурузы на орошаемых землях Волгоградской области / С.М. Григоров, Г.В. Конова-



- лова // Актуальные проблемы развития АПК: материалы межд. науч.-практ. конф. / ВГСХА.-Волгоград, 2005. - С. 143-144.
37. Григоров, С.М. Обоснование противоэрозийных оросительных мелиораций / С.М. Григоров, Г.В. Коновалова, М.В. Ситников // Теория и практика агролесомелиорации: материалы межд. науч.-практ. конф. / ВНИАЛМИ.-Волгоград, 2005. - С. 246-248.
38. Григоров, С.М. Суммарные затраты ресурсов, потребляемых при поливе дождеванием. / С.М. Григоров. // Научный вестник. Инженерные науки. / ВГСХА.-Волгоград, 2002.- Вып.3. - С. 131-134.
39. Григоров, М.С. Ресурсосберегающие и экологические обоснованные технологии орошения сельскохозяйственных культур / М.С. Григоров, С.А Курбанов // Проблемы научного обеспечения экономической эффективности орошаемого земледелия в рыночных условиях: материалы межд. науч.-практ. конф. / ВГСХА-Волгоград, 2001. - С. 62-64.
40. Григоров, М.С. Современное состояние и развитие орошения в Волгоградской области / М.С. Григоров, А.Д. Ахмедов // Природообустройство и рациональное природопользование - необходимые условия социально-экономического развития России: сб. научн. тр. / МГУП.-М., 2005. - С. 53-58.
41. Грушка, Я. Монография о кукурузе/ Я. Грушка.- М.: Колос, 1965.- 751 с.
42. Дегтярева, Е.Т. Почвы Волгоградской области / Е.Т. Дегтярева, А.Н. Жулидова- Волгоград: Нижнее-Волжское кн. изд-во, 1970.- С. 184-189.
43. Довнер, В.С. Некоторые закономерности изменения продуктивности фотосинтеза и оптимальной площади листьев у кукурузы в Белоруссии / В.С. Довнер / Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве.- М., 1970.- С. 298-316.
44. Дорохов, Л.М. Минеральное питание как фактор повышения продуктивности фотосинтеза и урожай сельскохозяйственных растений / Л.М. Дорохов // Проблемы фотосинтеза. / АН СССР.-М., 1959.-С. 74-81.

45. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта/ Б.А. Доспехов- М.: Колос, 1979.- 416 с.
46. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
47. Дринча, В.М. Агротехнические аспекты развития почвозащитных технологий: монография / В.М. Дринча, И.Б. Борисенко, Ю.Н. Плескачев; под ред. В.М. Кряжкова; РАСХН, НВ НИИСХ. – Волгоград: Перемена, 2004. – 145 с.
48. Дринча, В.М. Повышение эффективности обработки в условиях мелиоративного земледелия / В.М. Дринча, И.Б. Борисенко // Сб. науч. тр. «Проблема мелиорации земледелия Юга России». – М., 2001. – С.87-90.
49. Дринча, В.М. Экологические и агротехнические аспекты развития почвозащитных технологий / В.М. Дринча, Н.К. Мазитов, И.Б. Борисенко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. - №4. – С. 9-13.
50. Дубенок, Н.Н. Интенсивные технологии при возделывании сельскохозяйственных культур / Н.Н. Дубенок, Н.Н. Третьяков; ТСХА.-М., 1989.- 54 с.
51. Дубенок, Н.Н. Ресурсосберегающие режимы орошения сельскохозяйственных культур на склоновых землях / Н.Н. Дубенок // Тезисы докладов международной конференции по мелиорации.- Херсон, 1999. С. 25-31
52. Егоян, С.Е. Влияние способов обработки почвы и минеральных удобрений на продуктивность кукурузы на чернозёме обыкновенном Западного Предкавказья: автореф. дис. ... к-та с.-х. наук. / С.Е. Егоян. – Краснодар, 2007. – 24 с.
53. Ерхов, Н.С. Поливной режим как элемент технологии полива / Н.С. Ерхов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1996. - №4.
54. Ефимов, И.Г. Орошаемая кукуруза / И.Г. Ефимов- М.: Колос, 1974.- 221 с.
55. Жидков, В.М. Биологизированные приёмы сохранения плодородия орошаемых светло-каштановых почв Волгоградской области: монография / В.М. Жидков, О.Г. Чамурлиев; ВГСХА. – Волгоград: Изд-во ВГСХА, 2011. – 111 с.

56. Жученко, А.А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве / А.А. Жученко, В.Н. Афанасьев.- Госагропром МССР.- Кишинев, 1988. – 70 с.
57. Запорожченко, А.Л. Кукуруза на орошаемых землях / А.Л. Запорожченко.- М.: Колос, 1978.- 190 с.
58. Иванов, А.Ф. Теоретические основы программирования урожая / А.Ф. Иванов, В.И. Филин // Сельскохозяйственная биология.- 1979.-№ 24.- С. 323-330.
59. Качинский, Н.А. Физика почвы: в 3 ч. Ч. 1 / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во «Высш. шк.», 1965. – 321 с.
60. Качинский, Н.А. Физика почвы: в 3 ч. Ч. 2: Водно-физические свойства и режимы почв / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во «Высш. шк.», 1970. – 359 с.
61. Каюмов, М.С. Справочник по программированию продуктивности полевых культур / М.С. Каюмов- М.: Россельхозиздат, 1982.- 288 с.
62. Кирпо, Н.И. Изменение фотосинтетического потенциала в посевах кукурузы в зависимости от режима орошения и засоленности почвы / Н.И. Кирпо, Е.М. Душкина // Актуальные проблемы развития АПК: материалы междунауч.- практ. конф. / ВГСХА.-Волгоград, 2005.- С. 158-160.
63. Кирюшин, В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия / В.И. Кирюшин. – Пущино, 1993. – 273.
64. Кирюшин, В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирования агроландшафтов / В.И. Кирюшин. – М.: Колос С, 2011. – 443 с.
65. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
66. Кореньков, Д.А. Продуктивное использование минеральных удобрений / Д.А. Кореньков- М.: Росагропромиздат, 1985.- 213 с.
67. Коршиков, А.А. О глубоком рыхлении почвы / А.А. Коршиков, А.А. Михайлин // Вестник РАСХН. – 2003. – № 4. – С. 28-30.
68. Костин, И.С. Орошение в Поволжье / И.С. Костин- М.: Колос, 1971.- 224 с.
69. Костяков, А.Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков- М.: Сельхозгиз, 1960.-622 с.

70. Кравчук, А.В. Зависимость биоклиматических коэффициентов от роста надземной массы и корневой системы кукурузы и суданской травы / А.В. Кравчук, Ш.А. Халимов, Г.С. Донгузов // Агрэкологическое состояние АПК: опыт, поиски, решения: материалы науч.- практ. конф. / Саратов, 2005.- С. 125-130.
71. Кружилин, А.С. Биологические особенности и продуктивность орошаемых культур / А.С. Кружилин- М.: Колос, 1977.- 296С.
72. Кружилин, И.П. Агротелиоративная оценка влагообеспеченности территории Нижнего Поволжья / И.П.Кружилин- Волгоград, 1976.- 66 с.
73. Кружилин, И.П. Оптимизация водного режима почвы в посевах раннеспелых гибридов кукурузы на зерно / И.П. Кружилин, Н.В. Кузнецова, М.К. Тихонова / Современные оросительные мелиорации, состояние и перспективы: материалы межд. науч.- практ. конф. / ВГСХА.-Волгоград, 2004.- С. 181-187.
74. Кружилин, И.П. Оптимизация водного режима почвы для получения запланированных урожаев сельскохозяйственных культур в степной и полупустынной зонах Нижнего Поволжья: автореф. дис...д-ра с.-х. наук: 06.01.02/ Кружилин Иван Пантлеевич- Волгоград, 1982. -38 с.
75. Кружилин, И.П. Проблемы орошаемого земледелия в степной зоне России / И.П. Кружилин // Вестник Российской Академии с/х наук.- 1992.-№2. -С. 38-41.
76. 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.
77. Кружилин, И.П. Совершенствование технологии возделывания зерновой кукурузы на орошаемых землях / И.П. Кружилин // Оптимизация условий возделывания кукурузы на орошаемых землях: сб. науч. тр. / ВНИИОЗ. - Волгоград, 1986. - С. 7-22.

78. Кружилина, Ж.В. Режим орошения и водопотребления кукурузы на зерно/ Ж.В. Кружилина // Режимы орошения сельскохозяйственных культур в Нижнем Поволжье.- Волгоград,1981.- С. 58-65.
79. Кружилина, Ж.В. Сочетание факторов для получения различных уровней урожайности зерна кукурузы / Ж.В. Кружилина // Эффективность использования орошаемых земель: сб. науч. тр. / ВНИИОЗ.-Волгоград, 1985.- С. 58-62.
80. Кузнецов, П.И. Влияние способа обработки на водно-физические свойства орошаемых светло-каштановых почв / П.И. Кузнецов, А.Е. Новиков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 2. – С. 37-39.
81. 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.
82. Кузнецов, П.И. Эффективность чизельной обработки почвы при возделывании зернобобовых смесей на капельном орошении / П.И. Кузнецов, В.И. Пындак, А.Е. Новиков // Вестник РАСХН. – 2009. – №3. – С. 28-31.
83. Кузнецова, Н.В. Дифференцированный режим орошения кукурузы как важный прием экономии поливной воды/ Н.В. Кузнецова // Проблемы агропромышленного комплекса: материалы межд. науч.-практ. конф. /- ВГСХА - Волгоград, 2003.- С. 189-190.
84. Кузнецова, Н.В. Режим орошения и нормы внесения удобрений для получения запланированных урожаев зеленой массы кукурузы на светло-каштановых почвах Волгло-Донского междуречья: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.01.02/Кузнецова Надежда Владимировна-Волгоград, 1991-19 с.
85. Кулен, А. Современная земледельческая механика / А. Кулен, Х. Куиперс; под ред. Ю.А. Смирнова; пер. с англ. А.Э. Габлизяна. – М.: Агропромиздат, 1986. – 349 с.
86. Куперман, Ф.М. Особенности развития, роста и органогенеза кукурузы / Ф.М. Куперман// Физиология сельскохозяйственных растений. / МГУ.-М., 1969.- Т.5. – С. 51-111.

87. Кушенов, Б.М. Продуктивность фотосинтеза и урожай кукурузы / Б.М. Кушенов / Кукуруза и сорго.-1998.-№4.- С. 3-5.
88. Листопад, Г.Е. Теоретические основы программирования высоких урожаев и технология возделывания сельскохозяйственных культур/ Г.Е. Листопад, А.И. Иванов, В.И. Филин // Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия.- М., 1983.- С. 185-192.
89. Лобойко, Л.И. Использование компьютерных технологий в оптимизации водного режима сельскохозяйственных культур / Л.И. Лобойко // Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства: материалы междунауч.-практ. конф. / ВГСХА. - Волгоград, 2004.- С. 127-128.
90. Лобойко, Л.И. Оптимизация режима орошения зерновой кукурузы на светло-каштановых почвах Волгоградской области с использованием корректировочных программ ЭВМ: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Лобойко Людмила Игоревна - Волгоград, 2000.-24 с.
91. Лысогоров, С.Д. Орошаемое земледелие/С.Д. Лысогоров, В.А. Ушкаренко. – 4-е изд., доп., переаб.- М. Колос, 1981. – 382 с.
92. Майер, А.В. К вопросу формирования устойчивых урожаев зерновой кукурузы/ А.В. Майер // Агрэкологическое состояние АПК: опыт, поиск, решение: материалы науч.-практ. конф.- Саратов, 2005.- С. 106-109.
93. Майер, А.В. Водопотребление и продуктивность кукурузы при мелкодисперсном дождевании: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.01.02. / Майер А.В.-Москва, 1999.-19 с.
94. Максименко, В.П. Комплексная мелиорация уплотнённых почв на орошаемых землях: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.02 / В.П. Максименко; ВНИИГиМ им А.Н. Костякова. - М., 2011. - 45 с.
95. Мальцев, Т.С. Новая система обработки почвы и посева / Т.С. Мальцев. - М., 1955.
96. Матюк, Н.С. Принципы ресурсосберегающей обработки почвы и современной системе земледелия / Н.С. Матюк, А.Я. Рассадин, В.А. Шевченко // МЭСХ.- 2003. - №7.- С. 2-4.

97. Мелиорация и водное хозяйство: Справочник: Том 6. Орошение / И.П. Айдаров, К.П. Арент, В.Н. Басс; под ред. Б.Б. Шумакова. - М.: Колос, 1999.-432 с.
98. Мелихов, В.В. Теория и практика возделывания кукурузы на зерно ЦЧО И Поволжье (вопросы прикладной ботаники, генетики и селекции) / В.В. Мелихов // Москва: Вестник РАСХН, 2004. -400 с.
99. Методика полевого опыта в условиях орошения: рекомендации /сост. В.Н. Плешаков; ВНИИОЗ.- Волгоград, 1983.- 150 с.
100. Методические указания по программированию урожаев на орошаемых землях Поволжья.- Волгоград, 1984. -56 с.
101. Михайлин, А.А. Глубокое рыхление мелиорируемых земель как способ повышения продуктивности сельскохозяйственных культур / А.А. Михайлин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации.- 2012.- № 4.- С. 20-31.
102. Михайлин, А.А. Глубокое рыхление почвы надёжный приём влагонакопления / А.А. Михайлин, А.А. Коршиков // Земледелие.- 2000.- № 5.- С. 10-11.
103. Михайлин, А.А. Глубокое чизелевание – основа высокого урожая / А.А. Михайлин // Земледелие.- 2003.- № 1.- С. 31.
104. Михайлин, А.А. О глубоком рыхлении орошаемых земель глубокорыхлителем чизельного типа / А.А. Михайлин // Природообустройство.- 2008.- № 4.- С. 74-77.
105. Михайлин, А.А. Разуплотнение подпахотного слоя почвы в зоне орошения глубокорыхлителем чизельного типа: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02, 05.20.01 / А.А. Михайлин; НГМА. - Новочеркасск, 2003.- 25 с.
106. Моргун, Ф.Г. Почвозащитное бесплужное земледелие / Ф.Г. Моргун, Н.К. Шикула. - М.: Колос, 1984.- 279 с.
107. Москвичев, А.Ю. Опыт выращивания кукурузы на зерно по технологии No-Till на чернозёмных почвах Волгоградской области / А.Ю. Москвичев, С.В. Еремин, К.П. Рябухин // Известия Нижневолжского агроуниверситет-

- ского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.- 2015.- № 3.- С. 69-74.
108. Нагорный, В.А. Орошаемое земледелие в Саратовском Заволжье сегодня / В.А. Нагорный // Мелиорация и водное хозяйство.- 1997. -№6.- С. 19-21.
109. Нагорный, В.А. Основы водосбережения при орошении в Саратовской области / В.А. Нагорный; Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова.- Саратов, 2001.- 153 с.
110. Наумов, Н.А. Особенности формирования урожаев зернофуражных культур и совершенствование технологии их возделывания на светлокаштановых почвах Волгоградской области при орошении: автореф. дис...канд. с-х. наук: 06.02.01 / Наумов Н.А.- Волгоград, 1982.- 16 с.
111. Научное обоснование дождевальной техники и режимов орошения сельскохозяйственных культур в Нижнем Поволжье: рекомендации / сост. В.В. Мелихов, И.П. Кружилин, А.Г. Болотин, А.Е. Новиков и др.; ВНИИОЗ.- Волгоград, 2015.- 36 с.
112. Никитишен, Б.И. Вымывание азота при интенсивном применении удобрений. / Б.И. Никитишен // Почвоведение и агрохимия.- Пушкино, 1977.- С. 141-145.
113. Ничипорович, А.А. Некоторые принципы комплексной оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивности растений / А.А. Ничипорович // Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве.- М., 1970.- С. 5-41.
114. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / А.А. Ничипорович // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности.- М.: Наука, 1972.-С. 511-527.
115. Новиков, А.Е. Совершенствование способов и технологий комплексной агротехнической мелиорации земель на юге России: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / А.Е. Новиков; ВолГАУ.- Волгоград, 2015.- 44 с.
116. Новые технологии обработки почв / И.Б. Борисенко, Е.А. Иванцова, Ю.Н. Плескачев и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского ком-



- плекса: наука и высшее профессиональное образование.- 2012.- № 1.- С. 14-16.
117. Овсинский, Ив. Новая система земледелия / Ив. Овсинский; под ред. Д. Калениченко; пер. с польского С. Синорского. - (репринтное издание)- Пенза, 2008.- 288 с.
118. Овчинников, А.С. Состояние и перспективы мелиорации Волгоградской области / А.С. Овчинников, М.С. Григоров, А.Н. Надворный // Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства,: материалы межд. науч.- прак. конф. / ВГСХА.- Волгоград, 2004.- С. 99-101.
119. Ольгаренко, И.В. Рациональное использование водных ресурсов / И.В. Ольгаренко // Пути повышения эффективности использования орошаемых земель: сб.науч.тр. / ФГПУ «РосНИИПМ» - Новочеркасск, 2005.- С. 204-207.
120. Опытное дело в полеводстве / сост. Г.Ф. Никитенко.- М.: Россельхозиздат, 1982.- 190 с.
121. Орлов, Д.С. Органическое вещество степных почв Поволжья, процессы его трансформации при орошении / Д.С. Орлов, В.А. Барановская, А.А. Околелова // Почвоведение.- 1987. -№10.- С. 65-79.
122. Орлов, Д.С. Проблемы контроля и улучшения гумусового состояния почв / Д.С. Орлов // Биологические науки.- 1981.- №2.- С. 9-20.
123. Орсик, Л.С. Технология и технические средства для основной обработки почвы сухостепных агроландшафтах Нижнего Поволжья: Монография / Л.С. Орсик, И.Б. Борисенко, В.М. Дринча, В.В. Леонтьев, В.М. Протопопов / РАСХН.- М., 2004.- 73.
124. Остапов, В.И. Кукуруза на орошаемых землях / В.И. Остапов, Н.В. Дарь - Киев: Урожай, 1979.- 104 с.
125. Парватов, ЕН. Оптимальные нормы удобрений / Е.Н. Парватов, Л.Г. Парватова. Оптимальные нормы удобрений // Кукуруза и сорго, 1985.-№4.- С. 23.

126. Патент № 2377751 РФ, МПК А01В 79/00. Способ обработки почвы под пропашные культуры в условиях орошения / В.В. Мелихов, П.И. Кузнецов, А.Е. Новиков и др. - Оpubл. 10.01.2010. - Бюл. № 1.
127. Патент № 2549091 РФ, МПК А01G 1/00, А01В 79/02, С05F 11/08, С05F 11/10. Способ возделывания широкорядных пропашных культур / А.Е. Новиков, В.И. Пындак, И.Б. Борисенко и др. - Оpubл. 20.04.2015. - Бюл. № 11.
128. Петров, Н.Ю. Агробиологические основы и технологические приемы формирования высоких урожаев зеленой массы и зерна кукурузы на орошаемых светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья: автореф. дис...д-ра с.-х. наук: 06.01.02/ Петров Николай Юрьевич - Волгоград, 1995.- 48 с.
129. Петров, Н.Ю. Оценка продуктивности сортов и гибридов кукурузы в условиях Волгоградской области / Н.Ю. Петров, Д.А. Котельников // Проблемы научного обеспечения экономической эффективности орошаемого земледелия в рыночных условиях: материалы межд. науч.- практ. конф. / ВГСХА. - Волгоград, 2001.- С. 148-149.
130. Писаренко, В.А., Выбор оптимального режима / В.А. Писаренко, Д.Р. Йокич, Е.Я. Григоренко // Кукуруза и сорго.- 1989.-№4.- С. 32-34.
131. Плескачѐв, Ю.Н. Обработка почвы как составная часть системы земледелия / Ю.Н. Плескачѐв, И.Б. Борисенко // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Актуальные инновационные разработки по оптимизации агроландшафтов» / Вестн. РАСХН.- М., 2004.- С. 270-274.
132. Плескачѐв, Ю.Н. Современные орудия для основной обработки почвы / Ю.Н. Плескачѐв, И.Б. Борисенко // Вестник АПК Волгогр. обл.- 2002.- № 10.- С. 25-26.
133. Плескачѐв, Ю.Н. Способы основной обработки каштановых почв Нижнего Поволжья в зернопаровом севообороте: Монография / Ю.Н. Плескачѐв, И.Б. Борисенко. - Волгоград: Перемена, 2005.- 200с.
134. Пожилов, В.И. Эффективность дробного внесения азотных удобрений под зерновую кукурузу / В.И. Пожилов, В.П. Попов // Оптимизация условий

возделывания кукурузы на орошаемых землях: сб. науч. тр. / ВНИИОЗ.- Волгоград, 1986.- С. 62-70.

135. Полевые и лабораторные исследования физических свойств и режимов почв: метод. руководство / Е.В. Шейн, Т.А. Архангельская, В.М. Гончаров и др.; под ред. Е.В. Шейна. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 200с.
136. Почвозащитная технология возделывания кукурузы и подсолнечника на основе чизельной обработки почвы: метод. руководство / сост. В.С. Циков, В.Ф. Кивер, А.Я. Гетманец и др.; Госагропром СССР, НПО по кукурузе «Днепр».- М.: Агропромиздат, 1987.- 16 с.
137. Приёмы минимализации обработки каштановых почв Нижнего Поволжья и их агроэкономическая эффективность / А.Н. Сухов, А.М. Гаврилов, И.А. Беляков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.- 2011.- № 4.- С. 57-64.
138. Программирование возделывание кукурузы на зерно на орошаемых землях: рекомендации / НПО «Орошение».- М.: Нива России, 1992.- 32 с.
139. Программирование урожая (сущность метода) / Г.Е. Листопад, А.А. Климов, А.А. Иванов и др. // Труды Волгоградского СХИ. / ВСХИ.-Волгоград, 1975.-Т.55.- С. 367
140. Пронько, Н.А. Автоматизация расчета дифференцированных режимов орошения сельскохозяйственных культур/ Н.А. Пронько, В.Т. Морковин, В.В. Корсак и др. // Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы межд. науч.- практ. Конф / ПГСХА.- Пенза, 2002.- Т.2.- С. 121-123.
141. Пронько, Н.А. Изменение плодородия тёмно-каштановых почв Поволжья при длительном орошении и приёмы его восстановления / Н.А. Пронько, Л.Г. Романова // Плодородие.- 2005.- № 4.- С. 31.
142. Пронько, Н.А. Снижение негативных воздействий оросительных мелиораций на экосистемы Среднего Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, А.С. Фальковичи и др. // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: Материалы междунар. совещания.- Саратов, 2005. - С.44-45.

143. Пронько, Н.А. Экологизация выращивания полевых культур на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько // Сб. науч. тр. «Использование орошаемых земель лиманного орошения в современных условиях» / ВНИИОЗ.- Волгоград, 2000.- С. 132-135.
144. Прямой посев озимых культур как основной элемент берегающего земледелия / А.Н. Сухов, Ю.Н. Плескачев, И.Б. Борисенко и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.- 2012.- № 4.- С. 54-57.
145. Пындак, В.И. Агротехническая мелиорация земель в аридных условиях Нижнего Поволжья / В.И. Пындак, А.Е. Новиков // Сельскохозяйственные машины и технологии.- 2013.- № 4.- С. 15-17.
146. Пындак, В.И. Комбинированные чизельно-отвальные орудия для основной обработки почвы / В.И. Пындак, И.Б. Борисенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 2005. - №10.- С. 35-36.
147. Пындак, В.И. Новые чизельные рабочие органы и орудия для основной обработки почвы / В.И. Пындак, И.Б. Борисенко // Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 2005.- №7.- С. 25-26.
148. Пындак, В.И. Преимущества чизельных отвально-безотвальных орудий / В.И. Пындак, И.Б. Борисенко // Земледелие.- 2006.- №1.- С. 38-39.
149. Пындак, В.И. Совершенствование системы основной обработки почвы в засушливых условиях / В.И. Пындак, И.Б. Борисенко, А.Е. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.- 2013.- № 2.- С. 199-204.
150. Пындак, В.И. Совершенствование технологии возделывания кукурузы в условиях орошения / В.И. Пындак, А.Е. Новиков // Агро XXI.- 2009.- №7-9.- С. 50-51.
151. Пындак, В.И. Чизельные и комбинированные рабочие органы и орудия для основной обработки почвы / В.И. Пындак, И.Б. Борисенко // Достижения науки и техники АПК.- 2005.- №11.- С. 43-44.
152. Ревут, И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. - Л.: Колос, 1964.- 308 с.

153. Рекомендации по глубокому рыхлению почв на орошаемых землях / сост. В.С. Казаков, В.И. Бобченко, В.С. Макарова и др.; ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова.- М.: Изд-во Высш. шк., 1986.- 40 с.
154. Рекомендации по индустриальной технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Волгоградской области.- Волгоград, 1982.- 58 с.
155. Решетов, Г.Г. Использование биологических мелиораций на орошаемых землях Поволжья / Г.А. Решетов // Мелиорация и водное хозяйство.- 1996.- №6.
156. Роде, А.А. Методы изучения водного режима почв / А.А. Роде; АН СССР.- М., 1960.-244 с.
157. Роде, А.А. Основы учения о почвенной влаге / А.А. Роде - Л.: Гидрометеоздат, 1969. -287 с.
158. Руководство по возделыванию кукурузы на зерно / В.В. Мелихов [и др.] - Волгоград: «Издатель», 2003.- 88 с.
159. Руководство по технологии программированного возделывания зерновых и кормовых культур на орошаемых землях Нижнего Поволжья. / Г.Е. Листопад, А.Ф. Иванов, А.А. Климов и др.- Волгоград, 1979.- 94 с.
160. Сабинин, Д.А. Избранные труды по минеральному питанию растений /Д.А.Сабин- М.: Наука, 1971.- 512 с.
161. Савич, В. Влияние мелиорации поливных вод на свойства почв / В Савич, Н. Дубенок, В. Гукалов и др. // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2014.- № 5.- С. 34-36.
162. Сергеев, С.Ю. Орошение в условиях Нижнего Поволжья / С.Ю.Сергеев // Кукуруза и сорго.- 1995.- №6.- С. 13-15.
163. Система орошаемого земледелия Волгоградской области с программированным выращиванием урожаев сельскохозяйственных культур.- Волгоград: Нижнее - Волжское кн. изд-во, 1987.- 240 с.
164. Слухай, С.И. Водный режим и минеральное питание кукурузы/ С.И. Слухай.- Киев: Урожай, 1978.- 296 с.

165. Соколов, О.А. Современное состояние решения проблемы нитратов/ О.А. Соколов, В.И. Кефели // Экологические проблемы накопления нитратов в окружающей среде.- Пушино, 1989.- С. 6-8.
166. Спириин, А.П. Минимальная обработка почвы: монография / А.П. Спириин; РАСХН, ВИМ.- М.: ВИМ, 2005.- 167 с.
167. Способы обработки светло-каштановых почв / Ю.Н. Плескачев, И.В. Ксыкин, М.П. Басакин и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.- 2013.- № 4.- С. 41-46.
168. Справочник кукурузовода /сост. Н.Н. Третьяков, И.А. Шкурпела. -М.: Россельхозиздат, 1979.- 160 с.
169. Станков, Н.З. Корневая система растений / Н.З. Станков. – М.: Колос, 1964. - 85 с.
170. Сухов, А.Н. Агрофизические показатели светло-каштановых почв и их регулирование приёмами основной обработки / А.Н. Сухов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.- 2011.- № 1.- С. 72-78.
171. Технологии Mini-Till, No-Till, Strip-Till [Электронный ресурс]. - Режим доступа: Режим доступа: <http://www.agrodialog.com.ua/texnologii-mini-till-no-till-i-strip-till.html>.
172. Томов Н., Успехи и перспективы развития производства кукурузы / Н. Томов, Т.Рунев // Международный сельскохозяйственный журнал.- 1985.- №2.- С. 52-57.
173. Тооминг, Х.В. Определение коэффициента поглощения и использование ФАР посевами сельскохозяйственных культур / Х.В. Тооминг, Ю.К. Росс // Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах/ ВАСХНИЛ.- М., 1969.- С. 35-49.
174. Труфанов, В.В. Глубокое чизелевание почвы / В.В. Труфанов.- М.: ВО Агропромиздат, 1989.- 140 с.

175. Туктаров, Б.И. Ресурсоводосбережение на орошаемых землях Саратовской области/Б.И. Туктаров, В.А. Нагорный //ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов, 2005.- 352 с.
176. Устенко, Г.П. Формирование и работа фотосинтетического аппарата растений кукурузы в посевах / Г.П. Устенко, Г.Ф. Гайдуков // Проблема фотосинтеза / АН СССР.-М., 1959.- С. 461-468.
177. Устенко, Г.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах как основа формирования высоких урожаев / Г.П. Устенко // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. / АН СССР.-М., 1963.- С. 37-70.
178. Ушкаренко, В.А. Влияние удобрений на пищевой режим почвы и урожай кукурузы / В.А. Ушкаренко, Р.А. Мелуа // Вопросы земледелия на юге Украины.- Херсон, 1971.- С. 52-58.
179. Филев, Д.С. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой / Д.С. Филев.-Днепропетровск, 1980.- 54 с.
180. Фисюнов, А.В. Справочник по сорнякам / А.В. Фисюнов, - М.: Колос, 1984. - 237 С.
181. Филин, В.И. Эффективность индустриальной технологии при программированном возделывании кукурузы на зерно /В.И. Филин, А.Н. Агарков // Оптимизация условий возделывания кукурузы на орошаемых землях: сб. науч. тр. / ВНИИОЗ.- Волгоград, 1986.- С. 101-106.
182. Филин, В.И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая / В.И. Филин; ВГСХА.-Волгоград, 1994. -274 с.
183. Чамурлиев, О.Г. Водопотребление и продуктивность сои в зависимости от способов основной обработки орошаемых светло-каштановых почв Нижнего Поволжья / О.Г. Чамурлиев, Н.П. Мелихова, Е.В. Зинченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.- 2011.- № 2.- С. 47-53.
184. Чамурлиев, О.Г. Научное обоснование схем севооборотов и ресурсосберегающих систем основной обработки светло-каштановых орошаемых почв Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.02, 06.01.01 /

- О.Г. Чамурлиев; ВНИИОЗ.- Волгоград, 2003.- 44 с.
185. Чизелевание почвы: перспективные орудия и способы возделывания широко-рядных пропашных культур // И.Б. Борисенко, А.Е. Доценко, П.И. Борисенко, А.Е. Новиков // Аграрный научный журнал.- 2015.- № 7.- С. 41-45.
186. Чирков, Ю.И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы / Ю.И. Чирков - М., 1969.- 251 с.
187. Чурзин, В.Н. Влияние способов основной обработки на микробиологическую активность почвы и урожайность подсолнечника на чернозёмах волгоградской области / В.Н. Чурзин, Н.Н. Дудникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.- 2013.- № 3.- С. 83-86.
188. Шатилов, И.С., Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И.С. Шатилов, А.Ф. Чудновский - Л.: Гидрометеоиздат, 1980.- 320 с.
189. Шашко, Д.И. Агроклиматическое районирование СССР /Д.И. Шашко - М.: Колос, 1967.- 334 с.
190. Шейн, Е.В. Курс физики почв: учеб. / Е.В. Шейн. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
191. Шумаков, Б.А. Изучение водопотребления сельскохозяйственных культур-основа для проектирования режима орошения / Б.А. Шумаков // Биологические основы орошаемого земледелия.- М., 1957.- С. 21-30.
192. Шумаков, Б.Б. Мелиорация в XXI веке / Б.Б. Шумаков // Мелиорация и водное хозяйство, 1996.-№3- С. 4-6.
193. Шумаков,Б.Б. Мелкодисперсное дождевание сельскохозяйственных культур в условиях Нижнего Поволжья / Б.Б. Шумаков, А.В. Колганов, В.В. Бородычев // Проблемы водосберегающего орошения и мелиорация почв: сб. науч. тр; ВНИИОЗ.-Волгоград, 1994.- С. 20-29.
194. Шуравилин, А.В. Ресурсосберегающие технологии в земледелии: учебное пособие.- М.: РУДН, 2010.-198 с.



195. Щедрин, В.Н. Выбор и оценка технологий орошения/ В.Н. Щедрин, А.А. Бурдун, С.М. Васильев // Эколого-мелиоративные аспекты научно-производственного обеспечения АПК: материалы межд. науч.-практ.конф. / ПНИИАЗ.- М., 2005.- С. 450-456.
196. Щербаков, А.П. Ландшафтное земледелие и агробиоэнергетика / А.П. Щербаков и др. //Земледелие.- 1994.-№2.- С.6-7.
197. Югнехеймер, Р.У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование / Р.У. Югнехеймер- М.: Колос, 1979. -520 с.
198. Deguit. Ch.Pour une rentabilite optimum // Agromais.- 1984.- №32.- P. 8-9.
199. Dorneanu, A. Cereetari privind efectul ligrasamin tilor ehimice aplicate la porumb in cultura irrigate si neirigata pe sol brum roscat de padure /A Dorneanu // Probleme agricjle.- 1969.- V.21.- №6.- P.44-52.
200. Dutton, J. Fogate maize high itake at Iav cost/ J.Dutton // What's New in Farmg.- 1978.- V.11.- P.1-70.
201. Kundu, S.S. Usinda crop growth simulation model for evaluating irrigation practices/ S.S. Kundu // Agr. Water Manag.- 1982.-V. 5.- №3.- P.253-268.
202. Kuznetsov, P.I. Energy and Resource Conservation in the Grain Com Cultivation on Irrigated Lands / P.I. Kuznetsov, A.E. Novikov // Russian Agricultural Sciences. - 2013. - Vol.39, No.5-6. - pp. 474-478.
203. Pyndak, V.I. Energy Efficiency of Mechanisms and Instruments for Deep Cultivation of Soil / V.I. Pyndak, A.E. Novikov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability.- 2014.- Vol. 43, No.6.- P. 532-536.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

## Погодные условия в годы исследований

Месяцы	2011	2012	2013
Май	Температура воздуха, °С		
1	16	11	17,2
2	16,3	13	18,9
3	16,1	13,7	15,8
4	17,6	17,8	19,4
5	18,9	19,6	22,1
6	18,5	20,7	20,8
7	15,8	22,3	15,4
8	15	23,2	15
9	11,9	21,6	17,4
10	13,8	23,6	19,6
11	11,4	24,3	19,6
12	14,8	24,3	20,5
13	14,4	23,6	21,4
14	15,7	24,2	23,8
15	17,5	23	24,8
16	13,6	21,9	24,6
17	16,4	20,5	23,2
18	18,6	19,8	23,8
19	19,7	21,2	21
20	21,5	17,9	17,3
21	20,7	18,9	20,1
22	21,5	21,5	19,2
23	23,2	23	22,3
24	23	23,6	24,6
25	23,9	16,4	23,7
26	21,3	15,9	22,5
27	15,6	13,8	20
28	17,5	17,9	20,7
29	16,5	21,4	21,5
30	21,5	20,8	22
31	23,6	20,2	22
Сумма	551,8	620,6	640,2
Среднее	17,8	20,02	20,65

Месяцы	2011	2012	2013
Июнь	Температура воздуха, °С		
1	23,7	20,1	20,7
2	21,3	19,9	17,9
3	22,4	19,4	18,3
4	21,6	18,9	20,9
5	16,3	24,9	20,1
6	21	26,3	18,2
7	21,8	25,7	19,1
8	20,1	24,1	21
9	18,4	22,3	22,2
10	19,1	24,5	22
11	21,3	28,3	23,7
12	23,1	29,8	26,5
13	23,5	31,2	26
14	20,8	31,4	27
15	23,3	32,7	25,8
16	22,5	29,1	27,4
17	23,7	22,6	26,3
18	23,6	20,6	25,7
19	25,3	22,8	20,1
20	23,9	21,9	14,7
21	21,8	23,6	17,6
22	17,7	24,2	18,9
23	17,6	23,2	18,6
24	20,6	24,5	18,8
25	22,7	25,7	21,7
26	25,3	28,4	23,9
27	25,7	29	26,6
28	26	21	25,3
29	28,2	20,2	24,8
30	30,9	21,5	25,6
	673,2	737,8	665,4
Среднее	22,44	24,59	22,18

Месяцы	2011	2012	2013
Июль	Температура воздуха, °С		
1	23,1	23,1	25,5
2	23,7	23,7	22,3
3	22,1	22,1	23,8
4	22,6	22,6	24,8
5	25	25	24
6	28,7	28,7	24,6
7	26	26	26,8
8	24,5	24,5	27,2
9	24,7	24,7	27,4
10	23,5	23,5	22,8
11	23	23	21,8
12	23,5	23,5	22,8
13	24,9	24,9	24,6
14	25,2	25,2	25,9
15	27,2	27,2	24,2
16	27,8	27,8	22,3
17	26,1	26,1	24,4
18	21	21	22,9
19	21,4	21,4	23,4
20	23,7	23,7	24,4
21	26,7	26,7	25,1
22	28,8	28,8	20
23	29,7	29,7	20,3
24	27,9	27,9	20,7
25	24,8	24,8	19,4
26	24,4	24,4	19,9
27	26,7	26,7	20,6
28	28,6	28,6	20,9
29	25,4	25,4	19,9
30	23,1	23,1	19
31	24,3	24,3	18,4
	778,1	778,1	710,1
Среднее	25,1	25,1	22,9

Месяцы	2011	2012	2013
Август	Температура воздуха, °С		
1	27,7	26,7	21
2	26,10	28,70	22,4
3	23,80	30,00	22,8
4	22,40	29,80	19,5
5	20,30	30,00	20,7
6	19,30	28,20	22,1
7	22,10	29,40	24
8	25,50	31,80	21,2
9	25,90	31,40	21,1
10	27,30	24,30	22,4
11	28,20	23,00	25
12	28,50	24,90	26,1
13	29,50	30,10	26,7
14	28,90	29,70	26,5
15	29,40	26,10	26,6
16	25,90	24,40	26,5
17	24,80	23,30	26,6
18	23,60	21,50	23
19	22,20	21,90	22,1
20	21,90	19,80	19,9
21	21,30	18,70	22
22	18,40	12,30	22,6
23	17,70	18,70	24,2
24	17,90	23,20	25
25	18,10	21,90	23,1
26	17,60	25,00	24,1
27	19,50	19,90	20,1
28	21,10	23,20	18,5
29	21,90	23,10	17,4
30	24,00	17,50	20,1
31	24,20	15,30	21,2
	725	753,8	704,5
Среднее	23,38	24,31	22,7

Месяцы	2011	2012	2013
Сентябрь	Температура воздуха, °С		
1	24,6	13,8	20
2	23,30	13,70	19,5
3	20,90	16,30	19,8
4	19,20	18,70	19,3
5	14,80	18,30	16,4
6	15,10	17,70	13,8
7	14,40	20,30	13,8
8	14,80	16,20	13,5
9	17,20	16,20	14,4
10	14,10	12,30	13,1
11	14,80	11,80	12,6
12	15,40	15,50	12,7
13	17,50	17,10	14,1
14	18,80	19,20	15,5
15	19,40	21,30	16,7
16	21,00	23,40	16,1
17	17,10	17,30	15,1
18	13,40	16,20	17
19	13,60	16,60	15,9
20	13,90	17,10	14,9
21	15,50	20,60	15,6
22	14,50	19,00	14,6
23	13,40	16,70	12,3
24	16,10	16,10	11,8
25	14,10	15,70	11
26	9,80	16,20	8,6
27	9,60	18,80	8,7
28	14,50	17,10	6,3
29	11,50	19,90	6,9
30	9,30	18,10	5,1
	471,6	517,2	415,1
Среднее	15,72	17,24	13,8

Месяцы	2011	2012	2013
Май	Относительная влажность воздуха, %		
1	67,00	46	44
2	73,00	40	61
3	53,00	38	68
4	49,00	31	55
5	50,00	33	34
6	65,00	36	43
7	59,00	31	44
8	41,00	29	32
9	86,00	28	30
10	66,00	26	30
11	86,00	28	29
12	65,00	24	30
13	50,00	19	30
14	39,00	24	32
15	39,00	46	30
16	79,00	43	32
17	59,00	30	38
18	52,00	23	42
19	45,00	23	28
20	42,00	53	27
21	47,00	51	36
22	44,00	47	67
23	44,00	51	47
24	37,00	46	29
25	31,00	59	41
26	55,00	71	52
27	45,00	72	78
28	42,00	36	63
29	45,00	34	42
30	29,00	51	43
31	29,00	60	49
	1613	1229	1306
Среднее	52,03	39,64	42,1



Месяцы	2011	2012	2013
Июнь	Относительная влажность воздуха, %		
1	33,00	60	69
2	32,00	56	89
3	34,00	47	56
4	39,00	61	43
5	59,00	42	59
6	45,00	33	68
7	35,00	45	34
8	33,00	48	33
9	48,00	34	33
10	43,00	30	48
11	36,00	28	40
12	39,00	24	34
13	52,00	30	33
14	63,00	28	36
15	50,00	19	28
16	53,00	36	21
17	40,00	52	40
18	37,00	71	32
19	31,00	45	74
20	47,00	42	85
21	73,00	50	56
22	68,00	45	56
23	65,00	30	68
24	65,00	29	74
25	45,00	32	65
26	35,00	31	48
27	52,00	28	45
28	47,00	74	58
29	35,00	51	53
30	24,00	41	55
	1358	12,42	1533
Среднее	45,27	41,4	51,1

Месяцы	2011	2012	2013
Июль	Относительная влажность воздуха, %		
1	46,00	39	54
2	49,00	38	42
3	59,00	37	33
4	59,00	53	35
5	62,00	51	35
6	46,00	38	38
7	32,00	54	32
8	44,00	43	34
9	41,00	38	40
10	50,00	59	51
11	55,00	63	47
12	29,00	68	42
13	29,00	65	41
14	23,00	59	33
15	22,00	48	64
16	31,00	32	68
17	22,00	51	50
18	22,00	51	44
19	21,00	49	32
20	20,00	36	39
21	21,00	37	45
22	23,00	31	47
23	18,00	27	45
24	18,00	40	53
25	22,00	40	51
26	21,00	42	68
27	20,00	36	56
28	20,00	34	55
29	22,00	33	62
30	30,00	28	79
31	33,00	29	82
	1010	1349	1497
Среднее	35,58	43,51	48,2

Месяцы	2011	2012	2013
Август	Относительная влажность воздуха, %		
1	41,00	37,00	62
2	37,00	30,00	52
3	65,00	23,00	63
4	48,00	23,00	55
5	44,00	28,00	54
6	51,00	36,00	67
7	36,00	31,00	47
8	31,00	25,00	49
9	22,00	30,00	45
10	22,00	67,00	43
11	21,00	52,00	34
12	22,00	44,00	34
13	25,00	27,00	35
14	32,00	34,00	37
15	30,00	48,00	36
16	46,00	49,00	31
17	47,00	63,00	34
18	53,00	53,00	59
19	46,00	47,00	65
20	44,00	68,00	65
21	57,00	73,00	48
22	65,00	72,00	43
23	46,00	44,00	39
24	37,00	40,00	33
25	38,00	44,00	49
26	33,00	52,00	44
27	30,00	62,00	53
28	38,00	45,00	38
29	34,00	62,00	32
30	28,00	82,00	36
31	36,00	77,00	68
	1205	1468	14,50
Среднее	38,87	47,35	46,77

Месяцы	2011	2012	2013
Сентябрь	Относительная влажность воздуха, %		
1	35,00	50,00	62
2	61,00	50,00	50
3	52,00	43,00	65
4	43,00	50,00	78
5	88,00	65,00	83
6	62,00	61,00	77
7	57,00	47,00	85
8	70,00	52,00	82
9	82,00	44,00	85
10	72,00	52,00	81
11	56,00	44,00	86
12	64,00	42,00	84
13	63,00	32,00	76
14	64,00	36,00	63
15	64,00	35,00	81
16	60,00	43,00	82
17	57,00	56,00	80
18	57,00	53,00	72
19	56,00	45,00	67
20	53,00	37,00	91
21	48,00	37,00	78
22	62,00	34,00	76
23	57,00	74,00	82
24	56,00	49,00	83
25	80,00	50,00	84
26	72,00	50,00	73
27	69,00	43,00	80
28	58,00	49,00	72
29	74,00	45,00	77
30	93,00	65,00	81
	1885	1433	2316
Среднее	62,83	47,77	77,2

Месяцы	2011	2012	2013
Май	Осадки, мм		
1	0	0,3	0
2	0	0	0
3	0	0	2
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0,4	0	0
7	1	0	0
8	0	0	0
9	2	0	0
10	0	0	0
11	8	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	5	0	0
17	0	0	0,3
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	12	0
22	0	0	4
23	0	0	0
24	0	0	0
25	0	0	0
26	0,9	0	0
27	2	0	6,9
28	0	0	12
29	0	0	0
30	0	0	0
31	0	0,7	0
	19,3	13	25,2
Среднее	0,62	0,41	0,81

Месяцы	2011	2012	2013
Июнь	Осадки, мм		
1	0	0	3
2	0	1	12
3	0	0	4
4	0	2	0
5	0	0	0
6	0	0	0,1
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0,2
11	0	0	0,5
12	0	0	0
13	0	0	0
14	1,1	0	0
15	0	0	0
16	0	0,2	0
17	0	0	0,4
18	0	11	0
19	0	0	5
20	0	0	19
21	2	0	0
22	4,3	0	0
23	0,3	0	49
24	1,7	0	7
25	0	0	6
26	0	0	0
27	0,4	0	0
28	0	0,4	7
29	0	3	0
30	0	0	0
	9,8	17,6	113,2
Среднее	0,32	0,58	3,77

Месяцы	2011	2012	2013
Июль	Осадки, мм		
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0,1	0,1	0
5	0,1	0,1	0
6	0	0	0
7	23	23	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	1	1	0
11	0,6	0,6	0
12	5	5	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0,4	0,4	1
16	0	0	11,5
17	2	2	0
18	0,2	0,2	0
19	0,2	0,2	0
20	0	0	0,5
21	0	0	0
22	0	0	0,5
23	0	0	0
24	0	0	4
25	0	0	0
26	0	0	3,5
27	0	0	0
28	0	0	0
29	0	0	2
30	0	0	4
31	0	0	1,2
	32,6	32,6	28,2
Среднее	1,05	1,05	0,9

Месяцы	2011	2012	2013
Август	Осадки, мм		
1	0,00	0,00	0
2	0,00	0,00	0
3	2,00	0,00	0
4	0,00	0,00	0
5	0,00	0,00	0
6	0,00	0,00	0
7	0,00	0,00	0
8	0,00	0,00	0
9	0,00	0,30	0
10	0,00	0,30	0
11	0,00	0,00	0
12	0,00	0,00	0
13	0,00	0,00	0
14	0,00	0,00	0
15	0,00	0,00	0
16	0,00	0,00	0
17	0,00	2,00	0
18	0,00	1,00	2
19	0,00	0,00	0
20	2,00	6,00	0
21	3,00	1,00	0
22	1,00	0,00	0
23	0,00	0,00	0
24	0,00	0,00	0
25	0,00	0,00	0
26	0,00	0,00	0
27	0,00	0,00	0
28	0,00	0,00	0
29	0,00	0,00	0
30	0,00	1,40	0
31	0,00	0,30	0
	8	12,30	2
Среднее	0,26	0,40	0,064



Месяцы	2011	2012	2013
Сентябрь	Осадки, мм		
1	0,00	0,00	0
2	2,00	0,00	0
3	0,00	0,00	2
4	0,00	0,00	6,4
5	12,00	0,20	20,7
6	2,00	0,00	0
7	0,00	0,00	9
8	0,00	0,00	3
9	1,00	0,00	0,8
10	11,00	0,00	0,3
11	0,00	0,00	0
12	0,00	0,00	0
13	0,00	0,00	0
14	2,00	0,00	0
15	0,00	0,00	1
16	0,00	0,00	43
17	5,00	1,00	0
18	0,00	0,00	0
19	0,00	0,00	0
20	0,00	0,00	6,4
21	0,00	0,00	7
22	0,00	0,00	0
23	0,00	0,00	0
24	0,00	0,00	2
25	11,00	0,00	2,3
26	0,00	0,00	5
27	0,00	0,00	8
28	0,00	0,00	0
29	0,00	0,00	0
30	48,00	0,30	0,6
	94	0,30	117,5
Среднее	3,13	0,05	3,91

## Среднемесячная температура воздуха, °С

Годы	Месяцы					Среднее за вегетационный период
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
Средненого-летняя	16,5	21,5	24,0	22,0	15,0	17,8
2004 г	16,2	19,1	22,0	21,2	12,6	18,2
Отклонение от средненого-летней	- 0,3	- 2,4	- 2,0	+ 9,2	- 2,4	+ 0,4
2005 г	18,2	21,0	23,6	23,6	24,0	22,2
Отклонение от средненого-летней	+ 2,3	- 0,5	- 0,4	+ 11,6	+ 9,0	+ 4,4
2006 г	16,9	23,4	22,9	26,6	21,5	22,3
Отклонение от средненого-летней	+ 0,4	+ 1,9	- 1,1	+ 14,6	+ 6,5	+ 7,4

## Осадки, мм

Годы	Месяцы					Среднее за вегетационный период
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
Средне-многолетняя	30,0	38,0	38,0	32,0	28,0	166
2004 г	41,5	74,5	27,9	28,7	41,3	213,9
% к норме	138,3	196,1	73,4	89,7	147,5	128,8
2005 г	68,4	45,0	38,4	18,6	16,3	186,7
% к норме	228,0	118,4	101,1	58,1	58,2	112,5
2006 г	54,5	12,1	4,1	27,6	27,0	125,3
% к норме	181,2	31,8	10,8	86,3	96,4	75,5

## Приложение 4

## Оценка среднемесячных показателей относительной влажности воздуха за период вегетации кукурузы на зерно

Годы	Месяцы									
	Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
	Относительная влажность, %	% к средне-многолетней	Относительная влажность, %	% к средне-многолетней	Относительная влажность, %	% к средне-многолетней	Относительная влажность, %	% к средне-многолетней	Относительная влажность, %	% к средне-многолетней
Средне-многолетняя	53	100	60	100	53	100	54	100	59	100
2004	50	94	67	112	63	119	60	111	70	118
2005	62	117	57	95	54	102	48	89	50	85
2006	60	113	55	92	44	83	41	76	59	100

## Приложение 5

## Оценка погодных условий периода исследований

Годы	Месяцы	Сумма осадков, мм	Сумма температур, °С	ГТК	Оценка погоды
2004 г	Май	41,5	502,2	0,83	засушливая
	Июнь	74,5	573,0	1,30	засушливость незначительная
	Июль	27,9	682,1	0,41	очень засушливая
	Август	28,7	657,2	0,44	очень засушливая
	Сентябрь	41,3	378,0	1,09	засушливость незначительная
	Средняя	42,8	558,5	0,77	засушливая
2005 г	Май	68,4	582,8	1,17	засушливость незначительная
	Июнь	45,0	630,0	0,71	засушливая
	Июль	38,4	731,6	0,52	очень засушливая
	Август	18,6	731,6	0,25	сухая
	Сентябрь	16,3	720	0,23	сухая
	Средняя	37,3	679	0,55	очень засушливая
2006 г	Май	54,5	523,9	1,04	засушливость незначительная
	Июнь	12,1	702,0	0,17	сухая
	Июль	4,1	709,9	0,06	сухая
	Август	27,6	824,6	0,33	сухая
	Сентябрь	27,0	645,0	0,40	сухая
	Средняя	25,1	681,1	0,40	сухая

Результаты дисперсионного анализа накопления корневой массы  
посевами кукурузы

	Сумма квадратов	Свобода	Диспер- сия	F <sub>ф</sub>	F <sub>т</sub>
Общая	4,53	26	–	–	–
Горизонт увлажнения почвы	2,36	2	1,18	54,14	3,55
Уровень минерального питания	1,41	2	0,71	32,41	3,55
Взаимодействие факторов	0,36	4	0,09	4,13	2,92
Ошибки	0,39	18	0,02	–	–

Выявлено существенное влияние на массу накопленного корнями кукурузы сухого вещества мощности горизонта увлажнения почвы, уровня минерального питания и взаимодействия факторов.

Ошибка разности средних для главных эффектов:

по вариантам горизонта промачивания  $S_d = 0,07$  т/га

по вариантам удобрения посевов  $S_d = 0,07$  т/га

Наименьшая существенная разность для частных средних на 5%-ном уровне значимости  $НСР_{05} = 0,21$  т/га

Наименьшая существенная разность для главных эффектов на 5%-ном уровне значимости:

по вариантам горизонта промачивания  $НСР_{05} = 0,12$  т/га

по вариантам удобрения посевов  $НСР_{05} = 0,12$  т/га

## Результаты дисперсионного анализа максимальной площади листьев

	Сумма квадратов	Свобода	Диспер- сия	F <sub>ф</sub>	F <sub>т</sub>
Общая	326,61	26	—	—	—
Горизонт увлажнения почвы	72,08	2	36,04	36,19	3,55
Уровень минерального питания	217,91	2	108,96	109,40	3,55
Взаимодействие факторов	18,69	4	4,67	4,69	2,92
Ошибки	17,93	18	1,00	—	—

Выявлено существенное влияние на максимальную площадь листьев кукурузы мощности горизонта увлажнения почвы, уровня минерального питания и взаимодействия факторов.

Ошибка разности средних для главных эффектов:

по вариантам горизонта промачивания  $S_d = 0,5$  тыс. м<sup>2</sup>/га

по вариантам удобрения посевов  $S_d = 0,5$  тыс. м<sup>2</sup>/га

Наименьшая существенная разность для частных средних на 5%-ном уровне значимости  $НСР_{05} = 1,4$  тыс. м<sup>2</sup>/га

Наименьшая существенная разность для главных эффектов на 5%-ном уровне значимости:

по вариантам горизонта промачивания  $НСР_{05} = 0,8$  тыс. м<sup>2</sup>/га

по вариантам удобрения посевов  $НСР_{05} = 0,8$  тыс. м<sup>2</sup>/га

## Результаты дисперсионного анализа линейного роста кукурузы

	Сумма квадратов	Свобода	Диспер- сия	$F_{\phi}$	$F_{\tau}$
Общая	0,86	26	—	—	—
Горизонт увлажнения почвы	0,32	2	0,16	15,54	3,55
Уровень минерального питания	0,32	2	0,16	15,54	3,55
Взаимодействие факторов	0,04	4	0,01	0,92	2,92
Ошибки	0,18	18	0,01	—	—

Выявлено существенное влияние на максимальный линейный рост кукурузы мощности горизонта увлажнения почвы и уровня минерального питания.

Ошибка разности средних для главных эффектов:

по вариантам горизонта промачивания  $S_d = 0,05$  м

по вариантам удобрения посевов  $S_d = 0,05$  м

Наименьшая существенная разность для частных средних на 5%-ном уровне значимости  $НСР_{05} = 0,14$  м

Наименьшая существенная разность для главных эффектов на 5%-ном уровне значимости:

по вариантам горизонта промачивания  $НСР_{05} = 0,08$  м

по вариантам удобрения посевов  $НСР_{05} = 0,08$  м

## Результаты дисперсионного анализа сухой биомассы кукурузы

	Сумма квадратов	Свобода	Диспер- сия	F <sub>ф</sub>	F <sub>т</sub>
Общая	77,91	26	–	–	–
Горизонт увлажнения почвы	22,054	2	11,03	59,88	3,55
Уровень минерального питания	48,492	2	24,25	131,67	3,55
Взаимодействие факторов	4,044	4	1,01	5,49	2,92
Ошибки	3,315	18	0,18	–	–

Выявлено существенное влияние на накопление сухой биомассы кукурузы мощности горизонта увлажнения почвы, уровня минерального питания и взаимодействия факторов.

Ошибка разности средних для главных эффектов:

по вариантам горизонта промачивания  $S_d = 0,20$  т/га

по вариантам удобрения посевов  $S_d = 0,20$  т/га

Наименьшая существенная разность для частных средних на 5%-ном уровне значимости  $НСР_{05} = 0,60$  т/га

Наименьшая существенная разность для главных эффектов на 5%-ном уровне значимости:

по вариантам горизонта промачивания  $НСР_{05} = 0,35$  т/га

по вариантам удобрения посевов  $НСР_{05} = 0,35$  т/га



## Результаты дисперсного анализа урожайных данных за 2004 г.

Виды варьирования	Средний квадрат (дисперсия)	Число степеней	F <sub>ф</sub>
Общая СУ	10024,7	239	
Повторений	0,055	2	
Фактор 1	36,69	4	6871,83
Ошибка 1	0,0053	8	
Фактор 2	186,01	3	6930,55
Взаимодействие 1-2	1,722	12	64,16001
Ошибка 2	0,0268	30	

НСР = 0,16 т/га

## Результаты дисперсного анализа урожайных данных за 2005 г.

Виды варьирования	Средний квадрат (дисперсия)	Число степеней	F <sub>ф</sub>
Общая СУ	9372,79	239	
Повторений	0,049	2	
Фактор 1	40,25	4	4263,69
Ошибка 1	0,0094	8	
Фактор 2	197,61	3	11639,72
Взаимодействие 1-2	1,182	12	69,6
Ошибка 2	0,017	30	

НСР = 0,13 т/га

## Результаты дисперсного анализа урожайных данных за 2006 г.

Виды варьирования	Средний квадрат (дисперсия)	Число степеней	F <sub>φ</sub>
Общая СУ	10480,01	239	
Повторений	0,003	2	
Фактор 1	37,7	4	4747,09
Ошибка 1	0,0079	8	
Фактор 2	219,24	3	20977,64
Взаимодействие 1-2	1,765	12	168,86
Ошибка 2	0,0105	30	

НСР = 0,10 т/га