

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО "Тверская государственная сельскохозяйственная академия"**

На правах рукописи

Мигулев Павел Иванович

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ ПРИ
ПРОГРАММИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ В УСЛОВИЯХ
ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ**

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

**Диссертация
на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук**

Научный руководитель :
доктор сельскохозяйственных
наук, профессор, заслуженный
деятель науки РФ
Усанова Зоя Ивановна

Тверь 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. Влияние гибрида, органических и минеральных удобрений на получение запрограммированных урожаев кукурузы (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	9
1.1. Биологический потенциал кукурузы	9
1.2. Роль сорта (гибрида) в получении запрограммированных урожаев кукурузы.....	19
1.3. Программирование урожайности. Влияние доз органических и минеральных удобрений, фона минерального питания на формирование запрограммированных урожаев кукурузы	25
ГЛАВА 2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	40
2.1. Место и условия проведения исследований, схема опыта, характеристика объектов исследований.....	40
2.2. Методика проведения исследований.....	41
2.3. Технология возделывания кукурузы в опытных посевах.....	47
2.4. Агрометеорологические условия в годы исследований.....	48
ГЛАВА 3. Уровни программируемой урожайности кукурузы при разной обеспеченности агроклиматическими ресурсами.....	51
3.1. Агроклиматическая обеспеченность урожайности кукурузы в разные годы.....	51
3.2. Уровни климатически обеспеченной урожайности кукурузы в разные годы	52
ГЛАВА 4. Особенности роста и развития гибридов кукурузы, водопотребление и фотосинтетическая деятельность растений в разных по продуктивности посевах.....	57
4.1. Особенности роста и развития гибридов кукурузы	57
4.2. Водопотребление кукурузы.....	61
4.3. Формирование площади листьев и фотосинтетического потенциала посева.....	67
4.3.1. Площадь листьев посева.....	67
4.3.2. Фотосинтетический потенциал посева (ФПП).....	70
4.3.3. Чистая продуктивность фотосинтеза	74
4.3.4. Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза (Кхоз)	76

ГЛАВА 5. Урожайность качество урожая гибридов кукурузы. Вынос питательных веществ с урожаем	79
5.1. Урожайность гибридов кукурузы. Зелёная масса	79
5.2. Содержание сухого вещества в зелёной массе кукурузы	81
5.3. Урожайность гибридов кукурузы (абсолютно сухая фитомасса)	82
5.4. КПД ФАР посевов гибридов кукурузы.....	84
5.5. Качество силоса кукурузы в разные годы.....	87
5.6. Вынос питательных веществ с урожаем кукурузы и хозяйственный баланс NPK.	91
5.7. Корреляционная зависимость продуктивности гибридов от фотосинтетических параметров посева.....	94
Заключение к главе 5	96
ГЛАВА 6. Экономическая эффективность производства зелёной массы разных гибридов кукурузы при программировании урожайности	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	103
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ И НАУЧНЫМ УЧРЕЖДЕНИЯМ	106
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	107
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	124

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Создание надежной кормовой базы животноводства до настоящего времени остается важнейшей задачей АПК большинства регионов страны [23,42]. Уровень кормления животных относится к числу важнейших факторов, определяющих молочную продуктивность коров [2,12,92]. Одним из основных компонентом кормовых рационов молочного стада является кукурузный силос [90,97].

Кукуруза считается главной силосной культурой в мировом земледелии. Она занимает первое место среди всех силосных культур, хорошо силосуется в любой фазе спелости, но лучше в фазе молочно-воскового состояния зерна [70].

В настоящее время на сельскохозяйственном рынке появились новые гибриды кукурузы с высоким биологическим потенциалом, способные в условиях Центрального Нечерноземья формировать урожайность до 70 т/га и выше [132,138].

Однако многие вопросы технологии возделывания новых гибридов кукурузы недостаточно разработаны для условий северной части Центрального района РФ, в том числе Верхневолжья. В частности, для получения запрограммированных урожаев следует уточнить реакцию современных гибридов кукурузы на изменение режимов питания. Недостаточно обоснована климатическая обеспеченность формирования высоких урожаев кукурузы и уровни потенциальной и действительно возможной урожайности современных гибридов в условиях региона. Эти вопросы являются актуальными и требуют разработки. Не полностью задействован такой важный резерв увеличения урожайности кукурузы, как наиболее полное использование органических удобрений, накапливающихся в больших объемах около крупных животноводческих ферм [47].

Степень разработанности темы. Теоретические и агротехнические основы получения высоких урожаев кукурузы в условиях северной части Центрального Нечерноземья наиболее полно были изучены в 60-х 80-х годах прошлого столетия

учеными: Н.Н.Третьяковым, С.А. Воробьевым, И.С. Шатиловым, В.И.Балюрой, Л.П.Акаемовой, Т.Белашом и др.

Вопросы программирования урожая, в том числе кукурузы, нашли отражение в трудах И.С.Шатилова, А.А. Ничипоровича, А.Ф. Иванова, Г.Е. Листопада, А.А.Климова, В.И.Филина, Г.П.Устенко, Ю.А.Чухнина, М.К.Каюмова, З.И. Усановой и др.

Изучением особенностей формирования урожайности современных гибридов кукурузы в настоящее время занимаются многие исследователи: А.К. Свешников, В.Н.Измestьев, А.М. Влащук, А.А. Кадурина, Ф.М. Абсалямов, А.М.Жиляев, В.Е.Ториков, А.И.Волков, А.В.Зиновьев, С.Х.Дзанагов, С.А.Семина, В.Н. Багринцева, И.Н. Иващенко, С.И.Коконов, З.И.Усанова и др.

Недостаточно изученными остаются вопросы программирования урожайности наиболее продуктивных гибридов кукурузы в условиях северной части Центрального региона России, куда входит Верхневолжье. Практически отсутствуют данные о создании оптимального фона минерального питания за счет внесения высоких норм навоза при получении запрограммированных урожаев кукурузы.

Цель и задачи исследований. Цель исследований – совершенствование технологий выращивания новых гибридов кукурузы, обеспечивающих наиболее полное использование агроклиматических ресурсов региона на получение наибольшей урожайности зеленой массы с початками в молочно – восковой спелости зерна и максимального выхода абсолютно сухой фитомассы с гектара посева, выявить наиболее продуктивные гибриды для условий Верхневолжья, отзывчивые на высокий агрофон.

Программой исследований предусматривалось решение следующих задач:

1.Определить климатическую обеспеченность разных уровней урожайности разных уровней гибридов кукурузы в регионе.

2.Рассчитать уровни (категории) урожайности: потенциальной - по приходу ФАР с КПД 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 %, действительно возможной – по влагообеспеченности и тепловым ресурсам.

3. Оптимизировать режим питания гибридов кукурузы на запрограммированные уровни урожайности за счет максимального использования органических удобрений.

4. Изучить особенности роста и развития гибридов кукурузы на запрограммированных фонах минерального и органического питания.

5. Изучить влияние уровня обеспеченности растений элементами питания на фотосинтетическую деятельность гибридов кукурузы.

6. Определить структуру урожая и урожайность разных гибридов кукурузы на запрограммированных фонах питания, содержание сухого вещества и выход сухой фитомассы с гектара посева, а также качество урожая.

7. Рассчитать экономическую эффективность производства зеленой массы кукурузы с початками в молочно восковой спелости зерна.

Научная новизна. Впервые в результате комплексных исследований, проведенных в двухфакторном полевом опыте на дерново - подзолистой почве Верхневолжья, определены уровни потенциальной и климатически обеспеченной урожайности новых гибридов кукурузы, изучены особенности формирования запрограммированных урожаев, выявлена возможность создания высокопродуктивных посевов с КПД ФАР 3,0 - 3,5 % за счет использования навоза на удобрение, определены коэффициенты водопотребления, фитометрические параметры посевов разной продуктивности, качество урожая и силоса из кукурузы. Программирование урожайности позволило получить наибольший выход зеленой массы с початками в молочно-восковой спелости (93,2 т/га) у гибрида ЛГ 30182 на фоне ПУ с КПД ФАР 3,5 %.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Климатически и теоретически обоснована возможность получения урожайности лучших гибридов кукурузы до 90 т/га сырой, 24,5 т/га абсолютно сухой фитомассы на фоне внесения высоких доз навоза (до 150 т/га). Производству рекомендовано: 1 - программированное выращивание высокопродуктивных гибридов кукурузы на силос с удовлетворением потребностей растений в элементах минерального питания за счет внесения

высоких доз навоза, обеспечивающих формирование запрограммированной потенциальной урожайности с КПД ФАР 3,0 - 3,5 %, высокий выход абсолютно сухой фитомассы (до 21,06 и 24,45 т/га), получение до 88,16 тыс.руб./га условно чистого дохода с уровнем рентабельности до 150 %; 2 - более продуктивные гибриды кукурузы - Анжела (Венгрия), ЛГ 30189 (Франция), позволяющие получать урожаи, близкие к запрограммированным уровням, максимальные - до 80 - 90 т/га зеленой массы с початками в молочно восковой спелости зерна, а также отечественный гибрид Воронежский 160СВ, обеспечивающий получение более питательного корма (30,80 к.ед./100 кг) и урожай абсолютно сухой фитомассы при внесении 150 т/га навоза и $N_{61}K_{12}$ - 18,6 т/га.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на анализе источников литературы, постановке цели, формулировке задач и программы исследований, проведении полевых опытов, учетов и наблюдений, лабораторных анализов, статистического и экономического обоснования полученных результатов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- климатическая обеспеченность разных уровней урожайности кукурузы в регионе;
- особенности водопотребления и фотосинтетической деятельности разных гибридов кукурузы на специально созданных фонах минерального питания за счет внесения высоких норм органических удобрений (до 150 т/га) (подстилочного навоза крупного рогатого скота).
- преимущества в урожайности, структуре урожая гибридов кукурузы Анжела, ЛГ 30189 на запрограммированных фонах минерального питания, обеспечивающих создание высокопродуктивных посевов с коэффициентом использования приходящей ФАР 3,0 - 3,5%.
- возможность получения в регионе зеленой массы и силоса из кукурузы с высокой питательностью корма.
- экономическая и экологическая целесообразность выращивания высокопродуктивных гибридов кукурузы на оптимальных фонах минерального

питания растений, созданных за счет внесения навоза крупного рогатого скота и минеральных удобрений

Степень достоверности и апробация результатов. Материалы диссертации обсуждены на Национальной научно – практической конференции «Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов», Тверь, Тверская ГСХА (12 – 14 февраля 2019 г.), а также на Всероссийской научно – практической конференции «Инновационное развитие животноводства и кормопроизводства в Российской Федерации», г.Тверь, Тверская ГСХА (2019 г.), на Всероссийском семинаре «Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов», ФГБОУ ДПО Российская академия кадрового образования АПК, Косино (12 марта 2019 г.).

Результаты исследований внедрены в ЗАО «Калининское», Калининского района Тверской области и ООО «Скопа» Сонковского района Тверской области на площади 80 га с экономическим эффектом 1813,2 тыс.руб.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе 3 в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 127 страницах, содержит 28 таблиц, 9 рисунков, состоит из введения, 6 глав, заключения, предложений производству, библиографического списка использованной литературы, который включает 181 наименование, в том числе 21 на иностранных языках, 3 приложения.

Представленная работа является составной частью плана научно – исследовательских работ Тверской ГСХА на 2016 – 2020 гг.

Личное участие автора. В разработке программы и методики эксперимента, в проведении полевых опытов и получении научных результатов автор принимал личное участие в течение 3 лет (2016 - 2018 гг.). Он участвовал в планировании научного эксперимента, закладке и проведении учетов и анализов, обработки экспериментальных данных, написании научных статей, обобщении и научном обосновании полученных данных эксперимента.

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ГИБРИДА, ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЛУЧЕНИЕ ЗАПРОГРАММИРОВАННЫХ УРОЖАЕВ КУКУРУЗЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Биологический потенциал кукурузы

Ботанические особенности. Кукуруза (*Zea mays L.*) - однолетнее, однодольное, раздельнополое, перекрестноопыляющееся травянистое растение семейства Мятликовые (*Poaceae*) [91,106]. Возможность создания высокопродуктивных агроценозов кукурузы в разных районах возделывания обосновывается рядом ценных ботанических и биологических особенностей данного растения [129].

Одним из важных биологических особенностей кукурузы является мощно развитая мочковатая многоярусная стеблеузловая корневая система, способная на почвах с рыхлым сложением подпахотных горизонтов проникать на глубину до 3 м, распространяться в радиусе более 1м и использовать из этих слоев влагу и питательные вещества [121,129,152,153,167]. У кукурузы при прорастании семян вначале образуется первичный зародышевый корешок, затем 3-5 вторичных зародышевых корней. Позже образуются из первого узла у начала стебля от 45 до 250 вторичных стеблеузловых корней. Значительная часть корней распространяется в пахотном слое и в междурядьях близко к поверхности почвы, что требует большей осторожности при уходе пропашными агрегатами [156]. У кукурузы имеются воздушные опорные корни, которые образуются из 2- 3 нижних узлов стебля.

Вторым важным достоинством кукурузы является выгодная архитектура растения и растительного покрова в целом [119,131,157,178,181]. Стебель кукурузы представляет собой узловатую соломину высотой от 0,5 до 6 м и диаметром от 1,5 до 3,5 см. У основания каждого междоузлия находятся почки, дающие боковые побеги, на конце которых могут развиваться початки. В наружной части соломины рассеяны волокнисто-сосудистые проводящие пучки, а внутри она заполнена губчатой сердцевинной. До образования зерна сердцевина

содержит 8-12% сахаров. Число узлов и листьев - устойчивый сортовой признак [152,156].

Листья кукурузы крупные до 10 см шириной и 1 м длиной, очередные, линейные, цельнокрайние с параллельным жилкованием, сверху опушенные, в чередующемся порядке расположены по двум противоположным сторонам стебля с охватывающим стебель влагалищем. Состоят из листовой пластинки, листового влагалища и лигулы (листового язычка). Количество листьев колеблется в зависимости от группы спелости гибрида и зоны возделывания от 6 до 48. Как правило, возделываемые гибриды имеют от 8 до 23 листьев. От положения листьев на растении зависит взаимное затенение и интенсивность фотосинтеза: чем вертикальнее расположены листья на стебле, тем лучше освещенность всей ассимилирующей поверхности растения и выше интенсивность фотосинтеза. Поэтому селекционерами созданы “гелиотропные” формы кукурузы. Благодаря желобовидной форме и вертикальному расположению листьев, растения лучше используют незначительные осадки и росу, стекающую по листьям и стеблю к корням. Максимальной величины площадь листьев достигает в конце цветения [116,152,175]. В силу этого кукуруза отличается наиболее выгодной ориентацией листьев, ее посевы способны поглотить максимальное количество фотосинтетически активной радиации. По разным данным она может обеспечить аккумуляцию теоретически возможное количество поглощенной (20-25%) или приходящей (11,4%) ФАР [64,119,131,135,157]. Она обладает способностью менять функцию распределения угла наклона в течение вегетации и в различных по густоте посевах улавливать наибольшее количество приходящей ФАР [131,157]. Отдельные авторы [52] отмечают, что решающим условием поглощения ФАР посевами кукурузы является создание площади листьев посева в 5-6 м²/м², способной аккумулятировать 4,9-5,2% приходящей [52,131]. По данным Г.Л. Филиппова [135] в южных районах нашей страны дальнейший рост КПД ФАР свыше 3 % возможен за счет увеличения мощности ФПП до 3,3-4 млн.м² × сутки/га. По данным З.И.Усановой [131], в условиях Центрального района Нечерноземной зоны РФ с более коротким вегетационным периодом и меньшей

интенсивностью суммарной ФАР высокопродуктивными можно считать посевы, способные аккумулировать в урожае 3,0-5,0% приходящей ФАР (18-20 т/га сухой или 80-90 т/га сырой фитомассы) [131].

Кукуруза является однодомным, но раздельнополым перекрестноопыляющимся растением. Мужские двухцветковые колоски с тремя пыльниками в каждом цветке образуют на верхушке стебля соцветие типа метелки. Каждый пыльник дает до 2500 пыльцевых зерен, а вся метелка до 15 - 20 млн. Мужские соцветия несут от 750 до 1200 колосков. Женские колоски с двумя цветками, из которых один редуцирован и не фертилен, образуют початки, являющиеся видоизмененным побегом. От завязи каждого женского цветка выходит длинная (40-50 см) нить рыльца, которая принимает всей поверхностью пыльцу. Нити рыльца всех цветков (300-1000) образуют кисть, которая во время цветения выходит из оберток. Опыление производится ветром. Так как пыльца растения обычно выпускается на 2-4 дня раньше, чем появляются кисти нитей рыльца, как правило, происходит перекрестное опыление (~ 95%). Оплодотворение у кукурузы двойное. Высокая продуктивность кукурузы обусловлена еще и тем, что коэффициент размножения у нее в 10 раз выше, чем у других зерновых. Из одного семенного зерна вырастает 400-600 зерен, у других же зерновых - только 40- 50 [98,152].

Плод кукурузы — зерновка, обычно голая, крупная. Масса 1000 зерновок у мелкозерных сортов 100 - 150 г, у крупносемянных - 300 - 400 г (может достигать до 1200 г). В зависимости от группы и сорта (гибрида) зерновки кукурузы, имеют различную окраску - белую, кремовую, желтую, оранжевую, красную и др. В початке в зависимости от сорта и условий выращивания образуется от 200 до 1000 зерен. В среднем хорошо озерненный початок имеет 500 -600 зерен. Зерно состоит из оболочки (около 6%), эндосперма (около 84%) и зародыша (около 10% массы зерна). В эндосперме различают мучнистую (крахмалистую) и роговидную (белковую) части [37,116,152].

Вид Кукуруза или майс (*Zea mays*) по современной классификации делится на 8 подвидов по пленчатости, внешнему и внутреннему строению, а также

морфологии зерна: лопающаяся (*everta*), крахмалистая (*amylazea*), зубовидная (*indentata*), кремнистая (*indurata*), сахарная (*saccharata*), восковидная (*ceratina*), крахмалисто - сахарная (*amyleo - saccharata*), пленчатая (*tunicata*) [98].

За период вегетации кукуруза проходит следующие фазы развития: всходы; появление 3-5-й пары листьев; начало стеблевания; выход в трубку; появление метелки; цветение метелки и выбрасывание нитей початков; созревание зерен (молочная спелость, восковая спелость, полная спелость) [116].

Длительность межфазных периодов зависит от сортовых особенностей, погодных условий и агротехники. В начальный период, от образования 1 надземного узла стебля, кукуруза растет очень медленно, затем темпы роста возрастают до 10-12 см в сутки и достигают максимума перед выметыванием. После цветения рост растений в высоту прекращается, а после оплодотворения состоит в основном в накоплении сухой массы. Только в фазах молочной и восковой спелости образуется до 85% сухой массы зерна. Максимальное содержание сухого вещества всего растения 30- 35% (оптимальный срок уборки кукурузы на силос). Оно снижается до полной спелости на 15-20%. Критическим периодом формирования высокого урожая считается • фаза 2-3 листьев, когда происходит дифференциация зачаточного стебля, и фаза 6-7 листьев, когда происходит формирование початков. Кукуруза – это высокопродуктивное растение, так как она за короткое время производит больше органической массы, чем другие культурные растения [106,152].

Требования к факторам внешней среды. Кукуруза характеризуется рядом ценных биологических особенностей, подтверждающих ее высокую продуктивность. Она отличается повышенной требовательностью к теплу, влаге, освещению и обеспечению питательными веществами. Вместе с тем она способна эффективно использовать благоприятные условия для формирования высоких урожаев зерна и листостебельной массы [116].

Требования к теплу. Кукуруза - теплолюбивое растение [37,91,98,115,121,154,158]. Родиной ее является Южная и Центральная Америка. Именно происхождением объясняются высокие требования кукурузы к теплу [159].

Семена прорастают при температуре 8-10°C, всходы появляются при 10-12°C. При образовании генеративных органов, цветении и созревании, биологический минимум составляет - 12-15°C. Наиболее благоприятная температура для роста растений 25-30°C, выше, чем у зерновых колосовых культур (20-25°C). Максимальная температура, при которой прекращается рост - 45 - 47°C. Дневная температура - 22-25°C, и ночная - 18°C - наиболее благоприятна для выращивания кукурузы. При температуре выше 30 - 35 °C и относительной влажностью воздуха около 30% пыльца быстро, в течение 1-2 часов после растрескивания пыльников, высыхает, теряя способность прорасти. Это ведет к плохой выполненности початков. При температуре выше 25-30 °C в период цветения метелок и появления нитей на початках, нарушается цветение и оплодотворение.

Еще профессор В. Н. Степанов [115], подчеркивал, что недостаток тепла особенно опасен в период от оплодотворения до восковой спелости. На основании многолетних исследований он уточнил потребность кукурузы в тепле в разные фазы:

Периоды развития	Биологический минимум	Экологический оптимум	Температура, при которой наступает повреждение
Прорастание зерна	8-10	12-15	-
Появление всходов	10-12	15-18	-2-3
Формирование и рост вегетативных органов	10-12	16-20	-2-3
Формирование генеративных органов, интенсивный рост и цветение	12-15	20-24	-1 - 2 - для генеративных; -2 - 3 - для листьев; -4 - 5 - для початков
Созревание	10-12	18-24	

Кукуруза чувствительна к заморозкам. По данным ряда авторов [20,116,121,137,91], заморозки в ...-2...-3°C повреждают всходы, а осенью листья, а для повреждения генеративных органов достаточно ...-1°C. Кукуруза легче переносит весенние заморозки, чем осенние. Поврежденные всходы способны в

течение недели отрасти. Заморозки в ...-3°C приводят к потере всхожести недозрелого влажного зерна.

Рост растений кукурузы более тесно связан с температурой, чем с другим отдельно взятым климатическим фактором. Уровнем температуры определяются у кукурузы сроки появления очередных листьев [73]. Выявлена тесная зависимость между суточной продуктивностью листьев и дневной температурой воздуха (коэффициент корреляции +0,8). Сумма активных температур, необходимых для созревания колеблется в пределах: для скороспелых сортов и гибридов от 2100-2400 °C, среднеспелых и позднеспелых - 2600 до 3000°C [98].

Требования к влаге. По требовательности к водному режиму кукуруза относится к мезофитам (невысокая требовательность). Она имеет целый ряд ценных биологических свойств по отношению к влаге, что характеризует ее одновременно как засухоустойчивую культуру [131]. К ним относится: 1 - хорошо развитая корневая система, способная поглощать влагу из глубоких слоев почвы. Поглощенная из глубоких слоев влага может выделяться верхними ярусами корней в пахотный слой почвы и использоваться растениями; 2 - ее листья способны усваивать конденсированные пары воды из воздуха; 3 - корневая система поглощает влагу, пока не останется в почве 3% доступной влаги; кукуруза экономно расходует влагу. На образование 1 ц сухого вещества она расходует от 174 до 406 ц/га воды, это значительно меньше, чем овес, пшеница и ячмень; 5 - кукуруза хорошо использует осадки второй половины лета и частично осени [131].

В начальные фазы развития среднесуточный расход воды посевом кукурузы составляет 30-40 м³ /га, а в период максимума - за 10 дней до выметывания до молочного состояния зерна - 80- 100 м³ /га. При богарной культуре в засушливых районах она дает хорошие урожаи в годы, когда за июнь-август выпадает не менее 200 мм осадков, а при хороших весенних запасах влаги в почве - не менее 100 мм с явным преобладанием их в июле, когда происходит цветение [37].

За критический период (максимума) расходуется до 70% воды, так как растения быстро растут в высоту, одновременно происходит основное накопление

биомассы урожая. В это время формируется пыльца и начинается формирование семян. Обильное водоснабжение растений в начале вегетации, нерегулярные или недостаточные поливы в последующий период, когда потребность растений в воде возрастает, приводят к значительному снижению урожая зерна кукурузы. Избыточное увлажнение вредит. Из-за недостатка кислорода в переувлажненной почве замедляется поступление в корни фосфора, в результате снижается содержание общего, органического и нуклеинового фосфора, нарушается процесс фосфорилирования, энергетические процессы в корнях и белковый обмен.

Оптимальные условия увлажнения для кукурузы складываются, когда влажность в корнеобитаемом слое почвы поддерживается поливами на уровне не ниже 75-80% наименьшей влагоемкости. Под влиянием орошения увеличиваются активная поглощающая поверхность корневой системы, поглощение корнями воды и питательных веществ, продуктивность фотосинтеза, снижается непродуктивное дыхание, повышается оводненность и водоудерживающая способность листьев [37,99,116,121,122,137].

Требования к свету. Кукуруза как и большинство тропических растений обладает высокой эффективностью фотосинтеза, протекающего по C_4 -типу, более эффективному, нежели у культур умеренного климата, протекающего по C_3 -типу [1,64,71,133,177,180]. Кукуруза является светолюбивым растением короткого дня. Быстрее всего зацветает при 8 - 9-часовом дне. При продолжительности дня свыше 12 - 14 ч период вегетации удлиняется. Она требует интенсивного солнечного освещения, особенно в молодом возрасте. Чрезмерное загущение посевов, засоренность их приводит к снижению урожая, в том числе початков. В опытах в посевах с густотой стояния 63 тыс./га растений освещенность листьев среднего яруса составляла 53% и нижнего - 29% от освещенности верхних листьев, а при загущении до 150 тыс/га растений 'соответственно 23 и 10%. Чистая продуктивность фотосинтеза при этом снижается на 15—30% [37,98,116,121, 122,137,152].

Кукуруза имеет выгодную архитектуру растения и посева, благодаря которой может усваивать максимальное количество приходящей к ее посевам ФАР [64,119,157,131,171,174].

Требования к почве. Кукуруза предъявляет повышенные требования к почве [64,119,116,121,122,137,152]. Высокие урожаи она дает на чистых, рыхлых, воздухопроницаемых почвах с глубоким гумусовым слоем, обеспеченных питательными веществами и влагой, с pH 5,5-7. Это, прежде всего, черноземные, темно-каштановые и темно-серые почвы, суглинистые и супесчаные по гранулометрическому составу, а также пойменные почвы. Высокие урожаи кукурузы на силос при соблюдении агротехнологий, как отмечают многие авторы [64,65,48,61,93,121,129,130,146], возможны и на дерново-подзолистых, осушенных торфяно-болотных почвах Нечерноземной зоны РФ. Считается, что почвы, склонные к заболачиванию, сильно засоленные, а также с повышенной кислотностью (pH ниже 5) непригодны для возделывания этой культуры.

Кукуруза предъявляет повышенные требования к воздушному питанию, так как при прорастании семена нуждаются в хорошей аэрации. Крупные зародыши семян поглощают много кислорода. Высокие урожаи обеспечиваются при содержании кислорода в почвенном воздухе не менее 18 - 20%. При содержании кислорода около 10% рост корней замедляется, а при 5% прекращается. При этом нарушается поглощение воды и элементов питания из почвы, обмен веществ в корнях и в надземной части растений.

Требования к питательным веществам. Особенности минерального питания растений кукурузы изучали многие авторы [9,10,64,119,157,131,171,174].

Как отмечает ряд авторов [9,10,27], поглощение основных элементов питания кукурузой идет по одновершинной кривой и соответствует ходу накопления сухого вещества.

Для кукурузы азот имеет особенно большое значение в начале вегетации. При его недостатке задерживаются рост и развитие растений. Максимальное же поступление азота наблюдается в течение 2-3 недель перед выметыванием.

Потребление азота растениями прекращается после начала молочной спелости зерна.

Фосфор необходим в фазу 4-6 листьев, когда закладываются будущие соцветия. Недосток его в это время ведет к недоразвитию початков, формируются неправильные ряды зерен. Достаточное обеспечение растений фосфором стимулирует развитие корневой системы, повышает засухоустойчивость, ускоряет образование початков и созревание урожая. Фосфор поглощается растениями в меньших количествах, поступает в них медленнее и равномернее, чем калий и азот. Максимальное потребление его кукурузой приходится на период формирования зерна и продолжается почти до его созревания.

При недостатке калия замедляется передвижение углеводов, снижается синтетическая деятельность листьев, ослабляется корневая система и понижается устойчивость кукурузы к полеганию. Калий начинает интенсивно поступать в растение с первых дней появления всходов. К началу выметывания растения поглощают до 90% калия, вскоре после окончания цветения поступление его в растение прекращается (точнее, стабилизируется). Со времени молочной спелости зерна содержание калия в тканях растения снижается в результате вымывания этого элемента осадками и экзоосмоса через корневую систему в почву.

По данным К. П. Афендулова и А. И. Лантуховой [10], с началом формирования зерна накопление сухого вещества в стеблях, а в фазе молочно-восковой спелости зерна и в листьях прекращается и происходит усиленное перемещение питательных веществ из вегетативных органов в репродуктивные. При этом на налив зерна из других органов растения используется до 59% азота, 36% фосфора и 82% калия. Остальное количество азота, фосфора, а в отдельных случаях и калия, поступает в зерно благодаря продолжающемуся • потреблению этих элементов из почвы. На дерново - подзолистых и серых лесных почвах, на выщелоченных и оподзоленных черноземах кукуруза прежде всего отзывается на азотные удобрения; фосфорные - наиболее эффективны на типичных и обыкновенных черноземах. Калийным удобрениям особое внимание следует

уделять при выращивании кукурузы на супесчаных, торфяных и пойменных почвах, а также в случаях, когда в севообороте ей предшествует свекла, картофель, травы, выносящие из почвы много калия.

Вынос элементов питания на 10 ц зерна у кукурузы близок к другим зерновым культурам (25-30 N, 8-32 P₂O₅ и 22 - 27 кг K₂O) [1].

По данным К.П. Афендулова [9], на создание 1 ц зерна с соответствующим количеством листостебельной массы кукуруза потребляет в среднем 2,4-3 кг азота, 1-1,2 фосфора и 2,5-3 кг калия.

М. К. Каюмов [58] по обобщенным данным приводит следующие показатели выноса питательных веществ. На образование 1 ц абсолютно сухого зерна и листостебельной массы кукуруза потребляет 2,6 кг азота, 0,88 - фосфора и 2,69 кг калия. В листостебельной массе содержится 0,65% азота, 0,26% фосфора и 1,59% калия. Соответственно с 1 т зеленой массы выносятся: N - 1,62 кг; P₂O₅ - 0,65 кг; K₂O - 3,97 кг.

По данным З.И. Усановой [131] вынос основных элементов питания на тонну сырой фитомассы кукурузы составил: N - 2,2-3,5 кг; P₂O₅ - 0,7-1,4 кг; K₂O - 3,6-4,1 кг.

В исследованиях И.В.Шальнова [144,145], З.И.Усановой, И.В.Шальнова и др.[125] при программировании урожайности 40 т/га (зеленая масса) в варианте с оптимальной густотой (100 тыс./га) вынос с 1 т зеленой массы составил - N - 2,73, P₂O₅ - 0,63, K₂O - 4,44 кг. По фонам минерального питания он колебался: N - 2,17 - 2,73, P₂O₅ - 0,49 - 0,68, K₂O - 2,52 - 2,44 кг/т.

В.И.Никитишен, В.И.Личко [86], выявлена положительная корреляция между урожаем зеленой массы кукурузы и выносом элементов минерального питания. Коэффициент корреляции «r» между урожаем и выносом: N равен 0,84, P₂O₅ - 0,82, K₂O - 0,73. Вместе с тем эти связи с урожаем в фазе 10 - 12 листьев и выметывания слабые: с содержанием азота r = 0,46, фосфора r = 0,26, а с K₂O она отрицательная r = - 0,38.

Таким образом, обзор источников литературы свидетельствует о высоком биологическом потенциале кукурузы. Она имеет мощно развитую корневую

систему, способна создавать выгодную архитектуру растительного покрова, фотосинтез у нее идет по C_4 типу, посев (агроценоз) может усваивать максимально теоретически возможное количество приходящей ФАР и накапливать высокие урожаи сухой фитомассы. Вместе с тем многие характеристики данного растения требуют уточнения для новых гибридов, возделываемых в северной части кукурузосеяния, куда относится Тверская область. Это явилось одной из задач наших исследований.

1.2. Роль сорта (гибрида) в получении запрограммированных урожаев кукурузы

В достижении высокой урожайности кукурузы главными являются следующие факторы:

- посев гибридов с высокой потенциальной продуктивностью и высокими адаптационными способностями;
- создание высокого агротехнического фона с внесением расчетных доз удобрений на запрограммированный урожай;
- формирование оптимальной густоты стояния;
- возделывание по высоким или интенсивным технологиям [132, с. 4].

Среди этих главных факторов большая роль отводится сорту (гибриду).

Сорт - это группа растений, сходных по морфологическим признакам и биологическим свойствам, созданных человеком для возделывания в конкретной природно-климатической зоне с целью получения урожайности, качества продукции с наименьшими экономическими затратами [28].

На основе использования гетерозиса и цитоплазматической мужской стерильности получены высокопродуктивные гибриды первого поколения, обладающие мощной гибридной силой [132,156].

Большим достижением отечественной селекции является создание раннеспелых гибридов (от всходов до уборки 80-90 дней). Это способствовало продвижению кукурузы из главных центров производства этой культуры в

районы климатически менее подходящие - в Северо-Западный регион и северную часть Центрального региона [102].

В 2018 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Российской Федерации, было включено более 1500 сортов и гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции [35]. По сравнению с 2010 г. их количество возросло почти в 2,4 раза (было 634 гибрида). Включенные в Госреестр гибриды кукурузы обладают высоким потенциалом продуктивности, ценными биологическими свойствами, толерантностью к наиболее вредоносным болезням и вредителям, засухе и другим стрессовым условиям [129,130]. Благодаря достижению селекции многие гибриды кукурузы допущены к использованию в нескольких регионах. Например, гибрид Краснодарский 194МВ имеет семь регионов допуска: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11; гибрид Росс 140СВ - также 7 регионов: 2, 3, 4, 7, 9, 10, 11. Оба гибрида селекции ГНУ Краснодарский НИИСХ имени П. П. Лукьяненко[35].

В России лидерами по созданию раннеспелых гибридов, которые используется в северных регионах страны, являются ГНУ Краснодарский НИИСХ имени П. П. Лукьяненко; ГНУ ВНИИ кукурузы Ставропольского края; Воронежская опытная станция ВНИИ кукурузы; ГНУ ВНИИ орошаемого земледелия (город Волгоград) [102].

К главным поставщикам семян кукурузы на сельскохозяйственный рынок относятся:

1. Компания "Вудсток"(Woodstok), Венгрия.
2. ООО "Лимагрэн Рус"(Limagrain), Франция.
3. Компания KWS , Германия.
4. ООО ИПА "Отбор", Кабардино-Балкария, Россия.
5. ООО "Россошьгибрид" , Россия (Воронежская область).
6. Компания "РусАгроНива", Россия (производители семян в ЮФО ГНУ ВНИИ кукурузы, НИК "Новые технологии", ООО "Агроплазма" и другие).
7. ООО "Раменские семена", Россия [132].

Эти компании предлагают сельским товаропроизводителям неодинаковые по скороспелости гибриды, принадлежащие к разным группам ФАО.

Продолжительность вегетационного периода кукурузы, в зависимости от скороспелости сортов и гибридов составляет – 75 - 180 дней. По длине вегетационного периода гибриды кукурузы подразделяют на следующие группы: 1 - раннеспелые- 80-90 дней, с числом листьев на главном стебле - 10-12; группа по ФАО - 100; 2 - среднераннеспелые - 90-100 дней, с числом листьев - 12-14; группа по ФАО- 101... 200; 3 - среднеспелые- 100- 115 дней, с числом листьев – 14 - 16; группа по ФАО- 201...300; 4 - среднепозднеспелые- 115- 130 дней, с числом листьев - 16-18; группа по ФАО - 301... 400; 5 - позднеспелые - 130-150 дней, с числом листьев - 18-20; группа по ФАО- 401... 500; 6 - очень позднеспелые - свыше 150 дней, с числом листьев - более 20; группа по ФАО - более 500 [99].

Из большого количества гибридов, допущенных к использованию, сельхозпредприятие должно выбрать более надежные из них, обеспечивающие стабильную высокую урожайность. Изучением адаптивных свойств гибридов кукурузы и их роли в достижении высокой урожайности занимались многие авторы (Свешников А. К., Измestьев В. М. и др. [54,110,111,114], Влащук А.М. и др. [29], Васин В.Г. и др.[31], Кадурина А.А. и др.[56], Кравченко Р.В. [62], Абсалямов М.Ф. и др.[1], Жилиев А.М. и др. [49] Дронов А.В., Торилов В.Е., Ланцев В.В. [44], Иващенко И.Н. и др. [53], Багринцева В.Н. и др. [13,14], Усанова З.И., Фаринюк Ю.Т., Павлов М.Н. [129,130,132], Волков А.И., Кириллов Н.А., Прохорова Л.Н.[32], Зиновьев А.В. [51].

Исследованиями выявлена большая роль сорта (гибрида) в получении высокой урожайности кукурузы и качества урожая. Так, по данным В. Е. Торилова, О. В. Мельниковой, В.В. Ланцева [120], на юго-западе Центрального района России (Брянская область) из 20-ти гибридов отечественной и зарубежной селекции максимальный нормализованный урожай сухого вещества получен по гибриду МАС 12Р (Франция) - 25,12 т/га, а минимальный - по гибриду Хопер 170СВ (ВНИИОЗ, Россия) - 10,02 т/га. Разница в урожайности изучаемых гибридов составила 200%, то есть гибрид МАС 12Р был в 2 раза урожайнее гибрида Хопер 170СВ. Максимальная разница в содержании сухого вещества составила 3,4% (25,1 и 21,7 %).

В исследованиях Ф. М. Абсалямова, Ю. В. Соколова [1], Оренбургский ГАУ, при изучении 13 гибридов кукурузы, селекции Германии, США, России, урожайность зерна колебалась от 26,9 до 46,4ц/га. Разница составила 19,5ц/га или 72,5%. Лучшим оказался гибрид Респект (ф."Сингента" , Германия).

В условиях Владимирской области [49] урожайность гибридов колебалась от 49,27 до 50,48т/га зеленой массы. Более высокий урожай зелёной массы сформулировал гибрид Краснодарский 194МВ. Максимальный урожай зерна накопил гибрид Машук 175МВ.

По данным Л. Д. Фроловой [138], во Владимирской области урожай зелёной массы кукурузы гибрид Катерина СВ в кормовом севообороте по однолетнему люпину (сорт Дега) составил 66,1т/га, при монокультуре- 62,3т/га. Гибрид Катерина СВ имеет допуск к использованию в 6-ти регионах [35].

Исследованиями В. Н. Багринцевой, И.Н. Иващенко [13], показано, что из 8 гибридов кукурузы, селекции ВНИИ кукурузы (город Пятигорск), урожайность зелёной массы колебалась от 27,7т/га (Ньютон) до 40,9т/га (Бештау), а зерна - от 6,09 (Машук 175МВ) до 8,19т/га (Бештау). В первом случае прибавка урожая к менее продуктивному сорту составила 47,6%, во втором - 34,5%.

В Чувашии на серых лесных почвах (2010 – 2013 гг.) изучалось 7 раннеспелых гибридов, в том числе отечественной селекции (4): Росс 145 МВ (ФАО 150), Росс 140 СВ (ФАО 150), Поволжский 107 СВ (ФАО 170), Катерина СВА (ФАО 170) и зарубежной (3): НК Фалькон (ФАО - 190), НК Гитаго (ФАО 200), Дематон (ФАО 200) при возделывании на зерно. Выявлено, что максимальный урожай зерна - 5,96 т/га получен по гибриду НК Гитаго. Он превосходил по этому показателю гибрид Росс 140 МВ на 42,1 %, Поволжский 107 СВ – на 31,2 %, Катерина СВ - на 27,5%, НК Фалькон - на 10,9 и Делитоп на 7,2 %. Сделан вывод, что для агроклиматических условий Чувашии перспективными являются гибриды зарубежной селекции – НК Гитаго, Делитон и НК Фалькон для получения стабильно высоких урожаев этой культуры [32].

А.В. Зиновьевым [51] АО «Учхоз Июльское» ИжГСХА и СПК им.Мичурина Вавожского района, в 2 опытах изучалось 17 гибридов кукурузы, в

том числе 15 раннеспелых и 2 среднеспелых, отечественной и зарубежной селекции. В первом опыте урожайность (сбор сухого вещества, т/га) колебалась от 10,1 - 10,2 т/га (Каскад 195 СВ, Росс 199МВ) до 16,8 т/га (Сильвинио, KWS), прибавка к гибриду Каскад 195 СВ составила 6,7 т/га или 66,3%. Кормовая питательность гибридов кукурузы не имела существенных различий. В среднем за 2013-2016 гг. содержание обменной энергии в сухом веществе составило 11,7 – 11,9 МДж/кг, кормовых единиц 1,11 – 1,15. В отдельные годы (2014) у гибрида Каскад 195 СВ отмечалось повышение суммы незаменимых аминокислот в корме.

Во втором опыте продуктивность гибридов была выше, чем в первом. Сбор сухого вещества с гектара в среднем за 4 года колебался от 15,9 т/га (Машук 175 СВ) до 20,1 т/га (Каскад 166 АСВ). Прибавка урожая составила 9,2 т/га или 26,4 %. Гибрид Каскад 166 АСВ имел более высокое содержание початков (90 %) с зерном в молочно - восковой спелости. Наибольший выход питательных веществ обеспечил срок уборки в фазу восковой спелости зерна.

Все перечисленные примеры свидетельствуют о большой роли сорта (гибрида) в достижении высокой продуктивности кукурузы в разных регионах Российской Федерации.

Г.В. Благовещенский [23] отмечает, что северная граница устойчивого созревания кукурузы на силос с початками в молочно-восковой спелости зерна в европейской части РФ проходит по линии: Калуга – Москва - Нижний Новгород - Уфа. Южнее этой границы возможно получение початков с зерном в молочно-восковой спелости при возделывании раннеспелых и среднеспелых гибридов.

Тверская область расположена севернее этой границы, поэтому для неё очень важен подбор более раннеспелых гибридов, адаптированных к условиям региона. Изучение 27 гибридов кукурузы в 2017г в Тверской области позволило выделить 3 группы по продуктивности [129,130,132]. К 1 группе относилось 5 гибридов с урожайностью зеленой массы от 72,7 т/га (Каскад 166СВ) до 88,4т/га(ЛГ 30189), в том числе початков от 30,1 до 45,2 т/га, доля початков в урожае от 41,4 до 51,1 процентов. Во второй группе (9 гибридов) урожайность колебалась от 53,6т/га (Воронежский 160СВ) до 67,6т/га (Дорка МГТ) в том числе

початки от 22,3т/га (Воронежский 158СВ) до 31,9т/га (Каскад 195СВ). Доля початков в урожае у гибрида Каскад 195СВ- 52,2%, у Отборный 1МВ- 50,4 %. В третьей группе (12 гибридов) сформирована урожайность от 26,7т/га(Биляр 160) до 50,1т/га (Байкал), а урожай початков от 11т/га(Ирида) до 23,6т/га (Байкал). Наибольшая доля початков в урожае отмечена у гибрида Байкал (47,1%), наименьшая - Росс 130АВ (20,6 %).

Эти данные свидетельствуют о том, что из большого биоразнообразия сортов и гибридов для конкретных условий возделывания можно выбрать наиболее хозяйственно ценные. Колебания в урожае зелёной массы с початками д молочно-восковой спелости составили от 88,4 до 26,7 т/га. Гибрид ЛГ30189 превышал по урожайности Биляр в 3,3 раза. По выходу абсолютно сухой фитомассы гибриды различались в 2,6 раза (Ангела, 23,6 т/га, Ирида, 8,9т/га).

При выборе гибрида для возделывания в конкретной местности (регионе) следует учитывать их реакцию на температурные условия. По данным Ф.И. Привалова, Д.В. Лужинского, Н. Ф. Надточаева [103], полученным по результатам 15-ти летних исследований в НППЦ НАН Белоруси, температурные условия могут сдвинуть наступление фазы цветения у скороспелых гибридов на 21, среднеспелых на 23 дня. Особое значение имеет среднесуточная температура с момента всходов до цветения. Отмечено, что при среднесуточной температуре 18 °С наступление фазы цветения у раннеспелых гибридов (ФАО 170-180) следует ожидать через 62 дня после всходов, при 17 °С - через 71 день, а при 15,5 °С через 78 дней (суток). При таких температурах у среднеранних гибридов (ФАО 200-210) цветение наступает через 63, 73, 83 дня, у среднеспелых (ФАО 240-250) - через 71, 80 и 91 день соответственно. Выявлено, чем дольше период от всходов до цветения, тем меньше накапливается сухого вещества. Авторы считают, что накопление сухого вещества в початках зависит от суммы эффективных температур выше 6 °С. При сумме эффективных температур (более 6 °С) 1175 °С содержание сухого вещества в початках раннеспелых гибридов составит- 40%, при сумме 1550 °С - 65%. У среднеранних гибридов для накопления такого количества сухого вещества сумма температур составит 1235 и 1610 °С, а

среднеспелых- 1325 и 1690 °С. За последние годы созданы холодостойкие гибриды, которые останавливают свой рост при температуре менее 6 °С [170].

Зависимость содержания сухого вещества, выхода его с гектара от теплообеспеченности посевов отмечают и другие авторы. По данным Н. Н. Зезина [50], на среднем Урале в опытах с гибридами кукурузы группы спелости ФАО 120-140 (Кубанский 101СВ, Росс 130СВ, Обский 140, Катерина СВ) наибольший сбор сухого вещества (10-12т/га) и его содержание в зеленой массе- 25-30 процентов во все годы обеспечивали гибриды Кубанский 101СВ, Росс 130СВ, Обский 140СВ. Лучшие результаты по качеству урожая - ОЭ 10,0 - 10,5 МДж/кг сухого вещества, 25-28 %, крахмала в СВ получены в течение 6 лет из 10, которые были лучшими по теплообеспеченности генеративного периода (от цветения до середины восковой спелости) при сумме положительных температур за это время 1162 °С.

Таким образом, обзор источников литературы свидетельствует о большой роли гибрида (сорта) в получении высокой урожайности кукурузы при выращивании ее в разных регионах России и Ближнего Зарубежья. Показано, что разница в урожаях между гибридами может достигать 3 и более раз. Всё это подчеркивает важность и актуальность проведения исследований по изучению продуктивности гибридов кукурузы при программном выращивании в каждой конкретной местности с целью создания высокопродуктивных посевов, обеспечивающих максимальное использование на создание урожая приходящей к их поверхности фотосинтетически активной радиации (ФАР).

1.3. Программирование урожайности. Влияние доз органических и минеральных удобрений, фона минерального питания на формирование запрограммированных урожаев кукурузы

Получение высоких урожаев современных гибридов кукурузы с низкой себестоимостью продукции и высоким уровнем рентабельности производства

обуславливает необходимость перехода на программированное выращивание новых сортов и гибридов полевых культур [128,150].

По определению З.И.Усановой [128], «Программирование урожайности - это метод создания оптимальных условий в посеве (агроценозе) для наилучшей фотосинтетической деятельности растений, обеспечивающий вследствие этого наиболее полное использование генетических возможностей сортов и гибридов, агроклиматических ресурсов, наибольшую экономически целесообразную продуктивность и окупаемость материально-технических средств».

Это определение вытекает из тех представлений о программировании урожая, которые сделали ученые: академики И.С.Шатилов [150], А.А.Ничипорович [88], М.К.Каюмов [57], А.А.Климов, Г.В.Листопад, Г.П.Устенко [66], Г.В.Листопад, А.Ф. Иванов, В.И. Филин [74,134], И.Н.Бережной [22], И.Ф.Бондаренко и др [24].

Большой вклад в развитие теории и практики программирования урожайности внес академик И.С. Шатилов [147,148]. Он впервые предложил 10 принципов программирования, из которых первые 5 предназначены для определения величины возможного урожая, а следующие 5 составляют технологическую схему программированного выращивания культуры.

В них учтено 2 этапа (блока) программирования: 1 - определение уровней программируемой урожайности культуры, сорта, гибрида и 2 - разработка технологий, обеспечивающих получение запрограммированных уровней урожайности.

Рассчитываются следующие уровни программируемой урожайности (ПРУ): потенциальная урожайность (ПУ), определяемая по приходу ФАР, климатически обеспеченная урожайность КУ, определяемая: по ресурсам влаги (KY_v) по ресурсам тепла - по гидротермическому потенциалу продуктивности ($KY_{гт}$) и по величине биогидротермического (биоклиматического) потенциала продуктивности ($KY_{бп}$), по эффективному плодородию ($Y_{эфф}$), реальная хозяйственная урожайность (РУ или УП - урожай в производстве) [57,83].

Для расчета указанных уровней урожайности определяется ряд показателей климатической обеспеченности посевов, а именно 1 - суммарное водопотребление (W или E) в мм продуктивной влаги в расчете на гектар посева, 2 – испаряемость (E_0) в мм продуктивной влаги в расчете на гектар посевов, 3 - суммарный радиационный баланс кДж/см^2 , 4 - сумма эффективных температур ($\sum t > 10^\circ\text{C}$), 5 - суммарный приход ФАР ($\sum \text{ФАР}$) в кДж/см^2 за период вегетации культуры (сорта, гибрида), 6 - коэффициент увлажнения ($K_{увл.}$, E/E_0), единиц, 7 - биогидротермический показатель продуктивности (БКП или K_p) в баллах [57,83,128].

Второй этап (блок) программирования предусматривает разработку технологии, обеспечивающей получения запрограммированной урожайности культуры (сорта, гибрида).

К числу агротехнических мероприятий 2 этапа (блока) программирования относятся:

- выбор лучшего предшественника, сорта (гибрида), адаптированного к конкретным агроэкологическим условиям с высоким потенциалом продуктивности, системы обработки почвы, обеспечивающей наилучшие агрофизические и агрохимические свойства;
- определение расчетных доз удобрений на создание ПРУ, разработка системы удобрения, комплексной системы защиты растений от болезней, вредителей и сорняков;
- использование высококачественных семян и эффективных приемов подготовки их к посеву;
- применение наиболее выгодных сроков, способов посева, густоты стояния, приемов ухода за посевами, способов уборки урожая.

На основании этого разрабатывается модель посева и составляется технологическая схема возделывания культуры [129,130,131].

К числу важных этапов программирования относится определение доз удобрений на запрограммированный урожай [17,128]. Большинство исследователей

рекомендуют применять балансовый метод расчета доз органических и минеральных удобрений на ПРУ [7,18,55,57,58,59,82,83,112,118,125,150].

В.В.Кидин [60] справедливо считает, что среди агротехнических приемов, направленных на повышение урожайности культур и улучшение качества продукции растениеводства, определяющее значение имеет оптимизация минерального питания на основе рационального применения удобрений и учет биоклиматического потенциала местности (зоны) и особенностей растений.

Удобрение является важнейшим фактором увеличения урожайности и производства продукции растениеводства, а также повышения плодородия и окультуренности почв [46,79,96,142,168].

Академик П.А.Чекмарев [143] отмечает, что в 2017 г. впервые в истории России валовый сбор зерновых культур достиг 134,1 млн.т. Он считает, что ключевым фактором дальнейшего роста сельскохозяйственного производства является воспроизводство плодородия земель за счет увеличения использования минеральных и органических удобрений, возобновления известкования кислых почв. По его мнению, одним из стабильных факторов развития растениеводства является увеличение объемов использования органических удобрений за счет развития животноводства.

Исследования зарубежных ученых показали, что повышение урожайности сельскохозяйственных культур в системе агротехнических мероприятий в США обеспечивается на 40 - 50% применением минеральных и органических удобрений, в Германии на 50%, во Франции на 50 – 70 %, а остальная часть - за счет механизации производства, орошения, селекции и семеноводства [96,143].

Это относится также к удобрению кукурузы, так как она является ведущей культурой во многих странах мира. США производят 42,2 % кукурузы от мирового ее производства (по состоянию на 2014 год) [26,117].

Вопросы, связанные с минеральным питанием растений, довольно широко освещены в литературе. Показано влияние режимов питания на морфологические и все биохимические признаки, а также, конечную продуктивность культур и качество урожая [104,105,107,108].

Д. И. Еремин, Е. А. Демин [45], подчеркивают, что научно обоснованный подход к системе удобрения - залог получения высоких урожаев кукурузы в Зауралье. Они отмечают, что эта культура очень требовательна к питательным веществам, что связано с высокой интенсивностью протекающих химических реакций ростовых процессов, а также формированием большой вегетативной массы. К началу цветения происходит интенсивное поглощение питательных веществ из почвы.

Кукуруза неравномерно потребляет питательные вещества в течение вегетации. По данным Э.А. Муравина, В. И. Титовой [82] наибольшее количество азота (40%), фосфора (31%) и калия (65 %) она потребляет в фазу выметывания (рисунок 1), тогда как в фазу 9-10 листьев - всего лишь, соответственно 4; 3 и 4%. Много питательных веществ она потребляет в молочную спелость: азота 28%, фосфора 27%, калия 18 %.

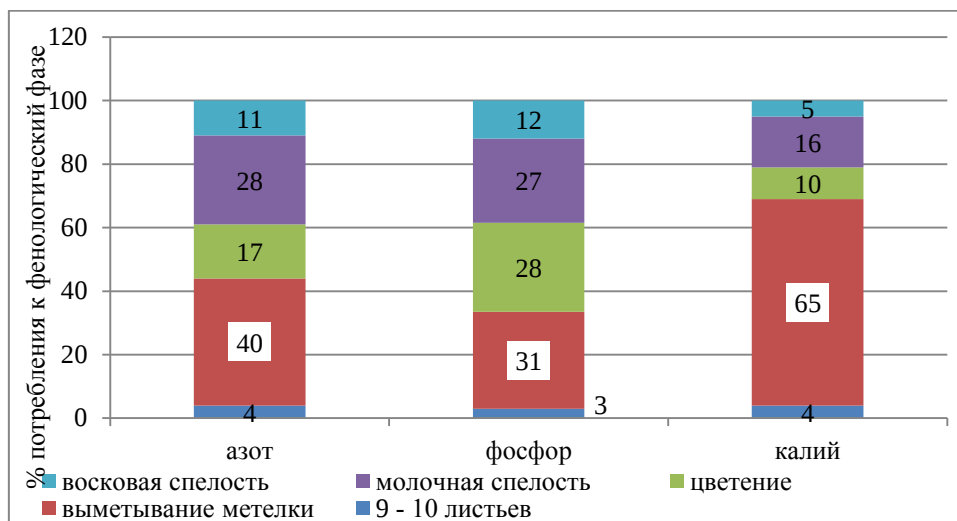


Рисунок 1 – Потребление питательных веществ кукурузой в течение вегетации, % от общего выноса (Э.А.Муравин, В.И.Титова, 2009 г. [82])

Отзывчивость кукурузы на удобрения неодинакова в разных почвенно климатических условиях. Так, в условиях Ставропольского края урожайность кукурузы возрастала до дозы N_{60} , а в дальнейшем при N_{90} и N_{120} она оставалась неизменной. Урожайность зелёной массы (т/га): N_0 - 30,8; N_{30} - 35,6; N_{60} - 36,8; N_{90} - 36,1; N_{120} - 36,0 т/га, а урожайность зерна равнялась соответственно по вариантам: 6,35; 7,03; 7,10; 7,07; 6,98 т/га. Отмечается, что разные гибриды имеют разную отзывчивость на удобрение [13,14,53].

В Горском ГАУ изучали реакцию кукурузы на повышение уровня минерального питания [40]. Изучались одинарная доза $(N_1P_1K_1)_{40}$, двойная, тройная доза NPK, расчётная доза на урожай зерна 8 т, а также навоз 30 т/га под предшественник (картофель+ $N_2P_2K_2$). Наибольший урожай зерна 8,3т/га получен при применении расчётной дозы на урожай 8,0 т/га. В других вариантах он составил: в контроле без удобрения- 3,7т/га, $N_3P_3K_3$ - 7,7т/га, навоз 30т/га + $N_2P_2K_2$ - 7,0 т/га. Расчётная доза удобрений равнялась $-N_{40}P_{90}K_{110}$. В варианте с расчётной дозой окупаемость 1 кг NPK была 13,5 кг зерна; $N_3P_3K_3$ - 11,1; 30 т навоза + $N_2P_2K_2$ - 13,8 кг на 1 кг д.в. NPK. Применение расчётной дозы повышало содержание N,P,K в сухом веществе и протеина на 1,81%.

Во Владимирской области изучались дозы $(NPK)_0$, $(NPK)_{30}$, $(NPK)_{60}$, $(NPK)_{90}$, $(NPK)_{120}$ при возделывании кукурузы по кукурузе (монокультура) и по люпину. Наибольшая урожайность получена по $(NPK)_{120}$. При монокультуре она составила 62,3 т/га, по люпину 66,1 т/га; при этом урожайность в контроле составляла - 30,7 и 35,7т/га. Накопление белка в варианте $(NPK)_{120}$ при монокультуре составило 8,20 ц/га, по люпину - 30,39 ц/га. Люпин способствовал повышению плодородия почвы [138].

Исследования по влиянию расчётных доз удобрений на запрограммированный урожай или прибавку урожая проводились в Тверской области на дерново-среднеподзолистой супесчаной почве при разной густоте стояния [144,145]. В результате установлено, что оптимальной густотой стояния кукурузы (гибрид Каскад 195СВ) является 100 тыс. растений на гектаре. Наибольший урожай зелёной массы 50,6т/га (в среднем за 2009-2011 гг.) получен при внесении удобрений($N_{280}P_{200}K_{240}$) в расчёте на прибавку урожая - 40т/га. В более благоприятный год урожайность в этом варианте достигла 78,1 т/га зелёной массы с початками в молочно-восковой спелости. Экономически целесообразный урожай зелёной массы в этих исследованиях обеспечило внесение удобрений в расчёте на получение урожая 40 т/га и прибавки урожая в 20 т/га. При этом урожайность составила соответственно (при густоте стояния 100 тыс./га) 46,7 и 43,1 т/га, прибавки урожая- 84,6 и 89,0%. Получен условно чистый доход 17,05 и

15,28 тыс.руб./га с уровнем рентабельности 80,4 и 97,7 %. Вариант с внесением высоких доз удобрений на прибавку урожая 40 т/га оказался убыточным. Это еще раз свидетельствует о том, что программирование должно обеспечивать получение экономически целесообразной урожайности.

В получении запрограммированных урожаев большое значение имеет оптимизация водного режима. Так, на орошаемых землях Нижнего Поволжья, как отмечают В.В.Мелихов и Ю.П.Даниленко [75], внесение расчётных доз минеральных удобрений позволило выполнить программу формирования урожая кукурузы гибрида Поволжский 89МВ. Отклонение от ПРУ в 9,0 - 11,0 т/га составило всего 0,2 и 7,3 %.

Надежным источником питательных веществ для растений и получения запрограммированных урожаев кукурузы является навоз, большие объёмы которого скапливаются около крупных животноводческих комплексов [46,77,165,179,176]. Вместе с тем это более дешёвый источник дополнительного урожая кукурузы. Использование навоза как удобрения при возделывании этой культуры в прифериских севооборотах является не только источником ценных кормов, но и способствует улучшению экологической обстановки вокруг животноводческих ферм [46,129,143].

Питательная ценность навоза при выращивании кукурузы изучена в ряде исследований. Так, экспериментальные исследования, проведенные на выщелоченных черноземах Тульской области [131], показали, что при программировании урожаев в 40 и 60 т/га зелёной массы с початками в молочно-восковой спелости зерна, внесение расчётных доз NPK с минеральными удобрениями и навозом обеспечило получение, практически равной урожайности: при программировании урожая 40 т/га по навозу получено при оптимальной густоте стояния (100 тыс./га) 53,8, по минеральным удобрениям 53,6 т/га, а при ПРУ 60т/га соответственно 56,9 и 56,9т/га. Навоз имел некоторые преимущества по накоплению сухого вещества, поэтому при внесении нормы навоза на урожай 40 т/га получено 12,2 т/га абсолютно сухой фитомассы, по минеральным удобрениям - 11,7 т/га. В загущенных посевах (600тыс./га) некоторое

преимущество имели минеральные удобрения в связи с более быстрыми темпами наращивания урожая кукурузы в более короткие сроки и интенсивным поглощением питательных веществ. На основании исследований было выявлено, что на выщелоченных черноземах Тульской области более надежно программирование урожаев среднераннеспелых гибридов на уровне 60т/га сырой и 13,0т/га сухой фитомассы. В 70 % лет (тёплые года) при улучшении влагообеспеченности в критический период можно повысить урожайность до 20-22т/га сухой фитомассы (80-120т/га сырой). В результате проведения этих опытов установлено, что максимальной производительностью (КПД ФАР 3,53 %) характеризуются посевы, сформированные на самом высоком фоне минерального питания (на урожай 80т/га) при оптимальной густоте стояния (100тыс./га), когда в III периоде развития посева (13 лист - выметывание, 10 дней) КПД ФАР достигал 9,8%. Такие посевы имеют самые высокие параметры: в целом за вегетацию суммарный ФПП равнялся 3,7 млн.м²хсутки/га. Доказано, что при оптимальной влагообеспеченности посевов ФПП может достигать 5,8 млн.м²хсутки/га, КПД ФАР посева 5,37 %, а урожай сухой фитомассы 22,8 т/га [131].

По данным А. Ф. Иванова, В. И. Филина [52], в условиях в Волгоградской области при программировании посева с площадью листьев 50-60 тыс.м²/га и ФПП 3,0 - 3,6 млн.м² × сутки/га формировали урожаи, аккумулировавшие 4,9 - 5,2 % приходящей или 8,2 - 9,9% поглощенной ФАР.

О. В. Тронева [123], на основании проведения комплексных исследований с кукурузой в условиях недостаточного увлажнения Ставропольского края, установила, что формирование урожая зерна кукурузы на 47% зависит от генотипа, на 39,0 % от уровня минерального питания и на 5,9% от способа основной обработки почвы. На высоком фоне минерального питания увеличиваются показатели элементов структуры урожая.

Удобрения, внесённые в оптимальных дозах, оказывают большое влияние на качество урожая возделываемых культур [3,63,82]. Исследованиями В.Н. Самыкина и В.Д. Соловиченко [109] выявлено, что на урожайность кукурузы наибольшее влияние оказывали дозы удобрений, чем способы обработки почвы.

Кроме того, внесение $(\text{NPK})_{70}$ и $(\text{NPK})_{140}$ повышало содержание протеина на 0,9-1,3%, а органических удобрений+ $(\text{NPK})_{140}$ - на 2,2 - 2,6%. На высоком фоне минерального питания происходило снижение содержания углеводов, но повышение количества сырого протеина. Содержание клетчатки мало зависело от доз удобрений, а золы - снижалось с возрастанием доз удобрений.

По данным З. И. Усановой, И. В. Шальнова [126], внесение расчётных доз удобрений на запрограммированные уровни урожаев существенно улучшало качество урожая - зелёной массы с початками в молочной и молочно - восковой спелости. Наибольшее содержание сырого протеина - 10,05% было в варианте с внесением удобрений на прибавку урожая 30т/га, оно было выше, чем в контроле(без удобрения) на 3,23%. При этом содержание углеводов как энергетического материала для синтеза белка снижалось с 21,09 (контроль) до 12,75%(на 8,34%). Содержание клетчатки практически не изменилось- 28,12% (контроль) и 29,04% (вариант).

Известна высокая роль органических удобрений, в том числе навоза, в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы [3,63,79,82,94]. Наибольшее влияние на урожайность и плодородие почвы оказывает совместное применение органических и минеральных удобрений [8,84,141]. По данным Р. А. Афанасьева, Г. Е. Мерзловой , И. В. Панкратенковой [8], полученным в длительных исследованиях в стационарном опыте, наиболее целесообразно было использование органоминерального удобрения при ежегодных дозах $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}+9\text{т/га}$ навоза, что позволило оптимизировать баланс органического вещества в почве, фосфорный и калийный режимы и получать среднегодовую продуктивность севооборота 3,2т кормовых единиц с 1 га. Внесение только навоза без минеральных удобрений - снижало ежегодный сбор кормовых единиц в зернотравяном севообороте до 2,88т/га или на 12-13%.

В опыте Дзанагова С.Х., Ханикаева Б.Р. и др. [40], лесостепная зона Северной Осетии, достоверное преимущество в урожайности кукурузы получено (на 0,5 т/га зерна) при внесении навоза+NPK. Из минеральных удобрений преимущество имела расчётная доза удобрений ($\text{N}_{140}\text{P}_{90}\text{K}_{110}$) на урожай зерна

8,0т/га. Удобрения во всех дозах улучшали химический состав, а по ряду показателей и качество продукции (содержание протеина, жира).

По данным Гангур В.В. [33], в левобережной лесостепи Украины, внесение органических и минеральных удобрений под кукурузу ($30\text{т} + \text{N}_{90}\text{P}_{110}\text{K}_{110}$) при размещении по озимой пшенице позволило получить урожайность 6,96т зерна с гектара. В 4-х польном севообороте более высокая урожайность кукурузы (6,71 т/га) накоплена при посеве её после подсолнечника и внесении под кукурузу 40т/га навоза + $\text{N}_{53}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$. Лучшие качества зерна кукурузы были при размещении её в севообороте по озимой пшенице и сое.

По данным А. Н. Налиухина, Д. А. Белозёрова, А. В. Ерегина [84], в полевом стационарном опыте Вологодской ГМХА, в звене севооборота " вико-овсяная смесь - озимая пшеница - ячмень" изучалось три системы удобрений: органическая, минеральная, органоминеральная. Все системы были уравновешены по азоту, среднегодовое внесение которого составило N_{50} . Все системы обеспечили прибавки урожая к контролю (без удобрения) на уровне 34 - 79%. На 1-ом месте была органоминеральная система, обеспечивающая получение 4,09 - 4,62тыс.зерн.ед./га, на втором- минеральная- 3,65 - 4,31тыс.зерн.ед./га, на третьем- органическая- 3,06- 3,60тыс.зерн.ед./га.

Н. Т. Чеботарёв, А. А. Юдин, Н.В. Булатова [141] сообщают, что на дерново-подзолистой среднеоккультуренной почве в республике Коми в 6-ти польном кормовом севообороте лучшим является совместное применение торфонавозного компоста (по 80 т два раза за 6 лет, под картофель) и ежегодное внесение минеральных удобрений в дозах, рассчитанных по выносу питательных веществ планируемым урожаем культуры. При таком способе применения удобрений значительно повышается плодородие почвы, урожайность возделываемых культур, также их кормовые качества.

Эффективность применения удобрений под кукурузу изучали В. Н. Багринцева, В. В. Букарев, В. С. Фарданян [15] (2009) во ВНИИ кукурузы. Исследовалось влияние 30т/га подстилочного навоза КРС и $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ на продуктивность трёх гибридов, выращиваемых по двум предшественникам-

озимой пшеницы и яровому ячменю. Выявлено, что с помощью удобрений на черноземе обыкновенном можно значительно повысить урожай зерна. Каждая тонна навоза даёт дополнительно от 9,3 до 34,3 кг, а 1 к.д.в. NPK - от 1,2 до 8,8 кг зерна кукурузы. Прибавки урожая зерна и окупаемость удобрений выше при возделывании гибридов после озимой пшеницы.

По данным С.А. Бельченко, И. Н. Белоус, М. Г. Драганской [21], в опытах на Новозыбковской госсельхозопытной станции наиболее высокая урожайность зелёной массы кукурузы (45,0 и 44,5 т/га) формировалась при возделывании её по интенсивной технологии с применением минеральных удобрений - $N_{150}P_{48}K_{72}$ в сочетании со 120 т/га подстилочного и 112,5 т/га бесподстилочного навоза соответственно. При этом в зелёной массе больше накапливалось сырого протеина, сырого жира и зольных элементов. При биологической и альтернативной технологиях получены более низкие результаты. Минеральные удобрения на фоне повышенных доз навоза (интенсивная технология) увеличивали содержание нитратов в зелёной массе на 9-17 мг/кг по отношению к ПДК (200 мг/кг).

В стационарном опыте на чернозёме типичном Белгородского НИИСХ [4] изучалось влияние основной обработки почвы и удобрений на формирование урожая и качество силоса кукурузы. Выявлено, что урожайность зелёной массы формировалась в основном под действием удобрений и в большинстве случаев не зависела от способов обработки почвы. Под действием минеральной и органоминеральной систем удобрения содержание белка и кальция в сухом веществе зелёной массы достоверно возрастало. Содержание нитратов в зелёной массе не превышало ПДК. По вспашке урожай зелёной массы в контроле без удобрения составил 28,6 т/га по (NPK) 70 - 37,3; (NPK) 140 - 39,1; по 40 т/га навоза - 31,1 т/га.

Одной из острых проблем современного земледелия является крайне низкое использование минеральных и органических удобрений. Как отмечают А.И. Еськов, С.М. Лукин, Г.Е. Мерзлая [47], в пахотных почвах страны на протяжении последних лет складывается отрицательный баланс основных питательных

веществ и гумуса. Потребность в удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса элементов питания удовлетворяется на 15-20 процентов. За последние 25 лет применение органических удобрений в России сократилось в 7 раз. В настоящее время оно стабилизировалось и составляет 60-65 млн.т, или 1,3 - 1,4т/га посев (0,5 - 0,6 т/га пашни). В подавляющем большинстве регионов РФ вносят не более 2т/га органических удобрений, из них в 23 регионах вносит менее 0,5т/га. С органическими удобрениями поступает около 29 % NPK от общего количества питательных веществ, вносимого с удобрениями, в том числе под кукурузу на силос – 65 %.

Авторы отмечают, что в крупных животноводческих комплексах до 40% выхода органических удобрений не используется и хранится на прифермерских площадках или размещается на полях утилизации, вследствие чего возможно загрязнение грунтовых и поверхностных вод. По их данным для оптимизации режима органического вещества в почвах необходимо вносить навоза в среднем по России 6-7 т/га, а с учетом чистых паров – 500 млн.т. в год. В настоящее время выход органических удобрений в пересчёте на навоз подстилочный – 211 млн.т. Больше половины навоза сосредоточено в ЛПХ.

В решении проблемы сельскохозяйственного использования навоза от крупных животноводческих и свиноводческих ферм заинтересованы и другие исследователи. Целью исследований Гулидова В. А., Кравченко В. А., Захарова В. А., Дубровиной О. А. [38] было изучение агрономической и экологической возможностей использования свиного навоза в земледелии. Установлено, что при внесении жидкого свиного навоза 2 года подряд в почве возрастало содержание нитратного азота в 2,3 - 10,0 раз, фосфора - в 1,5 - 2,8 раза, калия - в 1,7 - 2,9 раза, количество аммонифицированных бактерии в почве в 6,8 - 45,3 раза, актиномицетов - в 2,2 - 2,7 раза, нитрифицирующих бактерий- в 2,6 - 8,7 раза, общее число бактерий- в 1,7 - 12,5раза,целлюлозолитическая активность почвы-на 9,9 - 75,0%, загрязнённость почвы кишечной палочкой-в 66-500 раз, содержание азота в вегетативной массе кукурузы - на 0,37мг/кг, фосфора-на 0,14мг/кг, калия на 0,15мг/кг. Применение органических удобрений в виде жидкого свиного навоза

не повлияло на увеличение содержания тяжелых металлов в почве и растениях. Авторами сделан вывод, что полученный материал позволяет рассматривать свиной навоз как перспективный приём повышения его агроэкологической ценности при использовании в качестве удобрения.

Применение в сельском хозяйстве навоза крупного рогатого скота, свиного навоза, особенно жидкого, бесподстилочного, требует санитарно-бактериологической оценки как самих удобрений, так и почв при сельскохозяйственном использовании навоза. Необходимо выявление в них общепризнанных "маркеров чистоты" - санитарно-показательных микроорганизмов (СПМ) [113].

Органические удобрения в том числе подстилочный навоз крупного рогатого скота, являются ценным удобрением сельскохозяйственных культур и важным фактором окультуривания почв [17,18,19,30,39]. Они обеспечивают получение высоких прибавок урожая и повышают почвенное плодородие.

По данным А.А. Бацулы, Э.Г. Дегодюк и др. [19,39] в лесостепи Украины прибавка урожая кукурузы от применения органических удобрений при возделывании на зерно составила 38,0%, на силос 26,8%.

По сведениям В. А. Васильева, Н.В. Филиппова [30] от внесения 40т/га навоза в Центральном районе Нечерноземной зоны получена прибавка урожая кукурузы на силос 151 ц/га оплата 1 т навоза составила 378 кг кукурузы.

Как отмечает И. Н. Барановский [17], внесение полужидкого навоза(34,3т/га) + соломы обеспечивает прибавку урожая зерновых единиц в звене севооборота- 12,5 ц/га зерновых единиц или 58%. По его данным [18], увеличение нормы подстилочного навоза с 30 т до 60 и 90 т/га повышало прибавки урожая в звене севооборота картофель – ячмень - многолетние травы с 5,9ц/га зерн.ед. до 10,6 и 16,3ц/га или с 21,8 до 39,1 и 52,7%.

По данным Ю.Н. Анкудович [6], в длительном стационарном опыте Сибирского НИИСХ и торфа, в среднем за 8 ротаций севооборота, внесение навоза в количестве 2,9; 5,7 и 8,6 т/га севооборотной площади повысило

продуктивность сельскохозяйственных культур, относительно естественного фона, на 22,2 - 58,5 %.

В повышении эффективности органических удобрений большое влияние оказывает способ их заделки. Так, по данным И.Г. Мельцаева, С.Т. Эседуллаева [76], на легкосуглинистой дерново-подзолистой почве в опытах Ивановского НИИСХ (2006 – 2012 гг.) заделка торфонавозного компоста двухъярусным плугом ПЯ-3-35 на глубину 25-27 см обеспечила увеличение средней продуктивности культур севооборота на 0,26 - 0,28 тыс. зерн. ед./га (6,8 - 7,4 %), в сравнении с обычной вспашкой или дискованием, при более высоком качестве урожая. При заделке 100 т/га компоста двухъярусным плугом содержание гумуса в почве в конце ротации севооборота увеличилось на 0,34% к исходному (1,67%), тогда как при заделке компоста обычными плугами оно не изменилось. При внесении 60-100 т/га компоста урожайность культур увеличилась на 0,35 - 1,01 т/га (10,2 - 29,4%).

При возделывании кукурузы на зерно или силос рекомендуются разные дозы внесения навоза. Так, в методических рекомендациях, подготовленных под руководством академика РАСХН В.С. Сотченко [95], отмечается, что хорошие результаты даёт внесение под кукурузу на зерно органических удобрений (подстилочного, бесподстилочного или жидкого навоза). Навоз обеспечивает растения кукурузы азотом, фосфором, калием, а также микроэлементами и стимулирующими рост веществами. Рекомендуется выносить его в дозах 30-40 т/га под вспашку.

При переходе на интенсивные технологии производства зерна кукурузы были рекомендованы разные дозы навоза полуперепревшего для отдельных регионов: степи Украины- 25-30 т на 1 га, лесостепи- 30-35 и Полесья- 40-50 т на 1 га, Нечерноземной зоны 20-40, Центрально Черноземной полосы -20, Северного Кавказа - 15-20, Юго-Восточного - 20-30, Сибири - 30-40 т на 1 га [124].

Д.Шпаар, В.Шлапунов, А.Постников и др. [155,156] справедливо отмечают, что органические удобрения оказывают влияние на структуру почвы, жизнедеятельность почвообитающих макро- и микроорганизмов, водный и

воздушный режимы. Одновременно они являются источником питательных веществ, которые кукуруза использует лучше, чем зерновые культуры. Достаточное количество органических удобрений под кукурузу в форме подстилочного или жидкого навоза удовлетворяет эту культуру обычно и в микроэлементах. Авторы рекомендуют вносить 20-40 т/га подстилочного навоза под кукурузу осенью под зяблевую вспашку.

Таким образом, анализ источников литературы выявил большую важность проблемы увеличения производства и улучшения использования органических удобрений, в том числе подстилочного навоза крупного рогатого скота. Острота её обусловлена низкими дозами внесения органических удобрений под возделываемые в стране культуры в расчёте на 1 гектар пашни и большими объемами навоза, которые скапливаются на территории крупных животноводческих комплексов, ухудшая экологическое состояние окружающей среды. В источниках литературы показана большая роль внесения расчётных доз удобрений, в том числе органических, в формировании высоких урожаев кукурузы и важность способа расчета доз удобрений на получение запрограммированных урожаев кукурузы в разных зонах страны.

Вместе с тем, в литературе имеется недостаточно данных по получению запрограммированных урожаев кукурузы разных уровней современных высокопродуктивных гибридов при оптимизации минерального питания за счёт внесения высоких доз органических удобрений. Это явилось основанием для проведения данной работы.

ГЛАВА 2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Место и условия проведения исследований, схема опыта, характеристика объектов исследований

Исследования проводили в 2016 – 2018 гг. в полевом двухфакторном опыте в ЗАО «Калининское» Калининского района Тверской области. Почва опытных участков дерново – среднеподзолистая, легкосуглинистая по гранулометрическому составу. До закладки опытов в почве содержалось (в среднем) 82 мг/кг легкогидролизуемого азота (по Корнфилду), 307 мг/кг P_2O_5 и 121 мг/кг K_2O (по Кирсанову), $pH_{\text{сол.}}$ – 5,1 – 5,5, содержание гумуса – 2,1 % (по Тюрину).

Схема опыта включала факторы:

А - Норма удобрения, рассчитанная на получение программированной урожайности зеленой массы:

A_1 – КУ_{БП} климатически обеспеченный урожай по биогидротермическому потенциалу продуктивности (43,8 т/га) (контроль)

A_2 – КУ_В – климатически обеспеченный урожай по условиям увлажнения (70,6 т/га);

A_3 – ПУ с КПД ФАР 2,0 % (50,8 т/га);

A_4 – ПУ с КПД ФАР 2,5 % (63,5 т/га);

A_5 – ПУ с КПД ФАР 3,0 % (76,2 т/га);

A_6 – ПУ с КПД ФАР 3,5 % (88,8 т/га);

В - гибриды кукурузы:

B_1 – Каскад 195 СВ («Россошьгибрид», Россия) – контроль;

B_2 – Анжела («Вудсток», Венгрия);

B_3 – ЛГ 30189 («Лимагрен», Франция);

B_4 – Воронежский 160СВ («Россошьгибрид», Россия);

B_5 – Родник 180СВ («ИПА Отбор», Россия).

Площадь учетной делянки по А – 140 м², по В – 28 м², повторность в опыте трехкратная, размещение вариантов систематическое.

Таблица 1 – Характеристика гибридов кукурузы

№	Гибрид	ФАО	Группа спелости	Происхождение
1	Каскад 195 СВ (контроль)	190	Раннеспелый	«Россошьгибрид», Россия
2	Анжела	170	Раннеспелый	«Вудсток», Венгрия
3	ЛГ 30189	180	Раннеспелый	«Лимагрен», Франция
4	Воронежский 160СВ	160	Раннеспелый	«Россошьгибрид», Россия
5	Родник 180СВ	180	Раннеспелый	«ИПА Отбор», Россия

Оригинаторами являются: гибридов Каскад 195 СВ и Воронежский 160СВ – ФГБНУ ВНИИК, г.Воронеж; Родник 180 СВ – ООО Иновационно – производственная агрофирма «Отбор», Кабардино – Балкарская Республика; ЛГ 30189 – ООО «Лимагрен РУ», Анжела – Венгерская семейная семеноводческая торговая компания Вудсток КФТ.

2.2. Методика проведения исследований

При выполнении диссертационной работы исследования выполнили по современным методикам.

1. Расчет показателей климатической обеспеченности кукурузы и запрограммированных уровней урожаев по методикам: М.К.Каюмов, 1989 [57]; В.Д.Муха, И.С.Кочетов, Д.В.Муха и др., 1994 [83]; З.И.Усанова, 2015 [128].

А. Потенциальный урожай определяли по формуле:

$$ПУ = 10^4 \times \frac{\sum Q \times \text{КПД ФАР}}{q}, \text{ где} \quad (1)$$

ПУ – потенциальный урожай сухой фитомассы, ц/га,

$\sum Q$ – суммарный приход ФАР от посева до полного созревания, кДж/см²;

КПД ФАР – коэффициент использования ФАР посевами в %,

q – теплотворная способность единицы урожая в кДж/кг (целого растения).

Б. Климатически обеспеченный урожай по влагообеспеченности определяли по формуле:

$$КУ_B = \frac{100 \times W}{K_w}, \text{ где} \quad (2)$$

$КУ_B$ – урожай сухой фитомассы, ц/га,

W – продуктивная влага (суммарное водопотребление) в мм;

K_w – коэффициент водопотребления – расход продуктивной влаги с гектара в мм на создание единицы сухого вещества, измеряется в мм $\times$ га/ц;

Продуктивная влага (суммарное водопотребление) рассчитывается по формуле:

$$W = W_0 + \sum^0 C \times K_{и}, \text{ где} \quad (3)$$

W_0 – запас продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см к началу весенней вегетации (до посева):

$\sum O_c$ – сумма осадков за период вегетации данной культуры;

$K_{и}$ – коэффициент использования осадков (принят за 1), в северной части Центрального Нечерноземья он равен 0,8-1,0.

В. Климатически обеспеченный урожай по биогидротермическому потенциалу продуктивности (по тепловым ресурсам) определяли по формуле:

$$КУ_{БК} = \beta K_p, \text{ где} \quad (4)$$

$КУ_{БК}$ – климатически обеспеченный урожай сухой фитомассы в ц/га;

β – коэффициент, который принимают равным 20 ц/га сухой фитомассы;

K_p или БКП – биогидротермический (биоклиматический) потенциал продуктивности, который определяли по формуле (в баллах):

$$K_p = \frac{W T_v}{8,595 R}, \text{ где} \quad (5)$$

все показатели объяснены в предыдущих формулах,

W – суммарное водопотребление, мм (см формулу 2);

T_v – период от посадки до уборки культуры в декадах;

8,595 – постоянное число;

R – радиационный баланс, кДж/см²;

Радиационный баланс определяется по формуле:

$$R = (0,013 \sum t > 10^0 C + 5,8) \times 4,19, \text{ где} \quad (6)$$

$\sum t > 10^0 C$ – сумма температур выше 10⁰С за период вегетации культуры;

5,8 – постоянное число,

4,19 – число для перевода калорий в кДж/см².

Г. Урожай сухой фитомассы пересчитывали в товарную продукцию – зеленая масса с початками в молочно – восковой спелости зерна, по формуле:

$$Y_{\text{зел.массы}} = \frac{Y_{\text{биол}} \times 100}{100 - B_{\text{ст}}} \quad (7)$$

Y – урожай зеленой массы в ц/га,

Y_{биол.} – урожай сухой фитомассы в ц/га,

B_{ст} – стандартная влажность, которая принята, в среднем, за 75 %.

Д. Показатели климатической обеспеченности растений кукурузы рассчитывали по формулам:

$$\text{а) } K_{\text{увл.}} = \frac{2453 \times W}{10^4 \times R}, \text{ где} \quad (8)$$

K_{увл.} - коэффициент увлажнения, единиц;

W(E) – суммарное водопотребление, мм продуктивной влаги;

R – радиационный баланс, кДж/см²;

2453 – коэффициент скрытой теплоты испарения, кДж/кг.

$$\text{б) } ГТП = 0,46 K_{\text{увл.}} \times T_V, \text{ где} \quad (9)$$

K_{увл.} – коэффициент увлажнения, ед;

T_V – период вегетации культуры в декадах;

0,46 – постоянный коэффициент:

$$\text{в) } E_0 = 10^4 \times R / 2453, \text{ где} \quad (10)$$

E₀ – испаряемость при соответствующем радиационном балансе (R), мм,

R и 2453 – обозначены в формулах (6) и (8);

г) БКП или биогидротермический потенциал продуктивности определяется по формуле А.М.Рябчикова и обозначается также как K_p (см.формулу (5).

2. *Дозы удобрений* на запрограммированные уровни урожаев рассчитывали балансовым методом (Каюмов М.К., 1989 [57], Барановский И.Н., 2015 [17], Державин Л.М., Литвак Ш.И., 1985 [41]).

3. *Фенологические наблюдения.* По вариантам опыта отмечали фазы: всходы, появление каждого листа, выметывание, образование початков, цветение метелки и початков (выбрасывание нитей), молочное и молочно – восковое состояние зерна в початках. Начало фаз отмечали при вступлении в фазу 10 % растений, полные фазы – 70 % растений [80].

4. *Агрохимические показатели почвы:* щелочногидролизуемый азот – по Корнфилду; подвижный фосфор и обменный калий по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011); pH солевой вытяжки – потенциометрически (ГОСТ 26483-85); массовая доля органического вещества по методу И. В. Тюрина (вариант ЦИНАО) (ГОСТ 26213-91) [16,17,100,59,160].

5. *Влажность почвы* определяли в слое 0 – 100 см перед посевом и дважды за вегетацию в слоях 0 – 20 и 20 – 40 см по методике, изложенной в Практикуме по земледелию (Авторы И.П.Васильев, А.М.Туликов, Г.И.Баздырев и др., 2004 [101]).

6. *Коэффициенты водопотребления* – биологический и товарный определили из формулы (2) (З.И.Усанова, 2015 [128]). При этом биологический коэффициент определяется делением суммарного водопотребления на биологический урожай (абсолютно сухой фитомассы), товарный – на урожай товарной продукции (зеленая масса):

$$K_{в\text{ биол.}} = \frac{W \times 100}{U_{\text{биол.}}}; \quad K_{в\text{ тов.}} = \frac{W \times 100}{U_{\text{осн.прод}}} \quad (11)$$

7. *Площадь листьев* 1 растения определяли весовым методом с помощью рамки 30 × 15 см (Коломейчанко, 1972, 1987 [68,69]), площадь листьев посева – путем умножения площади листьев одного растения на фактическую густоту стояния.

8. *Суммарный фотосинтетический потенциал посева (ФПП)* определяли методом графического интегрирования по методике А.А.Ничипоровича [87,89] по формуле:

$$\Sigma \text{ ФПП} = \text{ФПП}_1 + \text{ФПП}_2 + \text{ФПП}_3 + \dots \text{ФПП}_n, \text{ тыс. м}^2 \times \text{сутки/га} \quad (12)$$

Где ФПП_1 и др. рассчитывается по формуле:

$$\Phi\Pi\Pi_1 = \frac{L_1 + L_2}{2} \times T, \text{ где} \quad (13)$$

$\Phi\Pi\Pi_1$ – фотосинтетический потенциал, тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки (дни)}/\text{га}$;

L_1 – площадь листьев посева во время всходов, равная 0;

L_2 – площадь листьев посева при втором определении в тыс. $\text{м}^2/\text{га}$;

T – период между определениями или период от всходов до 1-го определения, в сутках (днях).

9. *Среднюю за вегетацию площадь листьев* рассчитывали делением $\Sigma \Phi\Pi\Pi$ на число дней активной вегетации (всходы – молочно – восковая спелость зерна кукурузы).

10. *Чистую продуктивность фотосинтеза* (среднюю за вегетацию) – путем деления урожая сухой фитомассы на $\Phi\Pi\Pi$ по формуле [34];

$$\text{ЧПФ} = \frac{Y_{\text{биол}}}{\Phi\Pi\Pi}, \text{ где} \quad (14)$$

ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза, $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{сутки}$,

$Y_{\text{биол.}}$ – урожай абсолютно сухой фитомассы, ц/га (переведенный в г/га),

$\Phi\Pi\Pi$ – фотосинтетический потенциал посева в $\text{м}^2 \times \text{сутки}/\text{га}$.

11. $K_{\text{хоз}}$ – коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза – по формуле:

$$K_{\text{хоз}} = \frac{Y_2}{Y_1}, \text{ где} \quad (15)$$

Y_2 – урожай сухой массы, накопленный початками, ц/га (т/га),

Y_1 – урожай сухой массы, накопленный целыми растениями (листочек + початки).

12. *КПД ФАР посева* – по формуле:

$$\text{КПД ФАР} = \frac{\text{ПУ} \times q}{\Sigma Q \times 10^4}, \text{ где} \quad (16)$$

КПД ФАР – коэффициент использования растениями ФАР, приходящей к посевам культуры. Все показатели обозначены в формуле (1).

13. *Учет урожая сырой фитомассы* проводили в конце вегетации в фазу молочно – воскового состояния зерна в початках путем взвешивания растений с учетной площади делянки. При этом определяли элементы структуры урожая: число початков на растении, массу початков, среднюю массу одного початка, а

также отбирали пробы для определения сухого вещества в листостебельной массе и початках.

14. *Определение показателей качества силоса* из заложенных траншей проводили в лаборатории Eurofins Agro (BLGG AgroXpertus) на инфракрасном спектрометре.

15. *Расчет энергетической питательности силоса* проводили по формуле:

$$\text{ОЭ} = 15,0 - 0,18 \times \text{СК}, \text{ где} \quad (17)$$

ОЭ – обменная энергия, МДж в 1 кг сухого вещества;

СК – процент клетчатки в сухом веществе [81].

Питательность корма определяли по формуле:

$$\text{П} = 158 - 2,7 \times \text{СК}, \text{ где} \quad (18)$$

П – питательность 100 кг сухого вещества в кормовых единицах, 158 и 2,7 – коэффициенты, установленные на основе экспериментальных данных;

СК – число, выраженное % клетчатки в сухом веществе [36,81].

16. *Показатели качества навоза* крупного рогатого скота, в качестве подстилки использовались древесные опилки, определялись по ГОСТ 26718-85, рН навоза по ГОСТ 27979-88.

17. *Содержание в растениях азота, P_2O_5 , K_2O и вынос NPK с урожаем* [16,17] определяли:

азот по ГОСТ 13496.4-93;

P_2O_5 по ГОСТ 26657-97;

K_2O по ГОСТ 30504-97.

18. *Статистическая обработка:* методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов, Б.А.Доспехов, 1985 [43].

19. *Оценка экономической эффективности* производства зеленой массы кукурузы с початками в молочно – восковой спелости зерна выполнена на основе разработанных технологических карт по вариантам опыта, фактических материально-технических затрат и фактических цен на продукцию, семена, удобрения, ГСМ и др.

2.3. Технология возделывания кукурузы в опытных посевах

Предшественник кукурузы – вика – овсяная смесь на сенаж.

Удобрения по фонам минерального питания вносили в виде навоза крупного рогатого скота, в качестве подстилки использовались древесные опилки. Недостающее количество питательных веществ в навозе к расчетной дозе компенсировали внесением минеральных удобрений (таблица 2). Навоз вносили осенью под вспашку зяби, калийные удобрения - до посева под культивацию, азотные - в подкормку.

Таблица 2 – Расчетные дозы удобрений, в среднем за 3 года

Вариант	Навоз КРС, т/га	Минеральные удобрения
КУ _{БП} (контроль)	70	N ₀ K ₀
КУ _в	120	N ₂₃ K ₀
ПУ, КПД ФАР 2 %	70	N ₁₄ K ₁₇
ПУ, КПД ФАР 2,5 %	80	N ₇₉ K ₅₉
ПУ, КПД ФАР 3,0 %	120	N ₅₂ K ₂₂
ПУ, КПД ФАР 3,5 %	150	N ₆₁ K ₁₂

Обработка почвы состояла из дискового лушения после уборки предшественника на глубину 8 – 10 см (БДМ-4), зяблевой вспашки на глубину 22-23 см оборотными плугами (Vogel&Noot 7+1), весеннего боронования зяби (БЗСС-1) и двух культиваций до посева по мере появления сорняков (Amazona КЕ супер 4000) на глубину 8 – 10 и 6 – 8 см с одновременным выравниванием и прикатыванием почвы.

Посев проводили сеялкой УПС-10-2 «Червона зірка» в сроки по годам 14, 15, 13 мая с нормой 5 – 6 семян на 1 погонный метр (80 тыс.шт./га).

Уход состоял из опрыскивания посевов гербицидом МайсТерПауэр (1,25 кг/га в 300 л воды) в фазу 4 – 5 листьев кукурузы (ОПШ - 600) и двух междурядных обработок – через 3 – 5 дней после внесения гербицидов и в фазу 7 – 8 листьев кукурузы культиватором КРН-5,6, оборудованным рабочими органами для

рыхления междурядий, зоны рядка и подокучивания (при 2-ой обработке). Подкормка азотными удобрениями проводилась по фонам вручную.

Учет урожая производился поделяночно вручную. Скашивание защитных полос – самоходным комбайном (Джон - Дир). Сроки учета: 2016 г. – 9.09; 2017 г. – 16.09; 2018 г. – 15.09.

2.4. Агрометеорологические условия в годы исследований

Агрометеорологические условия в годы исследований различались между собой и от среднесуточной нормы (таблица 3). Вегетационный период кукурузы в 2016 г. отличался теплыми маем, июнем, кроме первой декады, июлем, августом и сентябрем. Необычно теплыми были август и 1 декада сентября, что способствовало вызреванию зерна до молочно – восковой спелости. В целом за период от посева до уборки сумма температур выше 10 °C была на 139,2 °C выше нормы.

Условия увлажнения в 2016 г. были благоприятными. Осадков выпало 101,6 % от нормы. Повышенное увлажнение отмечалось в августе, когда осадков выпало 148 % от нормы. Тепло- и влагообеспеченность посевов в конце вегетации кукурузы 2016 г. способствовали хорошему наливу зерна.

Вегетационный период кукурузы в 2017 г. отличался холодным маем, когда среднесуточная температура воздуха была на 1,9 °C ниже нормы (в 2ой декаде на 2,9 °C), а также июнем (- 2,4 °C от нормы), особенно 1-ой декадой (- 4,1 °C) и июлем (- 0,8 °C за месяц и – 3,1 °C в 1-ой декаде). Недобор тепла за этот период роста и развития кукурузы составил 129,1 °C.

Вторая половина вегетации кукурузы, начиная с 3-ей декады июля, в 2017 г., наоборот, характеризовалась повышенной температурой. В целом до уборки дополнительно к норме тепла накопилось за этот период 112,4 °C, что почти полностью компенсировало недобор тепла в первой половине вегетации. Всего от посева до уборки сумма температур выше 10 °C составила 1869,1 °C и была на 55,6 °C меньше нормы.

Таблица 3 – Погодные условия в годы исследований, МС Тверь

Месяц	Декада	Среднесуточная температура, °С				Сумма осадков, мм			
		2016	2017	2018	норма	2016	2017	2018	норма
Апрель	I	4,3	4,5	6,4	3,1	28	31	9	10
	II	7,3	1,0	7,4	5,0	24	14	13	12
	III	9,6	6,4	7,8	7,8	7	22	9	13
	М	7,1	4,0	6,9	5,2	59	67	41	35
Май	I	14,0	8,3	14,0	10,2	13	4	13	15
	II	12,6	8,9	15,2	11,8	30	23	49	15
	III	16,7	12,3	15,1	13,4	6	48	0,9	21
	М	14,4	9,8	14,7	11,8	49	75	62	51
Июнь	I	13,2	10,7	12,4	15,8	31	32	9	22
	II	17,5	15,7	16,8	16,2	5	31	19	25
	III	20,8	14,7	18,3	17,1	7	62	49	27
	М.	17,2	13,7	15,8	16,4	43	125	77	74
Июль	I	18,5	14,4	16,0	17,5	12	22	38	36
	II	19,8	17,7	21,1	18,1	4	36	12	23
	III	20,0	18,8	20,3	18,0	2	17	33	35
	М	19,4	17,0	19,2	17,9	18	75	83	94
Август	I	20,4	18,6	20,0	17,8	0	16	5	21
	II	16,6	19,6	17,9	15,5	14	5	8	24
	III	17,4	14,7	17,1	14,3	15	14	12	23
	М.	18,1	17,6	18,3	15,9	29	35	25	68
Сентябрь	I	13,8	12,2	16,8	12,5	27	44	0	19
	II	10,8	15,0	14,1	9,9	39	33	25	24
	III	8,5	8,8	9,6	8,2	11	0	65	21
	М	11,0	12,0	13,5	10,2	77	77	90	64
Сумма за период посев - уборка		2063,9	1869,1	2239	1924,7	298,7	271,5	222,2	294
ГТК по Селянинову		1,45	1,45	0,99	1,53				

По условиям увлажнения вегетационный период 2017 г. был близок к норме, осадков выпало 92,3 % от среднемноголетнего количества. Повышенным увлажнением отличалась первая половина вегетации, а недостаточным – вторая: в июле выпало 80 %, в августе 51 % осадков от нормы. Повышенным увлажнением характеризовались 1 и 2 декады сентября (232 и 138 % осадков от нормы), что мешало заготовке высококачественного силоса.

Вегетационный период кукурузы в 2018 г. отличался более высокими температурами воздуха во все месяцы вегетации, кроме июня. Особенно

холодной ($-3,4^{\circ}\text{C}$) была 1-ая декада июня, а также 1-ая декада июля ($-1,5^{\circ}\text{C}$). В остальное время роста и развития кукурузы температура воздуха была выше нормы. В целом за период «посев - уборка» сумма эффективных температур составила 2239°C и была выше нормы на $314,3^{\circ}\text{C}$ (16,3 %).

Условия увлажнения до августа месяца были нормальными, а затем недостаточными: в августе выпало осадков 68 %, в сентябре (1 и 2 декада) – 19,0 и 24 % от нормы. В целом от посева до уборки выпало 222,2 мм осадков, что составило 75,6 % от нормы. Однако условия увлажнения не мешали формированию высоких урожаев разных гибридов кукурузы.

Гидротермический коэффициент (по Селянинову) составил по годам: 2016 - 1,45; 2017 – 1,45; 2018 – 0,99 при норме 1,53.

Таким образом, годы исследований различались распределением тепла и влаги в течение вегетации кукурузы. Общая обеспеченность кукурузы теплом и влагой способствовало накоплению высокой урожайности современных гибридов кукурузы.

ГЛАВА 3. УРОВНИ ПРОГРАММИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ ПРИ РАЗНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

3.1. Агроклиматическая обеспеченность урожайности кукурузы в разные годы

Рост, развитие растений, урожайность и качество урожая возделываемых сельскохозяйственных культур зависят от агроклиматических и агротехнических факторов. К числу агроклиматических факторов (факторов внешней среды) относятся: тепло, влага, свет (приход ФАР) [98].

При программировании урожайности используются показатели: суммарное водопотребление за вегетационный период- W или E , запас продуктивной влаги в почве перед посевом (посадкой) культуры – W_0 , испаряемость – E_0 , радиационный баланс- R , сумма положительных температур выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $\sum t$, приход фотосинтетически активной радиации-ФАР, сумма осадков за период вегетации - $\sum O_c$, а также рассчитываются коэффициенты: увлажнения - $K_{увл}$, гидротермический показатель - ГТП, биогидротермический (биоклиматический) коэффициент-БКП, период вегетации - T_v . Все эти показатели определяются по методике, указанной в главе 2.

Фактические показатели агроклиматической обеспеченности за годы исследований и по среднегодовой норме представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели агроклиматической обеспеченности кукурузы за вегетационный период

Показатель	Единицы измерения	По норме	В годы исследований				$\pm$ к норме	
			2016	2017	2018	ср.	факт.	%
$W(E)$	мм/га	494	478,7	471,5	408,9	452,8	-41,2	-8,3
W_0	мм/га	200	180	200	186	188,7	-11,3	-5,6
E_0	мм/га	526,5	557,4	514,1	596,1	558,9	-32,4	-6,2
R	кДж/см ²	129,14	136,72	126,11	146,26	136,36	+7,22	+5,6
$\sum t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	1925	2064	1869	2239	2057	+133	+6,9
ФАР	кДж/см ²	103,6	109,69	104,17	117,34	110,40	+6,8	+6,6
$\sum O_c$	мм	294	299	272	222	264	-30	-10,0
$K_{увл}$	единиц	0,94	0,869	0,917	0,686	0,821	-0,119	-12,6
ГТП	балл	5,31	4,66	5,15	3,94	4,58	-0,73	-13,7
БКП	балл	5,47	4,81	5,31	4,07	4,73	-0,74	-13,5
T_v	декад	12,3	12,2	12,2	12,5	12,2	-0,1	-0,8

Результаты исследований выявили, что показатели агроклиматической обеспеченности значительно различались по годам и имели отклонения от среднемноголетней нормы. Наибольшей изменчивости подвержены все критерии, связанные с влагообеспеченностью. Более засушливым оказался 2018 год, когда были ниже нормы: суммарное водопотребление на 17,2 %, сумма осадков на 24,4 %, коэффициент увлажнения на 27,0 %. Больше среднемноголетних показателей в этом году были: радиационный баланс - на 13,26%, сумма температур - на 16,33%, испаряемость - на 13,2%. Зависящие от влаго- и теплообеспеченности коэффициенты оказались ниже нормы: ГТП - на 25,8%, БКП - на 25,5%.

По условиям увлажнения более благоприятным считается 2017 г., когда $K_{увл.}$ составил 0,92 при норме 0,94. Коэффициенты ГТП и БКП также были близки к среднемноголетним данным - 5,15 и 5,31 соответственно при норме - 5,31 и 5,47.

В среднем за 3 года, показатели агроклиматической обеспеченности в меньшей мере отличались от среднемноголетних. Более существенное снижение по сравнению с нормой отмечалось: ΣO_c (на 10,1%), $K_{увл}$ (на 12,6%), ГТП (на 13,7%), БКП (на 13,5%).

Во все годы осадков выпало меньше, чем их могло испариться. Испаряемость (E_0) в среднем за 3 года составила 558,9 мм/га, а сумма осадков 264,4 мм, $K_{увл}$ был ниже нормы на 12,6%.

3.2. Уровни климатически обеспеченной урожайности кукурузы в разные годы

Анализ расчётных уровней климатически обеспеченной урожайности кукурузы показывает (рисунок 2), что максимальный урожай абсолютно сухой фитомассы можно получить при КПД ФАР посева 3,5% : по среднемноголетним данным 22,21 т/га , в годы исследований 21,69 - 25,15 т/га. Влагообеспеченность посевов кукурузы в регионе позволяет получать по среднемноголетней норме 17,64 т/га сухой фитомассы, в годы исследований - 14,60- 17,13 т/га.

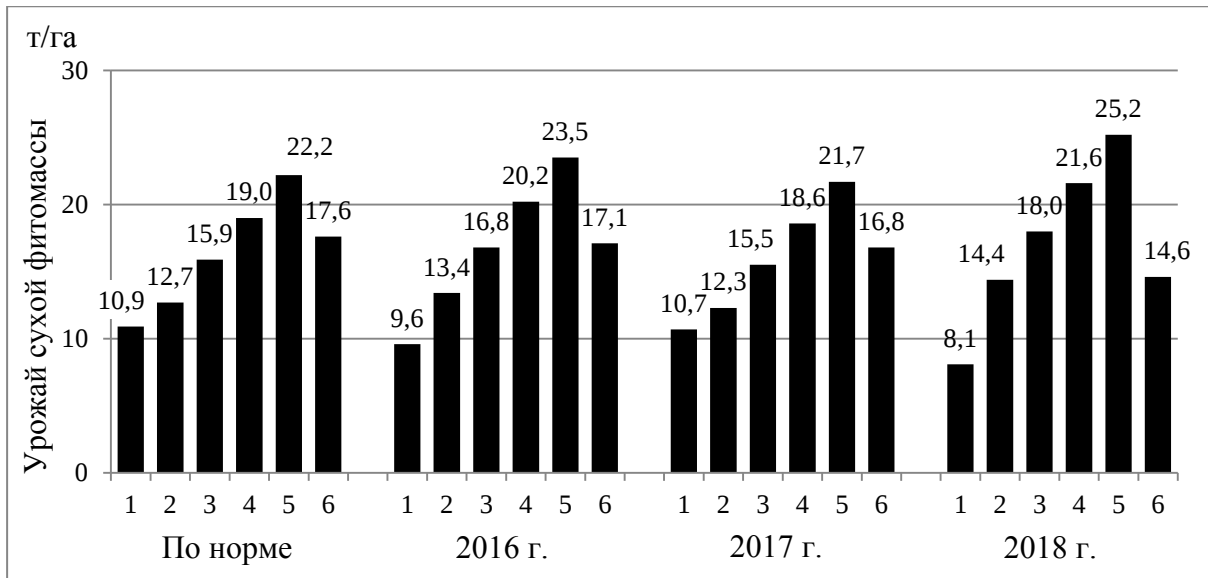


Рисунок 2 – Климатически обеспеченная урожайность абсолютно сухой фитомассы кукурузы. Примечание: 1 - КУ_{БП} (контроль); 2- ПУ с КПД ФАР 2,0 %; 3 - ПУ с КПД ФАР 2,5 %; 4 - ПУ с КПД ФАР 3,0 %; 5 - ПУ с КПД ФАР 3,5 %; 6 - КУ_В; КУ_{БП}- климатически обеспеченный урожай по биогидротермическому потенциалу продуктивности; ПУ - потенциальный урожай, КУ_В- климатически обеспеченный урожай по влагообеспеченности.

Самая низкая урожайность обеспечивается при расчёте её по биогидротермическому потенциалу продуктивности (формула А. М. Рябчикова), который отражает взаимовлияние комплекса факторов в конкретных климатических условиях. Как отмечают отдельные авторы [57,83], такие расчёты позволяют с высокой точностью определить продуктивность фитомассы. По нашим расчетам величина климатически обеспеченной урожайности кукурузы по биогидротермическому потенциалу продуктивности была значительно меньше, чем по влагообеспеченности (КУ_В), что, по-видимому, связано с высоким радиационным балансом, который в формуле А. М. Рябчикова при определении БКП (K_p) находится в знаменателе. Так, расчётные уровни КУ_{БП}, меньше, чем КУ_В, по среднемноголетней норме в 1,6 раза, в годы исследований - в 1,6 - 1,8 раза. Результаты исследований показали, что кукуруза может формировать урожайность значительно выше расчётной по биогидротермическому потенциалу продуктивности (КУ_{БП}), что объясняется ее биологическими особенностями, а

именно: способностью усваивать влагу из глубоких слоев почвы, поглощать конденсированные пары воды в условиях засухи, усваивать ФАР с более высоким КПД благодаря протеканию процесса фотосинтеза по C_4 типу [71,131,156,134].

Урожайность кукурузы по зеленой массе (расчётная - при 25 % - ном содержании сухого вещества, фактическая - при фактическом содержании) представлена в таблице 5. Анализ её данных свидетельствует о том, что расчётные показатели по среднемноголетней норме незначительно отличались от фактических в среднем за годы исследований, что свидетельствует о том, что в годы исследований можно было получить высокие урожаи зелёной массы кукурузы. Максимальную урожайность можно было получить в варианте с КПД ФАР 3,5%, она колебалась от 86,74т/га (2017г.) до 100,61т/га (2018г.). Расчётная урожайность по влагообеспеченности (64,77т/га) была близка к расчетной ПУ КПД ФАР 2% (67,67т/га). Минимальной оказалась расчётная урожайность КУ_{БП}, в среднем по норме- 43,76 т/га, за годы исследований- 32,56 - 42,96т/га.

Для сравнения мы взяли фактическую урожайность, полученную в годы исследований по самому продуктивному по зеленой массе гибриду ЛГ 30189 (см. таблицу 14). Полученные данные свидетельствуют о том, что гибриды кукурузы с высоким потенциалом продуктивности могут формировать высокопродуктивные посевы с КПД ФАР 3,5 %. Средняя за годы опыта урожайность составила в данном варианте 93,2 т/га и была близко к расчётной (93,8 т/га).

Самая низкая фактическая урожайность получена в варианте с КУ_{БП} - 48,0т/га, расчётная 38,03т/га. Она была ниже, чем в самом лучшем варианте: расчётная в 2,5 раза, фактическая в 1,9 раза. Это объясняется тем, что в данном варианте удобрения были внесены по среднемноголетней норме из расчёта получения 43,76 т/га, зеленой массы с початками в молочно – восковой спелости зерна.

Действительно возможная урожайность в регионе, которую принято считать по влагообеспеченности посевов (КУв) [57,83,85], рассчитанная по среднемноголетней норме составила 70,6 т/га, а в годы исследований она колебалась от 58,4 до 68,5 т/га. Фактически гибрид ЛГ30189 обеспечил получение

68,4 т/га зелёной массы, что на 2,2 т/га ниже расчетной по среднегодовой норме. Урожайность кукурузы в ЗАО "Калининское", где проводились опыты, в 2016 г, в среднем по хозяйству, составила 71,3 - 73,0 т/га (Родник 179, Родник 180) на фоне внесения 200 т/га органических удобрений, опилочный навоз КРС) [132]. Это подтверждает возможность получения климатически обеспеченной урожайности по влагообеспеченности посевов на уровне 70 т/га при внесении высоких норм удобрений.

Таблица 5 – Уровни программируемой урожайности (ПРУ) гибридов кукурузы в разные годы, зелёная масса, т/га

Категории ПРУ	По норме	2016 г.	2017 г.	2018 г.	В среднем
КУ _{БП} (контроль)	43,8	38,5	43,0	32,6	38,0
КУ _в	70,6	68,5	67,4	58,4	64,8
ПУ, КПД ФАР 2 %	50,8	53,7	49,6	57,5	53,6
ПУ, КПД ФАР 2,5 %	63,5	67,2	64,0	71,9	67,7
ПУ, КПД ФАР 3,0 %	67,2	80,6	74,4	86,2	80,4
ПУ, КПД ФАР 3,5 %	88,8	94,0	86,7	100,6	93,8
В среднем	65,6	67,1	64,2	67,9	66,4

Таким образом, в условиях Верхневолжья (Тверь) наибольшей изменчивости подвержена влагообеспеченность кукурузы в течение вегетации, а также все критерии, связанные с этим показателем. Отклонения от среднегодовых данных составили: по сумме осадков - 10,1%, $K_{увл}$ - 12,6%, ГТП- 13,7%, БКП- 13,5% в сторону уменьшения.

Более засушливым, с высоким радиационным балансом (146,26 кДж/см²) и суммой температур > 10 °С (2239 °С) был 2018 г, когда суммарное водопотребление оказалось ниже нормы на 17,2%, сумма осадков на 24,4%, коэффициент увлажнения на 27,0%. Максимальную величину урожаев сухой фитомассы (до 25,2 т/га) и зелёной массы, с початками в молочно-восковой спелости зерна (до 100,6 т/га) кукуруза может сформировать при использовании посевами 3,5% приходящей ФАР.

Влагообеспеченность посевов позволяет накапливать урожай сухой фитомассы на уровне 17,6 т/га (по норме), зелёной массы с початками в молочно-восковой спелости - 70,67 т/га. Фактически по лучшему гибриду ЛГ 30189 , в

среднем за годы опыта на соответствующем фоне минерального питания, получено 68,1 т/га.

Наименьшую программируемую урожайность (до 43,8 т/га) кукуруза может сформировать при расчёте её по биогидротермическому потенциалу продуктивности ($KU_{БП}$).

ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ, ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ В РАЗНЫХ ПО ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВАХ

4.1. Особенности роста и развития гибридов кукурузы

Кукуруза в течение вегетации проходит определенные фазы роста и развития. По данным А.В.Корниенко [70] у кукурузы определяют следующие фазы: начало и полное появление всходов, начало и полное появление метелок, начало и полное появление початков (появление нитей), молочное, молочно – восковое состояние зерна, восковая спелость, полная спелость.

Как у всех хлебов I и II группы, отмечаются также фазы кущения и выхода в трубку. У кукурузы эти фазы совпадают с образованием 3 – 4 листа (кущение), 7 – 8 листа (выход в трубку) и с критическими периодами: 1 – когда идет дифференциация зачаточного стебля (2 – 3 лист) и 2 – определение размера початка (6 – 7 лист [99]).

В наших опытах посев гибридов кукурузы проводился 12 – 14.05, фазы развития отмечали в варианте фона ПУ с КПД ФАР 3,5 %. Прохождение фаз развития мало различалось по годам.

Всходы появлялись 4 – 5.06, кущение наблюдалось 15 – 17.06, выход в трубку – 27-29.06, начало выметывания – 10 – 13.07, начало цветения метелки 23 – 25.07, появление нитей початка – 07 – 09.08, полное цветение початка – 18 – 20.08, молочное состояние зерна 01 – 04.09. Во время уборки зерно находилось, преимущественно в молочно – восковом состоянии.

Известно, что количество листьев у растений кукурузы является признаком скороспелости гибридов [98,99]. Раннеспелые гибриды образуют 10 – 12 листьев на главном стебле, среднераннеспелые – 12 – 14, среднеспелые – 14 – 16, среднепозднеспелые – 16 – 18, позднеспелые – 18 – 20, позднеспелые – 18 – 20, очень позднеспелые – более 20 листьев.

Изучаемые в опыте гибриды различались по количеству листьев и скорости их образования. Норма удобрений не оказала значительного влияния на появление листьев. Динамика образования листьев у разных гибридов на самом высоком фоне минерального питания представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Динамика формирования листьев у растений разных гибридов кукурузы на фоне ПУ с КПД ФАР 3,5 %, шт/раст.

Гибрид	Группа по ФАО	Даты определения							
		07.06	17.06	29.06	12.07	25.07	07.08	20.08	2.09 (макс.)
Каскад 195 СВ	190	2,0	4,6	7,4	9,5	11,5	12,6	14,1	15
Анжела	170	2,5	3,6	7,6	9,9	10,7	11,4	11,8	12
ЛГ 30189	180	2,5	4,5	7,0	9,0	10,6	11,4	11,8	12
Воронежский 160СВ	160	2,5	4,5	7,7	9,8	11,8	12,3	13,6	14
Родник 180СВ	180	2,0	4,0	7,6	9,8	12,6	14,7	16,0	16

В начале вегетации более быстрым образованием листьев отличались гибриды Анжела, ЛГ 30189, Воронежский 160СВ, хотя они имеют разное число ФАО. К началу цветения метелки и появлению нитей початков наибольшее число листьев образовалось у гибридов Каскад 195 СВ и Родник 180СВ, что позволяет их отнести в условиях Тверской области к среднеспелой группе, хотя по ФАО все гибриды относятся к среднераннеспелым (101...200).

Гибриды различались ростом растений в высоту (таблица 7). До 25.07 (начало цветения метелки) рост растений в высоту проходил примерно одинаковыми темпами. Разница по высоте растений (на 25.07) находилась в пределах 8 – 25 см. Самым низкорослым на эту дату был гибрид Каскад 195 СВ (124,8 см), а самыми высокорослыми Анжела (142,6 см) и Родник (149,6 см). К концу вегетации наиболее высокими были растения гибрида Родник 180 СВ (276,5 см) и Анжела (268,3 см), разница с контролем (Каскад 195 СВ) составила 51,6 см и 43,4 см. Разница в высоте растений наглядно показана на рисунке 3.

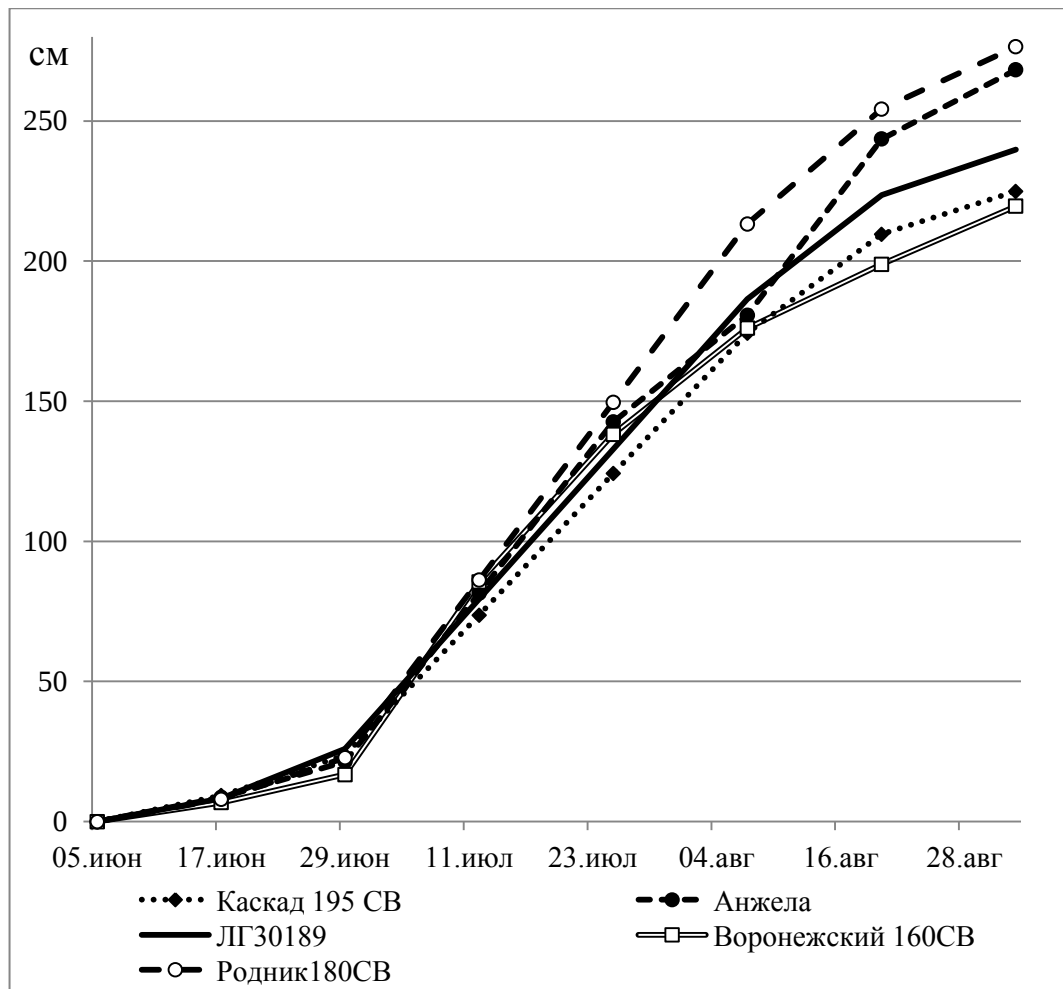


Рисунок 3 – Графики роста растений в высоту разных гибридов (вар.5 ПУ с КПД ФАР 3,5 %), см

Гибриды значительно различались по темпам роста растений в высоту (рисунок 4). В периоды «всходы – кущение» и «кущение – выход в трубку» суточные приросты высоты у всех гибридов были невысокие, во второй период больше выделялся гибрид ЛГ 30189 (1,48 см/сутки). В третий, четвертый периоды отмечается максимум приростов высоты растений. Это время от выхода в трубку до появления нитей початков. У таких гибридов, как ЛГ 30189 и Родник 180 СВ максимальные суточные приросты отмечались более длительное время: «выход в трубку – появление нитей початков». Так, у гибрида ЛГ 30189 все это время суточный прирост составлял 4,12, а у гибрида Родник 180 СВ – 4,88; 4,88 и 4,90 см. У гибрида Анжела отмечалось возобновление максимума суточных приростов в период «образование нитей початка – цветение початка» (4,84 см/сут.). Анжела и Родник 180СВ были более высокорослыми, среднесуточный прирост у них от

всходов до ранней молочной спелости был наибольший и составил – 2,24 и 2,30 см. Однако Родник 180 СВ не отличался повышенной урожайностью зеленой массы в годы исследований, что объясняется более низкой полевой всхожестью (таблица 7).

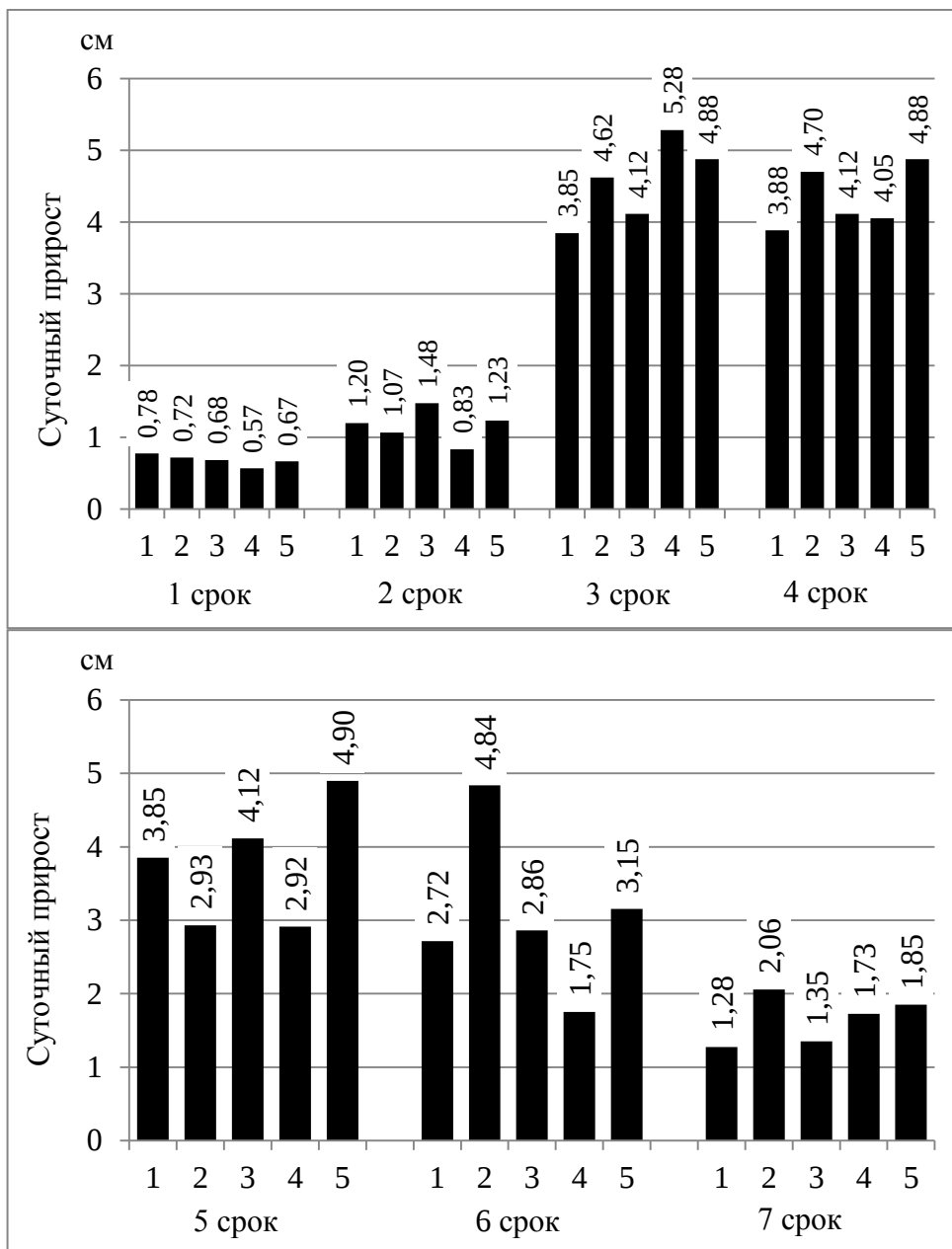


Рисунок 4 – Суточные приросты высоты растений разных гибридов в течение вегетации (фон ПУ с КПД ФАР 3,5 %)

Сроки определения: 1 – всходы-кущение, 2 – кущение – выход в трубку, 3 – выход в трубку – начало выметывания, 4 – начало выметывания – начало цветения метелки, 5 – начало цветения метелки – появление нитей початка, 6 – цветение початка, 7 – цветение початка – ранняя молочная спелость.

Таблица 7 – Полевая всхожесть и густота стояния гибридов кукурузы

Гибрид	Полевая всхожесть, %	Густота стояния, тыс./га
Каскад 195 СВ	90,9	71,5
Анжела	100,0	78,6
ЛГ 30189	100,0	78,6
Воронежский 160СВ	90,9	71,5
Родник 180 СВ	72,7	57,2

Низкая полевая всхожесть гибрида Родник 180 СВ объясняется, по-видимому, низкой адаптированностью его к местным почвенно – климатическим условиям и качеством семян.

4.2. *Водопотребление кукурузы*

Одним из главных жизненных факторов для растений является вода. Она имеет первостепенное значение в жизнедеятельности растений. Цитоплазма растительных клеток на 85-90 процентов состоит из воды. Без воды не протекают биохимические процессы, прекращается жизнедеятельность растительного организма [71,83].

Величина климатически обеспеченного урожая зависит от обеспеченности посевов влагой и теплом [83]. По мнению М. К. Каюмова [57], по обеспеченности растений влагой при программировании рассчитывают действительно возможный урожай (ДВУ) полевой и другой сельскохозяйственной культуры.

При расчёте ДВУ по предлагаемым формулам [57,83,85,128] необходимо знать коэффициенты водопотребления (K_v) - количество воды, затрачиваемое на формирование единицы сухой фитомассы, обозначение "мм × га/ц" выбрано условно [57].

Д.Шпаар [156] отмечает, что одним из положительных признаков кукурузы как растения типа C_4 , является очень низкий коэффициент транспирации. По данным зарубежных ученых у кукурузы коэффициент транспирации равен 179 – 368 л воды/кг сухой массы, тогда как у озимой ржи – 353 - 636, у картофеля 575 - 636, у льна-долгунца 783 - 805 л/кг СВ [162,163,164,166,167,169,172,173].

Такое преимущество кукурузы по расходу воды на единицу сухой массы (СМ) объясняется мощно развитой корневой системой, способной потреблять воду из глубоких слоев почвы. Это растение способно поглощать влагу и своими листьями (конденсированные пары воды), о чём было сказано в параграфе 3.1.

Высокая потребность кукурузы в тепле в сравнении с требованиями к влаге позволяет сделать заключение, что в северных районах выращивания урожайность ее больше зависит от суммы температур, чем от наличия влаги [156].

Для новых гибридов кукурузы, выращенных на разных фонах минерального питания в условиях ЦРНЗ РФ, в источниках литературы отсутствуют сведения о коэффициентах водопотребления.

Наши исследования показали, что биологические коэффициенты водопотребления ($K_{в \text{ биол.}}$) кукурузы при выращивании её для получения зелёной массы с початками в молочно – восковой спелости зависят в большей степени от обеспеченности растений элементами минерального питания (фона удобрения), затем от продуктивности гибрида и влагообеспеченности посева (года исследований) (таблица 8).

Так, наименьшее количество воды на создание единицы сухой фитомассы кукурузы, в среднем по 5 гибридам за 3 года- $2365 \text{ м}^3 / \text{ц}$, израсходовано на самом высоком фоне минерального питания, где удобрения вносились на запрограммированный потенциальный урожай с использованием 3,5% ФАР. Наоборот, самое большое количество воды- $4346 \text{ м}^3 / \text{ц}$ затрачено на создание единицы сухой фитомассы на наиболее низком фоне, где удобрения вносились на КУ_{БП}. Разница в $K_{в}$ составила $1981 \text{ м}^3 / \text{ц}$ или 83,8 %.

У более продуктивных гибридов $K_{в \text{ биол.}}$ значительно меньше, чем у менее урожайных. Более экономным расходом воды отличались гибриды Анжела и ЛГ30189. У них при всех уровнях ПРУ коэффициент водопотребления был ниже, чем у менее продуктивных гибридов. Так, по сравнению с контролем (Каскад 195СВ) коэффициенты водопотребления у гибрида Анжела были меньше: на фоне КУ_{БП} (контроль) - на 764 м^3 (17,0%), на фоне КУ_В - на 864 м^3 (24,1%), на фоне ПУ с КПД ФАР с 2 % - на 911 м^3 (22,2%), с КПД ФАР с 2,5 % - на 738 м^3

(21,1%), с КПД ФАР с 3,0 % - на 95,1 м³ (30,4%), с КПД ФАР с 3,5 % - на 71,0 м³ (27,7%).

Примерно такая же разница с контролем была у гибрида ЛГ30189.

Таблица 8 – Коэффициенты водопотребления ($K_{в \text{ биол.}}$) гибридов кукурузы при получении запрограммированных урожаев в разные годы, м³ /ц.

Вариант (фактор А)	Год	Гибрид (фактор В)					В среднем
		Каскад 195 СВ (контроль)	Ангела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП} (контроль)	2016	4925	4155	4816	4625	5795	4863
	2017	4739	3805	3102	4641	5961	4450
	2018	3826	3240	3413	3385	4763	3726
	средн.	4497	3733	3777	4217	5506	4346
2.КУ _В	2016	3454	2968	2703	3204	4053	3276
	2017	4009	2495	2238	2863	3569	3035
	2018	3297	2707	2627	2520	3899	3010
	средн.	3587	2723	2523	2862	3840	3107
3.ПУ с 2 % КПД ФАР	2016	4782	3466	3466	4301	5120	4227
	2017	4058	3227	3686	4419	4816	4041
	2018	3483	2899	3058	3276	4132	3370
	средн.	4108	3197	3403	3999	4689	3879
4.ПУ с 2,5 % КПД ФАР	2016	3757	2828	2854	3657	4420	3503
	2017	3849	3184	2880	3223	3818	3391
	2018	2909	2275	2286	3078	3975	2905
	средн.	3505	2762	2673	3319	4071	3266
5.ПУ с 3,0 % КПД ФАР	2016	3343	2210	2338	2680	2994	2713
	2017	3318	2576	2484	3613	4082	3215
	2018	2736	1758	1824	2569	2944	2366
	средн.	3132	2181	2215	2954	3340	2764
6.ПУ с 3,5 % КПД ФАР	2016	2552	1929	1971	2483	3288	2445
	2017	2777	1997	2090	2730	3245	2568
	2018	2364	1637	1593	2124	2689	2084
	средн.	2564	1854	1885	2446	3074	2365
В среднем		3566	2742	2746	3300	4087	3424

Наиболее высокими коэффициентами водопотребления при всех уровнях программируемой урожайности отличался гибрид Родник 180 СВ. Так, по сравнению с контролем (Каскад 195СВ) K_v были выше: на фоне с КУ_{БП} - на 1009 м³ (22,4 %), с КУВ - на 253 м³ (7,1%), ПУ с КПД ФАР 2 % - на 581 м³ (14,1%), с КПД ФАР 2,5 % - на 566 м³ (16,1%), с КПД ФАР 3,0 % - на 208 м³ (6,6%), с КПД ФАР 3,5 % - на 510 м³ (19,9%). Наибольшее превосходство гибрида Каскад 195СВ над гибридом Родник 180СВ отмечено на самом низком фоне минерального питания, когда удобрения вносили на урожай, рассчитанный по биогидротермическому потенциалу продуктивности (КУ_{БП}).

Более экономным расходованием воды гибриды отличались в наиболее засушливом 2018 году. Суммарное водопотребление W(E) составило в 2016 г - 4783 м³ в 2017 - 4715 м³, в 2018 - 4089 м³ продуктивной влаги. В 2018 г. W было меньше, чем в 2 предыдущих года на 694 м³ (14,5%) и 629 м³ (13,3%). В сравнении с лучшим по влагообеспеченности 2016 г. K_v в 2018 г. в среднем по гибридам, были меньше: на фоне с КУ_{БП} (контроль) - на 1137 м³ (23,4%), на фоне с КУВ - на 266 м³ (8,1%), на фоне ПУ с КПД ФАР 2 % - на 857 м³ (20,3%), с КПД ФАР 2,5 %- на 598 м³ (17,1%), с КПД ФАР 3,0 % - на 347 м³ (12,8%), с КПД ФАР 3,5 % - на 364 м³ (14,9%).

Самым экономным расходованием воды в более сухой год отличались гибриды Анжела и ЛГ 30189, на самом высоком фоне минерального питания у которых K_v биол. составил 1637 и 1593 м³ /ц.

Значительный интерес представляют товарные коэффициенты водопотребления ($K_{v. \text{тов}}$), обозначающие расход воды на 1 ц зеленой массы кукурузы с початками в молочно - восковой спелости зерна.

Исследованиями выявлены те же закономерности влияния фона минерального питания, гибрида и климатических условий года на $K_{v. \text{тов}}$ (приложение 1). Усиление фона минерального питания снижало $K_{v. \text{тов}}$. Так, на самом высоком фоне при расчёте ПУ с 3,5% КПД ФАР, в среднем по гибридам и годам, $K_{v. \text{тов}}$ составил 657 м³ /ц, а на самом низком при расчёте климатически

обеспеченного урожая по биогидротермическому потенциалу продуктивности - $1220 \text{ м}^3/\text{ц}$. Наглядно это можно видеть на рисунках 5 и 6.

Самым низким расходом воды на создание 1ц зелёной массы с початками в молочно - восковой спелости отличаются более продуктивные гибриды Ангела и ЛГ30189. Так, соответственно по фонам $K_{в\text{ тов.}}$ у них равнялись (в среднем за 3 года) ($\text{м}^3/\text{ц}$): 996 и 871; 874 и 688; 694 и 579; 577 и 488; 880 и 671; 1171 и 971, в то время как в контроле (Каскад 195 СВ) эти показатели были выше по сравнению с гибридами Ангела на 93- 162 (7,4- 19,8%), ЛГ 30189 на 218 - 371 (19,9 - 35,6%).

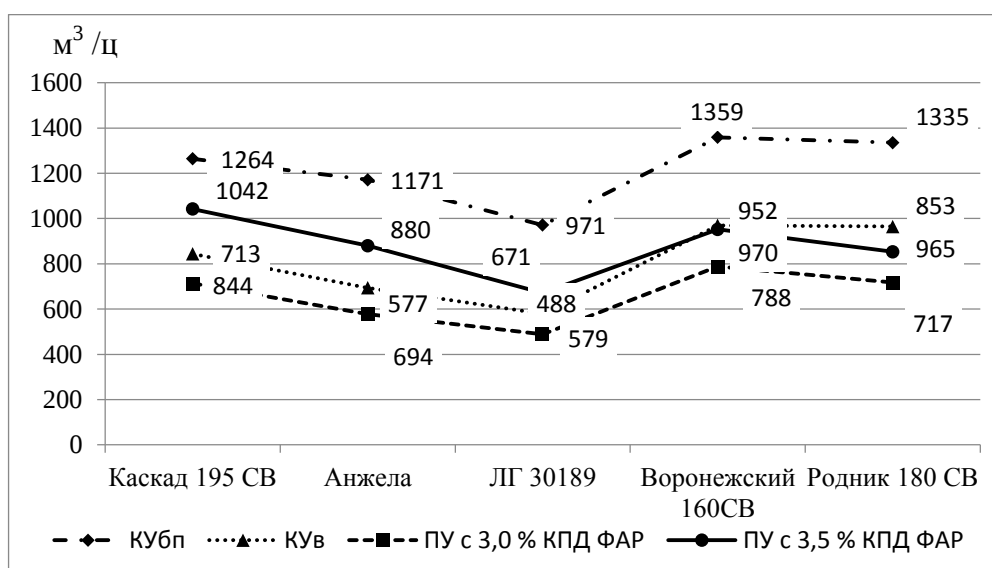


Рисунок 5 – Изменение $K_{в\text{ тов.}}$ гибридов кукурузы при норме удобрения на получение программируемой урожайности, среднее за 2016 – 2018 гг.

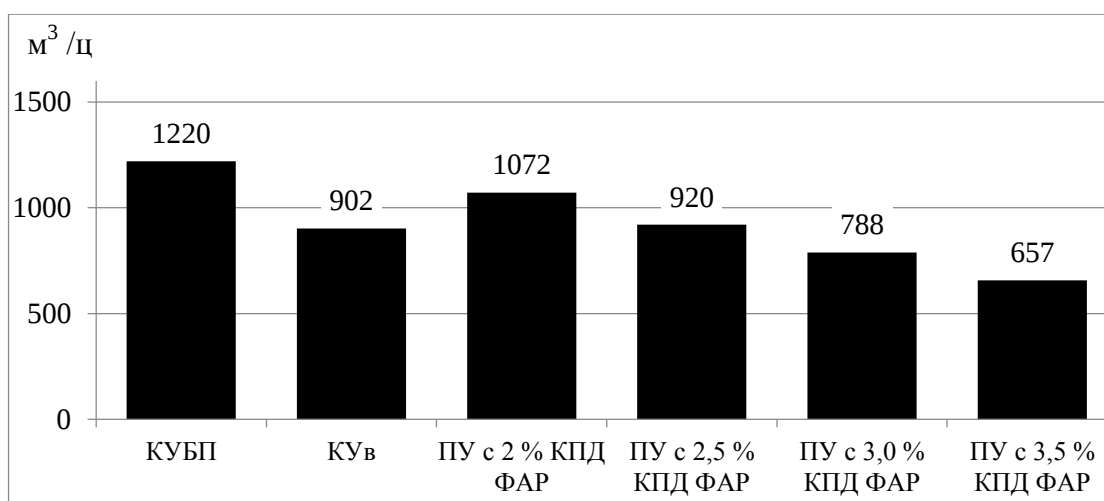


Рисунок 6 – Изменение $K_{в\text{ тов.}}$ кукурузы по нормам удобрения на получение программируемой урожайности, в среднем по гибридам, среднее за 2016 – 2018 гг.

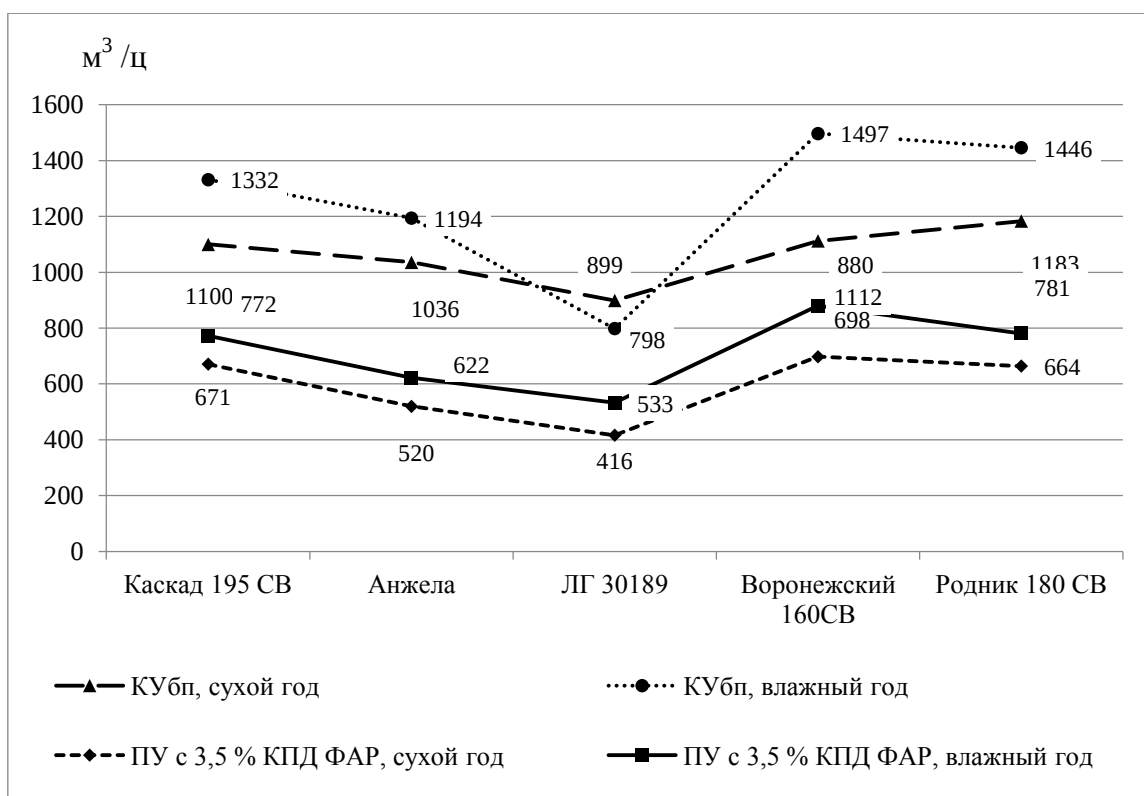


Рисунок 7 – Изменение $K_{в\ тоv}$ гибридов кукурузы в сухой и влажный годы на фоне КУ_{БП} и ПУ с КПД ФАР 3,5 %.

Гибриды кукурузы в засушливые годы отличаются более экономным расходом воды на создание единицы зелёной массы с початками в молочно — восковой спелости (рисунок 7). Как показано на рисунке 7 на примере 2-х вариантов - максимальный фон (ПУ КПД ФАР 3,5 %) и минимальный фон (КУ_{БП}) минерального питания, разница в показателях $K_{в\ тоv}$ достигала у отдельных гибридов $385\text{ м}^3/\text{ц}$ (Воронежский 160СВ) на самом низком фоне и 182 м^3 - на самом высоком, или 25,9 и 20,7%. Самый низкий товарный коэффициент водопотребления был отмечен у гибрида ЛГ 30189 при программировании урожайности с 3,5 % КПД ФАР. В среднем за три года он составил $488\text{ м}^3/\text{ц}$, в самом сухом году (2018) - 416, во влажные годы - 515 - $533\text{ м}^3/\text{ц}$.

Таким образом, внесение повышенных и высоких норм навоза с компенсацией недостающих в нем NPK на запрограммированный урожай за счет минеральных удобрений, а также использование высокопродуктивных гибридов кукурузы позволяет экономно расходовать воду на формирование урожая.

4.3. Формирование площади листьев и фотосинтетического потенциала посева.

4.3.1. Площадь листьев посева

Урожай создаётся в процессе фотосинтеза [34,149,151,161]. Сухая масса растений на 90 - 95% состоит из органического вещества, источником которого является фотосинтез [71]. Он протекает в зеленых органах растения. Главная роль в фотосинтезе принадлежит зелёным листьям и листовой поверхности посева (агроценоза) в целом [71,89,150,131].

Для характеристики площади листьев обычно используется величина листового индекса, который является отношением суммарной поверхности всех листьев к площади почвы, занимаемым данным растением [71]. Как отмечает Г. Г. Гатауллина [34], когда индекс листовой поверхности достигает 4 - 5 м²/м², то есть площадь листьев в посеве 40-50 тыс.м²/га, поглощение ФАР посевами достигает максимального значения – 75 – 80 % видимой, 40 % общей радиации. При дальнейшем увеличении площади листьев поглощение ФАР не повышается. Однако доказано, что оптимальная для посева площадь листьев зависит от их расположения на стебле. Чем вертикальнее расположены листья, тем меньше верхние листья затеняют нижние и тем больше может быть индекс листовой поверхности (ИЛП) [71].

Современные гибриды кукурузы имеют вертикальное расположение листьев на стебле, поэтому для них возможен значительно больший индекс листовой поверхности [129,131].

Наши исследования показали, что изучаемые гибриды кукурузы формировали в период максимума площадь листьев до 96тыс.м²/га (таблица 9).

Выявлено, что площадь листьев в наиболее значительной степени зависела от норм внесения удобрений на запрограммированную урожайность, а также от продуктивности гибрида и в меньшей мере от условий года. Так, самая большая максимальная площадь листьев была сформирована на фоне минерального

питания растений с внесением расчётных доз NPK на ПУ с КПД ФАР 3,5%. Она составила, в среднем по гибридам и за 3 года, 69,90 тыс.м²/га. На фоне с КУ_{БП} она была меньше на 32,22 тыс.м²/га (46,1%), на фоне с КУ_В - на 19,01 (27,2%), на фоне ПУ с КПД ФАР 2 % – на 26,88 тыс.м²/га (38,5%), с КПД ФАР 2,5 % - на 19,76 тыс.м²/га (28,3%), с КПД ФАР 3,0 %на 10,54 (15,1%).

Таблица 9 – Максимальная площадь листьев посева гибридов кукурузы в разные годы при норме удобрения на получение программируемой урожайности, тыс.м²/га

Вариант (фактор А)	Год	Гибрид (фактор В)					В среднем
		Каскад 195 СВ (контроль)	Анжела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП} (контроль)	2016	34,93	36,97	39,01	32,41	34,54	35,57
	2017	35,13	39,11	58,14	31,34	32,41	39,23
	2018	36,78	39,01	44,83	36,39	34,25	38,25
	средн.	35,61	38,36	47,33	33,38	33,73	37,68
2.КУ _В	2016	48,04	49,98	66,68	45,03	47,36	51,42
	2017	40,17	57,55	77,75	48,82	57,82	56,42
	2018	41,15	45,22	56,29	47,16	40,27	46,02
	средн.	43,12	50,92	66,91	47,00	48,48	51,29
3.ПУ с 2 % КПД ФАР	2016	40,17	44,74	52,41	35,13	39,59	42,41
	2017	41,63	46,58	49,79	33,28	40,56	42,37
	2018	41,05	44,06	58,52	37,84	39,98	44,29
	средн.	40,95	45,13	53,57	35,42	40,04	43,02
4.ПУ с 2,5 % КПД ФАР	2016	45,22	53,48	64,54	40,17	44,45	49,57
	2017	42,80	49,19	61,82	44,16	49,59	49,51
	2018	47,84	54,74	68,43	39,40	46,19	51,32
	средн.	45,29	52,47	64,93	41,24	46,74	50,13
5.ПУ с 3,0 % КПД ФАР	2016	59,01	67,46	78,23	54,45	58,14	63,46
	2017	49,40	56,78	77,07	39,40	46,29	53,79
	2018	50,76	70,47	82,02	46,97	53,96	60,84
	средн.	53,06	64,90	79,11	46,94	52,80	59,36
6.ПУ с 3,5 % КПД ФАР	2016	67,46	79,59	91,05	59,79	66,58	72,89
	2017	60,08	74,35	86,58	52,80	59,40	66,64
	2018	59,79	76,97	96,00	57,55	60,47	70,16
	средн.	62,44	76,97	91,21	56,71	62,15	69,90
В среднем		46,75	54,79	67,18	43,45	47,33	51,90

Из гибридов кукурузы преимущество имели ЛГ30189 и Анжела. У них на всех фонах была сформирована наибольшая максимальная площадь листьев. Так, она составила соответственно по гибридам (тыс.м²/га): на фоне с КУ_{БП} 47,33 и

38,36 (132,9 и 107,7 %), на фоне с КУВ - 66,91 и 50,92 (155,02 и 118,01 %), на фоне ПУ с КПД ФАР 2,0 % - 53,57 и 45,13 (130,8 и 110,2 % от контроля), на фоне ПУ с КПД ФАР 2,5 % - 64,93 и 52,47 (143,4 и 115,8 %), на фоне ПУ с КПД ФАР 3,0 % - 79,11 и 64,90 (149,1 и 122,3 %), на фоне ПУ с КПД ФАР 3,5 % - 91,21 и 76,97 (146,1 и 123,3 %).

Анализ показывает, что в отдельных случаях увеличение площади листьев в зависимости от гибрида превосходило разницу между фонами. Так, максимальное увеличение площади листьев у лучшего гибрида ЛГ30189 достигало 55,2% (вариант КУВ), а от усиления фона минерального питания - 46,1% (вариант КУ_{БП}).

Разница в показателях максимальной площади листьев в разные годы исследований не превышала 5 тыс.м²/га. Так, при внесении удобрений на КУВ площадь листьев в 2016 г составила 51,42 тыс.м²/га (суммарное водопотребление - W 478,7 мм), в 2017 г. - 55,22 (W= 471,5 мм), в 2018 г. - 46,02 тыс.м²/га (W= 408,2 мм). Незначительная разница в площади листьев по годам объясняется способностью кукурузы усваивать влагу из глубоких слоев почвы, а в засушливые периоды поглощать конденсированные пары воды [70,121,132].

Изучаемые гибриды кукурузы отличаются способностью формировать большую по размерам среднюю площадь листьев посева, несмотря на медленный рост её в начале вегетации. По данным И. В. Шальнова [144,145] индекс средней площади листьев от максимальной изменяется по фонам минерального питания от 0,420 до 0,455.

В наших опытах средняя за вегетацию площадь листьев посева кукурузы достигла наибольшей величины в 2018 г у гибрида ЛГ30189 на фоне с внесением расчётной дозы удобрений на ПУ с КПД ФАР 3,5% и составила 40,32 тыс.м²/га. (приложение 2). В среднем по фонам минерального питания и годам она колебалась от 16,91 тыс.м²/га (фон с КУ_{БП}) до 29,37 тыс.м²/га (фон ПУ с КПД ФАР 3,5 %).

Изменение средней площади листьев проходило по тем же закономерностям, как и максимальной (рис.8, рис.9).

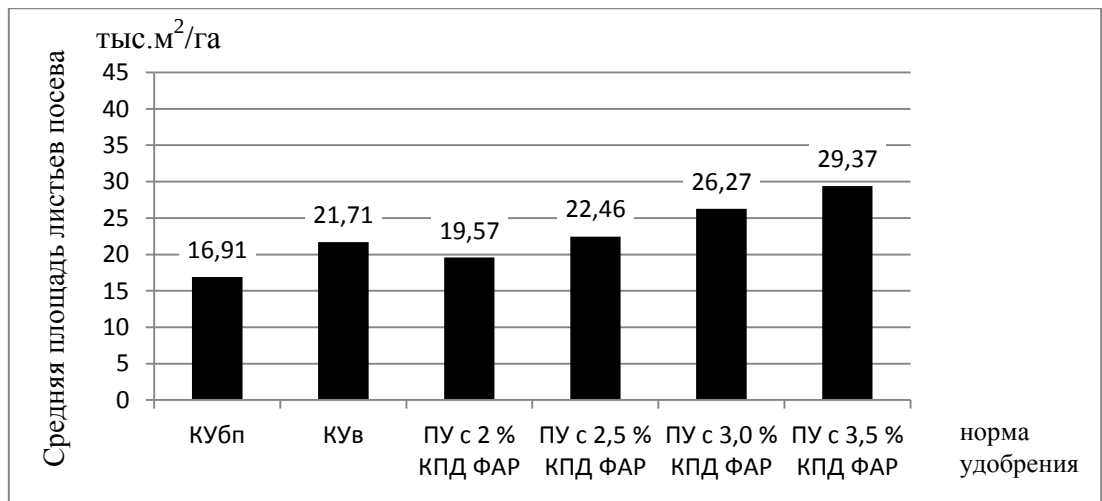


Рисунок 8 – Средняя площадь листьев посева гибридов кукурузы при норме удобрения на получение программируемой урожайности, средняя по гибридам за 3 года, тыс.м²/га

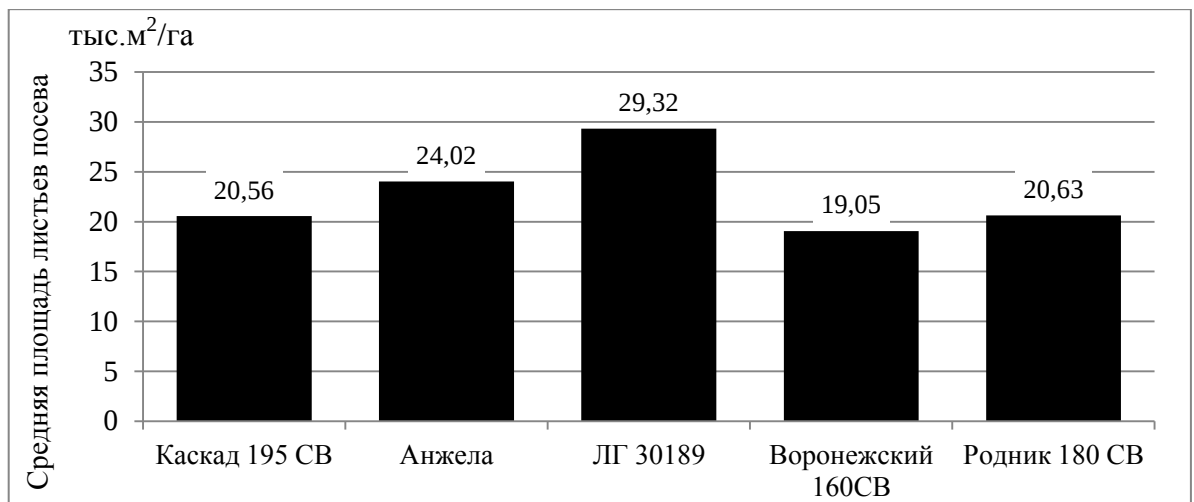


Рисунок 9 – Средняя площадь листьев разных гибридов кукурузы, в среднем по нормам удобрения за 3 года, тыс.м²/га

Из гибридов кукурузы наибольшую среднюю площадь листьев посева формировал гибрид ЛГ30189, она равнялась 29,32тыс.м²/га, а наименьшую - Воронежский 160СВ- 19,05тыс.м²/га, который отличался наименьшей высотой растений и более мелкими листьями.

4.3.2. Фотосинтетический потенциал посева (ФПП)

Фотосинтетический потенциал посева - это сумма величин площади листьев в м²/га за каждые сутки, образованных в течение всего вегетационного периода

[71]. Он определяется как произведение средней площади листьев и числа дней вегетации. По А. А. Ничипоровичу [89] ФПП - это время "работы" средней площади листьев. Его определяют методом графического интегрирования [69,128].

Исследования показали, что величина ФПП зависела от фона минерального питания, биологических особенностей гибрида и, в меньшей мере, от условий года, включая продолжительность вегетации (таблица 10). Так, самый мощный ФПП сформирован на фоне с внесением удобрений на ПУ с КПД ФАР 3,5%. В среднем за 3 года и по гибридам, он составил 3572 тыс.м²хсутки/га. На всех других фонах он был меньше (на тыс.м² × сутки/га): на фоне КУ_{БП}- на 1516 (42,4%), на фоне КУВ - на 933 (26,1%), на фоне ПУ с КПД ФАР 2 % - на 1191 (33,3%), с КПД ФАР 2,5 % - на 839 (23,5%), с КПД ФАР 3,0 % - на 444 (12,4 %),. Программирование КУ_{БП} потребовало внесения меньших норм удобрений на более низкую урожайность. Поэтому гибриды кукурузы на этом фоне создали менее мощный ФПП – 2056 тыс.м²хсутки/га.

Изучаемые гибриды существенно различаются способностью создавать ФПП на разных фонах. Более мощный ФПП формирует гибрид ЛГ30189, у которого он в среднем по фонам составил 3568 тыс.м²хсутки/га и был больше, чем в контроле (Каскад 195СВ) на 1068 ед. или на 42,7%. У других гибридов ФПП по отношению к контролю был равен : Анжела - 116,8%, Воронежский 160СВ - 92,7%, Родник 160СВ - 100,3%.

Самый мощный ФПП сформировал гибрид ЛГ30189 на фоне с внесением удобрений на ПУ с КПД ФАР 3,5 %. Он равнялся 4663тыс.м²хсутки/га и был больше, чем в контроле (Каскад 195 СВ) на 1466 ед. (45,9%). Из 3-х лет исследования более мощный ФПП у этого гибрида был создан в 2018г- 5040тыс.м²хсутки/га , который превышал контроль на 1901 ед. (60,6 %). Гибрид ЛГ30189 накопил более высокий урожай зелёной массы с початками в молочно - восковой спелости зерна. Известна прямая связь урожайности кукурузы (зелёная масса) с ФПП. Так, по данным И. В. Шальнова [145] она выражалась

коэффициентом корреляции $r=0,89$, а уравнение регрессии имело вид $Y=0,0241X-1,98$.

Таблица 10 – Фотосинтетический потенциал посева гибридов кукурузы в разные годы при норме удобрения на получение программируемой урожайности,

тыс.м² × сутки/га

Вариант (фактор А)	Год	Гибрид (фактор В)					В среднем
		Каскад 195 СВ (контроль)	Анжела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП} (контроль)	2016	1847	1954	2063	1713	1825	1880
	2017	1920	2137	3178	1713	1826	2155
	2018	2060	2133	2510	2038	1918	2132
	средн.	1942	2075	2584	1821	1856	2056
2.КУ _В	2016	2438	2536	3079	2284	2402	2548
	2017	2107	3021	4078	2561	2718	2897
	2018	2211	2430	3025	2536	2165	2473
	средн.	2252	2662	3394	2460	2428	2639
3.ПУ с 2 % КПД ФАР	2016	2157	2402	2814	1886	2125	2277
	2017	2311	2585	2747	1847	2251	2348
	2018	2335	2506	3329	2152	2274	2519
	средн.	2268	2498	2963	1962	2217	2381
4.ПУ с 2,5 % КПД ФАР	2016	2390	2824	3411	2124	2349	2620
	2017	2339	2689	3374	2413	2710	2705
	2018	2679	3065	3832	2206	2586	2874
	средн.	2469	2859	3539	2248	2548	2733
5.ПУ с 3,0 % КПД ФАР	2016	3077	2518	4080	2840	3033	3110
	2017	2663	3062	4188	2124	2496	2907
	2018	2868	3894	4531	2595	2954	3368
	средн.	2869	3158	4266	2520	2828	3128
6.ПУ с 3,5 % КПД ФАР	2016	3342	3945	4512	2963	3299	3612
	2017	3110	3808	4436	2706	3044	3421
	2018	3139	4041	5040	3021	3175	3683
	средн.	3197	3931	4663	2897	3173	3572
В среднем		2500	2864	3568	2318	2508	2752
НСР ₀₅ для частных различий		436					
НСР ₀₅ для фактора В		195					
НСР ₀₅ для фактора А и АВ		178					

Условия года оказали меньшее влияние на формирование ФПП. На фонах с КПД ФАР наибольшим он был в более тёплом и сухом 2018 г., хотя в сравнении с другими годами превышение составило не более 200 единиц. На фонах с расчётом урожайности по влагообеспеченности и тепловым ресурсам более мощный ФПП сформирован во влажном умеренно теплом 2017 г. На фоне с КУ_В

он был больше, чем в 2018 г. на 424 ед. или 17,1%. На фоне с внесением удобрений на КУ_{БП} превышение было незначительным и составило всего 23 тыс.м²хсутки/га.

В 2018 г. засушливыми оказались - последний месяц активной вегетации-август, когда выпало 37% осадков от нормы, а также сентябрь, когда в первой декаде совсем не было дождей. В связи с этим у отдельных гибридов наблюдалось усыхание нижних листьев, в том числе у гибридов Ангела, ЛГ30189, Родник 180 СВ, что сказалось на величине ФПП.

Таким образом, кукуруза в условиях Верхневолжья может формировать мощный фотосинтетический потенциал посева, который у отдельных гибридов (ЛГ 30189) может достигать 5040 тыс.м²хсутки/га, что позволяет накопить высокую урожайность зелёной массы с початками в молочно-восковой спелости зерна.

Важным показателем фотосинтетической активности растений является производительность ФПП - выход продукции на каждые 1000 ед. ФПП. Определение её по средним за 3 года данным позволило выявить, что гибриды кукурузы характеризуются сравнительно одинаковой производительностью ФПП на разных фонах минерального питания (таблица 11). В среднем по вариантам опыта производительность ФПП составила 18,7 кг зелёной массы на 1000 ед.

Таблица 11 – Производительность ФПП гибридов кукурузы при норме удобрения на получение программируемой урожайности, среднее за 3 года, кг/тыс.ед. ФПП

Вариант (фактор А)	Гибрид (фактор В)					В среднем
	Каскад 195 СВ (контроль)	Ангела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП} (контроль)	18,49	18,66	18,96	18,29	18,32	18,54
2.КУ _В	19,26	17,20	16,85	19,43	16,76	17,92
3.ПУ, КПД ФАР 2 %	18,25	18,229	17,45	18,30	18,27	18,11
4.ПУ, КПД ФАР 2,5 %	18,51	19,45	18,68	18,42	18,60	18,73
5.ПУ, КПД ФАР 3,0 %	18,79	18,85	18,45	18,89	18,92	18,78
6.ПУ, КПД ФАР 3,5 %	19,86	19,97	21,04	20,19	19,38	20,09
В среднем	18,88	18,74	18,57	18,92	18,38	18,70

Наибольшей производительностью ФПП все гибриды кукурузы отличались на самом высоком фоне минерального питания, где удобрения вносились на ПУ с КПД ФАР 3,5%. Она составила, в среднем по гибридам - 20,09 кг/1000 ед. ФПП, а максимальной величины - 21,04 кг/1000 ед. достигла у гибрида ЛГ 30189, несмотря на самый мощный ФПП ($4663 \text{ тыс. м}^2 \times \text{сутки/га}$).

4.3.3. Чистая продуктивность фотосинтеза

Урожай сухой фитомассы является производением чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) и ФПП [34]. ЧПФ характеризуется количеством граммов сухого вещества, накопленного одним квадратным метром листовой площади растения за сутки, образованного во время фотосинтеза, минус количество граммов сухого вещества, разрушенного при дыхании [71].

При высокой интенсивности дыхания ЧПФ может быть низкой. Вл.В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева [71] отмечают, что ЧПФ сильно отличается у растений с разным типом фотосинтеза. У C_4 - растений она равна 4 – 5 г/м²хсутки, у C_3 - растений не более 2 г/м²хсутки.

У кукурузы фотосинтез протекает по C_4 - типу, поэтому она отличается высокими показателями ЧПФ. Исследования показали, что средняя за вегетацию ЧПФ у изучаемых гибридов кукурузы в годы опыта колебалась по — вариантом от 4,16 до 6,45 г/м², в среднем по опыту составила - 5,40. Она зависела от фона удобрений, гибрида и, частично, от условий года (таблица 12). Так, более высокая ЧПФ, в среднем по гибридам и за 3 года, отмечена в варианте с внесением удобрений на ПУ с КПД ФАР 3,5% и на КУ_в. Она составила 5,74 и 5,71 г/м² × сутки и были выше, чем в контроле (КУ_{бп}) на 0,49 и 0,46 г/м² × сутки.

Повышенная ЧПФ на этих фонах минерального питания объясняется, по-видимому, лучшей сбалансированностью в посеве основных жизненно важных факторов, в том числе обеспеченности влагой и минеральной пищей, что повышало фотосинтетическую активность растений.

Из гибридов наибольшей ЧПФ отличался гибрид Воронежский 160СВ. В среднем по всем вариантам она составила $6,15 \text{ г/м}^2 \times \text{сутки}$, а наиболее высокой была на фонах ПУ с КПД ФАР 3,5% и на КУ_В - 6,42 и $6,45 \text{ г/м}^2 \times \text{сутки}$. Это объясняется тем, что данный гибрид характеризуется самым высоким содержанием абсолютно сухого вещества в зелёной массе (свыше 32%), хотя формирует меньшие по размерам площадь листьев и ФПП. Этот гибрид отличается также более низкими темпами роста растений в высоту.

Таблица 12 – Чистая продуктивность фотосинтеза гибридов кукурузы в разные годы при норме удобрения на получение программируемой урожайности, средняя за вегетацию, $\text{г/м}^2 \times \text{сутки}$

Вариант (фактор А)	Год	Гибрид (фактор В)					В среднем
		Каскад 195 СВ (контроль)	Ангела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1. КУ _{БП} (контроль)	2016	5,26	5,90	4,82	6,04	4,53	5,31
	2017	5,18	5,80	4,78	5,93	4,33	5,20
	2018	5,18	5,91	4,76	5,92	4,47	5,25
	средн.	5,21	5,87	4,79	5,96	4,44	5,25
2. КУ _В	2016	5,68	6,36	5,75	6,54	4,92	5,83
	2017	5,58	6,26	5,17	6,43	4,86	5,66
	2018	5,60	6,21	5,14	6,39	4,84	5,64
	средн.	5,62	6,27	5,33	6,45	4,87	5,71
3. ПУ с 2 % КПД ФАР	2016	4,64	5,75	4,69	5,90	4,40	5,08
	2017	5,03	5,65	4,66	5,78	4,35	5,09
	2018	5,02	5,62	4,01	5,79	4,34	4,96
	средн.	4,90	5,67	4,43	5,82	4,36	5,04
4. ПУ с 2,5 % КПД ФАР	2016	5,33	6,00	4,92	6,16	4,61	5,40
	2017	5,24	5,51	4,85	6,06	4,56	5,24
	2018	5,24	5,85	4,66	6,01	3,97	5,15
	средн.	5,27	5,79	4,80	6,08	4,38	5,26
5. ПУ с 3,0 % КПД ФАР	2016	4,65	8,60	5,02	6,29	5,27	5,48
	2017	5,34	5,98	4,53	6,14	4,63	5,32
	2018	5,20	5,96	4,94	6,12	4,69	5,38
	средн.	5,05	6,67	4,83	6,19	4,88	5,39
6. ПУ с 3,5 % КПД ФАР	2016	5,61	6,29	5,38	6,51	4,41	5,43
	2017	5,46	6,20	5,09	6,38	4,77	5,60
	2018	5,50	6,17	5,08	6,36	4,78	4,94
	средн.	5,53	6,22	5,18	6,42	4,65	5,74
В среднем		5,26	5,98	4,90	6,15	4,60	5,40

Наиболее низкая ЧПФ отмечена у гибрида ЛГ30189. Она составила в среднем по вариантам $4,90 \text{ г/м}^2 \times \text{сутки}$ и была меньше контроля (Каскад 195 СВ) на $0,47 \text{ г/м}^2 \times \text{сутки}$ или на 8,8% и меньше, чем у гибрида Воронежский 160СВ на $1,25 \text{ г/м}^2 \times \text{сутки}$ или на 20,3%. Это объясняется тем, что гибрид ЛГ30189 отличается более низким содержанием сухого вещества в зеленой массе (не более 26,61%) и самым мощным ФПП.

Из 3-х лет исследований по большинству вариантов менее высокая ЧПФ отмечалась в сухом 2018 году. Но это разница небольшая и находится в пределах ошибки опыта.

4.3.4. Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{\text{хоз}}$)

$K_{\text{хоз}}$ - является важным показателем фотосинтетической деятельности растений в посевах [87,89,57,128]. Он определяется как отношение количества сухого вещества, накопленного в хозяйственно более ценных органах растения к общему количеству сухого вещества в урожае [128].

Целью наших опытов было получение зелёной массы кукурузы с початками в молочно-восковой спелости зерна, в связи с чем важно определить отношение объема сухого вещества, накопленного початками в данной спелости, к общему количеству сухого вещества в урожае. Исследования провели на фоне удобрений, внесённых на ПУ с КПД ФАР 3,5%.

Результаты показали, что изучаемые гибриды отличаются как урожаем початков, так и содержанием в них сухого вещества. Вследствие этого у них неодинаковые выход сухого вещества с початками с гектара посева и $K_{\text{хоз}}$ (таблица 13). Более высоким урожаем початков отличались гибриды Каскад 195СВ, Анжела и ЛГ 30189 (31,9 - 45,2 т/га), а самым высоким процентом сухого вещества в початках - Анжела (38,9%) и Воронежский 160СВ (44,1%).

Наибольший выход сухого вещества с початками наблюдался у гибрида Анжела (12,99 т/га), а наименьший у гибрида Родник 180 СВ (8,34 т/га).

Более высоким $K_{\text{хоз}}$ отличался гибрид Каскад 195 СВ (0,65), что объясняется самой высокой массой одного початка (372,1 г) и наибольшим выходом початков из урожая (52,2 %).

Таблица 13 – Урожай и качество початков, $K_{\text{хоз}}$ (вар. - КПД ФАР 3,5 %)

ФАО	Гибрид	Урожай початков, т/га	% сухого вещества в початках	Выход АСВ с початками, т/га	Общий сбор сухого вещества, т/га	$K_{\text{хоз}}$	% початков в урожае	Средняя масса 1 початка, г
190	Каскад 195 СВ	31,9	34,6	11,04	17,0	0,65	52,2	372,1
170	Анжела	33,4	38,9	12,99	23,6	0,55	44,1	250,0
180	ЛГ 30189	45,2	24,1	10,89	22,6	0,48	51,1	319,4
160	Воронежский 160СВ	23,2	44,1	10,23	17,3	0,59	43,3	232,1
180	Родник 180 СВ	22,9	36,4	8,34	14,5	0,58	37,9	290,9

Наиболее высокоурожайный по зеленой массе гибрид ЛГ 30189 характеризовался самым низким $K_{\text{хоз}}$ – 0,48, что объясняется невысоким содержанием сухого вещества в початках, находящихся в начале и середины фазы молочно – восковая спелость зерна. Этот гибрид пригоден для силосного направления использования в Верхневолжье.

Более крупные початки были в контроле у гибрида Каскад 195 СВ (372,1 г) с содержанием сухого вещества 34,6 %.

Таким образом, по главе 4 можно сделать следующее заключение.

Изучаемые гибриды кукурузы слабо различаются прохождением фаз развития. Они образуют различное количество листьев на растении. По этому признаку можно отнести гибриды: Анжела и ЛГ30189 к раннеспелым (12 листьев), Каскад 195 и Воронежский 160СВ - к среднераннеспелым (14-15 листьев), Родник 180СВ - к среднеспелым (16 листьев), хотя по ФАО они принадлежат к I группе спелости (100...200).

Гибриды различаются высотой растений и темпами роста. Более высокорослыми являются Родник (276,5 см) и Анжела (268,3 см). Они же характеризуются более высокими темпами роста, среднесуточный прирост за вегетацию у них составил 2,30 и 2,24 см.

Биологические и товарные коэффициенты водопотребления ($K_{\text{в биол}}$, $K_{\text{в тов}}$) в наибольшей степени зависят от нормы внесённых органических и минеральных удобрений (фона минерального питания), в меньшей - от продуктивности гибрида

и влагообеспеченности посевов в разные годы. Наименьшее количество воды на создание единицы сухой фитомассы израсходовано, в среднем по гибридам и за 3 года, при внесении удобрений на ПУ с КПД ФАР 3,5% - $2365 \text{ м}^3 / \text{ц}$, что на 1981 м^3 меньше, чем на самом низком фоне (КУ_{БП}). Различия в $K_{в \text{ биол}}$ между контролем (Каскад 195СВ) и более продуктивным гибридом Анжела достигали на разных фонах 17,0 - 27,7%. В более сухие годы $K_{в \text{ биол}}$ был меньше, чем во влажные, на разных фонах на 8,1- 23,4%. Наименьшим $K_{в \text{ биол}}$, в среднем за 3 года, отличался гибрид Анжела на самом высоком фоне минерального питания (188,5), наименьшим $K_{в \text{ тов}}$ на том же фоне - гибрид ЛГ30189 ($488 \text{ м}^3 / \text{ц}$).

Современные гибриды кукурузы формируют в условиях Верхневолжья высокие параметры посева: максимальную площадь листьев до 96тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, среднюю - до 40,32 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, ФПП да 5040 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки}/\text{га}$. Величина этих параметров в большей мере зависит от количества внесенных органических и минеральных удобрений в соответствии с величиной программируемого урожая, а затем от биологических особенностей гибрида и условий года. Максимальная и средняя площадь листьев, ФПП более высокими были при программировании урожая с КПД ФАР 3,5%, в среднем по гибридам и годам они составили: 69,90 и 29,37 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, 3572 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки}/\text{га}$. Более высокие параметры посева формирует гибрид ЛГ30189, в среднем за 3 года, на том же фоне: максимальную площадь листьев- 91,21 , среднюю 38,31 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, ФПП – 4663 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки}/\text{га}$. Снижение параметров посева наблюдалось в сухой год на фоне с внесением удобрений на КУ_В. По сравнению с умеренно влажным годом (2017) ФПП был меньше на 14,6%.

Гибриды кукурузы характеризуются сравнительно одинаковой производительностью ФПП. В среднем по фонам она равнялась у разных гибридов 18,38 - 18,92 кг зелёные массы на 1000 ед. ФПП и колебалась по фонам от 17,92 до 20,09. Наибольшим показателем (21,04 кг/1000 ед.) отличался гибрид ЛГ30189 на фоне ПУ с КПД ФАР 3,5 %.

Гибриды кукурузы имели высокую ЧПФ. Она слабо различалась по фонам (от 5,74 до 5,04 $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{сутки}$), больше зависела от биологических особенностей гибрида (колебания от 4,60 до 6,15 $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{сутки}$).

ГЛАВА 5. УРОЖАЙНОСТЬ КАЧЕСТВО УРОЖАЯ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ. ВЫНОС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ С УРОЖАЕМ

5.1. Урожайность гибридов кукурузы. Зелёная масса

Результатом фотосинтетической деятельности растений в посевах является урожайность [34,87,88,89,149,151]. В наших исследованиях она рассматривается по сбору зелёной массы с початками в молочно - восковой спелости зерна и абсолютно сухой фитомассы.

Анализ результатов исследований показывает, что урожайность кукурузы в сильной степени зависела от фона минерального питания, биологических особенностей гибридов и в меньшей - от условий года в связи с невысокими колебаниями климатических ресурсов по годам (таблица 14). Так, наибольшая урожайность в среднем по гибридам и годам (71,21 т/га) получена на фоне с внесением органических и минеральных удобрений на запрограммированный урожай с КПД ФАР 3,5%. Она была больше, чем в контроле (КУ_{БП}) на 33,18 т/га (87,2%).

Отклонение от программируемого урожая, рассчитанного по среднемноголетним показателям, составило по фонам: КУ_{БП} - 5,73 т/га (13,1 %), КУ_В - 18,29 т/га (25,9 %), ПУ с 2 % КПД ФАР - 7,71 т/га (15,2%), ПУ с 2,5 % КПД ФАР - 12,21 т/га (19,2 %), ПУ с 3,0 % КПД ФАР - 16,26 т/га (21,4 %), ПУ с 3,5 % КПД ФАР - 17,63 т/га (19,8 %). Наибольшее отклонение (25,9 %) в варианте с расчетом урожайности по условиям увлажнения объясняется более существенными колебаниями по годам показателей влагообеспеченности посевов.

Разница между фактической урожайностью и программируемой в годы исследований по отдельным фонам больше, чем ПРУ, рассчитанной по среднемноголетней норме. Недобор урожая составил, в т/га (%): на фоне с КУ_{БП} - 15,08 (22,3%), с КУ_В - 16,12 (23,6%), ПУ с 2 % КПД ФАР - 10,55 (19,7 %), ПУ с 2,5 % КПД ФАР - 16,42 (24,3%), ПУ с 3,0 % КПД ФАР - 20,51 (25,5%), ПУ с 3,5 % КПД ФАР - 22,66 (24,1%).

Таблица 14 - Урожайность зеленой массы кукурузы с початками в молочно – восковой спелости в годы исследований в зависимости от нормы удобрения на получение программируемой урожайности и гибрида, т/га

Вариант (фактор А)	Год	Гибрид (фактор В)					В среднем
		Каскад 195 СВ (контроль)	Анжела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП} (контроль)	2016	35,2	37,3	39,4	32,6	34,8	35,9
	2017	35,4	39,5	59,1	31,5	32,6	39,6
	2018	37,1	39,4	45,4	36,7	34,5	38,6
	средн.	35,9	38,7	48,0	33,6	34,0	38,0
2.КУ _В	2016	48,7	50,7	67,9	45,6	48,0	52,2
	2017	40,6	58,5	79,3	49,5	52,6	56,1
	2018	41,6	45,8	57,2	47,8	40,7	46,6
	средн.	43,6	51,7	68,1	47,6	47,1	51,6
3.ПУ с 2 % КПД ФАР	2016	40,6	45,3	53,2	35,3	40,0	42,9
	2017	42,1	47,2	50,5	33,3	41,0	42,8
	2018	41,5	44,6	51,5	38,2	40,4	43,4
	средн.	41,4	45,7	51,7	35,6	40,5	43,0
4.ПУ с 2,5 % КПД ФАР	2016	45,8	54,3	65,7	40,6	45,0	50,3
	2017	43,3	46,8	62,9	44,7	50,3	49,6
	2018	48,5	55,6	69,7	39,8	46,8	52,1
	средн.	45,9	52,2	66,1	41,7	47,4	50,7
5.ПУ с 3,0 % КПД ФАР	2016	60,0	68,7	79,8	55,3	59,1	64,6
	2017	50,1	57,7	72,6	39,8	46,9	53,4
	2018	51,5	71,8	83,7	47,6	54,8	61,9
	средн.	53,9	66,1	78,7	47,6	53,6	60,0
6.ПУ с 3,5 % КПД ФАР	2016	68,7	81,2	93,0	60,8	67,8	74,3
	2017	61,1	75,8	88,4	53,6	60,4	67,9
	2018	60,8	78,5	98,1	58,5	61,5	71,5
	средн.	63,5	78,5	93,2	57,6	63,2	71,2
В среднем		47,4	55,5	67,6	44,0	47,6	52,4
НСР ₀₅ для частных различий		5,19 т/га					
НСР ₀₅ для фактора В		4,48 т/га					
НСР ₀₅ для фактора А		4,09 т/га					
НСР ₀₅ для взаимодействия АВ		4,09 т/га					

Существенный недобор урожайности к запрограммированному уровню объясняется биологическими особенностями гибридов, их разными потенциальными возможностями и адаптированностью к агроклиматическим условиям региона.

Наибольшая урожайность и более близкая к запрограммированным уровням получена по гибридам ЛГ 30189 и Анжела. В среднем по фонам и годам, она составила 67,6 и 55,5 т/га. Наименьшее отклонение фактической урожайности от

ПРУ отмечаются у гибрида ЛГ 30189. Недобор урожая к ПРУ, рассчитанной по климатической обеспеченности в годы исследований, у него колебался по фонам от 0 (фоны с КУ_{БП} и КУВ) до 3,5% (фон ПУ с 2,5 % КПД ФАР).

Максимальная урожайность гибрида ЛГ30189 сформирована на фоне, где она рассчитывалась по приходу ФАР с коэффициентом ее использования посевом 3,5%. Она составила 93,2 т/га зелёной массы с початками в молочно-восковой спелости.

Наименьшую урожайность накопил гибрид Воронежский 160СВ на всех фонах, кроме 6-го, где она была выше, чем у гибрида Каскад 195СВ. Она отличалась от максимальной урожайности (гибрид ЛГ 30189), в сторону уменьшения, соответственно по фонам в т/га (%): КУ_{БП} - на 14,4 (30,0%), КУВ - на 20,8 (30,4%), ПУ с 2 % КПД ФАР - на 15,8 (30,6%), ПУ с 2,5 % КПД ФАР - на 24,7 (37,4%), ПУ с 3,0 % КПД ФАР - на 31,1 (39,5%), ПУ с 3,5 % КПД ФАР - на 35,6 (38,2%).

Недобор фактической урожайности к ПРУ по гибриду Воронежский 160СВ был близок к указанному выше недобору урожая к лучшему гибриду ЛГ30189, так как он (последний) формировал урожайность близкую к программируемой. Более высокие различия между гибридами наблюдались на фоне, где удобрения вносили на КУВ, и наиболее существенно у гибрида Родник 180СВ, который сильнее реагировал на недостаток влаги во второй половине вегетации (август, сентябрь) в 2018 г. У него разница в урожайности в 2018 г с другими годами составила 7,3 - 11,9 т/га и была на 15,2 и 22,6 % ниже, чем в 2016 и 2017 гг.

5.2. Содержание сухого вещества в зелёной массе кукурузы

Большой интерес представляет сбор абсолютно сухой фитомассы с гектара посева. Он зависит от содержания сухого вещества в зелёной листостебельной массе и в початках [132].

Исследования содержания сухого вещества в зеленой массе кукурузы (листостебельная масса + початки) выявили слабую зависимость его от фона

минерального питания и условий года, но сильную от биологических особенностей гибрида (приложение 3, таблица 15). Так, наибольшим содержанием сухого вещества (32,58%) отличался гибрид Воронежский 160СВ, что объясняется высоким содержанием сухого вещества в початках (44,1%).

Таблица 15 – Содержание сухого вещества в зеленой массе гибридов кукурузы при норме удобрения на получение программируемой урожайности, среднее за 3 года, %

Вариант (фактор А)	Гибрид (фактор В)					В среднем
	Каскад 195 СВ (контроль)	Анжела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП} (контроль)	28,16	31,41	25,76	32,28	24,30	28,38
2.КУ _в	29,00	32,34	26,61	33,31	25,15	29,28
3.ПУ, КПД ФАР 2 %	27,65	31,00	25,36	32,07	23,90	28,00
4.ПУ, КПД ФАР 2,5 %	28,35	31,70	26,06	32,76	24,60	28,69
5.ПУ, КПД ФАР 3,0 %	28,41	31,86	26,18	32,82	24,65	28,78
6.ПУ, КПД ФАР 3,5 %	27,84	31,16	25,56	32,26	24,10	28,19
В среднем	28,24	31,58	25,92	32,58	24,45	28,55

На 2-ом месте по этому показателю находится гибрид Анжела. У него средний процент сухого вещества составил 31,58, максимальный - на фоне с КУБП (КУ_{БП}) - 32,34. Этот гибрид имел 44,1% початков в урожае с содержанием сухого вещества в них 38,9%.

Самым низким количеством сухого вещества характеризовались гибриды - Родник 180СВ - 24,45 % и ЛГ30189 - 25,92 %, которые меньшим, чем другие гибриды содержанием сухого вещества в початках (36,4 и 24,1 %).

Более высоким количеством сухого вещества в зелёной массе отличались гибриды на фоне, где удобрения вносились на ПРУ по влагообеспеченности, оно составило, в среднем, 29,28 %.

5.3. Урожайность гибридов кукурузы (абсолютно сухая фитомасса)

Урожай абсолютно сухой фитомассы зависит как от урожая зелёной массы, так и содержания в ней абсолютно сухого вещества [71].

Исследования показали, что в среднем по фонам наибольшим урожаем сухой фитомассы отличался фон ПУ с КПД ФАР 3,5 %, который характеризовался наибольшим сбором зелёной массы при не самом высоком содержании сухого вещества (таблица 16). Так, выход сухого вещества, в среднем по гибридам и годам, здесь составил 19,93 т/га и был выше, чем в контроле на 9,18 (85,4%). Самый высокий выход сухого вещества был получен в варианте, где вносились самые высокие нормы органических и минеральных удобрений, а самый низкий - где эти нормы были наименьшими.

Таблица 16 - Урожай абсолютно – сухой фитомассы разных гибридов кукурузы при норме удобрения на получение программируемой урожайности, т/га

Вариант (фактор А)	Год	Гибрид (фактор В)					В среднем
		Каскад 195 СВ (контроль)	Ангела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП} (контроль)	2016	9,72	11,52	9,94	10,35	8,26	9,96
	2017	9,95	12,39	15,20	10,16	7,91	11,12
	2018	10,67	12,60	11,96	12,06	8,57	11,17
	средн.	10,11	12,17	12,37	10,86	8,25	10,75
2.КУ _В	2016	13,86	16,13	17,71	14,94	11,81	14,89
	2017	11,76	18,90	21,07	16,47	13,21	16,28
	2018	12,38	15,08	15,54	16,20	10,47	13,93
	средн.	12,67	16,70	18,11	15,87	11,83	15,04
3.ПУ с 2 % КПД ФАР	2016	10,01	13,81	13,21	11,13	9,35	11,50
	2017	11,62	14,61	12,79	10,67	9,79	11,90
	2018	11,72	14,08	13,35	12,46	9,88	12,30
	средн.	11,12	14,17	13,12	11,42	9,67	11,90
4.ПУ с 2,5 % КПД ФАР	2016	12,74	16,93	16,77	13,09	10,83	14,07
	2017	12,25	14,81	16,37	14,63	12,35	14,08
	2018	14,03	17,94	17,86	13,26	10,27	14,67
	средн.	13,01	16,56	17,00	13,66	11,15	14,28
5.ПУ с 3,0 % КПД ФАР	2016	14,32	21,66	20,47	17,86	15,99	18,06
	2017	14,21	18,30	18,98	13,05	11,55	15,22
	2018	14,92	23,22	22,38	15,89	13,84	18,05
	средн.	14,48	21,06	20,61	15,60	13,79	17,11
6.ПУ с 3,5 % КПД ФАР	2016	18,76	24,81	24,29	19,28	14,56	20,34
	2017	16,98	23,61	22,56	17,27	14,53	18,99
	2018	17,27	24,94	25,62	19,22	15,18	20,45
	средн.	17,67	24,45	24,16	18,59	14,76	19,93
В среднем		13,18	17,52	17,56	14,33	11,58	14,83
НСР ₀₅ для частных различий		1,52 т/га					
НСР ₀₅ для фактора В		1,01 т/га					
НСР ₀₅ для фактора А		0,92 т/га					
НСР ₀₅ для взаимодействия АВ		0,92 т/га					

Выявлена разница в урожае сухого вещества между отдельными гибридами. По двум гибридам Ангела и ЛГ30189 получен почти одинаковый результат: 17,52 и 17,56 т/га. В первом случае он обусловлен более высоким качественным показателем (содержанием сухого вещества), во втором - количественным (урожаем зелёной массы).

Наименьший урожай сухой массы накопил гибрид Родник 180СВ как вследствие невысокого урожая зелёной массы, так и наименьшего содержания в нём сухого вещества. Он, в среднем по опыту, составил 11,58 т/га и был меньше, чем в контроле (Каскад 195СВ) на 1,6т/га (12,1%), а по сравнению с лучшими вариантами - на 5,95 т/га (33,9%).

Условия года оказали меньшее влияние на урожай сухой фитомассы, чем агротехнические факторы. По большинству вариантов преимущество по урожаю имел более сухой 2018г. за счёт более высокого содержания сухого вещества в зелёной массе.

5.4. КПД ФАР посевов гибридов кукурузы

Производительность посева (агроценоза) оценивается по количеству фотосинтетически активной радиации, усвоенному им, то есть по КПД ФАР [57,58,87,88,89,150,151,131].

Исследования показали, что КПД ФАР посева кукурузы зависел как от количества удобрений, внесённых на запрограммированных фонах, так и от биологических особенностей гибридов (таблица 17). Изменения КПД ФАР по годам менее значительны, они зависели от уровня урожайности и количества поступающей к посевам ФАР.

С наибольшим КПД ФАР "работали" посевы кукурузы на фоне, где расчёт ПУ производился с КПД ФАР 3,5 %. Фактический КПД в среднем по гибридам и годом составил 2,98% и был меньше программируемого уровня на 0,52% или на 14,9 относительных процентов. Это несоответствие к запланированному уровню объясняется неодинаковыми потенциальными возможностями разных гибридов и

их адаптированностью к агроклиматическим условиям Верхневолжья. По другим фоновым минеральным питаниям также наблюдалось несоответствие фактического КПД ФАР с программируемым урожаем: на фоне ПУ с 2 % КПД ФАР - на 0,24% (-12,0 отн.%), на фоне ПУ с 2,5 % КПД ФАР - на 0,31% (12,4 отн.%), на фоне ПУ с 3,0 % КПД ФАР - 0,47% (15,7 отн.%).

Посевы гибридов в варианте с расчётом климатически обеспеченного урожая по влагообеспеченности в среднем по гибридам и годам "работали" с КПД ФАР 2,24%, а лучшие гибриды Анжела и ЛГ30189 с КПД ФАР 2,46 и 2,70%.

В варианте с расчётом КУ_{БП} средний КПД ФАР составил 1,59%, а по гибридам Анжела и ЛГ30189 - 1,80 и 1,84%.

Изучаемые гибриды сильно отличались по производительности их посевов. В частности, у гибридов Анжела и ЛГ30189 фактический КПД ФАР на всех фонах был очень близок к расчётному. Отклонения незначительные, они находятся в пределах ошибки опыта. Максимальный КПД ФАР у этих гибридов получен на фоне, где потенциальный урожай планировался с КПД ФАР 3,5%. Он составил 3,62% у гибрида Анжела и 3,57% - ЛГ30189. Отклонения от программированного уровня не превышали 3,5 относительных процента (абс. отклонение + 0,07 + 0,12%).

У других гибридов отмечались существенные отклонения фактических КПД ФАР от планируемых. В контроле (Каскад 195СВ) абсолютная разница с программированным уровнем составила соответственно на фонах ПУ с КПД ФАР 2; 2,5; 3,0; 3,5 % соответственно 0,35; 0,08; 0,85 и 0,38%, а относительная 17,5; 3,2; 28,3 и 10,9%. Наименьшим КПД ФАР посева отличался Родник 180СВ вследствие более низкого урожая сухой фитомассы. Абсолютные отклонения на фонах ПУ с КПД ФАР 2; 2,5; 3,0; 3,5 % у него составили 0,57; 0,84; 0,96 и 1,17%, а относительные - 28,5; 33,6; 32,0 и 33,4%.

Такая высокая разница между гибридами по продуктивности и производительности их посевов требует изучения особенностей формирования урожайности гибридов кукурузы в каждом конкретном регионе, чтобы рекомендовать производству наиболее адаптивные и урожайные из них.

Таблица 17 - КПД ФАР посевов гибридов кукурузы при норме удобрения на получение программируемой урожайности, %

Вариант (фактор А)	Год	Гибрид (фактор В)					В среднем
		Каскад 195 СВ (контроль)	Анжела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП} (контроль)	2016	1,45	1,71	1,48	1,54	1,23	1,48
	2017	1,56	1,94	2,38	1,59	1,24	1,74
	2018	1,48	1,75	1,66	1,68	1,19	1,55
	средн.	1,50	1,80	1,84	1,60	1,22	1,59
2.КУ _В	2016	2,06	2,40	2,64	2,22	1,76	2,22
	2017	1,84	2,96	3,30	2,58	2,07	2,55
	2018	1,72	2,10	2,16	2,25	1,46	1,94
	средн.	1,87	2,49	2,70	2,35	1,76	2,23
3.ПУ с 2 % КПД ФАР	2016	1,49	2,06	1,97	1,66	1,39	1,71
	2017	1,82	2,29	2,00	1,67	1,53	1,86
	2018	1,63	1,96	1,86	1,73	1,37	1,71
	средн.	1,65	2,10	1,94	1,69	1,43	1,76
4.ПУ с 2,5 % КПД ФАР	2016	1,90	2,52	2,50	1,95	1,61	2,10
	2017	1,92	2,32	2,57	2,29	1,94	2,21
	2018	1,95	2,50	2,44	1,84	1,43	2,03
	средн.	1,92	2,45	2,50	2,03	1,66	2,11
5.ПУ с 3,0 % КПД ФАР	2016	2,13	3,22	3,05	2,66	2,38	2,69
	2017	2,22	2,87	2,97	2,05	1,81	2,38
	2018	2,08	3,23	3,11	2,21	1,93	2,51
	средн.	2,14	3,11	3,04	2,31	2,04	2,53
6.ПУ с 3,5 % КПД ФАР	2016	2,79	3,69	3,61	2,87	2,61	3,11
	2017	2,66	3,70	3,54	2,71	2,28	2,98
	2018	2,40	3,47	3,56	2,67	2,11	2,84
	средн.	2,62	3,62	3,57	2,75	2,33	2,98
В среднем		1,95	2,59	2,60	2,12	1,74	2,20

Программирование климатически обеспеченных урожаев по влагообеспеченности (КУ_В) и тепловым ресурсам (КУ_{БП}) позволяет по лучшим гибридам (Анжела, ЛГ30189) достигать производительности их посевов в 2,5 и 1,8%.

Исследования позволяют сделать заключение, что гибриды кукурузы, особенно наиболее продуктивные, могут формировать в регионе урожаи значительно выше расчётных ПРУ по тепловым ресурсам (КУ_{БП}) и влагообеспеченности (КУ_В) и усваивать посевами до 3,5% приходящей ФАР.

Установлено также, что в условиях региона для кукурузы в минимуме находятся тепловые ресурсы, которые позволяют формировать урожайность значительно ниже (почти в 2 раза) потенциальной с КПД ФАР 3,0- 3,5%. Формирование высокой урожайности с КПД ФАР 3,0 - 3,5% объясняется биологическими особенностями самой культуры и высоким биологическим потенциалом современных гибридов.

5.5. *Качество силоса кукурузы в разные годы*

К числу важнейших факторов, определяющих молочную продуктивность коров, относится уровень кормления [12]. Повышение его оказывает первостепенное влияние на динамику развития скотоводства отдельных хозяйств с высокой молочной продуктивностью [2,92,127]. Одним из основных кормов при сенажно-силосном кормлении животных является кукурузный силос как главный компонент кормовых рационов коров во все фазы лактации, поэтому прежде всего он должен быть сбалансирован по всем элементам протеинового комплекса [90,97,136,139].

Анализ качества выращенного урожая гибридов кукурузы проводили по силосу, заложенному в 3 стандартные траншеи в 2016 и 2017гг. с отбором образцов для анализа в середине декабря. Силосную массу получали в 2016 г. из гибридов Каскад 195СВ и Родник 180СВ, в 2017 г. - Каскад 195СВ и Воронежский 160СВ. Результаты представлены в таблице 18.

Анализ полученных данных показывает, что по основным показателям качества силоса он соответствовал контрольным значениям (норме).

По сухому веществу лучше был силос в 2016 г. в связи с большим содержанием початков в урожае. Так, сухого вещества в силосе 2016г. содержалось 29,2%, 2017 г. - 21,1% (в среднем по повторениям) (ГОСТ - I класса 26,0%).

Энергетическая ценность определяется содержанием обменной энергии в корме(ОЭ). По этому показателю силос 2016 г. превосходил силос 2017 г. на 1,3

МДж/кг (на 13,0 %). В 2016 г. он был ближе к контрольным значениям. Переваримость органического вещества в 2016 г. превышала этот показатель 2017 г. на 2,3% и была ближе к норме.

Таблица 18 - Качество силоса из кукурузы

Контрольные значения	Показатели	2016 г.				2017 г.			
		Траншея				Траншея			
		1	2	3	средн.	1	2	3	средн.
32,0 – 36,0	Сухое вещество, г/кг	287	274	314	292	216	196	222	211
3,8 – 4,2	рН	3,9	3,8	4,3	4,0	4,1	4,0	4,0	4,0
10,7 – 11,3	ОЭ, МДж/кг СВ	11,16	11,11	11,22	11,2	9,3	10,0	10,5	9,9
35 – 50	Сырая зола, г/кг СВ	71,0	74,2	72,4	72,5	66,6	71,2	72,9	70,2
180 – 200	Сырая клетчатка, г/кг СВ	208	216	210	211	296	278	250	275
80 – 90	Сырой протеин, г/кг СВ	78	78	81	79	114	98	92	101
25 – 35	Сырой жир, г/кг СВ	33	33	33	33	26	27	27	27
73 - 76	Переваримость ОВ, %	71	74,2	72,4	72,5	66,6	71,2	72,9	70,2
1 – 15	Сахар, г/кг СВ	17	17	36	23	27	15	18	20
320 – 400	Крахмал, г/кг СВ	271	232	259	254	76	89	157	107
40 – 60	Молочная кислота, %	59	56	47	54	60	48	34	47
10 – 16	Уксусная кислота	13	27	17	19	10	40	29	26
-	Лизин (растит.)	2,8	3,3	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,2
-	Метионин (растит)	1,1	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2
42 - 60	Растворимый сырой протеин, %	60	62	58	60	60	61	54	58

По количеству сырого протеина лучшим оказался силос 2017г., когда его содержание было на 22г/кг СВ больше, чем в 2016 г., или на 27,8% и превышало контрольные показатели. По количеству растворимого сырого протеина силос имел хорошие показатели (60 и 58%) при контрольных значениях 42-60%.

По содержанию сахара (23 и 20г/кг СВ) кукурузный силос имел хорошее качество. Наличие уксусной кислоты несколько превышало контрольные показатели, что является отрицательным фактором. Содержание молочной кислоты в 2016 г. было больше нормы и составило в среднем 54%, при контрольных показателях 40-60%. Силос из зелёной массы гибридов Каскад 195 и Воронежский 160СВ в 2017 г. превосходил силос из гибридов Каскад 195 и

Родник 180СВ по содержанию сырого протеина на 27,8%, но уступил ему по основным другим показателям качества.

В соответствие с ГОСТ Р 55986- 2014" Силос из кормовых растений", силос из кукурузы 2016 г. соответствовал 1 классу по основным показателям, кроме содержания молочной кислоты (54%), а силос 2017 г. имел показатели 1 класса по содержанию сырого протеина (101 г/кг СВ), сырой клетчатки (275г/кг), рН (4.0), но не соответствовал ему по количеству сухого вещества (211г/кг), массовой доли молочной кислоты (47%) в связи с опозданием сроков уборки.

Питательность зелёной массы оценивали по содержанию кормовых единиц (таблица 19).

Таблица 19 - Питательная ценность зелёной массы гибридов кукурузы, кормовых единиц в 100 кг (среднее за 3 года)

Вариант (фактор А)	Гибрид					В среднем
	Каскад 195 СВ (контроль)	Ангела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180СВ	
1.КУ _{БП}	26,02	29,04	23,81	29,85	22,41	26,23
2.КУ _в	26,86	28,21	24,46	30,80	23,21	26,71
3.ПУ, КПД ФАР 2 %	24,81	29,71	23,44	29,39	22,05	25,88
4.ПУ, КПД ФАР 2,5 %	26,30	29,31	23,77	30,48	21,73	26,32
5.ПУ, КПД ФАР 3,0 %	24,82	29,57	24,20	30,27	23,81	26,53
6.ПУ, КПД ФАР 3,5 %	25,70	28,78	23,95	29,83	21,58	25,97
В среднем	25,75	29,10	23,94	30,10	22,46	26,27

В результате выявлено, что большее влияние на питательность зелёной массы оказали гибриды, чем норма удобрения. Большим содержанием кормовых единиц в корме отличались гибриды Ангела (в среднем по фонам , 29,10 к.е.) и Воронежский 160СВ (30,10 к.е.), что объясняется более высоким содержанием сухого вещества в початках- 38,9% (Ангела)- 44,1% (Воронежский 160СВ) и выходом початков из урожая (44,1 и 50,4%) (см. таблицу 13).

Наименьшей питательной ценностью зелёной массы характеризовался гибрид Родник 180СВ (22,46 к.ед/100кг) в связи с более низким выходом початков из урожая- 37,9%.

Наиболее урожайный гибрид ЛГ30189 по питательной ценности зелёной массы (23,94 к.ед./100кг уступал контролю (Каскад 195СВ) на 1,81 к.ед., гибридам - Анжела на 5,16 к.ед., Воронежский 160СВ на 6,16 к.ед. (на 20,5%).

Увеличение норм навоза до 120т/га способствовало незначительному повышению питательности корма (на 0,65 к.ед.), при 150т/га она снизилась (на 0,56к.ед.) по сравнению с нормой 120т/га.

Выход кормовых единиц из урожая зависел как от питательности корма, так и урожайности гибрида. В среднем по фонам, практически одинаковым он был у гибридов Анжела и ЛГ30189- 162,7 и 162,3ц/га (таблица 20).

Таблица 20 - Выход кормовых единиц с урожаем разных гибридов, ц/га, среднее за 3 года

Вариант (фактор А)	Гибрид (фактор В)					В среднем	
	Каскад 195 СВ (контроль)	Анжела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180СВ	ц/га	%
1.КУ _{БП}	93,4	112,4	114,3	100,3	76,2	99,3	100,0
2.КУ _в	117,1	154,3	167,3	146,6	109,3	138,9	139,9
3.ПУ, КПД ФАР 2 %	102,7	135,8	121,2	105,5	89,3	110,9	111,7
4.ПУ, КПД ФАР 2,5 %	120,2	153,0	157,1	126,2	103,0	131,9	132,8
5.ПУ, КПД ФАР 3,0 %	133,8	194,6	190,5	144,1	127,4	158,1	159,2
6.ПУ, КПД ФАР 3,5 %	163,2	225,9	223,2	171,8	136,4	184,1	185,4
В среднем	121,7	162,7	162,3	132,4	106,9	137,2	-

Большое влияние на выход кормовых единиц из урожая оказала норма удобрения. Так, в среднем по гибридам, наибольшая прибавка- 84,8 ц/га или 85,4 % получена на фоне, где внесено 150 т/га навоза+НРК на ПУ с КПД ФАР 3,5%. Наименьший выход кормовых единиц получен в контроле на фоне с внесением удобрений на КУ_{БП}.

Максимальный сбор кормовых единиц с гектара посева кукурузы обеспечили гибриды Анжела (225,9 ц/га) и ЛГ30189 (223,2 ц/га) при внесении удобрений на ПУ с 3,5% КПД ФАР.

Таким образом, более питательный корм из кукурузы обеспечило возделывание гибридов Анжела и Воронежский 160СВ(29,10 и 30,10 к.е.), а наибольший сбор кормовых единиц с гектара - Анжела (162,7ц/га) и ЛГ30189 (162,3 ц/га), с максимумом на фоне ПУ с КПД ФАР 3,5 % (225,9 и 223,2 ц/га).

Увеличение расчётных доз удобрений при программировании потенциальной урожайности кукурузы с КПД ФАР 3,5% позволило получить дополнительно, в среднем по гибридам, 73,2 ц к.е. с гектара (66,0%) к варианту с программированием урожайности с КПД ФАР 2,0%.

5.6. *Вынос питательных веществ с урожаем кукурузы и хозяйственный баланс NPK*

Одним из главных параметров программирования урожайности является вынос питательных веществ с урожаем и коэффициенты использования питательных веществ ($K_{и}$) из почвы ($K_{п}$) и удобрений ($K_{у}$). В литературе имеются разные данные по этим параметрам [51,57,98,125,131].

Большое влияние на вынос NPK с урожаем оказывает норма удобрения и густота стояния кукурузы [29]. По данным З. И. Усановой, И. В. Шальнова [125] более экономичным расходом питательных веществ гибрид кукурузы Каскад 195СВ отличался на умеренных фонах минерального питания и при оптимальной густоте (100тыс.штук/га).

В связи с большим объёмом исследований, вынос и хозяйственный баланс NPK мы изучили в контрольном варианте (гибрид Каскад 195СВ) на всех фонах минерального питания.

Выявлено, что повышение нормы навоза до 120т/га увеличивало содержание в сухом веществе основных питательных веществ. Повышение нормы навоза до 150т/га вызывало некоторая снижение количества NPK: N- на 0,05%, P_2O_5 - на 0,04%, K_2O - на 0,21% (таблица 21, 22).

Наибольшее количество питательных веществ в кг/га вынесено в варианте с более высокой нормой навоза (150т/га). Оно составило (кг/га): N- 266,59, P_2O_5 - 64,52, K_2O - 285,26, в сумме- 616,17кг/га. Вынос азота и калия был близок между собой, на их долю приходилось 43,3 и 46,3% , на долю фосфора- 10,4% от общего объёма потребления NPK с гектара посева.

Таблица 21 - Содержание питательных веществ в абсолютно сухой фитомассе кукурузы (%) и вынос с урожаем (кг/га), гибрид Каскад 195СВ

Вариант (фактор А)	Содержание, % в АСВ			Вынос, кг/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.КУ _{БП}	1,15	0,28	1,44	114,42	27,86	143,28
2.КУ _В	1,32	0,33	1,83	155,23	38,81	215,21
3.ПУ, КПД ФАР 2 %	1,00	0,15	1,61	116,20	17,43	187,08
4.ПУ, КПД ФАР 2,5 %	1,18	0,24	1,31	144,55	29,4	160,48
5.ПУ, КПД ФАР 3,0 %	1,62	0,42	1,89	230,20	59,68	268,57
6.ПУ, КПД ФАР 3,5 %	1,57	0,38	1,68	266,59	64,52	285,26

Таблица 22 - Вынос питательных веществ кукурузой, гибрид Каскад 195СВ

Вариант (фактор А)	Вынос на 1 т зеленой массы, кг			Вынос на 1 т сухой массы		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.КУ _{БП}	3,23	0,79	4,05	11,5	2,8	14,4
2.КУ _В	3,82	0,96	5,30	13,2	3,3	18,3
3.ПУ, КПД ФАР 2 %	2,76	0,41	4,44	10,0	1,5	16,10
4.ПУ, КПД ФАР 2,5 %	3,34	0,68	3,71	11,8	2,4	13,1
5.ПУ, КПД ФАР 3,0 %	4,59	1,19	5,36	16,2	4,2	18,9
6.ПУ, КПД ФАР 3,5 %	4,36	1,06	4,67	15,7	3,8	16,8

Вынос NPK с 1 т урожая зелёной и 1 т урожая сухой биомассы кукурузы (Каскад 195СВ) возрастал до фона ПУ с КПД ФАР 3% (120 т/га навоза). При самой высокой урожайности на фоне ПУ, КПД ФАР 3,5 % он составил: на 1 т зелёной массы с початками в молочно-восковой спелости- N- 4,36; P₂O₅ - 1,06; K₂O - 4,67 кг, а на 1т абсолютно сухой фитомассы- N- 15,7; P₂O₅ - 3,8; K₂O - 16,8 кг.

Наименьшим потреблением питательных веществ отличались растения на фоне ПУ с КПД ФАР 2% (70 т/га навоза). Вынос элементов питания был ниже, чем на фоне ПУ с КПД ФАР 3,5 %: по N- на 36,7%, по P₂O₅ - на 61,3%, по K₂O - на 4,9%.

При программировании урожайности очень важно сделать анализ хозяйственного баланса NPK в посевах [125].

Результаты наших исследований (таблица 23; 24; 25) показали:

1 - при использовании в расчетах общего объема питательных веществ (из навоза+ минеральных удобрений) без учета коэффициента использования их в год внесения получен сверхположительный баланс NPK на всех фонах минерального питания, особенно на 6-ом;

Таблица 23 - Хозяйственный баланс NPK в посевах кукурузы, гибрид Каскад 195СВ

Вариант, норма навоза, т/га	Внесено с навозом + NPK (без учета использования в 1 год), кг/га			Внесено в % к выносу с урожаем		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.КУ _{БП} , 70	273,0	98,0	227,5	238,6	351,8	158,8
2.КУ _в , 120	490,5	163,4	390,0	316,0	432,9	181,2
3.ПУ, КПД ФАР 2 %,70	287,0	98,0	244,5	247,0	562,2	130,7
4.ПУ, КПД ФАР 2,5 %,80	391,0	112,0	319,0	270,4	381,0	198,8
5.ПУ, КПД ФАР 3,0 %, 120	520,0	168,0	412,0	225,9	322,4	153,4
6.ПУ, КПД ФАР 3,5 %,150	646,0	210,0	499,1	242,3	225,5	175,0

2 - при определении внесенного с навозом и минеральными удобрениями объема питательных веществ с учётом коэффициентов использования их в 1-ый год (таблица 24), баланс, в среднем по вариантам, азота и калия близок к 100% (N- 91,9%, K₂O- 114,2%), по фосфору он составляет 155,5%;

Таблица 24 - Хозяйственный баланс NPK в посевах кукурузы, гибрид Каскад 195СВ (с учётом K_и из навоза в первый год)

Вариант, норма навоза, т/га	Внесено с навозом + NPK с учетом K _и в 1 год, кг/га			Внесено в % к выносу с урожаем		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.КУ _{БП} , 70	81,9	39,2	136,5	71,6	140,7	158,8
2.КУ _в , 120	163,4	67,2	234,0	105,3	173,2	108,7
3.ПУ, КПД ФАР 2 %,70	96,3	39,2	153,4	82,9	224,8	82,0
4.ПУ, КПД ФАР 2,5 %,80	172,6	44,8	215,0	119,4	151,4	134,0
5.ПУ, КПД ФАР 3,0 %, 120	192,4	67,2	256,0	83,6	112,67	95,3
6.ПУ, КПД ФАР 3,5 %,150	236,5	84,0	304,5	88,7	130,2	106,7

3 - на самом высоком фоне (ПУ с КПД ФАР 3,5 %) для удовлетворения полной потребности растений в NPK на запрограммированный урожай нехватает

11,3% азота. Это количество азота растения могут получить из навоза за счёт повышения коэффициента его использования.

Для сравнения проведён расчёт хозяйственного баланса NPK по наиболее урожайному гибриду ЛГ30189 (таблица 25). Анализ его показывает, что в связи с более высоким потреблением питательных веществ с урожаем, баланс NPK поэтому гибриду менее интенсивный, если учитывается общее количество внесённых питательных вещества с навозом без учёта K_n их в 1-ый год. При учёте коэффициента использования NPK из навоза в год его внесения баланс становится отрицательным, то есть в почву с удобрениями внесено меньше питательных веществ, чем вынесено с урожаем. Более близок к положительному баланс NPK на фоне ПУ с КПД ФАР 2,5 % (80 т/га навоза). Здесь по азоту он составляет 89,3%, по фосфору-114%, по калию 100,3%.

Таблица 25 - Хозяйственный баланс NPK в посевах кукурузы, гибрид ЛГ-30189

Вариант, норма навоза, т/га	Вынесено с урожаем, кг/га			Внесено в % к выносу с урожаем (без учета K_n навоза)			Внесено в % к выносу с урожаем (с учетом K_n навоза в 1 г.)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.КУ _{БП} , 70	174,8	42,6	218,9	156,2	230,0	103,9	46,8	92,0	62,4
2.КУ _В , 120	278,1	69,9	385,6	176,4	233,8	101,1	58,8	96,1	60,7
3.ПУ, КПД ФАР 2 %,70	127,9	19,2	205,9	224,4	510,4	118,7	73,2	204,2	74,2
4.ПУ, КПД ФАР 2,5 %,80	193,2	39,3	214,4	202,4	285,0	148,8	89,3	114,0	100,3
5.ПУ, КПД ФАР 3,0 %, 120	307,5	79,7	358,7	169,1	210,8	114,9	62,6	84,3	71,4
6.ПУ, КПД ФАР 3,5 %,150	354,2	85,7	379,0	182,4	245,0	131,7	66,8	98,0	80,3

Достижение в опыте запрограммированных уровней урожайности по гибриду ЛГ30189 при отрицательном балансе NPK возможно, по-видимому, объяснить лучшим использованием растениями питательных веществ из навоза в 1 год после внесения и недостающего количества минеральных удобрений.

5.7. Корреляционная зависимость продуктивности гибридов от фотосинтетических параметров посева

При программировании и для программирования урожайности очень важно установить корреляционную зависимость конечной продуктивности посева от показателей фотосинтетической деятельности растений [131].

Исследованиями Шальнова И. В. [145] установлено, что в наиболее сильной корреляционной связи с продуктивностью посева кукурузы (гибрид Каскад 195СВ) находились максимальная площадь листьев и суммарный фотосинтетический потенциал посева. Коэффициент корреляции с урожаем зелёной массы составлял 0,885 - 0,874 при высоких значениях критериев Стьюдента и Фишера.

Наши исследования этих связей по 90 выборкам (наблюдениям) с 5-ю гибридами на 6-ти фонах минерального питания также свидетельствуют о сильной взаимозависимости этих показателей (таблица 26). Так, зависимость урожая зелёной массы от максимальной площади листьев выражается коэффициентом корреляции "r" 0,956, детерминации "d" 0,914, а с ФПП соответственно 0,929 и 0,863 при высоких значениях $t_{\text{факт}}$ и низких ошибках к. к.- 0,031 и 0,039.

Урожай сухой фитомассы, подобно урожаю зелёной массы, находился в сильной прямой положительной связи с $L_{\text{макс.}}$ и ФПП, однако значения "r" несколько ниже, чем по урожаю зелёной массы.

Получены надежные простые уравнения плоскости регрессии, надежность которых подтверждается высокими критериями Фишера и низкими ошибками А и В.

Таблица 26 - Корреляционная зависимость конечной продуктивности посевов гибридов кукурузы от фотосинтетических параметров

Зависимые переменные, у	Независимые переменные, X	r	d	$T_{\text{факт}}$ при $t_{05} = 2,0$	F факт при $F_{05} = 4$	Уравнения регрессии (номер)
Y_1 – зеленая масса (т/га)	X_1 – максимальная площадь листьев	0,956	0,914	30,56	934,17	$Y_1 = 1,695 + 0,986X_1(1)$
	X_2 – ФПП	0,929	0,864	23,56	555,20	$Y_1 = 0,019X_2 - 0,091(2)$
Y_2 – сухая масса (т/га)	X_1 – максимальная площадь листьев	0,906	0,821	20,08	403,42	$Y_2 = 1,249 + 0,262X_1(3)$
	X_2 – ФПП	0,875	0,765	16,93	286,64	$Y_2 = 0,868 + 0,005X_2(4)$

Примечание: максимальная площадь листьев ($L_{\text{макс.}}$) в тыс.м²/га,

ФПП - в тыс.м²хсутки/га; Y_1 и Y_2 - в т/га.

Уравнения 1 и 3 можно использовать для прогноза урожайности по величине площади листьев посева в период максимума (цветение метелки), а уравнения 2 и 4 для программирования урожайности гибридов кукурузы.

Заключение к главе 5

Таким образом, наиболее близкие к запрограммированным уровням урожая зелёной массы на всех фонах минерального питания при расчёте их по среднемноголетней норме обеспечивали гибриды Ангела и ЛГ30189. В среднем по гибридам и годам недобор урожаев к уровням ПРУ колебался по фонам от 19,7 (ПУ с КПД ФАР 2 %) до 25,5% (ПУ с КПД ФАР 3 %).

Наибольшую урожайность зелёной массы с початками в молочно-восковой спелости зерна и близкую к ПРУ на всех фонах накопил гибрид ЛГ30189, а наименьшую - гибрид Воронежский 160СВ. Разница в урожаях между этими гибридными колебалась от 30,0- 30,6% на фонах с КУ_{БП}, КУ_В и ПУ с КПД ФАР 2 % до 37,4- 39,5% на фонах ПУ с КПД ФАР 2,5; 3,0 и 3,5 %.

Максимальную урожайность зелёной массы все гибриды накопили на фоне с внесением удобрений на ПУ с 3,5% КПД ФАР- 72,21т/га, минимальную - на фоне с внесением удобрений на КУ_{БП} - 38,3т/га.

На содержание сухого вещества в зелёной массе наибольшее влияние оказали гибриды. Максимальное количество сухого вещества (32,58 %, в среднем по вариантам опыта) накопил гибрид Воронежский 160СВ, а наименьшее - Родник 180 СВ (24,45%).

Выход сухого вещества с гектара в значительной мере зависел от обеспеченности растений минеральным питанием и гибрида. Наибольшим он был на более высоком фоне - ПУ с КПД ФАР 3,5 %. (19,93т/га, в среднем по гибридам) с максимумом по гибриду Ангела (24,45т/га), а наименьшим - на самом низком фоне – КУ_{БП} (10,75т/га) с минимумом по гибриду Родник 180СВ (8,25т/га). Гибрид Воронежский 160СВ занимал промежуточное положение по выходу абсолютно сухого вещества с гектара.

В посевах контрольного варианта (гибрид Каскад 195СВ) на всех фонах минерального питания складывался положительный и близкий к нему хозяйственный баланс питательных веществ(NPK).

Конечная продуктивность посевов гибридов кукурузы находилась в сильной положительной прямой связи с максимальной площадью листьев и фотосинтетическим потенциалом посева.

Качество силоса из кукурузы по основным показателям соответствовало 1 классу. Средний выход обменной энергии в 2016 г составил 11,2, в 2017 - 9,9 МДж/кг, переваримость ОВ соответственно 72,5 и 70,2%, содержание сырого протеина - 79 и 101г/кг СВ, в том числе растворимого - 60 и 58%.

ГЛАВА 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕЛЁНОЙ МАССЫ РАЗНЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ ПРИ ПРОГРАММИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ

Экономическая эффективность - самостоятельная экономическая категория, которая характеризуется стоимостными величинами, полученными в результате производственной или другой человеческой деятельности. В условиях рыночных отношений целью производства любой предпринимательской деятельности является получение максимальной прибыли, которая является оценкой категории эффективности производства. Экономическую эффективность сельского хозяйства можно определить как максимальное производство необходимой обществу сельхозпродукции, но при наименьших затратах общественного труда на её единицу [67].

Получение высоких запрограммированных урожаев разных гибридов кукурузы должно быть оправдано экономически [130,132].

В связи с этим нами проведён расчёт экономической эффективности производства кукурузы при применении метода оптимального программирования. Выявить экономическую эффективность только по урожайности не вполне корректно, так как оценка по одному отдельно взятому показателю не всегда даёт полную характеристику экономической эффективности [140]. В связи с этим, расчёт экономической эффективности проводили по выходу кормовых единиц с учетом качества продукции (зелёной массы) по вариантам опыта. Стоимость кормовой единицы определялась по рыночной цене фуражного овса, которая в настоящее время составила 652 руб. за 1 ц овса. При оценке экономической эффективности производство кукурузы использовали методику В. Н. Бузеновой [25].

Расчёт экономической эффективности проводили по технологическим картам по каждому варианту опыта. Тарифные ставки на ручные и механизированные работы, стоимость ГСМ, электроэнергии, семян, удобрений и гербицидов взяты по текущим ценам на рынке на сентябрь 2018 года. Навоз оценивали по себестоимости его в ЗАО "Калининское" - 100 руб/т.

Результаты исследований показали, что стоимость урожая значительно колебалась по вариантам (от 49,697 до 147,283 тыс.руб) и зависела от гибрида и нормы удобрения (таблица 27). Минимальная стоимость была по гибриду Родник 180СВ в варианте с программированием КУ_{БП}, а максимальная по гибриду Анжела в варианте ПУ с КПД ФАР 3,5% (в 3 раза больше). Производственные затраты в основном зависели от доз вносимых органических и минеральных удобрений на разных фонах минерального питания. В среднем по гибридам наибольшая их величина (58,823 тыс.руб) отмечена на фоне ПУ с КПД ФАР 3,5%, где внесена максимальная доза навоза (150 т/га). По сравнению с контролем затраты были выше на 58,8%.

Таблица 27 - Продуктивность гибридов, стоимость урожая и производственные затраты при программировании урожаев разных уровней

Вариант (фактор А)	Дозы навоза	Гибрид (фактор В)						
		Каскад 195СВ (контроль)	Анжела	LG30189	Воронежский 160 СВ	Родник 180	Средние	%
Урожай кормовых единиц, ц/га								
1. КУ _{БП}	70 т	93,4	112,4	114,3	100,3	76,2	99,3	90,4
2. КУ _В	120 т	117,1	154,3	167,3	146,6	109,3	138,9	126,4
3. ПУ с КПД 2 %	70 т	102,7	130,9	121,2	105,5	89,3	109,9	100,0
4. ПУ с КПД 2,5 %	80 т	120,2	153,0	157,1	126,2	103,0	131,9	120,0
5. ПУ с КПД 3,0 %	120 т	133,8	194,6	190,4	144,1	127,4	158,1	143,8
6. ПУ с КПД 3,5 %	150 т	163,3	225,9	223,2	171,8	136,4	184,1	167,4
Среднее		121,7	161,9	162,3	132,4	106,9	137,0	-
Стоимость урожая, тыс.руб. /га								
1. КУ _{БП}	70 т	60,901	73,310	74,515	65,419	49,697	64,768	90,4
2. КУ _В	120 т	76,322	100,598	109,092	95,598	71,262	90,574	126,4
3. ПУ с КПД 2 %	70 т	66,985	85,358	79,033	68,792	58,250	71,684	100,0
4. ПУ с КПД 2,5 %	80 т	78,370	99,755	102,405	82,285	67,166	85,996	120,0
5. ПУ с КПД 3,0 %	120 т	87,225	126,862	124,151	93,972	83,069	103,056	143,8
6. ПУ с КПД 3,5 %	150 т	106,441	147,283	145,536	111,983	88,912	120,031	167,4
Среднее		79,4	105,5	105,8	86,3	69,7	89,4	-
Производственные затраты, тыс.руб. /га								
1. КУ _{БП}	70 т	35,794	36,454	36,287	35,701	35,717	35,991	97,1
2. КУ _В	120 т	47,728	48,058	48,726	47,891	47,870	48,054	129,7
3. ПУ с КПД 2 %	70 т	36,985	37,160	37,404	36,748	36,948	37,049	100,0
4. ПУ с КПД 2,5 %	80 т	43,265	43,521	44,088	43,094	43,326	43,459	117,3
5. ПУ с КПД 3,0 %	120 т	50,239	50,737	51,250	49,983	50,227	50,487	136,3
6. ПУ с КПД 3,5 %	150 т	58,510	59,121	59,720	58,269	58,497	58,823	158,8
Среднее		45,420	45,842	46,246	45,281	45,431	45,644	-

Самыми низкими производственными затратами отмечались варианты на контрольном фоне (35,991 тыс.руб./га), где внесено наименьшее количество навоза (70 т/га) и не использовались минеральные удобрения. Затраты на фоне с внесением наибольших доз удобрений превосходили затраты самого низкого фона в 1,6 раза. Разница этого показателя между гибридами была незначительная, она зависела от уборки и перевозки разного объема урожая.

В связи с этим условно чистый доход значительно различался между гибридами (от 24,295 до 59,686 тыс.руб./га, в 2,5 раза) и между фонами (от 28,778 до 61,207 тыс.руб./га, в 2,1 раза) (таблица 28). Несмотря на самые высокие затраты, наибольшим УЧД был на фоне ПУ с КПД 3,5 % - 61,207 тыс.руб./га с максимумом по гибридам Ангела (88,162) и ЛГ30189 (85,816 тыс.руб./га).

Разница между гибридами на самом высоком фоне составила 57,748 тыс.руб./га или 65,5% (к большей величине), а на самом низком (КУ_{БП}) - 24,247 тыс.руб./га или 63,4%.

Возделывание изучаемых гибридов кукурузы на всех фонах минерального питания является рентабельным, хотя уровень рентабельности различен. В среднем по гибридам, одинаково экономически выгодно получение продукции на фонах ПУ с КПД ФАР 3,0 и 3,5%, уровень рентабельности- 103,9 и 103,8%. В среднем по фонам минерального питания получен почти равный уровень рентабельности при производстве продукции гибридов Ангела (128,1%) и ЛГ30189 (126,5 %). Наибольшие колебания в уровне рентабельности отмечены при возделывании разных гибридов. Они составляют 75,1 абс.% или 2,4 раза. Самый низкий уровень рентабельности- 39,1% получен при производстве зелёной массы гибрида Родник 180СВ на самом низком фоне, а самый высокий- 149,1% - гибрида Ангела на более высоком фоне минерального питания.

Важным показателем экономической эффективности является себестоимость продукции. Расчёты показали, что она в меньшей мере, чем другие критерии оценки, изменялась по вариантам опыта: от 0,641 до 1,095 тыс.руб./т зелёной массы (в 1,7 раза). Наиболее дешёвой оказалась зелёная масса гибрида ЛГ

30189 на самом высоком фоне с внесением 150 т/га навоза + N₆₁P₁₂, а самой дорогой - гибрида Каскад 195СВ на фоне с внесением 70 т/га навоза.

Таблица 28 - Условно чистый доход с гектара, уровень рентабельности и себестоимость зелёной массы

Вариант (фактор А)	Дозы навоза	Гибрид (фактор В)						
		Каскад 195СВ (контроль)	Анжела	LG30189	Воронежский 160 СВ	Родник 180	Средние	%
Условно чистый доход, тыс.руб./га								
1. КУ _{БП}	70 т	25,107	36,856	38,227	29,718	13,980	28,778	83,1
2. КУ _В	120 т	28,594	52,540	60,366	47,707	23,392	42,520	122,8
3. ПУ с КПД 2 %	70 т	30,000	48,198	41,628	32,044	21,302	34,635	100,0
4. ПУ с КПД 2,5 %	80 т	35,105	56,233	58,317	39,192	23,840	42,538	122,8
5. ПУ с КПД 3,0 %	120 т	36,986	76,125	72,901	43,989	32,841	52,568	151,8
6. ПУ с КПД 3,5 %	150 т	47,931	88,162	85,816	53,714	30,414	61,207	176,7
Среднее		33,954	59,686	59,543	41,061	24,295	43,708	-
Уровень рентабельности, %								
1. КУ _{БП}	70 т	70,1	101,1	105,3	83,2	39,1	79,8	85,4
2. КУ _В	120 т	59,9	109,3	123,9	99,6	48,9	88,3	94,6
3. ПУ с КПД 2 %	70 т	81,1	129,7	111,3	87,2	57,7	93,4	100,0
4. ПУ с КПД 2,5 %	80 т	81,1	129,2	132,3	90,9	55,0	97,7	104,6
5. ПУ с КПД 3,0 %	120 т	73,6	150,0	142,2	88,0	65,4	103,9	111,2
6. ПУ с КПД 3,5 %	150 т	81,9	149,1	143,7	92,2	52,0	103,8	111,1
Среднее		74,6	128,1	126,5	90,2	53,0	94,5	-
Себестоимость, тыс.руб./т зеленой массы								
1. КУ _{БП}	70 т	0,997	0,700	0,756	1,063	1,050	0,913	104,4
2. КУ _В	120 т	1,095	0,930	0,716	1,006	1,016	0,952	108,9
3. ПУ с КПД 2 %	70 т	0,893	0,813	0,723	1,032	0,912	0,875	100,0
4. ПУ с КПД 2,5 %	80 т	0,943	0,834	0,667	1,033	0,914	0,878	100,4
5. ПУ с КПД 3,0 %	120 т	0,932	0,768	0,651	1,050	0,937	0,868	99,2
6. ПУ с КПД 3,5 %	150 т	0,921	0,753	0,641	1,012	0,926	0,851	97,2
Среднее		0,964	0,799	0,692	1,033	0,959	0,889	-

Таким образом, возделывание кукурузы в условиях Верхневолжья экономически выгодно, так как производство продукции рентабельно при выращивании всех изучаемых гибридов на разных фонах минерального питания. Наиболее экономически целесообразно программировать потенциальную урожайность с КПД ФАР 3,0 и 3,5%, что обеспечивает в среднем по изучаемым гибридам получение 52,57 и 61,21 тыс.руб./га условно чистого дохода с уровнем рентабельности 103,9 и 103,8%.

Максимальная экономическая эффективность достигается при выращивании гибридов Анжела и ЛГ30189 на этих же фонах минерального питания, что позволяет получать до 88,162 тыс.руб./га условно чистого дохода с уровнем рентабельности 150,0% и себестоимостью зелёной массы 641 - 753 руб. за 1 тонну.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В условиях Верхневолжья (Тверь) из агроклиматических ресурсов урожая при выращивании кукурузы влагообеспеченность посевов варьировала в большей степени, чем радиационный баланс: $K_{увл}$ от 0,69 до 0,92, ГТП от 3,94 до 5,15 и БКП от 4,07 до 5,31, при среднегодовых показателях соответственно 0,94; 5,31 и 5,47.

2. Обеспеченность агроклиматическими ресурсами в годы исследований позволяла получить урожайность кукурузы (зелёной массы): ПУ с КПД ФАР 3,5%, в среднем, 93,8т/га, КУв- 64,77т/га, КУ_{БП} 38,03т/га, а по среднегодовой норме соответственно 88,84; 70,57 и 43,76т/га

В минимуме для кукурузы является теплообеспеченность посевов. При использовании существующих математических моделей для расчёта КУ_{БП} по тепловым ресурсам можно получить расчётную урожайность (ПРУ) по сухой массе на 6,7т/га(-38,1%) меньше, чем КУ_в.

3. Изучаемые гибриды мало различаются по продолжительности вегетационного периода, но образуют разное количество листьев - от 12 (Ангела, ЛГ30189) до 16 (Родник 180СВ). Более высокорослыми являются гибриды Родник 180СВ (276,5см.) и Ангела (268,3 см). Эти гибриды отличаются повышенными темпами роста, среднесуточный прирост высоты за вегетацию у них составил 2,30 и 2,24см.

4. Биологические и товарные коэффициенты водопотребления в наибольшей степени зависели от уровня обеспеченности растений минеральными элементами питания. Наименьшее количество воды на создание единицы сухого вещества ($K_{в\text{ биол.}}$ - 236,5 мм х га/ц) и зелёной массы ($K_{в\text{ тов.}}$ - 65,7 мм х га/ц) расходовали гибриды, в среднем, при программировании ПУ с КПД ФАР 3,5%, а наибольшее - при КУ_{БП} (434,6 и 112 мм х га/ц). Самым низким $K_{в\text{ биол.}}$ отличался гибрид Ангела (188,6 мм х га/ц), а $K_{в\text{ тов.}}$ - ЛГ30189 (48,8мм х га/ц) - в варианте - ПУ с КПД ФАР 3,5%.

5. Наибольшую площадь листьев в фазу цветения – 91,2 тыс. м²/га, в среднем за вегетацию – 69,9 тыс. м²/га и ФП – 4 663 тыс. м²/га х сутки формировал гибрид кукурузы ЛГ30189 на фоне внесения 150 т/га навоза и N₆₁K₁₂.

По производительности ФПП между изучаемыми гибридами существенных различий не наблюдалось. Величина этого показателя у разных гибридов в среднем по всем изучаемым нормам удобрения варьировала от 18,33 до 18,92 кг зелёной массы на 1000 ед. ФПП.

6. Изучаемые гибриды кукурузы отличались высокой ЧПФ, которая мало изменялось от нормы удобрения и больше зависела от биологических особенностей гибрида и колебалась в среднем по годам от 4,60 до 6,15 г/м²хсутки. Более высокими показателями ЧПФ (6,15 г/м²хсутки) отличался гибрид Воронежский 160СВ, а К_{хоз} – Каскад 195 СВ.

7. Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от нормы удобрения и гибрида варьировала от 35,9 до 93,2 т/га. Наибольшая она была при выращивании гибрида ЛГ 30189 на фоне 150 т/га навоза и N₆₁K₁₂. Близкую к запланированным уровням урожайности формировал гибрид кукурузы Анжела (78,5 т/га), тогда как в среднем по гибридам и годам исследований недобор урожая к ПРУ колебался от 19,2 на фоне 70 т/га навоза и N₁₄K₁₇ до 25,5% при внесении 120 т/га навоза и N₅₂K₂₂.

8. Наибольший выход абсолютного сухого вещества с единицы площади обеспечивали гибриды Анжела (24,45 т/га) и ЛГ30189 (24,16 т/га) при внесении норм удобрения рассчитанной на формирование запрограммированного урожая с КПД ФАР 3,0 – 3,5 % (150 т/га навоза и N₆₁K₁₂)

В условиях Верхневолжья наиболее продуктивные гибриды кукурузы, могут формировать урожаи значительно выше расчетных ПРУ по тепловым ресурсам (КУ_{БП}) и влагообеспеченности (КУ_В) и усваивать посевами до 3,5 % приходящей ФАР в силу высокого биологического потенциала.

9. Более высокой питательностью зеленой (силосной) массы отличались гибриды Воронежский 160 СВ и Анжела, у которых в 100 кг корма содержалось 29,10 и 30,10 кормовых единиц. Наибольший выход кормовых единиц с гектара

обеспечили гибриды Ангела (22,59 т/га) и ЛГ30189 (22,32 т/га) на фоне высокой нормы удобрений. При этом выход ОЭ составил до 11,2 МДж /кг, с содержанием сырого протеина до 101 г/кг СВ, в том числе растворимого до 60 %, с переваримостью ОВ 70,2 – 72,5 %.

10. Корреляционный и регрессионный анализы выявили сильную прямую положительную связь урожайности зеленой массы с початками в молочно – восковой спелости и абсолютно сухой фитомассы с ФПП. Коэффициент корреляции «r» равен 0,939 и 0,875, при $t_{\text{факт.}}$ 16,93 - 23,56 , t_{05} – 2,0, $F_{\text{факт}}$ – 286,64 – 555,20, F_{05} – 4,0. Получены достоверные уравнения регрессии, которые можно использовать при программировании урожайности.

11. Выращивание кукурузы на силос в Верхневолжье экономически выгодно. Оно позволяет получать с гектара посева до 88,163 тыс.руб. условно чистого дохода с уровнем рентабельности 150 % и себестоимостью зеленой массы 641 – 753 руб./т. Наиболее рентабельно возделывание гибридов Ангела и ЛГ 30189 при программировании потенциального урожая с КПД ФАР 3,0 и 3,5 % при создании фона минерального питания за счет внесения навоза – 120 и 150 т/га с компенсацией недостающих NPK внесением минеральных удобрений в дозе – $N_{52-61}K_{12-22}$.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ И НАУЧНЫМ УЧРЕЖДЕНИЯМ

На хорошо окультуренных дерново – подзолистых почвах Верхневолжья в прифермерских севооборотах рекомендуется:

1. Выращивание новых раннеспелых высокопродуктивных гибридов кукурузы на фоне внесения 120 – 150 т/ га подстильного навоза крупного рогатого скота и минеральных удобрений в дозе $N_{52} - 61K_{12-22}$ обеспечивает использование посевом 3,0 – 3,5 % приходящей ФАР, получение до 21,06 – 24,45 т/га абсолютно сухой фитомассы, до 88,2 тыс.руб./га УЧД с уровнем рентабельности до 150 %.

2. При программировании высокой урожайности с КПД ФАР 3,0 – 3,5 % (ПРУ 76,2 – 88,8 т/га зеленой, 19,0 – 22,2 т/га абсолютно сухой массы) необходимо использовать на посев гибриды Анжела (ФАО 170), ЛГ 30189 (ФАО 180), а урожайности по влагообеспеченности (KY_v) с получением корма наибольшей питательности (30,80 к.ед./100 кг) – также гибрид Воронежский 160 СВ (ФАО 160).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абсалямов, Ф.М. Урожайность гибридов кукурузы на зерно разных фирм в условиях южной зоны Оренбургской области / Ф.М.Абсалямов, Ю.В.Соколов / Известия Оренбургского ГАУ, 2017. - № 6 (68). – С.44-46.
2. Абылкасымов, Д.А. Потенциал развития молочного стада племзавода / Д.А. Абылкасымов, К.Ю.Сизова // Ресурсосбережение, приемы и способы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных / Сб.науч.тр. по мат. Междун. науч.-практ.конф. 12 – 14 января 2010 г. – Тверь: Агросфера Тв.ГСХА. – 2010. – С.65-67.
3. Агрохимия / П.М. Смирнов, Э.А. Муравин. М.: Колос, 1984. – 304 с.
4. Акинчин, А.В. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на формирование урожая и качества силоса кукурузы / А.В.Акинчин, Л.Н.Кузнецова, С.А.Линков, А.Г.Ступаков // Вестник Курской ГСХА. – 2012. - №8. С.50-52.
5. Андрееenko, С.С. Физиология кукурузы / С.С. Андрееenko, Ф.М. Куперман. – М.: Изд-во Московского университета, 1959. – 289 с.
6. Анкудович, Ю.Н. Эффективность длительного внесения удобрений в зернопаротравяном севообороте на дерново-подзолистых почвах севера Томской области / Ю.Н.Анкудович // Земледелие. – 2018. - № 2. – С.37 – 40.
7. Артюшин, А.М. Краткий справочник по удобрениям / А.М. Артюшин, Л.М.Державин. – М.:Колос, 1984. – 208 с.
8. Афанасьев, Р.А. Продуктивность зернотравяного севооборота при использовании разных систем удобрения / Р.А.Афанасьев, Г.Е.Мерзлая, И.В.Панкратенкова // Кормопроизводство. – 2013. - №2. – С.19-21.
9. Афендулов, К.П. Минеральное питание и удобрение кукурузы / К.П. Афендулов. - Киев, 1966. – 258 С. 14.
10. Афендулов, К.П. Удобрение под планируемый урожай / К.П. Афендулов, А.И. Лантухова. – М.: Колос. - 1978. – 237с.

11. Ахалбедашвили, Д.В. Способы посева, формирующие высокопродуктивные агроценозы гибридов кукурузы (*Zea mays L.*) на зерно в условиях Приамурья / Д.В.Ахалбедашвили. – Кормопроизводство. – 2017. - №11. – С.18-20.
12. Багров, М.В. Динамика кормопроизводства и уровни кормления крупного рогатого скота / М.В.Багров // Ресурсосбережение, приемы и способы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных / Сб.науч.тр. по мат. Междун. науч.-практ.конф. 12 – 14 января 2010 г. – Тверь: Агросфера Тв.ГСХА. – 2010. – С.139-142.
13. Багринцева, В.Н. Влияние доз азотного удобрения на урожайность гибридов кукурузы (*Zea mays L.*) / В.Н.Багринцева, И.Н.Иващенко // Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. - № 1. – С.13 – 18.
14. Багринцева, В.Н. Отзывчивость на азотное удобрение современных гибридов кукурузы в условиях Ставропольского края / В.Н.Багринцева, И.Н.Иващенко // Агрохимия. – 2015. - № 11. – С.45 – 50.
15. Багринцева, В.Н. Эффективность применения удобрений под кукурузу / В.Н. Багринцева, И.А. Шмалько, В.В.Букарев, В.С. Варданян // Кукуруза и сорго. – 2009. - №3. – С. 9-11.
16. Барановский, И.Н., Практикум по агрохимии / И.Н. Барановский, М.Н. Перевалов. Под редакцией И.Н. Барановского. 2-е изд., перераб. и доп. - Тверь, 2004. - 241 с.
17. Барановский, И.Н. Практикум по агрохимии: учебное пособие / И.Н. Барановский. 2-е изд., перераб. и доп. – Тверь: Тверская ГСХА, 2015. - 238 с.
18. Барановский, И.Н. Эффективность традиционных и новых видов органических удобрений в Центральном районе Нечерноземной зоны России / И.Н.Барановский. – Тверь: Тверская обл.типография, 2001. – 172 с.
19. Бацула, А.А. Органические удобрения / А.А. Бацула. - Киев: Урожай, 1968. - 184с.
20. Белаш, Т. Кукуруза на зерно / Т. Белаш. – Тула: Тульское кн. изд-во, 1959. – 56с.

21. Бельченко, С.А. Влияние системы удобрения на урожайность и качество зеленой массы кукурузы / С.А.Бельченко, И.Н.Белоус, М.Г.Драганская // Достижения науки и техники АПК. – 2011. - № 5. – С.59 – 61.
22. Бережной, И.Н. Программирование урожаев — важнейшая научная и производственная задача // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур.- Кишинев, 1976.- С. 3-8.
23. Благовещенский, Г.В. Производство объемистых кормов в изменяющемся мире / Г.В.Благовещенский, В.Н.Кутровский // Кормопроизводство. – 2011. - № 5. - С. 3 – 5.
24. Бондаренко, Н.Ф. Высокие урожаи по программе / Н.Ф. Бондаренко, Е.Е. Жуковский, А.С. Кашенко, А.Н. Небольсин, И.Б. Усков // Л: Лениздат, 1986.- 143 с.
25. Бузенова, В. Н. Методические рекомендации по дисциплине: Организация производства и предпринимательство в АПК / В.Н. Бузенова. – Тверь: Агросфера, 2010. – 35 с.
26. Бутов, И.С. Сельское хозяйство США / И.С.Бутов. – Кормопроизводство. – 2018. - № 1. – С. 3 – 5.
27. Буцорога, М.М., Бойко О.М. Влияние условий питания на динамику сухих веществ и химический состав кукурузы / М.М. Буцорога, О.М. Бойко // Тр. Укр. НИИ земледелия / УкрНИИ. - Киев, 1960. - № 10. - С. 78 - 81.
28. Вавилов, Н.И. Научные основы селекции полевых культур / Н.И.Вавилов // Избр.произв. – Л.: Наука, 1981. – С.92-113.
29. Влащук, А.М. Влияние приёмов агротехники на урожайность гибридов кукурузы различных групп спелости / А.М. Влащук, Н.Н.Прищепо, А.С.Колпакова // Вестник Белорусской ГСХА. - 2017. - С. 105-108.
30. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А.Васильев, Н.В.Филипова. – М.:Росагропромиздат, 1988. – 255 с.
31. Васин, В.Г. Продуктивность и кормовая ценность гибридов кукурузы при применении минеральных удобрений и стимуляторов роста в условиях Среднего Поволжья / В.Г.Васин, И.К.Кошелева // Кормопроизводство. – 2017. - №9. – С.40 - 43.

32. Волков, А.И. Продуктивность раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Чувашии / А.И.Волков, Н.А.Кириллов, Л.Н.Прохорова // Кормопроизводство. – 2014. - № 5. – С. 36 – 37.

33. Гангур, В.В. Продуктивность кукурузы на зерно в разноротационных севооборотах Левобережной лесостепи Украины / В.В.Гангур // Вестник Белорусской ГСХА. – 2017. - №2. – С.92-95.

34. Гатаулина, Г.Г. Растениеводство / Г.Г.Гатаулина, В.Е. Долгодворов, П.Д. Бугаев; под ред. Г.Г.Гатаулиной. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 608 с.

35. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 504 с.

36. Гофман, Л. Энергетическая оценка кормов для жвачных / Л. Гофман, Р. Шиманн // Использование питательных веществ жвачными животными. М., 1978. - С. 401.

37. Грушка, Я.Н. Монография о кукурузе / Я.Н. Грушка.- М.: Колос, 1965.- 750 с.

38. Гулидова, В.А. Эффективность и безопасное использование свиных стоков как органических удобрений полевого севооборота в условиях Белгородской области / В.А.Гулидова, В.А.Кравченко, В.Л.Захаров, О.А.Дубровина // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. - №3. – С.14-21.

39. Дегодюк, Э.Г. Влияние удобрений на процессы гуминификации в дерново-подзолистой почве Полесья УССР / Э.Г.Дегодюк, Н.В.Штупун, Н.А.Макаренко // Проблема гумуса в земледелии и использование органических удобрений. Тез. докл. Владимир, 1987. - С.61-62.

40. Дзанагов, С.Х. Реакция кукурузы на повышение уровня минерального питания / С.Х.Дзанагов, Б.Р.Ханикаев, Б.В.Гагиев и др. // Известия Горского ГАУ. – 2016. – Т.53. - № 3 – С. 8 – 13.

41. Державин, Л.М. Методы расчета доз удобрений / Л.М. Державин, Ш.И. Литвак. - М.: ВНИИ ТЭП агропром, 1985. - 79с.

42. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации//Указ Президента РФ от 30 января 2010 г. -№ 120. - Режим доступа: <http://mcx.ru/d°Cuments/d°Cument/show/14856.19.htm>.

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

44. Дронов А.В. Результаты экологического испытания гибридов кукурузы в условиях Брянской области / А.В.Дронов, В.Е.Ториков, В.В.Ланцев // Агроконсультант. - 2017. № 4. - С. 3-6.

45. Еремин, Д.И. Научно – обоснованный подход к системе удобрений – залог получения зерна кукурузы в лесостепной зоне Зауралья (аналитический обзор) / Д.И.Еремин, Е.А.Демин // Вестник ГАУ Северного Зауралья, 2016. - № 3 (34). – С.6-13.

46. Еськов, А.И. Повысить эффективность использования органических удобрений / А.И. Еськов // Земледелие, 2008. - № 4. – С. 18 – 19.

47. Еськов, А.И. Современное состояние и перспективы использования органических удобрений в сельском хозяйстве России / А.И. Еськов, С.М. Лукин, Г.Е. Мерзлая // Плодородие, 2018. - № 1. – С. 20-23.

48. Ефремова, З.С. Днепропетровский 141 ТВ в Подмосковье / З.С. Ефремова // Кукуруза и сорго. 1990. - № 2. - с. 14-15.

49. Жилиев, А.М. Агробиологическая оценка гибридов кукурузы в условиях Владимирской области / А.М.Жилиев, Е.Н.Закабунина, Н.А.Хаустова // Наука сегодня: проблемы и пути решения: Мат. межд.науч.-практ. конф.: в 3 частях. 2018. С. 150-151.

50. Зезин, Н.Н. Результаты внедрения зерновой технологии возделывания кукурузы в Среднем Урале / Н.Н. Зезин // Кормопроизводство. – 2018. - № 3. – С.11 – 15.

51. Зиновьев, А.В. Формирование продуктивности гибридов кукурузы и сроки уборки в условиях Среднего Предуралья: автореф.дис... канд.с.-х.наук: 06.01.01. / Зиновьев Аркадий Викторович. – Москва, 2018. – 20 с.

52. Иванов, А.Ф. Теория и практика программирования урожаев / А.Ф. Иванов, В.И. Филин // Земледелие. – 1984. - №5. – С.32-36.

53. Иващенко, И.Н. Урожай и окупаемость доз азотного удобрения зерном гибридов кукурузы / И.Н. Иващенко, В.Н.Багринцева, О.Д.Серова // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2017. - №8 (41). – С.44 – 46.

54. Измestьев, В.М. Гибриды кукурузы НПФХ "компания маис" (украина)в условиях республики Марий Эл / В.М.Измestьев, А.К.Свечников, Н.К.Ямалиева // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Лапшинские чтения: Мат. IX Межд. науч. - практ. конф. 2013. С. 102-104.

55. Интенсивная технология производства кукурузы / Сост. Н.В.Тудель. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 272 с.

56. Кадурина, А.А. Влияние густоты растений на фотосинтетическую деятельность и урожайность гибридов кукурузы / А.А.Кадурина, М.В.Орешкин // Аграрная наука сельскому хозяйству / Междунар.науч.-практ.конф, Алтайский ГАУ. – Барнаул, 2018. – С.311 – 313.

57. Каюмов, М.К. Программирование продуктивности полевых культур/ М.К. Каюмов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.

58. Каюмов, М.К. Программирование урожаев / М.К. Каюмов // Московский рабочий. – М., 1986. – 180 с.

59. Кидин, В. В. Практикум по агрохимии / В.В. Кидин, И.П. Дерюгин, В.И. Кобзаренко и др. — М.: КолосС, 2008. — 599 с.

60. Кидин В.В. Система удобрения / В.В. Кидин. — М.: РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. — 535 с.

61. Киреев, В.Н.Производство кукурузы на силос / В.Н. Киреев, М.А. Федин. - М.: Россельхозиздат, 1985. - 159 с.

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

63. Ключковский, В.М. Агрохимия: Учебник / В.М. Ключковский, А.В. Петербургский. М: Колос, 1964. 527 с.
64. Климашевский, Э.Л. Питание кукурузы на дерново-подзолистых почвах / Э.Л. Климашевский. -М.: Наука, 1964. - 111 с. 98.
65. Климашевский Э.Л., Физиологические особенности корневого питания разных сортов кукурузы в Нечерноземной полосе / Э.Л. Климашевский. - М.: Наука, 1966. - 150 с.
66. Климов, А.А. Программирование урожая: Постановка и обоснование проблемы / А.А. Климов, Г.Е. Листопад, Г.П. Устенко // Труды Волгоградского СХИ. – Т. 36. – Волгоград, 1971. – 574 с.
67. Коваленко, Н.Я. Экономика сельского хозяйства / Н.Я.Коваленко. – М.: ЭКМОС, 1998. – 448 с.
68. Коломейченко, В.В. К методике фотосинтетической деятельности в посевах сельскохозяйственных культур / В.В. Коломейченко // Труды Тульской государственной сельскохозяйственной опытной станции.- Тула: Приокское кн. изд.-во, 1972.- Т.4.- С. 198-210.
69. Коломейченко, В.В. Методические указания по изучению основных показателей фотосинтетической деятельности растений в посевах / В.В. Коломейченко. - Орел, 1987 – 9 с.
70. Корниенко, А.В. Кукуруза / А.В. Корниенко // Растениеводство. – М: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – С. 239 - 249
71. Кузнецов, Вл.В, Дмитриева Г.А. Физиология растений. / Учебник. – М.Высш.шк., 2006. 742 с.
72. Кукуруза и сорго: биология и технология возделывания / В.Е.Ториков, Н.М.Белоус, А.Ф.Дронов, В.В.Дьяченко. – Брянск, 2010. – 127 с.
73. Лаунг, С. Спелость кукурузы и тепловые единицы / С.Лаунг // Зерно. – 2006. - № 7. С.50 – 53.
74. Листопад, Г.Е. Теоретические основы программирования высоких урожаев и технология возделывания сельскохозяйственных культур / Г.Е. Листопад, А.Ф.

Иванов, В.И. Филин // Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия. – М.: Наука, 1983. – С. 185-192.

75. Мелихов, В.В. Программированное возделывание кукурузы на орошаемых землях Нижнего Поволжья / В.В. Мелихов, Ю.П. Даниленко, А.Г. Болотин // Земледелие. – 2011. - №5. – С.37-38.

76. Мельцаев, И.Г. Влияние доз внесения и способов заделки торфонавозного компоста на плодородие почв Верхневолжья и урожайность культур прифермерского севооборота / И.Г.Мельцаев, С.Т.Эседулаев // Земледелие. – 2018. - № 7. – С.19 – 22.

77. Мерзлая, Г.Е. Действие и последствие систем удобрения с использованием навоза // Плодородие. – 2011. № 3. – С.16 – 19.

78. Мерзлая, Г.Е. Использование свиного навоза для удобрения сельскохозяйственных культур / Г.Е. Мерзлая, И.В. Щеголева, М.В.Леонов // Перспективное свиноводство: теория и практика - 2012 - №6 – 3 с.

79. Мерзлая, Г.Е. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново – подзолистой легкосуглинистой почве / Г.Е. Мерзлая, Г.А.Зябкина, Т.П.Фомина и др. // Агрохимия. - 2012 - №2 – С.37 – 46.

80. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой Текст. / Д.С. Филев [и др.]. Днепропетровск. - 1980.- 54 с.

81. Методические указания по оценке качества и питательности кормов / Сычев В.Г., Лепешкин В.В. - М., ЦИНАО, 2002 – 72 С.

82. Муравин, Э.А. Агрохимия / Э.А. Муравин, В.И. Титова. - М.: КолосС, 2009. - 463 с.

83. Муха, В. Д. Основы программирования урожайности сельскохозяйственных культур: учебное пособие / В.Д.Муха, И.С.Кочетов, В.Д.Муха, В.А.Пелипец. - М.: МСХА, 1994. – 252 с.

84. Налиухин, А. Н. Изменение агрохимических показателей дерново - среднеподзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивности культур севооборота при применении различных систем удобрения / А. Н. Налиухин, Д. А. Белозеров, А. В. Ерегин // Земледелие. - 2018. - №8. – С. 3 – 7.

85. Нарушев, В.Б. Растениеводство с основами семеноведения: Учебное пособие / В.Б. Нарушев. - Саратов: Изд-во Наука, 2012. – 180 с.

86. Никитишен, В. И. Взаимосвязи в питании кукурузы при длительном применении удобрений на серой лесной почве ополья / В. И. Никитишен, В. И. Личко // Агрохимия. - 2014. - № 12. - С. 10 - 23

87. Ничипорович, А.А. О свойствах посевов растений как оптической системы / А.А. Ничипорович // Физиология растений. – 1961. – Т.8. – №5. – С.536-546.

88. Ничипорович, А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений / А.А. Ничипорович // Физиология растений. 1977. - №8. – С. 38-44.

89. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович // 15 Тимирязевские чтения. М., 1956 – 94 с.

90. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное. / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. - Москва. 2003. - 456 с.

91. Носов, Н.М. «Царица полей» и проблемы северных территорий / Н.М. Носов // Сельскохозяйственные вести – 2009. - №4. – С. 22-24.

92. Оводков, А.Ф. Племенному заводу ЗАО «Калининское» – 50 лет / А.Ф.Оводков, П.П.Серов, Н.П.Сударев, Е.А.Воронина // Ресурсосбережение, приемы и способы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных / Сб.науч.тр. по мат. Междун. науч.-практ.конф. 12 – 14 января 2010 г. – Тверь: Агросфера Тв.ГСХА. – 2010. – С.51-53.

93. Оксененко, И.А. Кукуруза на дерново-подзолистых почвах / И.А. Оксененко. - Воронеж: Центр.-Черноз.кн.изд-во, 1973. – 112 с.

94. Органические удобрения / А.А.Бацула, Э.Г.Дегодюк, В.И.Гималей и др. Под ред. А.А.Бацулы. – 2-ое изд. перер. и доп. – К.: Урожай, 1988. – 184 с.

95. Перспективная ресурсосберегающая технология производства кукурузы на зерно: Методические рекомендации / разработ. под рук. В.С.Сотченко. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 72 с.

96. Попов, П.Д. Агрохимическая наука – производительная сила / П.Д. Попов, // Агрохимический вестник. – 2001. - № 3. – С. 21 - 24.
97. Попова, С.А. Инновационные подходы к кормлению высокопродуктивных коров / С.А. Попова // Ресурсосбережение, приемы и способы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных / Сб.науч.тр. по мат. Междун. науч.-практ.конф. 12 – 14 января 2010 г. – Тверь: Агросфера Тв.ГСХА. – 2010. – С.96-98.
98. Посыпанов, Г.С. Растениеводство / Г.С.Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др. – М: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 612 с.
99. Посыпанов, Г.С. Растениеводство / Г.С.Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Г.В. Коренев и др. – М: "Колос", 1997. - 238 с.
100. Практикум по агрохимии / Под ред. Б. А. Ягодина — М.: Агропромиздат, 1989.- 511 с.
101. Практикум по земледелию/ И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев и др.- М.: КолосС, 2004. - 424с.
102. Практикум по технологии производства продукции растениеводства: учебник / В.А. Шевченко, И.П. Фирсов, А.М. Соловьев, И.Н. Гаспарян; под ред. Фурсовой А.К.. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 400 с.
103. Привалов, Ф.И. Развитие гибридов кукурузы разных групп спелости в зависимости от температурных условий / В.И.Привалов, Д.В. Лужинский, Н.Ф. Надточаев // Кормопроизводство. – 2018. - № 10. – С.4-10.
104. Прянишников, Д. Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР / Д.Н. Прянишников. - М.: Изд-во АН СССР, 1945. - 200 с.
105. Рассел, Э. Почвенные условия и рост растений / Э. Рассел. -пер. с англ. М.: Изд-во иностр. лит., 1955. – 623 с.
106. Растениеводство: учебник / П.В.Вавилов, В.В.Гриценко, В.С.Кузнецов и др. - М.: Колос, 1979. – С. 310-317.
107. Ратнер, Е. И. Минеральное питание растений и поглощательная способность почв / Е.И. Ратнер. - М.: Изд-во АН СССР, 1950. - 318 с.

108. Сабинин, Д.А. Физиологические основы питания растений / Д.А. Сабинин. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. - 512 с.

109. Самыкин, В.Н. Влияние элементов агротехники на продуктивность и качество кукурузы на силос / В.Н. Самыкин, В.Д. Соловиченко // Земледелие. - 2009. - №6. – С.29-31.

110. Свечников, А.К. Гибриды кукурузы НПФК «Компания Маис» (Украина) в условиях Республики Марий Эл / А.К. Свечников, В.М. Измestьев, Н.К.Ямалиева // Лапшинские чтения: материалы IX Междунар. науч.-практ.конф., посвящ. 85 – летию со дня рождения и памяти проф.С.А.Лапшина. Саранск. 18 – 19 апреля 2013 г. Ч.2. - С. 102-104.

111. Свечников, А.К. Фенологические характеристики современных гибридов кукурузы в условиях республики Марий Эл / А.К. Свечников, В.М. Измestьев, Е.А. Соколова, Н.А. Орлянский // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. - 2017. - № 19. - С. 56-58.

112. Семина, С.А. Влияние удобрений и регуляторов роста на продуктивность кукурузы / С.А.Семина / Кормопроизводство. – 2014. - № 6. – С.25 - 28.

113. Соколов, М.С. Санитарно – бактериологическая оценка почвы и органических удобрений / М.С.Соколов, Д.М.Соколов // Агрохимия. – 2014. - № 5. – С.3 – 20.

114. Соколова, Е.А. Урожайность и качество зеленой массы кукурузы при возделывании на дерново-подзолистой почве / Е.А.Соколова, В.М.Измestьев, А.К.Свечников // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. - 2017. - № 19. - С. 58-61.

115. Степанов, В.Н. Основные итоги работы Кафедры растениеводства и Опытной станции полеводства ТСХА с кукурузой / В.Н. Степанов, И.С. Шатилов // Изв. ТСХА. – 1996.- №1.- С.59-88.

116. Сусидко, П.И. Кукуруза / П.И. Сусидко, В.С. Циков. – Киев: «Урожай», 1978 – 295 с.

117. Суховеркова, В.Е. Инновационные рельсы бизнеса США / В.Е.Суховеркова. – Аграрный сектор. – 2014. - № 2. – С.102 – 104.

118. Сычев, В.Г. Диагностика минерального питания полевых культур и определение потребностей в удобрениях / В.Г.Сычев, С.А.Шафран, Т.М.Духанина. – М.:ВНИИА, 2018. – 220 с.

119. Тооминг, Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая / Х.Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 78 с.

120. Торилов, В.Е. Эффективность возделывания гибридов кукурузы на Юго-Западе Центрального региона России / В.Е.Торилов, О.В.Мельникова, В.В.Ланцев // Вестник Курской ГСХА, 2017. - №1. – С. 18 – 23.

121. Третьяков, Н.Н. Кукуруза в Нечерноземной зоне / Н.Н. Третьяков. – М.: Колос, 1974. – 224с.

122. Третьяков, Н.Н. Справочник кукурузовода / Н.Н. Третьяков, Ю.И. Чирков, В.Х. Зубенко и др. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 191с.

123. Тронева, О.В. Влияние основной обработки почвы при разных уровнях минерального питания на урожайность гибридов кукурузы в зоне неустойчивого увлажнения: автореф. дис. . канд. с.-х. наук (06.01.01) / Тронева Олеся Владимировна — Ставрополь, 2011. - 23 с.

124. Тудель, Н.В. Интенсивная технология производства кукурузы / Н.В.Тудель, Н.А.Кривошея, Н.И.Есепчук и др. - М.: Росагропромиздат, 1991. - 270 С.

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

126. Усанова, З.И. Влияние фона минерального питания и густоты стояния на урожайность и качество урожая раннеспелого гибрида кукурузы в Верхневолжье / З.И. Усанова, И.В. Шальнов// Кормопроизводство. – 2013. – №2.– С. 21-23.

127. Усанова, З.И. Инновационные подходы к кормлению высокопродуктивных коров / З.И. Усанова, Ю.С.Королева // Ресурсосбережение, приемы и способы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных /

Сб.науч.тр. по мат. Междун. науч.-практ.конф. 12 – 14 января 2010 г. – Тверь: Агросфера Тв.ГСХА. – 2010. – С.142-145.

128. Усанова, З.И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству / Учебное пособие / З.И.Усанова. – Тверь: Тверская ГСХА, 2015. – 143 с.

129. Усанова, З.И. Реализация биологического потенциала различных гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции / З.И.Усанова, Ю.Т. Фаринюк, М.Н. Павлов, Ф.Л. Блинов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология, 2018. - № 1. - С. 183-193.

130. Усанова, З.И. Резервы интенсификации производства кукурузы на силос в условиях Верхневолжья/ З.И.Усанова, Ю.Т. Фаринюк, М.Н. Павлов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. - 2018. - № 1 (34). - С. 79-83.

131. Усанова, З.И. Теория и практика создания высокопродуктивных посевов полевых культур / З.И. Усанова. – Тверь: ТГСХА, 1999 – 330 с.

132. Усанова, З.И. Технология возделывания кукурузы на силос с початками в молочно-восковой спелости в условиях Верхневолжья: учебное пособие под общей редакцией З.И.Усановой / З.И. Усанова, Ю.Т.Фаринюк, М.Н. Павлов – Тверь: Редакционно - издательский центр ТвГТУ. – 2018. – 111 с.

133. Устенко, Г.П. Агробιοлогические основы метода оптимального программирования урожая / Г.П. Устенко // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – Кишинев, 1976. – С.27-38.

134. Филин, В.И. Программирование урожая: от идеи к теории и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур / В.И. Филин // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. - 2014. - № 3 (35). - С. 26-36.

135. Филиппов, Г.Л. Пути дальнейшего повышения КПД фотосинтеза посевов кукурузы при достаточном увлажнении / Г.Л. Филиппов // Физиология и биохимия культурных растений. 1978. – Т.10. - №5. – С. 492-498.

136. Фирсов, В.И. Протеиновое питание коров с удоем 7 – 9 тыс.кг. молока в условиях Мурманской области / В.И.Фирсов, Л.Н.Кузьмина, О.В.Корбут, С.С.Кузьмин // Ресурсосбережение, приемы и способы повышения продуктивности

сельскохозяйственных животных / Сб. науч. тр. по мат. Междун. науч.-практ. конф. 12 – 14 января 2010 г. – Тверь: Агросфера Тв.ГСХА. – 2010. – С.100-109.

137. Фолькман, Е.Н. Кукуруза на корм производство и использование / пер. с англ. Е.Н. Фолькман. – М.: Колос, 1983. – 343 с.

138. Фролова, Л.Д. Оптимизация кормовых севооборотов с кукурузой / Л.Д.Фролова // Владимирский земледелец. – 2015. - № 1 (83). – С.26 – 29.

139. Харитонов, Е.Л. Сравнительные исследования использования соевого шрота и жмыха в рационах лактирующих коров в эквивалентных количествах по обменному протеину / Харитонов, Е.Л. // Молочное и мясное скотоводство. – 2018. - № 2. – С. 17 – 20.

140. Харламычев, М.А. Методика экономической оценки результатов исследований / М.А.Харламычев, А.Г.Шишкин // Методика полевых опытов с кормовыми культурами. – М., 1971. – 143 с.

141. Чеботарев, Н.Т. Эффективность длительного применения удобрений в кормовом севообороте / Н.Т. Чеботарев, Г.Т. Шморгунов // Земледелие. - 2009. - №5. С. 19 – 21.

142. Чекмарев, П.А. Влияние удобрений на пищевой режим почвы и химический состав зерна гибридов кукурузы / П.А. Чекмарев, В.Н.Фомин, С.Л.Турнин // Земледелие. – 2012. - № 8. – С.14 – 17.

143. Чекмарев, П.А. Воспроизводство плодородия - залог стабильного развития агропромышленного комплекса России / П.А. Чекмарев // Плодородие. – 2018. - № 1 (100). – С.4 – 7.

144. Шальнов, И.В. Программированное возделывание кукурузы в Верхневолжье с применением наноматериалов и биопрепаратов: Автореф... дис.канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Шальнов Иван Викторович. – С-Пб, 2016. - 22 с.

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

146. Шаманаев, В.А. Урожайность кукурузы на осушаемых почвах Нечерноземной зоны / В.А. Шаманаев // Химизация с.-х. 1988. - №11. - с. 56-60.

147. Шатилов, И.С. Принципы программирования урожайности / И.С. Шатилов // Вестник с.-х. науки.- 1973.- №3.- С. 8-14.

148. Шатилов, И.С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И.С.Шатилов, А.Ф.Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 320 с.

149. Шахов, А. А. Фотоэнергетика растений и урожай / А. А. Шахов. - М: Наука, 1993. - 416 с.

150. Шатилов, И.С. Постановка опытов и проведение исследований по программированию урожаев полевых культур / И.С.Шатилов, М.К.Каюмов. – М.: ВАСХНИЛ, 1978. – 66 с.

151. Шатилов, И.С. Экология и полевой опыт / И.С. Шатилов // Современное развитие научных идей Д.Н. Прянишникова. М.: Наука, 1991. - С. 64-74.

152. Шевченко, В.А. Совершенствование технологических приемов возделывания зерновых и пропашных культур в земледелии Центрального района Нечерноземной зоны: автореф. дис... доктора с.-х. наук: 06.01.01 / Шевченко Виктор Александрович. – Москва, 2004. – 45 с.

153. Шевченко, В.А. Формирование корневых систем и продуктивность зерновых и пропашных культур при разных технологиях возделывания: монография / В.А.Шевченко. – М., 2004. – 156 с.

154. Шпаар, Д. Кукуруза / Д. Шпаар, Г. Дрегер, Г. Крацш и др. – Минск: ФУАинформ, 1999 – 191 с.

155. Шпаар, Д. Кукуруза / Д.Шпаар, В.Шлапунов, А.Постников, В.Щербаков и др. – Минск: ФУАинформ, 1999 – 192 с.

156. Шпаар Д. Кукуруза (выращивание, уборка, консервирование и использование): учеб. - практ. руков. /Д. Шпаар, Г. Гинапп, Д. Дрегер и др.; под общ. ред. Д. Шпаара. — М.: ООО «ДЛВ Агродело», 2014. — 390 с.

157. Шульгин, И.А. Растение и солнце / И.А. Шульгин. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 251с.

158. Шульц, П. Ранние фазы развития кукурузы: факторы риска / П. Шульц // Наше сельское хозяйство. - 2016. - №5. - С. 57-61.

159. Шульц, П. Кукуруза на силос определяем срок уборки / П. Шульц // Наше сельское хозяйство. - 2016. - №13. - С. 45-47.
160. Benton, J. J. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis / J. J. Benton. London: Washington: CRC Press. - 2001. - 363 p.
161. Bhagsari, A.S. Relationship of photosynthesis and harvest index to sweet potato yield / A.S. Bhagsari, D.A. Ashley // J. Am. Soc. Hort. Sci. - 1990, Tl 15. - P.288-293.
162. Diepenbrock, W. Spezieller Pflanzenbau / W.Diepenbrock, G.Fischbeck, K.U.Heyland, N.Knauer. - Ulmer, Stuttgart, 1999. – 523 p.
163. Ehlers, W. Reduzierte Bodenbearbeitung – ökologische Folgen und ackerbauliche VDLUFA-Schriftenreihe, 35, 1992, p. 35 – 38.
164. Ehlers, W. Wasser in Boden und Pflanze: Dynamik des Wasserhaushaltes als von Pflanzenwachstum and Ertrag. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 1996. - 272 p.
165. Francis, C. et al. Agroecology: The ecology of food systems // Journal of sustainable agriculture. – 2003. – №. 3. – P. 99-118.
166. Geisler, G. Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Paul Paray, Berlin und Hamburg, 1983. 480 p.
167. Gray, T.P. Cap aux 200 quintal – xi hectare // Nouvel Arg. - 1986. – 6. – 21-22p.
168. Ghoneim, I.M. Effect of harvesting dates and potassium fertilization levels on vegetative growth, tuber yield and quality of Jerusalem artichoke / I.M. Ghoneim // J.Agric.&Env.Sci.Alex.Univ.,Egypt. – 2005. - №4 (2). – P. 37 – 57.
169. Hastings M.N. Towards a molecular biological calendar / M.N. Hastings, B.K. Follet // J. Biol. Rhythms. - 2001. - № 16. - P. 424-430.
170. Jager, F. Уборка силосной кукурузы по суммам температур / F.Jager // Кукуруза и сорго. - 2003. - №4. – С. 20-23.
171. Keener H.M., Henry I.E. Effect of row spacing and population of maize on light interception and yield // St/ Joseph, Mich. – 16 C. Paper – American Society of agricultural engineers (ASAE). 1985. 85-1020.
172. Keller E.R., Hanus H., Heyland K.Y (Hrsg.) Handbuch des Pflanzenbaus Bd. Grundlagen des Pflanzenbaues Gebundenes Buch. 1997. 750 p.

173. Körschens, M. Turnover of soil organic matter (SOM) and long term balances — tools for evaluating sustainable productivity of soils / M. Körschens, A. Weigel, E. Schulz // Pflanze- nernahr. Bodenk. – 1988. - №161. – P.409 – 424.

174. Loomis R.S., Willims W.A. Productivity and the morphology of crop stands patterns with leaves // Physiological Aspects of Crop Yield, Ed R.C. Dinauer, Madison, WisC. USA. - 1969. – P. 27-47.

175. Möller-Steinbach, Y. Flowering Time Control. / Y. Möller-Steinbach, C. Alexandre, L. Hennig / Plant Developmental Biology. - New York: Humana Press. - 2010. P. 229-237.

176. Rigby, D. Organic farming and the sustainability of agricultural systems / D. Rigby, D. Cáceres //Agricultural systems. – 2001. –№. 1. – P. 21-40.

177. Sage R.F. C4 plant biology / R.F.Sage, R.K.Monson // Elsevier, 1998. – 596 p.

178. Stevenson, C.K. Ontarion corn research achieves 293 bu yield // Better Crops. – 1986, - № 70. – P. 9.

179. Stanley, E.M. Environmental chemistry / E.M. Stanley. - London; New York : CRC Press. - 2010. – 783 p.

180. Taiz, L. Plant Physiology / L. Taiz, E. Zeiger // 4th ed., Sinauer Ass^oCiates InC.. - 2006. - 765 p.

181. Videnovich, Z. Uticaj medurednog rastojanija `I gustine useva na prinos kukuruza / Z. Videnovich // Agron. Glasnik (Zagreb). – 1985. – Vol. 47 - № 5-6. – P. 17-22.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Товарные коэффициенты водопотребления кукурузы (Кв тов.) при получении
запрограммированных урожаев в разные годы (м³/ц)

Вариант (фактор А)	Год	Гибрид (фактор В)					В среднем
		Каскад 195 СВ (контроль)	Анжела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП} (контроль)	2016	1360	1283	1215	1468	1376	1340
	2017	1332	1194	798	1497	1446	1253
	2018	1100	1036	899	1112	1183	1066
	средн.	1264	1171	971	1359	1335	1220
2.КУ _В	2016	983	944	705	1050	997	936
	2017	1161	806	595	952	896	882
	2018	981	891	714	854	1003	889
	средн.	1042	880	671	952	965	902
3.ПУ с 2 % КПД ФАР	2016	1179	1057	900	1356	1197	1138
	2017	1120	999	934	1416	1150	1124
	2018	984	915	793	1068	1010	954
	средн.	1094	990	876	1280	1119	1072
4.ПУ с 2,5 % КПД ФАР	2016	1045	882	729	1179	1064	980
	2017	1099	1007	750	1055	937	970
	2018	842	734	586	1026	872	812
	средн.	995	874	688	1087	958	920
5.ПУ с 3,0 % КПД ФАР	2016	798	697	600	866	810	754
	2017	941	817	649	1185	1005	919
	2018	793	568	488	859	745	691
	средн.	844	694	579	970	853	788
6.ПУ с 3,5 % КПД ФАР	2016	697	590	515	787	706	659
	2017	772	622	533	880	781	718
	2018	671	520	416	598	664	574
	средн.	713	577	488	755	717	650

Средняя площадь листьев посева кукурузы, тыс.м²/га

Вариант (фактор А)	Год	Гибрид (фактор В)					В среднем
		Каскад 195 СВ (контроль)	Ангела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП}	2016	15,65	16,56	17,48	14,52	15,47	15,94
	2017	15,74	17,52	26,05	14,04	14,97	17,66
	2018	16,48	17,48	20,08	16,30	15,34	17,14
	средн.	15,96	17,19	21,20	14,95	15,26	16,91
2.КУ _В	2016	20,66	21,49	26,09	19,36	20,36	21,59
	2017	17,27	24,76	33,43	20,99	22,28	23,75
	2018	17,69	19,44	24,20	20,29	17,32	19,79
	средн.	18,54	21,90	27,91	20,21	19,99	21,71
3.ПУ с 2 % КПД ФАР	2016	18,28	20,36	23,85	15,98	18,01	19,30
	2017	18,94	21,19	22,52	15,14	18,45	19,25
	2018	18,68	20,05	26,63	17,22	18,19	20,16
	средн.	18,63	20,53	24,33	16,11	18,22	19,57
4.ПУ с 2,5 % КПД ФАР	2016	20,25	23,96	28,91	18,00	19,91	22,21
	2017	19,17	22,04	27,70	19,78	22,21	22,18
	2018	21,43	24,52	30,66	17,65	20,69	22,99
	средн.	20,28	23,54	29,09	18,48	20,94	22,46
5.ПУ с 3,0 % КПД ФАР	2016	26,08	29,81	34,58	24,07	25,70	28,05
	2017	21,83	25,10	34,33	17,41	20,46	23,83
	2018	22,94	31,15	36,25	20,76	23,63	26,95
	средн.	23,62	28,69	35,05	20,75	23,26	26,27
6.ПУ с 3,5 % КПД ФАР	2016	28,33	33,43	38,24	25,11	27,96	30,61
	2017	25,49	31,21	36,36	22,18	24,95	28,04
	2018	25,11	32,33	40,32	24,17	25,40	29,47
	средн.	26,31	32,32	38,31	23,82	26,10	29,37

Содержание абсолютно сухого вещества в зелёной массе вместе с початками, %

Вариант (фактор А)	Год	Гибрид (фактор В)					В среднем
		Каскад 195 СВ (контроль)	Анжела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
1.КУ _{БП}	2016	27,61	30,88	25,23	31,74	23,78	27,85
	2017	28,10	31,37	25,72	32,24	24,26	28,34
	2018	28,77	31,99	26,34	32,85	24,85	28,96
	средн.	28,16	31,41	25,76	32,28	24,30	28,38
2.КУ _В	2016	28,44	31,81	26,08	32,77	24,61	28,74
	2017	28,96	32,30	26,57	33,28	25,11	29,24
	2018	29,57	32,92	27,17	33,89	25,73	29,86
	средн.	28,99	32,34	26,61	33,31	25,15	29,28
3.ПУ с 2 % КПД ФАР	2016	27,12	30,48	24,83	31,54	23,38	27,47
	2017	27,61	30,96	25,32	32,03	23,87	27,96
	2018	28,23	31,56	25,93	32,63	24,46	28,56
	средн.	27,65	31,00	25,36	32,07	23,90	28,00
4.ПУ с 2,5 % КПД ФАР	2016	27,82	31,18	25,53	32,24	24,07	28,17
	2017	28,30	31,65	26,02	32,72	24,56	28,65
	2018	28,93	32,26	26,62	33,32	25,18	29,26
	средн.	28,35	31,70	26,06	32,76	24,60	28,69
5.ПУ с 3,0 % КПД ФАР	2016	27,87	31,53	25,65	32,29	24,05	28,28
	2017	28,37	31,72	26,14	32,79	24,63	28,73
	2018	28,98	32,34	26,74	33,38	25,26	29,34
	средн.	28,41	31,86	26,18	32,82	24,65	28,78
6.ПУ с 3,5 % КПД ФАР	2016	27,31	30,56	25,03	31,72	23,56	27,64
	2017	27,80	31,15	25,52	32,22	24,06	28,15
	2018	28,41	31,77	26,12	32,85	24,68	28,77
	средн.	27,84	31,16	25,56	32,26	24,10	28,18
В среднем		28,23	31,58	25,92	32,58	24,45	28,55