

На правах рукописи

**КРАВЧЕНКО Владимир Вячеславович**

**ПРОДУКТИВНОСТЬ УЛЬТРАРАННИХ И РАННЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ  
КУКУРУЗЫ И ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ИХ УБОРКИ НА СИЛОС В  
УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО И ЮЖНОГО УРАЛА**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель –  
доктор сельскохозяйственных наук  
Н. Н. Зезин

Екатеринбург 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Морфобиологические и экологические аспекты адаптации кукурузы в условиях Среднего Урала (обзор литературы) .....	8
1.1 Ботанико-биологическая характеристика кукурузы.....	8
1.2 Скороспелость кукурузы и критерии ее оценки .....	13
1.3 Продукционный процесс и критерии продуктивности кукурузы .....	19
1.4 Оптимизация сроков уборки кукурузы на силос в связи с фазой развития растений и качеством урожая .....	23
2 Программа, методика и условия проведения исследований .....	32
2.1 Программа исследований .....	32
2.2 Наблюдения, анализы и учёты .....	33
2.3 Почвенно-климатические условия.....	37
2.4 Погодные условия в годы исследований .....	41
2.5 Агротехника в опытах.....	45
3 Динамика развития различных по скороспелости гибридов кукурузы .....	47
3.1 Связь продолжительности периода «посев – всходы» с температурным фоном.....	47
3.2 Характеристика гибридов кукурузы по продолжительности периода «всходы – выметывание».....	50
3.3 Варьирование генеративного периода гибридов кукурузы .....	53
3.4 Взаимосвязь продолжительности вегетационного периода гибридов кукурузы с числом ФАО.....	56
4 Формирование морфологических признаков гибридов кукурузы.....	59
4.1 Линейный рост главного побега и высота растений.....	59
4.2 Число початков на 100 растениях и его связь с погодными условиями....	67
4.3 Число листьев как показатель скороспелости гибридов .....	69
4.4 Формирование листового аппарата и фотосинтетический потенциал различных по скороспелости гибридов кукурузы .....	71

5 Продуктивность и качество урожая различных по скороспелости гибридов кукурузы.....	76
5.1 Фракционный и химический состав, энергетическая ценность органического вещества .....	76
5.2 Силосная продуктивность гибридов кукурузы .....	90
5.3 Экологическая пластичность различных по скороспелости гибридов кукурузы и ее связь с продуктивностью .....	96
5.4 Влияние сроков уборки на продуктивность гибридов кукурузы .....	104
6 Экономическая и биоэнергетическая эффективность выращивания гибридов кукурузы на силос .....	112
6.1 Экономическая эффективность.....	112
6.2 Биоэнергетическая эффективность выращивания различных по скороспелости гибридов кукурузы .....	116
Заключение .....	118
Предложения производству .....	121
Библиографический список .....	122
Приложения .....	145

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследований.** Главной аграрной отраслью на Среднем Урале остаётся молочное животноводство, несмотря на снижение поголовья дойного стада крупного рогатого скота с 280 до 119 тыс. голов за период с 1990 по 2014 год. В регионе долгие годы средняя продуктивность одной коровы оставалась на уровне 3-3,5 т молока в год. Одна из причин – недостаток в рационе полноценного сухого вещества, сбалансированного по обменной энергии.

В настоящее время большинство сельхозпредприятий Свердловской области получают от одной коровы свыше 6 т молока в год. Основным условием достижения такой продуктивности является кукурузный силос с высоким содержанием сухого вещества, обменной энергии и транзитного крахмала.

Кукуруза является одной из ценнейших сельскохозяйственных культур. Ее роль трудно переоценить как в производстве зерна, так и объемистых кормов для сельскохозяйственных животных, и прежде всего крупного рогатого скота молочного направления. Кормовая ценность силоса зависит от содержания початков и зерна в урожае, степени его спелости к моменту уборки, содержания сухого вещества. Качественный силос должен содержать около 30 % сухого вещества, не менее 32 % крахмала, около 20 % сырой клетчатки, иметь коэффициент переваримости органической массы жвачными животными не ниже 75 % и в итоге не менее 10-10,5 МДж обменной энергии в 1 кг сухого вещества. Силосную массу с такими показателями можно получить только при уборке кукурузы в фазе не ранее молочно-восковой спелости зерна.

В последние годы отечественными селекционерами созданы ультраранние и раннеспелые гибриды кукурузы, достигающие восковой и даже полной спелости зерна значительно севернее границы ее традиционного возделывания. Однако для введения их в систему кормопроизводства Среднего Урала необходимы исследования по выявлению наиболее адаптированных к почвенно-климатическим условиям региона гибридов.

Исследования проводились в 2011-2013 годах в соответствии с тематическими планами научно-исследовательской работы ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» по теме «Изучить основные элементы технологии возделывания новых гибридов кукурузы в условиях Среднего Урала» и Института агроэкологии – филиала ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия» по теме «Биологические и технологические аспекты адаптации кукурузы как силосной и зерновой культуры в Зауралье». Закладка полевого опыта в двух почвенно-климатических зонах (лесолуговая Среднего Урала и северная лесостепная Южного Урала) обоснована необходимостью усиления варьирования внешних экологических факторов и возможностью получения более объективной характеристики гибридов за сравнительно короткий период исследований. В Институте агроэкологии исследования проведены под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора А. Э. Панфилова, а их результаты предоставлены в соответствии с договором о творческом сотрудничестве между двумя научными учреждениями (Договор № 03-11 от 09 февраля 2011 года).

**Цель исследований** – подбор адаптированных ультраранних и раннеспелых гибридов кукурузы, обеспечивающих производство высокоэнергетического силоса, и оптимизация сроков их уборки в условиях Среднего Урала.

**Задачи исследований:**

1. Изучить динамику роста и развития различных по скороспелости гибридов кукурузы в связи с варьированием гидротермических условий.
2. Выявить особенности формирования морфологических признаков гибридов кукурузы как функции скороспелости и факторов среды.
3. Установить влияние скороспелости и погодных условий на показатели качества зеленой массы кукурузы.
4. Оценить гибриды кукурузы по силосной продуктивности, экологической пластичности и стабильности.
5. Исследовать влияние сроков уборки на силос различных по скороспелости гибридов на величину и качество урожая.

6. Дать оценку экономической и биоэнергетической эффективности выращивания гибридов кукурузы на силос.

**Научная новизна.** В условиях лесолуговой и северной лесостепной зон Среднего и Южного Урала впервые проведена комплексная оценка ультраранних и раннеспелых гибридов кукурузы по фенологическим и морфологическим признакам, силосной продуктивности и адаптивности. Уточнены оптимальные сроки уборки различных по скороспелости гибридов кукурузы на силос с учетом их влияние на величину и качество урожая.

**Практическая значимость работы.** Полученные данные расширяют представления о потенциале силосной продуктивности кукурузы в условиях Уральского региона и позволяют повысить обеспеченность рационов дойного скота доступной обменной энергией при снижении себестоимости корма.

Производственная проверка и внедрение полученных результатов проведены в 2011 и 2012 году в «Агрофирме «Артемовский» Режевского района и в 2013 году в ООО «Агрофирма «Восточная» Байкаловского района.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Зависимость хозяйственно значимых признаков, продуктивности и качества урожая кукурузы от продолжительности вегетационного периода гибридов, ресурсов тепла и влаги.
2. Характеристика гибридов кукурузы по экологической пластичности и стабильности, оптимальные границы их параметров.
3. Зависимость урожайности и качества урожая различных по скороспелости гибридов от сроков уборки.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований доложены на всероссийских научных конференциях молодых ученых ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (Екатеринбург, 2011, 2014 г.), III Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи» (Курган, 2011 г.), региональной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационное развитие АПК Северного Зауралья» (Тюмень, 2013 г.),

международной научно-технической конференции «Достижения науки – агро-промышленному производству» (Челябинск, 2013, 2014 гг.).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 4 научных статьи, в том числе 2 в определённом ВАК издании.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация изложена на 160 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 6 глав, выводов и рекомендаций производству. Содержит 41 таблицу, 24 рисунка, 5 приложений. Библиографический список включает 246 источников, из них 17 – на иностранных языках.

# **1 МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА (обзор литературы)**

## **1.1 Ботанико-биологическая характеристика кукурузы**

Кукуруза (*Zea mays* L.) – перекрестноопыляющееся, однолетнее, раздельнополое, однодомное растение, относящееся к классу однодольных (Monocotyledoneae), подклассу лилии (Liliidae), надпорядку комелиновые (Commelinanae), порядку злаки (Poales), семейству мятликовых (Poaceae Barnh), подсемейству просовидных (Panicoideae), трибе маисовых (Maydeae) (Шмараев Г. Е., 1975; 225 Д., 2009). Некоторые исследователи причисляют кукурузу к подсемейству Andropogonodeae Dumort., трибе Andropogoneae, подтрибе Tripsacinae C. Presl (Андреев С. С., 1959; Грушка Я., 1965). К трибе маисовых относится род *Zea*, который имеет большое экономическое значение, род *Tripsacum*, используемый на кормовые цели, род *Euchlaena* – причисленный к наиболее близким сородичам кукурузы (Югенхеймер Р. У., 1979; Кашеваров Н. И., 2004). Кукуруза имеет много разновидностей, отличающихся по высоте, периодам роста, развития и форме зерновок (Zscheishcler J., 1984).

Кукуруза относится к злакам тропического происхождения, осуществляющим фотосинтез по энергетически эффективной схеме  $C_4$  (Вознесенский В. Л., 1977; Шпаар Д., 1999). При таком пути фотосинтеза углерод вначале фиксируется в дикарбоновых кислотах, затем поступает в цикл Кальвина. У  $C_3$ -растений первичная фиксация углекислоты происходит непосредственно в метаболических реакциях данного цикла, что снижает интенсивность фотосинтеза (Hatch M. D., 1966). В отличие от хлебов первой группы у кукурузы при фотодыхании расходуется мало углеводов, поэтому большая часть их используется для роста корневой системы и дает ряд преимуществ в формировании урожая и приростах биомассы (Овчинников Н. Н. и др., 1972; Вознесенский В. Л., 1988; Билич Г. Л., 2002).



Высокая интенсивность фотосинтеза связана с рядом морфологических особенностей кукурузы, к которым можно отнести сложное внутреннее строение листа, хорошо развитые механические ткани, особенность жилкования, выполненность стебля. Тип строения листа кукурузы, при котором вокруг проводящих пучков расположены хлорофиллоносные клетки обкладки, соприкасающиеся с радиально расположенными клетками мезофилла, называют корончатым или кранц-типом (Карпилов Ю. С., 1974; Билич Г. Л., 2002). Рыхлое строение основной ткани листа обеспечивает хороший газообмен и более полное использование света. Хорошо развитые механические ткани листа и сосудистые пучки по его краям придают прочность и обеспечивают быстрый отток ассимилятов, что определяет преимущество кукурузы по продуктивному потенциалу. Кроме того, в отличие от хлебов первой группы, жилки в листе кукурузы соединены поперечными анастомозами, а отсутствие центральной полости стебля создает высокую плотность сосудисто-волокнистых пучков и в сочетании с обильным жилкованием, что обеспечивает прямую связь генеративных органов растения с его корневой системой (Brown W. V., 1958; Прозина М. Н., 1962; Добычина Е. Г., 1970; Bednarz R. M., 1972; Вознесенский В. Л., 1977; Володарский Н. И., 1986; Вознесенский В. Л., 1988; Денеште Ж. Х., 2003).

При высокой интенсивности фотосинтеза для нормального роста и развития растений кукурузы требуется интенсивное солнечное освещение, оптимальный температурный, водный и питательный режимы.

Кукуруза относится к светолюбивым растениям и плохо переносит затенение, причиной которого могут стать загущенные посевы либо засоренность участка. При неблагоприятных условиях произрастания, даже при небольшом затенении, отмечается задержка наступления фенологических фаз, что ведет к потерям урожая (Грушка Я., 1965; Сусидко П. И., 1978; Гатаулина Г. Г., 1995). Регулировать освещенность растений в посевах можно такими агротехническими приемами, как размещение посевов на южных склонах, борьба с сорняками, соблюдение оптимальной густоты стояния растений (Ван дер Вин Р., 1962).

Высокая интенсивность фотосинтеза требует повышенного температурного фона в различные периоды вегетации, которые детально изучены рядом отечественных и зарубежных исследователей (Андреев С. С., 1959; Грушка Я., 1965; Куперман Ф. М., 1984).

По данным отечественных ученых И. А. Сикорского (1989), А. П. Устюжанина, А. Э. Панфилова (2004) в северной зоне кукурузосеяния температурный фон в большей степени, чем осадки, влияют на развитие кукурузы. В зависимости от скороспелости биотипа для прохождения цикла развития кукурузе необходима сумма активных температур от 1700 до 3120 °С (Петрова Н. Н., 1977; Ивахненко А. Н., 1990; Гатаулина Г. Г., 1995).

Семена кукурузы способны прорасти при температуре 10-12 °С (Сидоров Ф. Ф., 1957; Боголепов С. В., 1973; Киреев В. Н., 1985; Циков В. С., 1989; Мустяца С. И., 2005; Шпаар Д., 2009). Однако ряд авторов отмечает, что появление всходов возможно при 9-10 °С (Сикорский И. А., 1989) и даже при 4-8 °С (Белаш Т. И., 1960; Герасенко Б. И., 1962; Crevesoeur M., 1984; Кашеваров Н. И., 2004). Кратковременные весенние заморозки не оказывают губительного воздействия на проростки кукурузы, если при этом остается не поврежденной точка роста (Казакова Н. И., 2015). Осенние заморозки до -4 °С вызывают отмирание кукурузного растения независимо от сортовых особенностей (Шпаар Д., 1999).

Оптимальная дневная температура, необходимая для роста и развития растений кукурузы, колеблется от 22 до 25 °С. В ночное время допустимо снижение температуры до 18 °С. При снижении температуры до 10-12 °С замедляется рост корневой системы, угнетается гидролиз и снижается интенсивность дыхания в зародыше семени (Проценко Д. Ф., 1962; Капустин А. А., 1986; Шмараев Г. Е., 1999; Лукаткина А. С., 2002; Логинова А. М., 2012, 2023). Приросты вегетативной биомассы кукурузы прекращаются при температурах ниже биологического минимума, который составляет 10 °С.

Кукуруза имеет соцветия двух типов и, в отличие от других злаков, на ее растении параллельно идут два органогенеза – метелки и початка (Казакова Н.

И., 2015). В развитии мужское соцветие (метелка) проходит IX этапов органогенеза и зацветает на 5-7 сутки после выхода из раструба верхнего листа. В фазу цветения метелки температура воздуха выше 32 °С и низкая его относительная влажность высушивают пыльцу, которая теряет оплодотворяющую способность и приводит к череззернице (Чирков Ю. И., 1969; Сусидко П. И., 1978; Гатаулина Г. Г., 1995). Початок (женское соцветие) проходит в своем развитии XII этапов и зацветает на 2-3 дня позднее, поэтому в 95 % случаев происходит перекрестное опыление ветром (Куперман Ф. М., 1963; 1971; 1982; 1984).

Кукуруза по требованиям к влаге является мезофитом. Требовательность растений кукурузы к водному режиму объясняется высокой интенсивностью фотосинтеза. Расход воды на образование 1 центнера сухого вещества составляет 170-400 центнеров (Гудков И. Н., 1939; Олифер В. А., 1983; Пашенко А. А., 2004). Уровень урожайности кукурузы зависит от запасов влаги в почве в предпосевной период и от осадков в период вегетации, особенно в период «выметывание – формирование зерна» (Щербаков Б. И., 1961; Адиньяев Э. Д., 1988; Циков В. С., 1989; Фельгентрой К., 2007).

Основная потребность растений кукурузы в воде начинается с фазы 7-8 листа при резком увеличении роста вегетативной массы. Критическим по водопотреблению считается тридцатидневный период, который начинается за 10-14 дней до выметывания. В этот период главную роль играют осадки, так как растениями расходуется до 70% влаги необходимой для формирования урожая (Гудков И. Н., 1939; Югенхеймер Р. У., 1979; Володарский Н. И., 1986; Шпаар Д., 1999; Панфилов А. Э., 2004). Кукуруза хорошо использует осадки второй половине лета, когда для других зерновых культур они почти бесполезны. Эта особенность является положительной, так как максимум осадков в условиях Урала приходится на вторую половину вегетации (Толстов Н. В., 1921).

Требования к почвенным условиям у растений кукурузы невысоки, однако культура требовательна к уровню агротехники (Чирков Ю. И., 1962; Котов П. Ф., 1983). Наиболее подходящими для возделывания кукурузы являются черноземы и каштановые почвы, отличающиеся высоким содержанием органи-

ческого вещества (Сыкало Н. Г., 1966; Вороков Х. Х., 1996; Шпаар Д., 2012). Кукуруза дает удовлетворительные урожаи на почвах с нейтральной и слабокислой реакцией (Шевелуха В. С., 1986; Циков В. С., 1989). Устройство корневой системы отвечает требованиям быстрого и значительного выноса питательных веществ, что определяет высокую потребность растений кукурузы в элементах питания и их концентрации (Пеев Х. В., 1958; Образцов А. С., 1968; Шпаар Д., 1999; Лукашов А. Г., 2006). С 1 тонной зерна кукурузы из почвы выносятся 20-30 кг азота, 7-10 кг фосфора, около 26 кг калия (Zscheischler J., 1974; Петербургский А. В., 1981; Шевелуха В. С., 1986; Циков В. С., 1989; Барсуков С. С., 1991). Максимум потребления питательных веществ кукурузой совпадает с наибольшим водопотреблением (Толстов Н. В., 1921; Кудзин Ю. К., 1977; Фирсов И. П., 2005). Активное поступление азота происходит в фазу «выметывание – цветение початка» и прекращается к молочной спелости зерна. Основное потребление фосфора отмечается в период молочно-восковой спелости зерна, калия – за 10-12 дней до выметывания. По большей части вынос питательных элементов происходит во второй половине лета, это определяет устойчивую отзывчивость растений кукурузы на удобрения (Бахарева А. Ф., 1969; Брагин В. Н., 1993; Пестрикова Е. С., 2014).

Таким образом, кукуруза принципиально отличается от других злаковых культур уникальным комплексом признаков, которые напрямую связаны с эффективной схемой  $C_4$  – фотосинтеза. Это дает ряд преимуществ в формировании урожая, но обуславливает требовательность культуры к освещенности, температурному и водному режимам.

Вместе с тем благодаря широкой генетической изменчивости и высокая экологическая пластичность, обеспечивающих адаптацию кукурузы в широком диапазоне внешних условий, биологические требования ее могут колебаться с большой амплитудой, обусловленной варьированием комплекса взаимосвязанных биохимических, физиологических, морфологических и других признаков.

## 1.2 Скороспелость кукурузы и критерии ее оценки

Важнейшим направлением современной селекции кукурузы является создание раннеспелых и холодостойких гибридов, характеризующихся набором ценных морфологических признаков и биологических свойств растений, обладающих устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды (Орлянский Н. А., 2004; Зезин Н. Н., 2011). По мнению А. И. Супрунова (2009) гибриды кукурузы для северных регионов России должны опережать в развитии современные раннеспелые стандарты на 5-7 дней. Как правило, создание раннеспелых и ультраранних кукурузы сопровождается селекцией на пониженную уборочную влажность (Орлянский Н. А., 2004) и холодостойкость (Мадякин Е. В., 2009).

Кукуруза обладает чрезвычайно широким генетическим разнообразием по указанным признакам. На американском континенте продвижение культуры от экватора на юг и на север, а также в высокогорные районы Анд и Кордильер сопровождалось естественным и искусственным отбором на адаптивность к дефициту тепла. Наиболее скороспелыми и холодостойкими стали популяции кукурузы из Канады, района Великих озер, горных районов Чили, широко используемые как доноры этого признака в селекции.

После появления кукурузы в Старом свете этот процесс продолжился. Одним из источников скороспелости выступают местные популяции, возникшие в результате переселения населения из центральных районов России, Северного Кавказа и Украины в северо-восточном направлении (Герасенко Б. И., 1962; Шмараев Г. Е., 1975; 1999). Наиболее скороспелыми в мире формами кукурузы выступают сибирские сорта (Ильин В. С., 1995). Перечень таких скороспелых форм невелик и ограничивается в основном сортами Белоярое пшено, Белая ночь, Минусинка, Сибирячка, Первенец. Однако Ф. М. Куперман, В. И. (1972) Пономарев отмечают, что эти сорта характеризуются слабой облиственностью, низкорослостью главного побега с низким прикреплением початка, а также невысокими урожаями початков и зеленой массы. Перспективы даль-

нейшего использования такого материала осложняются сильной депрессированностью потомства от самоопыления, при значительной частоте летальных комбинаций (Гурьев Б. П., 1988; Мустяца С. И., 1993; Ильин В. С., 1995).

Эффективным подходом в селекции на скороспелость является отбор на раннее цветение с использованием в качестве исходного материала относительно позднеспелых популяций кукурузы, обладающих высокой комбинационной способностью (Супрунов А. И., 2008; 2009). Сокращение вегетационного периода у позднеспелых популяций кукурузы осуществляют методом рекуррентного отбора на раннее цветение. Одновременно может осуществляться отбор по морфологическим признакам (Панфилов А. Э., 2013).

Благодаря существенной модификационной изменчивости кукурузы скороспелость далеко не всегда можно считать постоянной характеристикой гибрида, предсказуемой при переносе из одной зоны в другую по какому-то одному критерию. Более точная оценка скороспелости может быть получена изучением гибрида в тех условиях, где предполагается его использование с применением комплекса критериев, объединенных общей шкалой (Панфилов А. Э., 2004).

Существует несколько критериев классификации кукурузы по скороспелости. Первый – это число дней от посева (либо всходов) до одной из фаз развития кукурузы (цветение, появление темного слоя на зерновке). Однако фазу развития достаточно сложно регистрировать, особенно фазы спелости, так как пожелтение оберток, образование темного слоя на зерновках не является адекватной оценкой из-за несинхронности физиологических процессов у различных гибридов и фитосанитарной обстановки (Шмараев Г. Е., 1999). Наиболее надежной является оценка по числу дней от всходов до цветения початков, хотя модификационная изменчивость в различных агроэкологических условиях трудно предсказуема (Бляндур О. В., 1975; Силантьев А. Н., 1988; Derieux M., 1988; Ильин В. С., 1995;). В основном это связано с длиной светового дня и реакцией растений кукурузы на данный показатель (Ван дер Вин Р., 1962; Чирков Ю. И., 1969; Мику В. Е., 1981).

Некоторые авторы (Асыка Ю. А., 1985; 1988; Мустяца С. И., 1993) считают наиболее надежным критерием скорости развития растений изменение влажности зерна. Однако полная спелость наступает при разной влажности зерна, которая может изменяться в достаточно широких пределах от 28 до 42,0 % (Hillson M. T., 1965; Иванова Е. С., 2008).

T.B. Daynard (1972), С.И. Мустяца (2005), С.И. Мистрец, Е. С. Иванова предлагают в качестве критерия скороспелости использовать время образования черного слоя клеток в плацентарной части зерновки. Г. Е. Шмараев отмечает, что точную дату появления такого слоя также трудно установить. Кроме того, не наблюдается четкой корреляции между этой фазой и влажностью зерна (Шмараев Г. Е., 1999).

Другим важным критерием является метод единиц Онтарио (Derieux M., 1988) согласно которому проводится подсчет суммы температур за вегетационный период. Однако Р. У. Югенхеймер (1979) отмечает, что данная оценка также не универсальна по причине влияния условий года и места выращивания. Кроме того, для различных зон возделывания разработаны множественные модификации метода Онтарио с использованием различных уровней отсчета, что, по мнению П. П. Домашнева и др., также оказывает влияние на конечный результат (Домашнев П. П., 2008).

Автором первой классификации в XIX веке стал Р. Parmentier, согласно которой кукуруза подразделяется на скороспелую и позднеспелую. Классификацию по внутренним закономерностям роста и развития растений предложила Ф. М. Куперман: очень скороспелые, среднеспелые, среднепоздние и поздние, объединенные в одну группу. Данные классификации слабо детализированы, поэтому малоприменимы для точного выбора гибрида для определенной зоны возделывания.

В 1954 г. на съезде Эукарпии в Белграде критерии сравнения со стандартом реализованы в виде шкалы ФАО (Derieux M., 1988). Шкала включает интервал чисел от 100 до 900, с первоначальным диапазоном в 100 единиц. Число ФАО, присваиваемое гибриду после испытания, само по себе не имеет биоло-

гического смысла, но разница между гибридами в 10 единиц ФАО говорит об их различиях по срокам цветения на 1 сутки на среднеевропейских широтах. При продвижении гибридов на север эта разница увеличивается пропорционально изменению длины дня (Панфилов А. Э., 2004). Поэтому в СССР требовалась более детальная систематизация гибридов с уменьшением интервалов ФАО для отдельных классов в целях более точной характеристики гибридов при продвижении в северные районы страны.

Для южной зоны бывшего СССР, южной и центральной Европы сохранен интервал в 100 единиц ФАО (Домашнев П. П., 2008). В 1989 году В. С. Циковым, Л. А. Матюхой предложена классификация с присвоением соответствующим классам скороспелости названия по числу ФАО: раннеспелые (100-199), среднеранние (200-299) и среднеспелые (300-399) (Циков В. С., 1989). По классификации Б. П. Гурьева, И. А. Гурьевой в составе класса раннеспелых гибридов дифференциация осуществлялась в интервале 50 единиц ФАО.

К преимуществам данной классификации относится возможность более конкретного ранжирования гибридов как внутри групп, так и на их границах. Эта классификация может использоваться в связи с широким обменом гибридами с зарубежными производителями для государственного и экологического испытаний. Однако оригинаторы не всегда располагают критериями четкого определения даты наступления полной спелости по причине отсутствия стандарта для каждой группы.

Наиболее детальной с узкими границами классов (30 единиц ФАО) является зональная классификация гибридов кукурузы, предложенная в 2004 году А. Э. Панфиловым, в основу которой положена связь хозяйственно полезных признаков кукурузы с ее скороспелостью. Группу раннеспелых гибридов автор делит на три самостоятельных класса: скороспелые (ФАО 100-120), ультраранние (ФАО 130-150) и раннеспелые (ФАО 160-180). Согласно приведенной выше классификации в условиях Зауралья для производства высокоэнергетического силоса рекомендовано использовать раннеспелый и ультраранний классы.



Следовательно, при подборе сортов и гибридов кукурузы для выращивания при ограниченных ресурсах тепла необходимо учитывать характер связей между длиной вегетационного периода и количественными признаками растения, определяющими его габитус – высотой растений, облиственностью, количеством початков на растении, кустистостью и т.д. (Шмараев Г. Е., 1999).

Число листьев является одним из главных критериев скороспелости биотипа (Кулешов Н. Н., 1933; Балюра В. И., 1959; Ильин В. С., 1982; Сикорский И. А., 1987; Панфилов А. Э., 1994;), которое варьирует от 8 до 24 (Глушина З. М., 1986), по ряду источников – до 48 листьев (Мустьяца С. И., 2005; Домашнев П. П., 2008). В начале 60-х годов в СССР была предложена классификация, критерием скороспелости в которой являлось число листьев на главном побеге (Герасенков Б. И., 1962; Балюра В. И., 1968), но позже были накоплены данные о варьировании данного признака в связи с изменением длины дня (Образцов А. С., 1968; Гурьев Б. П., 1988) колебаниями температуры, изменением густоты посева (Югенхеймер Р. У., 1979).

Число листьев на главном побеге кукурузы тесно связано с площадью листовой поверхности и обусловлено скороспелостью, поэтому позднеспелые сорта и гибриды потенциально более продуктивны. Однако многочисленными исследованиями по сортоиспытанию, проведенными на Урале, было подтверждено, что сдерживающим фактором распространения силосной культуры является ее позднее созревание (Кузнецов П. И., 1955; Макеев Н., 1955; Вершинин А. К., 1963; Корыстина Д. С., 2004; Панфилов А. Э., 2004). В условиях ограниченности по ресурсам тепла высокий потенциал позднеспелых и среднеспелых форм зачастую реализуется в меньшей степени, чем у скороспелых (Цымбаленко И. Н., 1983; Панфилов А. Э., 2004; Волошин В. А., 2009;).

Таким образом, адекватная оценка степени скороспелости форм кукурузы не может быть достигнута по одному какому-либо критерию. Поэтому в большинстве случаев удобны смешанные классификации с применением всех перечисленных критериев. Обзор классификаций кукурузы по скороспелости свидетельствует о неоднородности класса раннеспелых биотипов, принадлежность к

которому, по мнению ряда авторов, свидетельствует об адаптированности гибрида в северной зоне кукурузосеяния.

За последний период в селекции кукурузы на скороспелость получены значительные результаты. Эта тенденция отчетливо прослеживается в экологическом испытании, проводимом более тридцати лет в Курганской и Челябинской областях (Панфилов А.Э., 2014). Так, в первые десять лет исследований пик частоты распределения гибридов по скороспелости приходился на класс ФАО 180, а более 40 % испытываемых образцов входило в группу ФАО 170-190. На втором этапе обнаружен сдвиг частоты в сторону уменьшения чисел ФАО: около 40 % гибридов в испытании входит в интервал ФАО 140-160. На третьем этапе, в развитие этой тенденции, распределение частот характеризуется сдвигом максимума в диапазон ФАО 120-130.

Приоритет в адаптивной селекции на скороспелость принадлежит российским ученым. Так, сравнение многолетней урожайности отечественных и зарубежных гибридов кукурузы, выращиваемых в сельхозпредприятиях Центрального Черноземья, не выявляет существенных различий между ними (Орлянский Н. А., 2004). Основная причина заключается в принадлежности зарубежных образцов к гибридам интенсивного типа, адаптированных для безлимитных или близких к ним условиям и резко снижающих продуктивность на фоне засухи. В частности, с засухоустойчивостью отрицательно коррелирует признак быстрой отдачи влаги зерном при созревании, которым отличается большинство иностранных гибридов. Аналогичные выводы при сравнении российских и европейских гибридов делаются в условиях Зауралья (Панфилов А.Э., 2014).

Подбор гибридов по агроэкологическому принципу в каждом конкретном регионе имеет большое значение для выявления наиболее продуктивных, высокопластичных форм с комплексом необходимых хозяйственно-полезных признаков. Большой ассортимент гибридов, допущенных к использованию в Волго-Вятском и Уральском регионах, подчеркивает острую необходимость прове-

дения широкого экологического сортоиспытания для выявления лучших генотипов, пригодных для выращивания в условиях Среднего Урала.

Большое разнообразие биотипов ультраранней и раннеспелой групп ставит вопрос о необходимости изучения взаимосвязи между скороспелостью гибридов кукурузы и качеством силоса, а также об оптимальной продолжительности вегетационного периода кукурузы силосного направления использования.

### **1.3 Продукционный процесс и критерии продуктивности кукурузы**

Продукционный процесс растений представляет совокупность взаимосвязанных процессов, происходящих в растении, формирующих его урожай и зависящих от факторов внешней среды (Казакова Н. И., 2015). Ряд исследователей в XX веке занимался изучением взаимосвязи продукционного процесса с фотосинтетической деятельностью растений в комплексной теории (Куперман И. А., 1977; Быков О.Д., 1980; Ничипорович А. А., 1982; Zelitch I., 1982; Холл Д., 1983; Тооминг Х. Г., 1984; Андрианова Е. А., 2000; Гудова Л. А., 2009). Исследования кукурузного растения выявили высокую потенциальную продуктивность, которая является следствием прохождения фотосинтеза по энергетически эффективной схеме  $C_4$  (Прозина М. Н., 1962; Карпилов Ю. С., 1966; 1969; 1974; Вознесенский В. Л., 1977; 1988; Филиппов Г. Л., 1979; Билич Г. Л., 2002).

По урожайности биологической массы, универсальности использования и питательности кукуруза превосходит почти все зерновые культуры (Ерохина Г. А., 2003; Кашеваров Н. И., 2004; Сотченко В. С., 2009). По данным И. Н. Цымбаленко (1983), средние многолетние ресурсы тепла и влаги Зауралья могут обеспечить потенциальную продуктивность кукурузы до 160 центнеров сухой массы с гектара. Опыт работы Курганской НПС «Кукуруза», показывает, что за счет интенсификации технологии возделывания потенциальные возможности продуктивности кукурузы в условиях масштабного производства могут быть использованы на 70 % (Сикорский И. А., 1987; 1989).

В благоприятных условиях произрастания высокой продуктивностью отличаются позднеспелые формы, однако не всегда максимальная урожайность зеленой массы обеспечивает пригодность позднеспелого гибрида для получения качественного силоса (Сиротин Г. М., 1958; Ильин В. С., 1982; Гурьев Б. П., 1989; Хмарский Н. И., 1993). Имея максимальную урожайность зеленой массы, позднеспелые гибриды кукурузы не вызревают до молочно-восковой и восковой спелости в районах с недостаточной теплообеспеченностью, следовательно, характеризуются невысокой урожайностью сухой массы (Красковская Н. А., 2002). В связи с этим мнения о критериях оценки продуктивности кукурузы развивались. Ряд авторов считает, что наиболее информативным критерием является не урожайность зеленой массы, а сбор сухого вещества (Боголепов С. В., 1973; Погорелый Л. В., 1987). В. Н. Киреев, Е. В. Клушина, Н. П. Волков отмечают, что и сухая масса не всегда является объективным показателем продуктивности гибрида, если не учитываются различия в качестве сухого вещества по фазам развития, а также возможные потери питательных веществ при силосовании зеленой массы с различной влажностью. В связи с этим гибриды предлагается оценивать по сбору обменной энергии или в кормовых единицах в расчете на готовый силос (Киреев В. Н., 1985).

Г. Е. Шмараев (1999) связывает высокую продуктивность кукурузы с рядом количественных признаков растения, определяющих его габитус, в числе которых он отмечает высоту растения, количество початков на растении, кустистость, облиственность и т.д. Морфологические признаки обусловлены фенологическими сроками их формирования. Признаки, закладка которых приурочена к периодам листообразования и цветения (число листьев на главном побеге и початков на 100 растениях, высота главного побега и прикрепления початка, число зерен в початке), проявляются в фенотипе в прямой зависимости от продолжительности вегетационного периода и связаны с потенциальной продуктивностью (Панфилов А. Э., 2004). Фактическая же урожайность определяется выраженностью признаков, формирующихся на заключительных этапах органогенеза, поэтому в условиях ограниченной обеспеченности теплом между

потенциальной и фактической продуктивностью часто наблюдается отрицательная связь (Горбачева А. Г., 2015).

Количество листьев на главном побеге кукурузы обусловлено скороспелостью и тесно связано с площадью листовой поверхности, поэтому позднеспелые сорта и гибриды кукурузы потенциально продуктивнее, чем скороспелые (Образцов А. С., 1968; Гурьев Б. П., 1991). Общая поверхность листьев кукурузного растения в зависимости от сорта и агротехники составляет 0,3-1,5 м<sup>2</sup> (Шпаар Д., 2012). Результаты исследований, проведенных в северной лесостепи Зауралья показывают, что величина площади листовой поверхности зависит от скороспелости гибрида и увеличивается при возрастании числа ФАО. Начиная с фазы 5-7 листа, площадь листовой поверхности интенсивно увеличивается и достигает максимума к фазе выметывания. В последующие периоды развития отмечается спад динамики в связи с некрозом листьев нижних ярусов (Казакова Н. И., 2012).

Высоту главного побега при оценке потенциальной силосной продуктивности кукурузы в условиях Зауралья необходимо рассматривать как вторичный оценочный критерий, ограниченный группой скороспелости (Цымбаленко И. Н., 1998; Панфилов А. Э., 2004). Д. С. Корыстина (2004), Н. И. Казакова (2012) отмечают тесную положительную связь ( $r = 0,90-0,92$ ) высоты растений с длиной вегетационного периода. Однако связь продуктивности всего растения с его высотой не является в достаточной степени тесной и постоянной (Зубко Д. Г., 2009). Коэффициенты корреляции высоты растений гибридов кукурузы с урожаем сухого вещества и зеленой массы характеризуются как средние, а в остро засушливых условиях снижаются до уровня слабых (Казакова Н. И., 2013).

Высокая кустистость и многопочатковость могут оказывать влияние на величину и качество урожая силосной кукурузы в условиях Зауралья. Перечисленные полезные признаки можно рассматривать в качестве средства саморегулирования урожая, однако в условиях Урала они, как правило, слабо связаны с фактической урожайностью (Панфилов А. Э., 2012).

Выработка и распределение ассимилятов, которые накапливаются различными органами кукурузного растения в период его развития, по мнению А. А. Ничипоровича, Л. А. Кононенко, И. Е. Солдат оказывают влияние на накопление в них сухого вещества, следовательно, и на конечный урожай (Ничипорович А. А., 1982). Различия между сортами кукурузы чаще всего обусловлены разницей в скорости, с которой образующееся сухое вещество транспортируется из ассимилирующих тканей.

В фазе всходов распределение ассимилятов между корнями и надземной частью растений приобретает постоянный характер на весь последующий вегетативный рост. На начальных этапах развития накопление сухого вещества происходит в основном в листьях растений кукурузы. Доля листьев в общей биомассе растений в этот период наибольшая (Чирков Ю. И., 1969; Куперман Ф. М., 1972; Попова А. П., 1976; Кашеваров Н. И., 2004;).

При переходе к генеративной фазе происходит перераспределение ассимилятов в сторону оттока их к надземным органам кукурузы (Сюй-Фынь, 1959). После разворачивания всех листьев продукты ассимиляции накапливаются в стебле (Шпаар Д., 1999). В конце фазы цветения стебель примерно на 40 % состоит из водорастворимых углеводов. Отток запасных веществ в початок начинается с наступлением фазы формирования зерна и составляют в нем до 50 % сухой массы (Кашеваров Н. И., 2004).

Во время вегетации содержание сухого вещества в початках, листьях, стеблях и в растении изменяется по-разному, так как в процессе созревания меняется соотношение питательных веществ. Высокое содержание воды в молодом растении обеспечивает низкую энергетическую ценность корма (Петрова Н. Н., 1977; Фолькман Е. Н., 1983;). Содержание сухой массы в стеблях и листьях растёт до начальных стадий созревания, в початках – до полного созревания зерен. В целом растении кукурузы накопление сухого вещества продолжается до полной спелости. После оплодотворения рост растений кукурузы заключается в накоплении сухой массы в зерне. Максимальная накопление органического вещества достигается в фазу восковой спелости, когда образуется до

58 % сухой массы (Грушка Я., 1965; Сикорский И. А., 1968; 1990). Концентрация обменной энергии в растениях кукурузы возрастает по мере созревания. При этом содержание сухого вещества определяется концентрацией энергии в початках и их долей в растении (Куклина Л. А., 1982; Мустяца С. И., 2005).

Передвижение ассимилятов зависит не только от фазы развития растения, но и от внешних условий (Шпаар Д., 1999). Недостаток влаги в сочетании с воздушной засухой в период максимального ее потребления, вызывает увядание растений, снижение активности фотосинтеза, преждевременное отмирание листьев, нарушение процессов оплодотворения и формирования зерна (Грушка Я., 1965; Сусидко П. И., 1978; Тудель Н. В., 1991). Влияние недостатка воды во время цветения seriously сказывается на кукурузе зернового направления, но при этом может происходить увеличение массы стеблей. Сахара, которые обычно перемещаются в початок, остаются в стебле вследствие уменьшения размеров потребляющих тканей початка (Bunting E. S., 1957; Cooper J. P., 1977).

Таким образом, для понимания степени адаптации различных по скорости спелости гибридов кукурузы в северных районах кукурузосеяния необходимо исследовать морфологические и биохимические признаки растений во взаимодействии с продукционным процессом.

#### **1.4 Оптимизация сроков уборки кукурузы на силос в связи с фазой развития растений и качеством урожая**

Кукурузу можно рассматривать как идеальную культуру для силосования, поскольку у нее низкая буферная способность, а для удовлетворительного брожения до молочной кислоты в ней содержится достаточное количество водорастворимых углеводов (Даниленко И. А., 1962; Стафийчук А. А., 1970; Зубко Д. Г., 2009; Логинова А. М., 2012).

Сущность силосования заключается в изолировании от воздуха измельченной и плотно утрамбованной массе зеленых растений для интенсивного протекания биохимических и микробиологических процессов, в результате которых образуются молочная, уксусная и другие органические кислоты, подкис-

ляющие силосную массу до значения рН 4,2-4,3 и выступающие в качестве консервантов (Даниленко И. А., 1962). Невысокое содержание белка обеспечивает быстрое подкисление силоса до оптимальных значений, что сводит к минимуму (3-5 %) потери сухого вещества и обменной энергии в процессе брожения (Шпаар Д., 1999). Кроме органических кислот, консервирующими свойствами обладают диоксид углерода, образующийся в результате распада сахаров, и антибиотические вещества, выделяемые клетками растений и микроорганизмами (Соколов Ю. В., 2011).

Д. Шпаар (1999) отмечает, что в начальный период силосования (первая фаза), который длится сначала заполнения траншеи и до создания анаэробных условий, в силосуемой массе происходит смешанное брожение. В этот период наряду с дрожжами и молочнокислыми бактериями могут развиваться и нежелательные аэробные формы (часть гнилостных бактерий и плесени), которые тормозят процесс закисления. Вторая фаза силосования характеризуется созданием анаэробных условий, бурным развитием молочнокислого и дрожжевого брожения, в результате которого часть сахаров превращается в спирт. В этот период угнетается развитие нежелательных микроорганизмов. Накопление в силосе органических кислот и снижение рН до 4,0-4,2 происходит в заключительной фазе силосования. В хорошем силосе молочная кислота в 3-4 раза преобладает над уксусной, а масляная кислота отсутствует (Зубко Д. Г., 2009; Соколов Ю. В., 2011).

Закономерности силосования зелёной массы демонстрирует огромную роль скороспелости при выращивании гибридов кукурузы на силос, так как фаза развития растений оказывает влияние на качество и питательность силоса (Стафийчук А. А., 1970).

Влияние фазы развития на качество урожая кукурузы достаточно изученный вопрос (Григорьев Н. Г., 1989; Кашеваров Н. И., 2004; Аллабердин И. Л., 2005; Гетман Н. Я., 2013; Казакова Н. И., 2015;). Питательность корма обусловлена в первую очередь содержанием в нем сухого вещества. Правильным подбором гибридов по скороспелости, сроками посева и нормами высева можно



существенно повлиять на содержание сухого вещества в растениях и зерне, а также на величину и качество урожая (Надточаев Н. Ф. и др., 2012).

К моменту налива и созревания зерна в нем содержится значительно больше сухого вещества, чем в других органах растения. В початке в этот период влаги в зависимости от выращиваемого гибрида на 6-7 % больше, чем в зерне. Это обусловлено более высокой влажностью стержня, являющегося проводником влаги. Меньше всего сухого вещества содержится в листостебельной массе, что также связано с проводником влаги – стеблем. В итоге в зерне в 1,9-2 раза больше сухого вещества, чем в листостебельной массе. Корреляционный анализ показал, что содержание сухого вещества в зерне тесно связано с его содержанием в целых растениях (Надточаев Н. Ф. и др., 2012).

Поэтому при созревании кукурузы к молочно-восковой и восковой спелости наблюдается устойчивое снижение влажности силосуемой массы: зерна до 40-45 % (Иванова Е. С., 2012) всего кукурузного растения до 65-70 % (Даниленко И. А., 1962; Стафийчук А. А., 1970; Шмараев Г. Е., 1975) что, по мнению Н. И. Володарского, оказывает существенное влияние на процесс силосования и, прежде всего, на величину потерь органического вещества (Володарский Н. И., 1986). При влажности 65-70 % эта величина не превышает 10-20 %, в то время как при 80-85 % может достигать 40% и сопровождаться повышением кислотности силоса, с изменением соотношения в пользу уксусной и масляной кислот (Киреев В. Н., 1985; Панфилов А. Э., 2004). В результате уборка на ранних стадиях увеличивает долю неклассного силоса, снижая эффективность вскармливания и значительного расхода концентратов для его сбалансирования. Повышается кислотность силосуемой массы с дальнейшим переходом к спиртовому брожению. При этом сахара превращаются в газообразные вещества, а взаимодействующие углеводы и аминокислоты образуют полимеры, которые животными не усваиваются (Мерекенова Г., 1972; Бородин М. Ф., 1994). Дальнейшее развитие растений приводит к снижению влажности убираемой массы, тем самым блокируя развитие уксусно- и маслянокислых микроорганизмов. Следовательно, созревание кукурузы изменяет процесс силосования в

положительную сторону (Бондарев В. А., 1988; Дунаева В. С., 1990; Мадякин Е. В., 2009).

Вместе с тем потеря влаги зерном, а следовательно, и целым растением – процесс неравномерный. Восьмилетние исследования в северной лесостепи Зауралья показали, что в ее динамике отчетливо выделяются два этапа с различной скоростью потери влаги: на первом этапе наблюдается относительно быстрое снижение влажности, которое резко замедляется на втором этапе после достижения зерном влажности 40 % (Иванова Е. С., 2012). Также был сделан вывод о том, что на втором этапе (при влажности зерна ниже 40 %) потеря влаги зерном представляет собой в основном физический процесс, ход которого мало зависит от условий теплообеспеченности, но корректируется колебаниями относительной влажности воздуха. Из этого вытекает, что условием эффективного снижения влажности кукурузы является раннее начало этого процесса, большая часть которого должна пройти на благоприятном температурном фоне при низкой относительной влажности воздуха.

Важнейшим следствием развития растений кукурузы до оптимальных для уборки фаз зрелости является накопление сухого вещества и оптимизация его химического состава. Максимальное накопление сухих веществ достигается к концу восковой спелости, тогда как содержание золы и сырого протеина снижается (Zscheishcler J., 1984; Погорелых Л. В., 1987; Бондарев В. А., 1988).

По данным Д. С. Корыстиной (2004), максимальная урожайность сухой массы в условиях Челябинской области наблюдается среди гибридов достаточно широкого диапазона ФАО 110-190 при тенденции к снижению продуктивности по мере сокращения вегетационного периода. Колебания доли початков молочно-восковой и восковой спелости в урожае и содержания сухого вещества в зеленой массе ограничивают спектр адаптированных гибридов силосного назначения в условиях Зауралья группой ФАО 160 и ниже.

Изменения химического состава связаны с увеличением доли початков в целом растении с 15 до 60 % (Боголепов С. В., 1973; Киреев В. Н., 1985; Комарова Г. Е., 1989; Цымбаленко И. Н., 1998). По данным отечественных и евро-

пейских исследователей силос должен содержать 30 % сухого вещества, 10,8 МДж обменной энергии на 1 кг сухого вещества, минимум 32 % крахмала, не более 4,5 % сырой золы, коэффициент переваримости органической массы 75 %, минимум 20 % сырой клетчатки (Шпаар Д., 1999; Сотченко В. С., 2008; 2009; А. П. Шиндин и др., 2009).

С увеличением доли початков в общей массе кукурузного растения происходит интенсивное накопление количества неструктурированных углеводов (БЭВ), при этом количество структурных (клетчатка) напротив, снижается, что способствует увеличению урожайности зеленой массы и питательности до восковой спелости зерна (Стафийчук А. А., 1970; Книга М. И., 1982; Уилкинсон Дж. М., 1983; Володарский Н. И., 1986; Бондарев В. А., 1988; Садеков Б. С., 1990; Левахин Г. И., 1999). К этому времени накапливается 10,5-11,5 МДж/кг обменной энергии (Zscheishcler J., 1984; Казакова Н. И., 2015).

По данным С. А. Семиной, А. Г. Иняхина (2013), при низкой концентрации обменной энергии в организме животных – менее 9 МДж/кг сухого вещества – выход на высокую молочную продуктивность скота невозможен. В то же время кукуруза в Пензенской области на оптимальном технологическом фоне устойчиво обеспечивает получение энергонасыщенного корма – 10,9-11,6 МДж/кг сухого вещества.

Благодаря содержанию значительного количества транзитного амилазного крахмала кукурузный силос является идеальным кормом для жвачных животных. Главной отличительной особенностью кукурузного крахмала является его амилазная природа, что позволяет ему перевариваться не только в рубце крупного рогатого скота под действием микрофлоры, а энзиматически в тонком кишечнике и является очень эффективным с энергетической точки зрения (Шпаар Д., 1999).

Кукуруза, в отличие от других кормовых растений, увеличивает свою энергетическую ценность по мере удлинения вегетационного периода и достигает максимума в молочно-восковой и восковой спелости. По данным немецких ученых (Бахман К., 1982) в молочную спелость кукурузы сбор энергии состав-

ляет 4690 ЭКЕ<sub>крс</sub>/га (энергетическая кормовая единица для КРС), а в молочно-восковую и восковую увеличивается до 6130 и 6720 ЭКЕ<sub>крс</sub>/га соответственно. Питательность силоса увеличивается по мере увеличения доли початков в общей биомассе растений кукурузы. В фазу образования початков питательность 1 кг силоса составляет 0,16-0,18 корм. ед., в молочно-восковой – 0,18-0,20, восковой спелости – 0,25-0,30 (Семина С. А. и др., 2013). Раннеспелые гибриды в фазе молочно-восковой спелости содержат 0,98-1,0 корм. ед. – это обуславливается долей початков в зелёной массе (Богданов Г. А., 1981; Фолькман Е. Н., 1983).

Силос, заготовленный на этапе восковой спелости кукурузных зерен, в качестве корма обеспечивает животных энергией на 20 %, позволяя снизить расходы концентрированного корма, при этом продуктивность молочного скота не падает. Особенно полезен качественный кукурузный силос при кормлении высокопродуктивных коров, так как он обеспечивает потребность животных в энергии, способствуя получению молока в больших объемах и дает возможность заметно сэкономить на концентратах (Лебедев В. Б., 2005; Лазарев Н. Н., 2007; Кудряшов Е. В., 2014).

Преждевременная уборка заготавливаемой зеленой массы с влажностью 80-85 % приводит к потерям силосного сока при силосовании. Вместе с соком теряется до 10 % сухих веществ и до 80 % растворимых углеводов. В силосе из зеленой кукурузы теряется большая часть углеводов, что является основной причиной острого дефицита сахаров в зимних кормах. По данным И. Н. Цымбаленко, при силосовании зеленой массы кукурузы до фазы молочной спелости общие потери питательных веществ составляют свыше 30 % (Цымбаленко И. Н., 1998). А. Э. Панфиловым в ходе лабораторного эксперимента обнаружена тесная связь между влажностью силосуемой массы и потерями обменной энергии при силосовании с коэффициентом корреляции  $r = 0,82$  (Панфилов А. Э., 1992).

Совершенно иные процессы проходят при уборке зеленой массы кукурузы с влажностью 65-70 %. В период восковой спелости в растении содержится

оптимальное для силосования соотношение сахаров и протеина (1:1), успешно проходит образование молочной кислоты, что способствует минимизации потерь легкорастворимых сахаров. Кукурузный силос и другие виды кормов (фуражное зерно, зерностержневая смесь), убранные в фазу восковой спелости, отличаются высоким содержанием обменной энергии и высоким качеством. Различна и энергетическая ценность органов кукурузы. В зерне она приближается к 14 МДж, а в листьях – к 9 МДж (Богданов Г. А., 1981; Горлов И. Ф., 2014). Поэтому общая энергетическая ценность кукурузного растения зависит от доли зерна в зеленой массе, а следовательно, от фазы развития в момент уборки.

Кукуруза – единственная из злаковых культур, у которой максимальное значение величины и качество урожая сохраняется на протяжении нескольких недель (Попова А. П., 1976; Григорьев Н. Г., 1989; Алтунин Д. А., 2001). Это связано с тем, что наиболее ценная в питательном отношении часть урожая, а именно початок, развивается на боковом побеге с поздней динамикой, а его ткани остаются сравнительно молодыми до конца вегетационного периода. В связи с этим по мере развития кукурузного растения темпы накопления крахмала опережают накопление клетчатки. У остальных злаков клетчатка быстро накапливается в солоmine, приводя к снижению питательности сразу после молочной спелости зерна (Цымбаленко И. Н., 1998). По мнению ряда авторов (Гурьев Б. П., 1988; Грязнов А. А., 2002; Маматов Т. М., 2003), использование ремонтантных форм злаков, способных сохранять вегетативные органы зелеными до полной спелости зерна, позволяет улучшить химический состав листостебельной и общей массы растения при уборке на силос.

С развитием отечественной и зарубежной селекции постоянно расширяется спектр раннеспелых гибридов различных по времени наступления фаз спелости зерна. Это обстоятельство требует подробного изучения сроков посева и уборки в конкретном регионе их использования. В Свердловской, Курганской, Челябинской областях и других ближайших регионах неоднократно рассматривались вопросы о сроках посева кукурузы, густоте стояния растений, выборе оптимальных гибридов и другие аспекты работы с данной культурой (Сикор-

ский И. А., 1987; Кошеляев В. В., 2003; Користина Д. С., 2004; Зезин Н. Н. и др., 2011; Казакова Н. И., 2012; Мингалев С. К. и др., 2013; Лазарев А. П., 2014). Вопрос же о сроках уборки кукурузы на силос на Среднем Урале остается не изученным.

При выборе сроков уборки кукурузы на силос следует учитывать не только группу спелости гибридов и фазу развития растений (Вольф В. А., 1993), но и климатические условия региона (Левахин Г. И., 1999). При выращивании кукурузы в районах с низкой теплообеспеченностью целесообразно выращивать более скороспелые формы, так как основным фактором, ограничивающим возможность достижения посевами фазы молочно-восковой и восковой спелости зерна в условиях Зауралья, являются ранние осенние заморозки в середине сентября (Панфилов А. Э., 2004).

Вопреки распространенному мнению, осенние заморозки не способствуют значительному снижению уборочной влажности зеленой массы. Как показали исследования в северной лесостепи Челябинской области, достоверное снижение содержания влаги наблюдается в основном в листья и верхних слоях обертки початка (Панфилов А. Э., 2008). Динамика влажности стебля, ножки и стержня початка, зерна под влиянием отрицательной температуры не изменяется, в результате общая влажность растения в течение 5-7 суток может снижаться лишь на 3-4 процента.

Кроме того, при наступлении плюсовых температур после замерзания растения быстро поражаются грибами и бактериями, листья высыхают, растения загнивают и ломаются, что приводит к большим потерям урожая (Горлов И. Ф., 2014). Поэтому, несмотря на то, что в фазе восковой спелости культура способна переносить заморозки до  $-4^{\circ}\text{C}$ , подмерзшую кукурузу на силос необходимо убрать в течение пяти дней.

Ряд исследований, проведенных в разные годы в северной лесостепи Зауралья, показывают, что оптимальными календарными сроками для уборки кукурузы на силос возможно считать конец августа – начало сентября. Однако условием гарантированного созревания зерна до молочно-восковой спелости к

этому времени является наступление фазы выметывания не позднее 25-30 июня, до восковой – 15 июля (Корыстина Д. С., 2004; Казакова Н. И., 2012).

Таким образом, кормовые достоинства силоса зависят прежде всего от содержания в массе початков и степени их спелости в момент уборки. Уборка сырья для кукурузного силоса на поздних стадиях развития определяет высокую энергетическую ценность зелёной массы и силоса, а также оптимальный состав сухого вещества. Приоритетной задачей в улучшении качества кукурузного силоса в северных районах кукурузосеяния является подбор гибридов по признаку скороспелости, а также оптимизация сроков уборки кукурузы на силос. Вопрос определения срока уборки кукурузы на силос в условиях Среднего Урала является решающим условием для производства высококачественного силоса и остается на сегодняшний день открытым.

## 2 ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Программа исследований

Для решения поставленных задач исследований в 2011-2013 годах проведен полевой опыт по экологическому изучению различных по скороспелости гибридов кукурузы на силос (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта (ФГБНУ Уральский НИИСХ, Институт агроэкологии – филиал ФГБОУ ВПО Челябинская ГАА, 2011-2013 годы)

Гибрид	ФАО	Оригинатор
Кубанский 101 МВ	120	НПО «КОС-Маис»
Росс 130 МВ	130	Краснодарский НИИСХ
Омка 130	130	Сибирский филиал ВНИИ кукурузы
Кубанский 141 МВ	140	НПО «КОС-Маис»
Обский 140 МВ	140	НПО «КОС-Маис»
Машук 150 МВ	150	Всероссийский НИИ кукурузы
Омка 150	150	Сибирский филиал ВНИИ кукурузы
Катерина СВ	170	Всероссийский НИИ кукурузы
Машук 170 МВ	170	Всероссийский НИИ кукурузы
Клифтон	180	KWS SAAT AG
Росс 140 МВ	180	Краснодарский НИИСХ
К 180 СВ	190	Всероссийский НИИ кукурузы

Опыт закладывался на Кольцовском опытном участке ФГБНУ Уральский НИИСХ и на опытном поле Института агроэкологии на территории Красноармейского района Челябинской области. Выполнение исследований в двух географических точках (лесолуговая зона Среднего Урала и северная лесостепная – Южного Урала) продиктовано необходимостью усилить варьирование хозяйственно-полезных признаков гибридов под влиянием среды для более объективной оценки их экологической реакции на абиотические факторы.

Для четырех различающихся по скороспелости гибридов: Кубанский 101 МВ (ФАО 120), Обский 140 СВ (ФАО 140), Катерина СВ (ФАО 170) и Росс 140 МВ (180) учет урожая проведен в четыре срока – 16 августа, 31 августа, 14 сентября и 28 сентября.



Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок рендомизированное, общая и учетная площадь делянки 28 м<sup>2</sup>.

## **2.2 Наблюдения, анализы и учёты**

Фенологические наблюдения проводились в четырех повторениях на десяти отмеченных растениях. Фиксировались следующие фазы развития кукурузы: всходы, седьмой лист, выметывание, цветение початка, молочная, молочно-восковая и восковая спелость зерна. Наступление фазы отмечалось при развитии ее у 70 % растений. Числа ФАО для изучаемых гибридов определяли по продолжительности периода «всходы – цветение початка» по методике, предложенной А. Э. Панфиловым (Панфилов А. Э., 2004).

Перед посевом в слое почвы 0-20 см определялись следующие физико-химические показатели: рН и гидролитическая кислотность потенциометрическим измерением активности водородных ионов; сумма поглощенных оснований, легкогидролизуемый азот, катионы Са и Mg определены – титриметрическим методом; содержание Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – фотометрическим методом, К<sub>2</sub>О – методом пламенной фотометрии.

Начиная с фазы 7-9 листьев и далее при наступлении каждой следующей фазы производился отбор растений для определения площади листовой поверхности трех контрастных гибридов – Кубанский 101 МВ, Омка 130 и Катерина СВ. Площадь листовой поверхности определялась методом растрового смешения по методике А. Э. Панфилова (2010).

Измерение высоты растений производилось начиная с фазы 7-9 листьев на десяти закрепленных растениях один раз в 10 дней до окончания роста главного побега; при последнем измерении определялись высота прикрепления початка и число листьев.

Учет урожая проводился сплошным поделяночным методом. На весах ВТ-8908-100 определялась масса снопа и початков (невыполненных и выпол-

ненных по фракциям, соответствующим фазам спелости зерна) при одновременном подсчете растений и початков.

При уборке проводилось формирование пробного снопа из случайно отобранных растений, который в лабораторных условиях разделяли на початки на следующие фракции: початки без обертки, стебли с ножками початков, листья с обертками. Каждый образец взвешивался и сдавался в аналитическую лабораторию для определения следующих показателей: первоначальная, гигроскопическая влага и зола – гравиметрическим методом, сырой жир – методом экстракции, общий азот по Кьельдалю, сырая клетчатка – удалением из продукта кислотощелочерастворимых веществ, сахар – эбулиостатическим, крахмал – поляриметрическим методом.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методами дисперсионного, корреляционного, регрессионного и пробит-анализа (Пискунов А. М., 2004).

Экологическую пластичность и стабильность гибридов определяли по методике G. C. S. Tai (Фрумин И. Л., Панфилов А. Э., 2000). Методика включает три этапа.

1. Оценка достоверности различий по факторам «генотип», «среда» и взаимодействия. Метод оценки – двухфакторный дисперсионный анализ. Общая дисперсия ( $mS_Y$ ) расчленяется на следующие дисперсии:  $mS_B$  – повторений,  $mS_V$  – вариантов,  $mS_L$  – условий (фактор L),  $mS_G$  – генотипов (фактор G),  $mS_{LG}$  – взаимодействия условий и генотипов (LG) и  $mS_E$  – дисперсию ошибки.

Конечная цель первого этапа – оценка достоверности различий по факторам "генотипы", "условия" и взаимодействию "генотипы-условия". По категории "генотипы" это позволяет сделать вывод о наличии достоверных различий в продуктивности изучаемых сортов; по категории "условия" – о существенных различиях в условиях вегетации в различных пунктах сортоиспытания. Достоверность взаимодействия "условия-генотипы" говорит о том, что изучаемые сорта по-разному реагируют на одно и то же изменение условий вегетации, а следовательно, обладают различной нормой реакции. Это дает исследователю

право перейти ко второму этапу анализа, на котором и проводится количественная оценка экологической пластичности и стабильности сортов.

2. Расчет параметров экологической пластичности и стабильности. Содержанием этапа является расчет линейной реакции генотипов на условия среды  $\alpha_i$  (параметр экологической пластичности) и отклонения линейной реакции  $\lambda_i$  (параметр экологической стабильности). Параметры  $\alpha_i$  и  $\lambda_i$  рассчитываются по следующим формулам:

$$\alpha_i = \frac{S'_i}{(mS_L - mS_B)/(r \cdot t)}; \quad (1)$$

$$\lambda_i = \frac{S''_i - \alpha_i \cdot S'_i}{(r - 1) \cdot mS_E/(r \cdot t)}. \quad (2)$$

Параметры  $S'_i$  и  $S''_i$  рассчитываются по формулам

$$S'_i = \frac{\sum l_j \cdot (X_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})}{c - 1}; \quad (3)$$

$$S''_i = \frac{\sum (X_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2}{c - 1}, \quad (4)$$

где  $X_{ij}$  – фактическое значение признака  $i$ -го генотипа в  $j$ -х условиях;  $\bar{x}_i$  – среднее значение признака  $i$ -го генотипа по всем пунктам (за все годы);  $\bar{x}_j$  – среднее значение признака в  $j$ -м пункте (в  $j$ -м году) по всем генотипам;  $\bar{x}$  – общее среднее значение признака по всем генотипам во всех пунктах (за все годы);  $c$  – число условий;  $l_j$  –  $j$ -й индекс условий среды ( $l_j = \bar{x}_j - \bar{x}$ ).

Параметр  $\alpha_i$ , является прямым показателем: чем выше его значение, тем наибольшей экологической пластичностью обладает гибрид, и наоборот, чем ниже значения параметра, тем более низкой пластичностью обладает данный гибрид. Параметр  $\lambda_i$  – обратный показатель: чем ниже его значение, тем выше экологическая стабильность сорта.

Параметры  $\alpha_i$  и  $\lambda_i$  сами по себе малоинформативны, так как не дают возможности объективной группировки исследуемых генотипов по пластичности и

стабильности, допуская лишь простое сравнение их. Для преодоления этого недостатка переходят к третьему этапу анализа.

3. Нормирование параметров и группировка генотипов. Для объективной группировки объектов по какому-либо параметру необходимо обозначить границы групп. Это, в свою очередь, требует обоснования нормирующих критериев, которые вытекают бы из самой сущности нормируемого параметра. Таким критерием при оценке генотипов по пластичности в методике Таі является парабола, уравнение которой имеет вид

$$\alpha_n = \pm q \sqrt{\lambda_n} \quad (5)$$

Свободный член уравнения  $q$  рассчитывается по формуле

$$q = T \cdot \sqrt{\frac{(r-1) \cdot mS_E \cdot mS_L}{(mS_L - mS_B) \cdot [(c-2) \cdot mS_L - (T^2 + c - 2) \cdot mS_B]}}, \quad (6)$$

где  $T$  – критерий Стьюдента на 5 %-ном уровне значимости для  $(c-2)$  степеней свободы.

Параболу и точки, соответствующие параметрам  $\alpha_i$  и  $\lambda_i$  каждого из исследуемых генотипов, наносят на плоскость координат. Классификация генотипов по пластичности определяется положением точек относительно параболы. Генотип, точка которого расположена ниже параболы, характеризуется как низкопластичный. К высокопластичным относят генотипы, точки которых лежат выше параболы, остальные генотипы оцениваются как среднепластичные (точки внутри параболы).

Классификация генотипов по стабильности проводится с помощью критерия Фишера, определяемого для числа степеней свободы

$$v = c-2 \text{ (для числителя); } w = c \cdot (r-1) \cdot (t-1) \text{ (для знаменателя),}$$

где  $c$  – число градаций фактора "условия",  $r$  – фактора "генотипы",  $t$  – число повторений. В графической интерпретации  $F$ -критерий образует так называемую линию доверия. Генотипы, точки которых лежат правее линии доверия, относят к низкостабильным, остальные – к высокостабильным.

Биоэнергетическую эффективность результатов исследований оценивали по методике РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева (2007) с использованием энергетических эквивалентов на машины и оборудование по (1987).

### **2.3 Почвенно-климатические условия**

Свердловская область находится в умеренных широтах. Суммарная солнечная радиация составляет около 90 ккал на 1 кв. см в год. Радиационный баланс – это разность между суммарной радиацией и ее потерями на отражение и тепловое излучение. Радиационный баланс положителен и составляет около 30 ккал на кв. см.

Характерная особенность Среднего Урала – большая изменчивость его климатических ресурсов не только в широтном, но и в меридиональном направлениях. Различные районы региона характеризуются следующими показателями: среднегодовая температура от 0,1 до 1,8 °С, годовая сумма 300-450 мм, температура самого тёплого месяца от +16 до +18 °С, самого холодного от -16 до -18 °С, высота снегового покрова 40 - 60 см.

В лесолуговой зоне сумма положительных температур за май-сентябрь составляет 1980-2200 °С, сумма эффективных температур выше +5 °С -1200-1350 °С, сумма осадков с мая по сентябрь-280-300 мм, с мая по июль – 153-185 мм. Продолжительность безморозного периода в воздухе в среднем 106-120 дней, минимальная – 35-60 дней. Средняя продолжительность периода с температурой +5 °С и выше – 159-172 дня, с температурой +10°С – 110-145 дней, с температурой +15 °С – 62-87 дней.

Распределение температур воздуха зависит от солнечной радиации, циркуляции атмосферы, рельефа и может сильно меняться по сезонам года. Анализ хода изотерм января показывает, что зимние температуры, особенно на юге области, зависят от частого поступления сюда воздушных масс с запада. Наблюдается понижение температуры к востоку и северо-востоку от -16 до -18 градусов.

Июльские изотермы на равнинах Западной Сибири направлены субширотно. На летний температурный режим определяющее влияние оказывает солнечная радиация. Самые высокие температуры на юго-востоке области: +18 градусов, на севере до +17 градусов. Изотерма +17 градусов опускается к южным границам области по восточным и западным предгорьям. Это означает, что на распределение летних температур оказывает влияние рельеф. В горах происходит понижение температуры с высотой. В среднегорьях на вершинах Северного Урала июльские температуры понижаются до +10...+12 градусов.

Распределение осадков определяется циркуляцией воздушных масс, рельеф, температура воздуха. Основную часть осадков приносят циклоны с западным переносом воздушных масс. В горах Северного Урала годовая сумма осадков составляет 800-900 мм, а на Среднем Урале и в западных предгорьях – 550-650 мм. Восточные предгорья получают осадков меньше – около 500 мм в год, равнины востока области – около 400 мм. Как видно, Уральские горы, даже низкогорье Среднего Урала, выполняют барьерную роль, задерживая большую часть осадков на своих склонах. Кроме того, восточная часть области испытывает более частое воздействие относительно сухих воздушных масс: арктического воздуха, континентального воздуха Сибири, тропического воздуха Средней Азии.

Максимум осадков на территории области приходится на теплый сезон, в течение которого выпадает около 60-70 % их годовой суммы. В зимний период образуется снежный покров, мощность которого на юго-востоке наименьшая – 45-50 см. В западных предгорьях на Среднем Урале она увеличивается до 70 см. Примерно такая же мощность снежного покрова на равнинах севера области. А наибольшей величины она достигает в среднегорьях Северного Урала – 90 см и более.

Продолжительность залегания снежного покрова составляет от 150-160 дней на юго-востоке области до 170-180 на севере и до 180-190 дней в горах Северного Урала. На высоких вершинах пятна снега в отдельные годы могут сохраняться в течение всего года.

Северная лесостепная зона Челябинской области представляет собой Зауральскую холмистую равнину, вытянутую с северо-востока на юго-запад и располагается на восточных отрогах Южного Урала и Западно-Сибирской низменности. Рельеф изменяется от полого увалистого, с отдельными хребтами на западе к возвышенно-равнинному на востоке (Козаченко А. П., 1997).

Климат зоны континентальный, характеризуется умеренно теплым вегетационным периодом. Сумма эффективных температур выше десятиградусного уровня составляет в среднем 2200-2300 °С. Этот период продолжается 120-130 дней – с 9-10 мая до 15-12 сентября. Однако безморозный период заметно короче – 100-110 дней, а на почве температура без заморозков бывает 90-105 дней. Устойчивый снежный покров устанавливается в середине ноября, достигает 30-40 см и сохраняется 150-160 дней (Синявский И. В., 2001).

Основными особенностями климата является холодная и продолжительная зима – 160-170 дней с частыми метелями, низкой температурой воздуха при бесснежье и малоснежье; теплое лето с периодически повторяющимися засушливыми периодами, короткие переходные сезоны с частыми заморозками. Резкие похолодания весной и осенью нередко сопровождаются обильными снегопадами, временным установлением снежного покрова, что на 5-7 дней может прекратить полевые работы как в мае, так и в сентябре.

В годовом цикле до 25 % осадков выпадает зимой, а на теплый период приходится 75 %. Самым сухим месяцем является февраль, а наибольшее количество осадков выпадает в июле. Годовое количество осадков превышает 400-450 мм, а за период активной вегетации растений их выпадает в пределах 240-250 мм. Основным источником водоснабжения растений в течение всего вегетационного периода является влага, накопленная в почве к весне. Влагозапасы в метровом слое почвы к моменту посева, как правило, достаточными для получения высоких урожаев – 140-170 мм (Синявский И. В., 2001).

Таким образом, условия Среднего и Южного Урала в целом характеризуются как не вполне благоприятные для роста и развития кукурузы. В лесолужной зоне первым лимитирующим фактором является умеренный температур-

ный фон. В северной лесостепи источником риска, наряду с периодическим дефицитом тепла, является умеренная засушливость климата, обусловленная не столько дефицитом летних осадков, сколько неравномерностью их распределения в течение периода вегетации. Условиями эффективного производства кукурузы здесь являются обоснованный подбор гибридов, применение адаптированных технологий, позволяющих максимально реализовать потенциал климата и минимизировать неизбежные колебания продуктивности и качества урожая сельскохозяйственных культур по годам.

Западно-Сибирской провинции лесолуговой зоны характерен равнинный и равнинно-увалистый рельеф. Спокойный рельеф и слабая дренированность обуславливают низкую величину годового стока, высокое стояние грунтовых вод, следствием чего является сильная заболоченность территории. Почвенный покров провинции очень неоднороден и в первую очередь определяется дренированностью территории. Почвы представлены серыми лесными оподзоленными, осолоделыми, лугово-черноземными и дерново-подзолистыми почвами, различными подтипами черноземов – оподзоленными, выщелоченными, обыкновенными (обычно солоцеватыми), а также солонцами, солончаками и солодками. Под сосновыми борами на песчаных почвообразующих породах представлены светло-серые лесные почвы.

Серые лесные почвы распространены в юго-западных юго-восточных лесостепных районах Среднего Урала. По цвету гумусового горизонта и по содержанию гумуса серые лесные почвы подразделяются на светло-серые, серые и темно-серые. Последние по степени оподзоленности относятся к слабооподзоленным, и не имеют четкого выраженного горизонта  $A_2$  (Селевцев В. Ф., 1972).

Серые лесные оподзоленные почвы особенно широко распространены в предгорной части лесостепи. Подтип темно-серых почв по содержанию гумуса мало уступает оподзоленным черноземам, но обладает менее благоприятной (кислой) реакцией, худшими физическими свойствами и низкими запасами элементов питания. Содержание гумуса в горизонте А серых и светло-серых



лесных почв значительно ниже, чем темно-серых. На склонах профиль серых лесных оподзоленных почв содержит много дресвы и щебня (Каретин Л. Н., 1977).

В почвенном покрове пахотных угодий Свердловской области большую часть составляют темно-серые лесные почвы и черноземы - 36,5 %. Меньший процент приходится на светло-серые - 13,1 % и дерново-подзолистые – 11,6 % .

На Кольцовском опытном участке исследования проведены на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве. Сумма поглощенных оснований в пахотном слое 29,1 мг-экв./100 г почвы, рН солевой вытяжки – 5,7. Содержание гумуса составляет в среднем 4,4 %, легкогидролизуемого азота 98 мг/кг почвы, фосфора – 131, калия – 114 мг/кг.

Почвенный покров территории северной лесостепи Челябинской области определяется развитием дернового, солончаково-солонцового и подзолистого процессов почвообразования, поэтому для этой подзоны характерно разнообразие почв (Синявский И. В., 2001). На всей территории преобладают черноземы выщелоченные, на них приходится 17,4 % общей площади, 45,5 % пахотных земель и 34,6 % сельскохозяйственных угодий. До 20 % приходится на черноземы обыкновенные (типичные и солонцеватые), в качестве интразональных почв встречаются солонцы, солончаки и солоды.

В Институте агроэкологии опыт закладывался на черноземе выщелоченном среднемощном среднегумусном тяжелосуглинистом с содержанием гумуса в пахотном слое 7,6 %, легкогидролизуемого азота 109 мг/кг почвы, фосфора – 172 калия – 135 мг/кг; рН солевой вытяжки 5,7.

Таким образом, почвы опытных участков типичны для соответствующих агроклиматических зон по основным агрохимическим свойствам.

## **2.4 Погодные условия в годы исследований**

Метеоусловия за период исследований в лесолуговой зоне были проанализированы по данным метеостанции «Исток», в северной лесостепной исполь-

зованы наблюдения метеостанции «Бродокалмак». Пункты исследований существенно различались по гидротермическим условиям.

По общей характеристике варьирование условий вегетации по годам в лесолуговой зоне было незначительным: средняя температура воздуха в период с мая по сентябрь колебалась от 14,7 до 15,3 °С, сумма осадков – от 274 до 302 мм (таблица 2), тем не менее анализ метеоданных по отдельным периодам позволяет выявить особенности их влияния на рост и развитие кукурузы.

В 2011 средняя температура воздуха за период вегетации на 0,6 °С превышала среднюю многолетнюю, однако это превышение обусловлено в основном теплой погодой в течение июня. Со второй декады июля установилась прохладная погода; похолодание, продолжавшее более 10 дней, сопровождалось периодическим снижением температуры воздуха до 11-12 °С при среднем значении ее за декаду около 14 °С. В третьей декаде июля наступило временное потепление, однако первая и третья декады августа также прошли на пониженном температурном фоне (соответственно 14,8 и 10,7 °С).

Таблица 2 – Температура воздуха и осадки в период исследований (лесолуговая зона, 2011-2013 гг.)

Год исследований	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Май-сентябрь
Температура воздуха, °С						
2011	12,0	18,0	17,2	14,1	12,1	14,7
2012	11,8	17,2	20,3	17,0	10,2	15,3
2013	13,5	14,9	19,9	16,8	10,2	15,1
Средняя многолетняя	11,7	16,7	17,9	14,9	9,2	14,1
Осадки, мм						
2011	54	100	67	18	41	281
2012	31	81	48	82	59	302
2013	41	62	53	66	52	274
Средние многолетние	46	75	87	70	52	329

Осадков за период вегетации выпало на 48 мм ниже нормы с незначительным дефицитом во второй половине июня и преимущественно при отсутствии их в течение августа. Таким образом, в целом 2011 год характеризовался периодическим недостатком тепла без значимых засушливых явлений.

В 2012 году умеренный температурный фон начала периода вегетации сменился жаркой и сухой погодой в конце первой декады июня. Засушливые явления с короткими перерывами наблюдались до начала третьей декады августа; за указанный период эффективные осадки (в сумме около 20 мм) выпали лишь третьей декаде июля. Таким образом, критический период водопотребления у большинства гибридов кукурузы проходил на неблагоприятном фоне увлажнения.

2013 год характеризуется как сбалансированный по ресурсам тепла и влаги: развитие кукурузы в течение всей вегетации протекало на умеренном, но бездефицитном температурном фоне и при относительно равномерном выпадении осадков. Это обеспечило закладку и реализацию сравнительно высокой силосной продуктивности кукурузы на всех стадиях роста и развития.

В северной лесостепи исследования проходили на более фоне контрастном метеорологическом фоне (таблица 3).

Таблица 3 – Температура воздуха и осадки в период исследований (северная лесостепная зона, 2011-2013 гг.)

Год исследований	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Май-сентябрь
Температура воздуха, °С						
2011	12,0	16,8	19,2	15,1	13,2	15,3
2012	14,1	19,8	21,3	18,0	11,0	16,9
2013	11,8	17,4	19,3	16,8	10,8	15,2
Средняя многолетняя	12,6	18,0	19,4	16,4	12,7	15,8
Осадки, мм						
2011	66	127	160	15	35	402
2012	19	21	10	41	40	130
2013	19	20	88	97	44	267
Средние многолетние	33	49	74	56	42	254

2011 год отличался обильным увлажнением первой половины вегетации: в июне сумма осадков превысила среднюю многолетнюю почти в три раза, в июле – более чем в два раза. Температурный фон был умеренным, но не лимитировал развитие кукурузы.

2012 год характеризовала еще более жесткая и затяжная засуха, чем в лесолуговой зоне. В течение трех месяцев (июнь-август) среднемесячная температура воздуха превышала среднюю многолетнюю на 1,6-1,9 °С, осадков за этот период выпало лишь 73 мм, причем более 40 мм из них – не раньше второй декады августа. Это привело к острому дефициту влаги практически на всех стадиях развития кукурузы: в период закладки генеративных органов, опыления и формирования зерна, кроме того, отрицательно влияло на габитус и вегетативную массу растений.

Для 2013 года характерен температурный фон, близкий к среднему многолетнему на протяжении всего периода вегетации. Сумма осадков за теплый период несколько превышала среднюю многолетнюю, однако в течение мая, июня и первой декады июля наблюдалась характерная для зоны периодическая

атмосферная засуха. Это не нанесло посевам столь выраженного ущерба, как в 2012 году, но, в сочетании с низкими запасами почвенной влаги, не позволило реализовать продуктивный потенциал кукурузы в той мере, как в лесолуговой зоне.

Сумма положительных температур выше 10 °С по годам и географическим точкам исследований за май-август варьировала от 1793 до 2093 градусов (таблица 4).

Таблица 4 – Суммы температур выше 10 °С и гидротермический коэффициент в период с мая по август (2011-2013 гг.)

Год исследований	Лесолуговая зона		Северная лесостепная зона	
	Сумма $t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	ГТК	Сумма $t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	ГТК
2011	1793	1,33	1887	1,86
2012	1853	1,31	2093	0,43
2013	1894	1,17	1900	1,17
Средние многолетние	1747	1,69	1889	1,25

Величина гидротермического коэффициента объективно характеризовала условия роста и развития кукурузы от влажных до засушливых лишь в северной лесостепи; в лесолуговой зоне он варьировал значительно слабее за счет более частых осадков, включая неэффективные.

Таким образом, условия вегетации в двух пунктах и в три года исследований отличались контрастностью, что обеспечило надежную оценку гибридов кукурузы по основным хозяйственно значимым признакам.

## 2.5 Агротехника в опытах

Предшественник кукурузы в опытах – яровые зерновые культуры. Основная обработка почвы – вспашка на глубину 18-22 см с одновременным выравниванием почвы средними боронами. Весной после закрытия влаги вносили фоновые удобрения из расчета  $N_{60}P_{60}K_{60}$  сеялкой СЗ-3,6. Предпосевная обработка почвы – культивация КПЭ-3,8 на глубину 6-8 см с боронованием. Пред-

посевная обработка семян – инкрустация баковой смесью витавакса (2 кг/т) и круизера (6 л/т).

Посев в лесолуговой зоне осуществляли 14 мая, в северной лесостепной – с 12 по 14 мая вручную с имитацией пунктирного способа посева на глубину 5-7 см с междурядьями 70 см. Норма высева – 90 тысяч семян на гектар. После посева проводили прикатывание кольчато-шпоровыми катками ЗКШ-6. Уход за посевами заключался в опрыскивании баковой смесью гербицидов Каллисто (250 мл/га) и Милагро (0,8 л/га) в фазу 3-4 листа у кукурузы ранцевым опрыскивателем (Jacto PJ-16) с расходом рабочей жидкости 200 л/га. Через 8-10 дней после применения гербицидов проводили междурядную обработку культиватором КОН-2,8 на глубину 4-6 см.

Уборку урожая проводили вручную; в лесолуговой зоне сроки уборки соответствовали схеме опыта, в северной лесостепной приходились на третью декаду сентября.

### **3 ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПО СКОРОСПЕЛОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ**

#### **3.1 Связь продолжительности периода «посев – всходы» с температурным фоном**

Первый критический период по отношению к температурному режиму у кукурузы наблюдается в процессе прорастания семян (Miedema P., 1982; Казакова Н. И., 2009). В северной зоне кукурузосеяния в этот период важную роль играет холодостойкость гибридов. Она может быть двух типов – физиологическая и полевая. Физиологическая холодостойкость связана с реакцией семян и проростков непосредственно на температурный фон, а полевая – еще и с устойчивостью к патогенам (например, к плесневению семян). Одним из признаков, по которому можно судить о степени холодостойкости гибрида кукурузы, является продолжительность периода от посева до полных всходов.

Условия прорастания семян в 2011-2013 годах не относятся к самым жестким по тепловому режиму, тем не менее наблюдаются существенные варьирования этого периода в зависимости от температурного фона (таблица 5). При анализе использованы данные по температуре воздуха, которая находится в тесной корреляции с температурой почвы и позволяет характеризовать термические условия прорастания семян в целом (Панов Г. А., 1999).

Минимальная продолжительность (8-9 дней) наблюдалась в 2012 году, при средней температуре воздуха в период прорастания 15,4-15,5 °С. В условиях лесолуговой зоны в 2011 и 2013 годах сложились практически одинаковые условия, характеризующиеся снижением температуры до 12-12,5 °С, что сопровождалось удлинением периода прорастания до 16 дней. В северной лесостепи 2013 год отличался более благоприятным температурным режимом, что привело к сокращению периода прорастания семян на 2 суток. По многолетним данным А.Э. Панфилова (2004) максимальная продолжительность этого периода может достигать 24-25 суток на фоне средней температуры около 10 °С. Вместе

с тем минимальное время прорастания семян кукурузы составляет 8-9 суток, так как за меньший период семена не успевают набрать влагу (Шпаар Д., 2012).

Таблица 5 – Продолжительность периода «посев-всходы» и температурный фон, 2011-2013 гг.

Год	Дата посева	Дата всходов	Средняя температура воздуха, °С	Продолжительность периода, суток
Лесолуговая зона				
2011	14.05	30.05	12,0	16
2012	14.05	23.05	15,4	9
2013	14.05	30.05	12,5	16
Северная лесостепная зона				
2011	12.05	29.05	11,7	16
2012	14.05	22.05	15,5	8
2013	12.05	27.05	13,2	14

Как показывает регрессионный анализ, со снижением средней температуры на 1 °С продолжительность периода от посева до всходов в обеих зонах увеличивается в среднем на двое суток (6, 7).

$$y_1 = 42,7 - 2,18x; r = -0,99; \quad (6)$$

$$y_2 = 41,6 - 2,15x; r = -0,99, \quad (7)$$

где  $x$  – температура, °С,  $y_1$  – продолжительность периода от посева до всходов (в сутках) в лесолуговой,  $y_2$  – в северной лесостепной зоне.

Уравнения регрессии в обоих пунктах испытания достаточно точно совпадают; кроме того, полученная зависимость хорошо согласуется с результатами анализа данных, полученных ранее в южной и северной лесостепных зонах Зауралья (Панфилов А. Э., 2010), поэтому, несмотря на малый объем исходных данных (трехлетние наблюдения в двух пунктах), ее можно рассматривать как частный случай общей закономерности, характерной для климатических условий Урала. Это дает возможность использовать данную зависимость для ретроспективного прогнозирования вероятности различных ситуаций.



Данные по погодным условиям за предыдущие 57 лет в период «посев – всходы» с использованием уравнений (6, 7) позволяют прогнозировать вероятность продолжительности этого периода в условиях Среднего Урала от 20 до 25 суток (на пониженном температурном фоне) на уровне 32 %, от 14 до 19 суток – 42 % и от 8 до 13 суток (в благоприятных условиях) – лишь 26 процентов (рисунок 1).

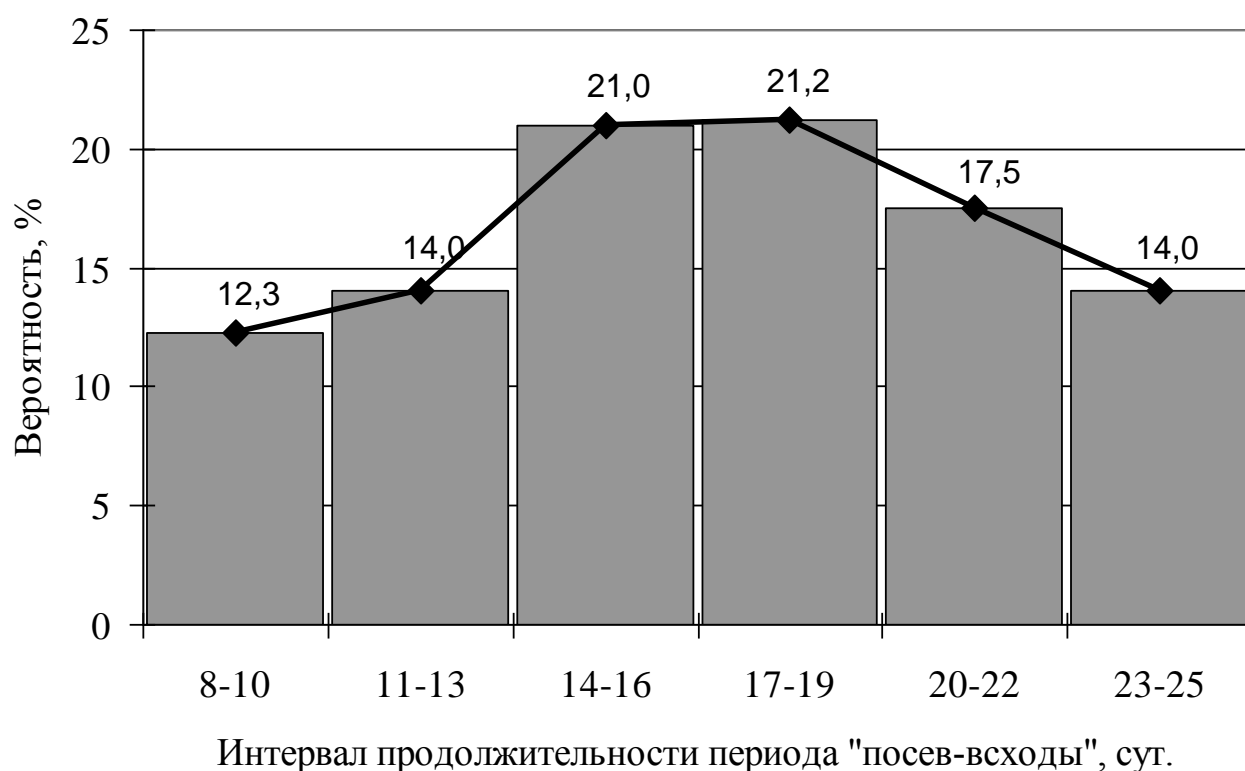


Рисунок 1 – Распределение вероятности ожидаемой продолжительности периода от посева до всходов

Таким образом, в большинстве случаев семена кукурузы в период прорастания испытывают средний или значительный температурный стресс, поэтому повышенная холодостойкость в ювенильном возрасте должна быть обязательной характеристикой гибридов, адаптированных к условиям Среднего Урала. Существенных различий между изучаемыми гибридами по продолжительности периода «посев – всходы» не установлено (приложение А).

Явных генетических различий по устойчивости к плесневым патогенам у кукурузы, как правило, не наблюдается (Боровская М. Ф., 1990) следовательно,

обязательным приемом при выращивании ее в регионе является обработка семян фунгицидом.

### 3.2 Характеристика гибридов кукурузы по продолжительности периода «всходы – выметывание»

Дальнейшее развитие гибридов также происходило в тесной зависимости от гидротермических условий. Так, средняя продолжительность периода от всходов до выметывания варьировала по годам от 46 до 55 суток (таблица 6).

Таблица 6 – Продолжительность периода «всходы – выметывание» в лесолуговой зоне (суток), 2011-2013 гг.

Гибрид	Число ФАО	Год исследований			
		2011	2012	2013	в среднем
Кубанский 101 МВ	120	40	37	36	38
Омка 130	130	45	40	38	41
Машук 150 МВ	150	49	46	40	45
Росс 130 МВ	130	52	48	41	47
Обский 140 СВ	140	51	48	46	48
Кубанский 141 СВ	140	52	51	48	50
Омка 150	150	55	48	48	50
Катерина СВ	170	55	52	51	53
Машук 170 МВ	170	59	50	51	53
Росс 140 МВ	180	70	51	50	57
Клифтон	180	66	54	54	58
К 180 СВ	190	65	64	54	61
В среднем		55	49	46	50
Средняя температура воздуха, °С		15,8	18,8	17,1	-

При этом колебания вегетативного периода не могут быть объяснены только изменением среднесуточной температуры воздуха: наиболее быстрое прохождение его отмечено в 2013, а не в 2012 году, когда наблюдалась максимальная температура. В качестве наиболее вероятных причин этой инверсии можно назвать острую атмосферную засуху 2012 года и периодическое превышение дневными температурами биологического оптимума для кукурузы, что в

совокупности приводит не только к снижению продуктивности, но и к затягиванию развития культуры (Derieux M., 1988). Наиболее позднее выметывание у всех гибридов отмечалось на пониженном температурном фоне в 2011 году.

Во все три года наблюдалась существенная дифференциация между гибридами по срокам выметывания. Наиболее раннее наступление фазы (в среднем на 38-41 день после всходов) характерно для гибридов Кубанский 101 МВ и Омка 130. В 2012-2013 годах аналогичные темпы развития показал гибрид Нур (приложения А, Б). Вторая группа с периодом «всходы-выметывание» 45-48 дней представлена гибридами Машук 150 МВ, Росс 130 МВ и Обский 140 СВ, близкие результаты показали также Кубанский 141 СВ и Омка 150. К третьей группе могут быть отнесены Катерина СВ и Машук 170 СВ. Наиболее позднее выметывание (в среднем через 57-61 дней после полных всходов) показали гибриды четвертой группы Росс 140 МВ, Клифтон и К-180.

Фенологические наблюдения не выявили точного соответствия между очередностью выбрасывания метелки гибридами и их характеристикой по классификации ФАО. Так, между гибридами одной группы ФАО Омка 130 и Росс 130 МВ разница в сроках выметывания составляла в среднем 6 суток, при этом Машук 150 МВ опережал в развитии гибрид Росс 130 МВ на два дня вопреки характеристике по ФАО (150 против 130 единиц у последнего). Это может быть следствием неодинаковой реакции на фотопериод (удлинение дня в условиях Среднего Урала). Аналогичные результаты приводит А.Э. Панфилов (2004) при сопоставлении чисел ФАО и фактических темпов развития отдельных гибридов кукурузы в условиях Южного Зауралья.

Кроме того, ряд гибридов проявлял специфическую реакцию на гидро-термические условия. Так, в 2011 году у гибридов Кубанский 101 МВ, Обский 140 СВ и Кубанский 141 СВ периоды от всходов до выметывания были лишь на 2-3 дня продолжительнее средних значений за три года, тогда как у большинства образцов – на 4-6, а у гибридов Клифтон и Росс 140 МВ – соответственно на 8 и 13 дней. В 2012 году значительное сокращение вегетативного периода на-

блюдалось у гибридов Машук 170 МВ, Росс 140 МВ и Клифтон, в то время как у К 180 СВ, напротив, произошло затягивание этого периода на 3 дня.

Таким образом, характеристика гибридов кукурузы по числам ФАО не является константной и требует уточнения в ходе экологического изучения образцов в конкретных агроэкологических условиях.

В северной лесостепной зоне различия по годам были менее контрастными (таблица 7): продолжительность периода от всходов до выметывания колебалась в среднем от 45 до 51 дня.

Таблица 7 – Продолжительность периода «всходы – выметывание» в северной лесостепной зоне (суток), 2011-2013 гг.

Гибрид	Число ФАО	Год исследований			
		2011	2012	2013	в среднем
Кубанский 101 МВ	120	43	43	35	40
Омка 130	130	48	46	42	45
Машук 150 МВ	150	50	49	40	46
Росс 130 МВ	130	49	47	41	46
Обский 140 СВ	140	49	49	44	47
Кубанский 141 СВ	140	49	49	44	47
Омка 150	150	48	52	46	49
Катерина СВ	170	53	53	50	52
Машук 170 МВ	170	51	52	51	51
Росс 140 МВ	180	55	51	49	52
Клифтон	180	57	55	51	54
К 180 СВ	190	59	58	52	56
В среднем		51	50	45	49
Средняя температура воздуха, °С		16,9	19,6	17,8	-

При этом в 2011 и 2013 годах этот период был короче, чем в лесолуговой зоне, соответственно на 4 и 1 дня благодаря более высокому температурному фону, а в 2012, напротив, на 1 сутки длиннее. Это связано с более выраженной засухой, сопровождавшейся частыми ситуациями (в сумме в течение 20 дней) с максимальной температурой воздуха выше биологического максимума для ку-

курузы (30 °C), что, также как и субоптимальные температуры, замедляет развитие растений (Derieux M., 1988).

### 3.3 Варьирование генеративного периода гибридов кукурузы

Продолжительность генеративного периода (от выметывания до молочной спелости) также зависела от температурного фона. Наименьшая продолжительность (в среднем 33 дня) отмечена на самом теплом фоне 2012 года, наибольшая (49 дней) – в 2011 году (таблица 8).

Таблица 8 – Продолжительность периода «выметывание – молочная спелость» в лесолуговой зоне (суток), 2011-2013 гг.

Гибрид	Число ФАО	Год исследований			
		2011	2012	2013	в среднем
Кубанский 101 МВ	120	40	35	42	39
Омка 130	130	50	33	45	43
Машук 150 МВ	150	50	28	46	41
Росс 130 МВ	130	51	31	46	43
Обский 140 СВ	140	50	36	41	42
Кубанский 141 СВ	140	51	33	39	41
Омка 150	150	50	30	39	40
Катерина СВ	170	50	31	39	40
Машук 170 МВ	170	50	33	39	41
Росс 140 МВ	180	51	33	39	41
Клифтон	180	50	31	40	40
К 180 СВ	190	50	34	40	41
В среднем		49	33	42	41
Средняя температура воздуха, °C		16,3	20,6	17,8	-

Различия между гибридами в это период проявляются значительно слабее, чем до выметывания. Так, амплитуда колебаний продолжительности периода «всходы – выметывание» между гибридами составляла в среднем 23 дня, тогда как периода «выметывание – молочная спелость» – лишь 4 дня. Исключение составил гибрид Кубанский 101 МВ в 2011 году, когда молочная спелость у него наступила до существенного снижения температуры воздуха во второй де-

каде августа – через 40 дней после выметывания. У остальных гибридов этот период частично проходил на пониженном температурном фоне, что увеличило его продолжительность до 50-51 дня.

Аналогичные результаты получены в северной лесостепи (таблица 9). Основное отличие, особенно заметное в 2011 году, состояло в меньшей продолжительности периода «выметывание – молочная спелость» благодаря более высокому температурному фону.

Таблица 9 – Продолжительность периода «выметывание – молочная спелость» в северной лесостепной зоне (суток), 2011-2013 гг.

Гибрид	Число ФАО	Год исследований			
		2011	2012	2013	в среднем
Кубанский 101 МВ	120	41	31	41	38
Омка 130	130	41	32	39	37
Машук 150 МВ	150	42	31	40	38
Росс 130 МВ	130	45	33	41	40
Обский 140 СВ	140	43	31	40	38
Кубанский 141 СВ	140	43	32	40	38
Омка 150	150	44	33	40	39
Катерина СВ	170	44	32	40	39
Машук 170 МВ	170	43	33	40	39
Росс 140 МВ	180	45	32	40	39
Клифтон	180	45	33	41	40
К 180 СВ	190	45	34	40	40
В среднем		43	32	40	39
Средняя температура воздуха, °С		17,6	20,9	18,2	-

По этой же причине еще менее выражены различия между отдельными гибридами. В частности, здесь не наблюдается заметного отрыва по времени достижения молочной спелости у гибрида Кубанский 101 МВ в 2011 году.

Как показывает расчет коэффициентов вариации, вегетативный период развития (от всходов до выметывания) во все три года варьировал по гибридам в средней степени, тогда как генеративный – в слабой (таблица 10). Следовательно, различия между гибридами формируются в основном до фазы выметывания, а вероятность достижения гибридом молочной спелости и последующих

фаз созревания зерна определяется сроками появления метелки и условиями, на фоне которых проходит первый период развития (в основном температурой воздуха).

Таблица 10 – Варьирование вегетативного и генеративного периодов и их корреляция с общей продолжительностью вегетационного периода у гибридов различной скороспелости, 2011-2013 гг.

Показатель	Период	Год исследований			
		2011	2012	2013	в среднем
Лесолуговая зона					
Коэффициент вариации, %	вегетативный	16,1	14,8	14,9	13,7
	генеративный	6,1	6,9	6,7	2,9
Коэффициент корреляции	вегетативный	0,97	0,95	0,94	0,98
	генеративный	0,73	0,09	-0,55	0,03
Северная лесостепная зона					
Коэффициент вариации, %	вегетативный	11,1	10,2	11,7	9,1
	генеративный	3,5	3,0	1,4	1,9
Коэффициент корреляции	вегетативный	0,94	0,97	0,96	0,94
	генеративный	0,21	0,29	-0,06	0,21

Это подтверждает и корреляционный анализ, проведенный для выявления зависимости общей продолжительности вегетационного периода от вегетативного и генеративного его этапов. Для первого этапа коэффициенты корреляции составили в среднем 0,94-0,98 (связь близка к функциональной) при стабильном значении по годам, для второго – лишь 0,03-0,21, что говорит об отсутствии заметной связи. Тесная связь между периодом «выметывание – молочная спелость» и вегетационным периодом в целом установлена лишь в лесолуговой зоне в 2011 году благодаря уже отмеченным особенностям развития гибрида Кубанский 101 МВ. Средняя связь в 2013 году статистически не доказана по критерию Стьюдента.

Таким образом, подбор адаптированных гибридов для Среднего Урала должен проводиться главным образом на раннее выметывание. Вместе с тем имеет значение и индивидуальная реакция отдельных гибридов на условия ве-

гетации в генеративный период, что приводит к некоторой дифференциации изучаемых образцов по его продолжительности в различные годы.

Восковая спелость зерна для условий Свердловской области не является гарантированной. В 2011 году на фоне дефицита тепла этой фазы развития достигли лишь гибриды с числом ФАО не более 170 (приложение А). Именно эти гибриды и представляют интерес для получения высокоэнергетического сырья для производства силоса, однако более адекватное заключение должно основываться на данных химического анализа урожая.

Еще менее вероятно достижение полной спелости – в 2012 и 2013 годах ее достигли только 4 гибрида (Кубанский 101 МВ, Машук 150 МВ, Омка 130, а также аналогичный ей по темпам развития Нур).

В северной лесостепи все гибриды ежегодно достигали восковой спелости, а получение полной спелости является вероятным в диапазоне ФАО 120-170 (приложение Б).

### **3.4 Взаимосвязь продолжительности вегетационного периода гибридов кукурузы с числом ФАО**

Согласно классификации гибридов кукурузы по шкале ФАО, различия между гибридами в 10 единиц соответствуют разнице в развитии на одни сутки для среднеевропейских широт (Dericieux M., 1988). Вместе с тем эта разница зависит от географической точки, что связано с различиями по ресурсам тепла и длине дня. Поэтому для отдельных регионов биологический смысл чисел ФАО требует уточнения. С этой целью проведен регрессионный анализ данных по параметрам «число ФАО» и «период всходы - молочная спелость».

Как показано на рисунке 2, во все три года исследований установлена тесная связь между числами ФАО и фактической продолжительностью исследуемого периода (коэффициенты корреляции колеблются по годам от 0,73 до 0,88). В то же время значения коэффициентов регрессии говорят о том, что для Среднего Урала на фоне дефицита тепла (2011 год) увеличение числа ФАО на каждые 10 единиц сопровождается задержкой в развитии гибрида более чем на



4 суток, а при высокой и достаточной теплообеспеченности (2012, 2013 годы) – на 1,8-2,3 суток, то есть в 2-4 раза больше, чем на среднеевропейских широтах.

В северной лесостепи 10 единиц ФАО соответствуют разнице в развитии гибридов на 1,6-2,1 суток (рисунок 3).

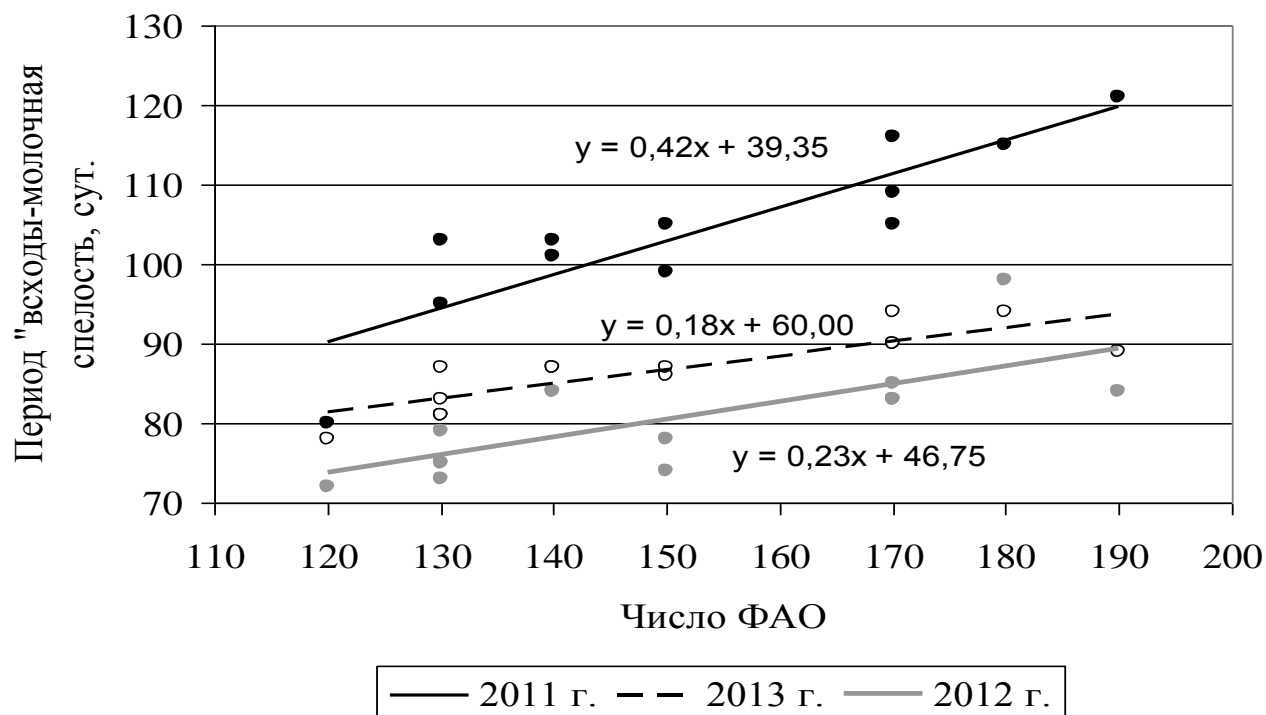


Рисунок 2 – Взаимосвязь между числами ФАО и продолжительностью периода от всходов до молочной спелости (лесостепная зона), 2011-2013 гг.

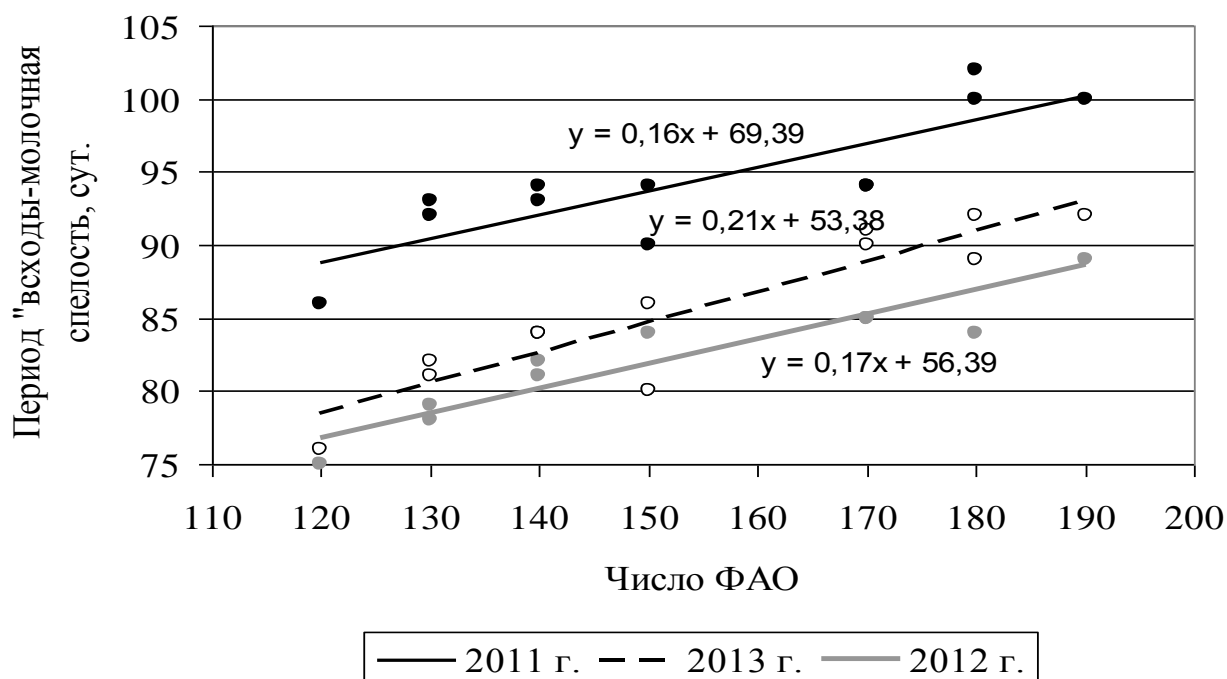


Рисунок 3 – Взаимосвязь между числами ФАО и продолжительностью периода от всходов до молочной спелости (северная лесостепь), 2011-2013 гг.

Близкие значения (1,6-1,7 суток на 10 единиц ФАО) показали и более ранние исследования в этом же экологическом пункте [Корыстина, автореферат]. Тенденция к уменьшению разницы между гибридами со смежными числами ФАО при продвижении с севера на юг прослеживается и в других почвенно-климатических зонах Урала. Так, в южной лесостепи Курганской области она составляет 1,4-1,5 суток (Панфилов А. Э., 2004).

Таким образом, для Среднего Урала установлена более значительная дифференциация смежных групп скороспелости по динамике развития, чем для условий Средней Европы и южных районов Уральского региона. Это позволяет предполагать бóльшие различия между разновременно созревающими гибридами и по степени реализации основных хозяйственно полезных признаков, что повышает требования к их отбору по продолжительности вегетационного периода.

## 4 ФОРМИРОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

### 4.1 Линейный рост главного побега и высота растений

Линейный рост главного побега в условиях Среднего Урала (лесолуговая зона) зависел от скороспелости гибридов и температурного фона. Так, при дефиците тепла в 2011 году максимальная скорость роста у гибрида Росс 140 МВ (ФАО 180) наблюдалась в интервале между 28 июля и 7 августа и составила около 6 сантиметров в сутки (рисунок 4). В дальнейшем наблюдалось постепенное снижение интенсивности ростовых процессов, которые прекратились около 22 августа – примерно через 14 дней после выметывания. Таким образом, на пониженном температурном фоне появление метелки не сопровождается завершением прироста главного побега, который некоторое время увеличивает высоту за счет интеркалярного растяжения междоузлий.

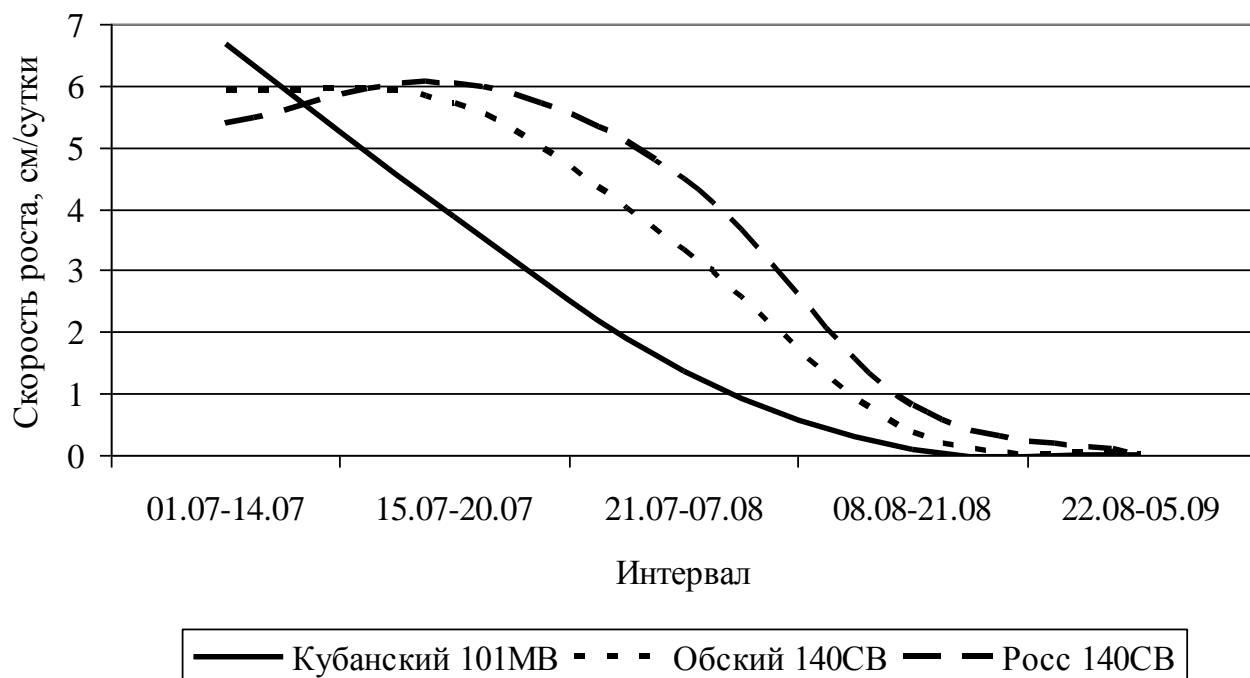


Рисунок 4 – Скорость линейного роста главного побега различных по скороспелости гибридов кукурузы, 2011 г.

Рост ультрараннего гибрида Обский 140 СВ (ФАО 140) происходил аналогично, но с опережением примерно на две недели. Наиболее скороспелый гибрид Кубанский 101МВ к началу наблюдений (1 июля) уже завершил стадию наиболее интенсивного роста. Другое отличие этого гибрида состояло в том, что максимальный отмеченный суточный прирост его главного побега был как минимум на 5 мм/сутки больше, чем аналогичные показатели двух других гибридов. Причиной этого могут быть более ранние сроки интенсивного роста – до затяжного похолодания, наступившего во второй декаде июля.

В 2012 году, на фоне засухи и высокой температуры воздуха, все три гибрида прошли стадию максимального роста уже к середине июня (рисунок 5).

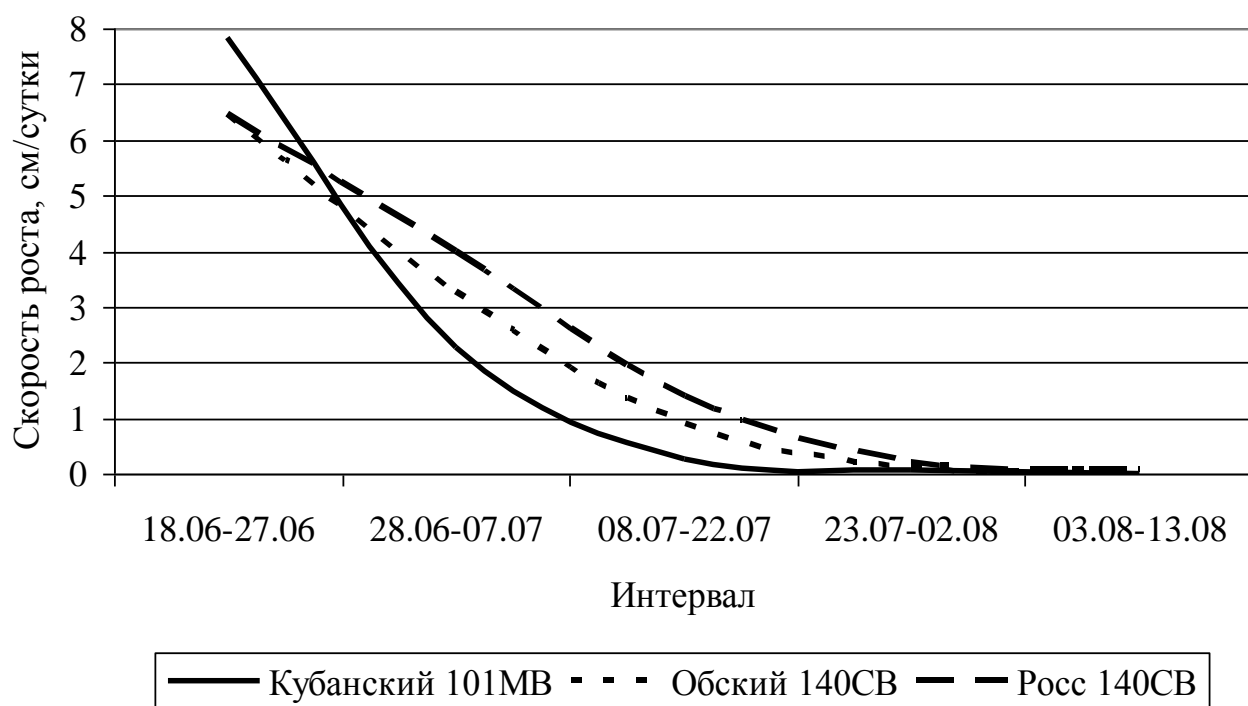


Рисунок 5 – Скорость линейного роста главного побега различных по скороспелости гибридов кукурузы, 2012 г.

Как и в предыдущем году, преимущество по максимальной скорости прироста показал Кубанский 101 МВ, но наиболее вероятная причина этого заключается, по-видимому, в том, что на стадии активного роста более скороспелый гибрид эффективнее использовал запасы почвенной влаги и осадки первой декады июня.

В 2013 году скорость роста у всех трех гибридов изменялась во времени также, как и в 2011 году, но, благодаря оптимальному температурному режиму, с опережением примерно в 10 суток (рисунок 6). Кроме того, в этих условиях, при более равномерном распределении тепла и влаги во времени, Кубанский 101 МВ не показал преимуществ по скорости прироста главного побега по сравнению с Обским 140 СВ и Россом 140 МВ. Напротив, в период наиболее активного роста суточное увеличение высоты растений у него было на 10-12 мм меньше, чем у двух других гибридов. Следовательно, использование ультраскороспелых гибридов на Среднем Урале обеспечивает наиболее благоприятные условия для линейного роста кукурузы в годы с дефицитом тепла или влаги, в то время как на бездефицитном фоне более успешно реализуется потенциал роста гибридов со сравнительно поздними сроками созревания.

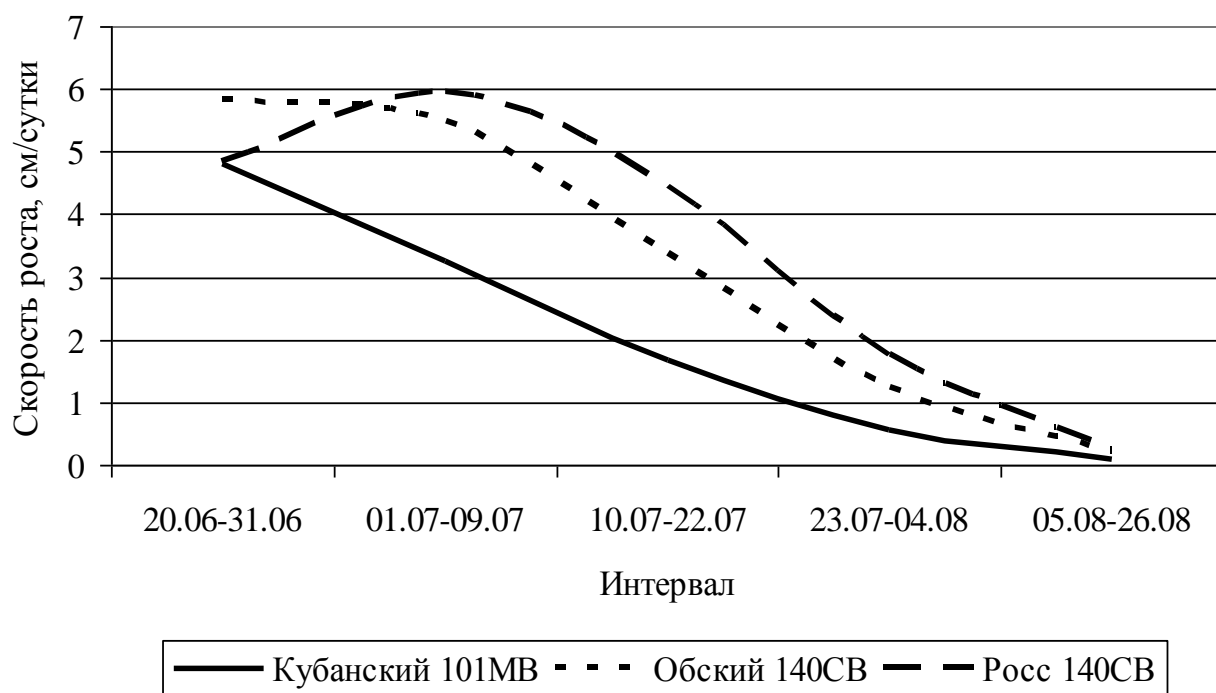


Рисунок 6 — Скорость линейного роста главного побега различных по скороспелости гибридов кукурузы, 2013 г.

Описанные закономерности сказалось на динамике роста главного побега (рисунки 7-9). На начальных этапах наблюдений преимущества по высоте растений показывал наиболее скороспелый гибрид Кубанский 101 МВ.

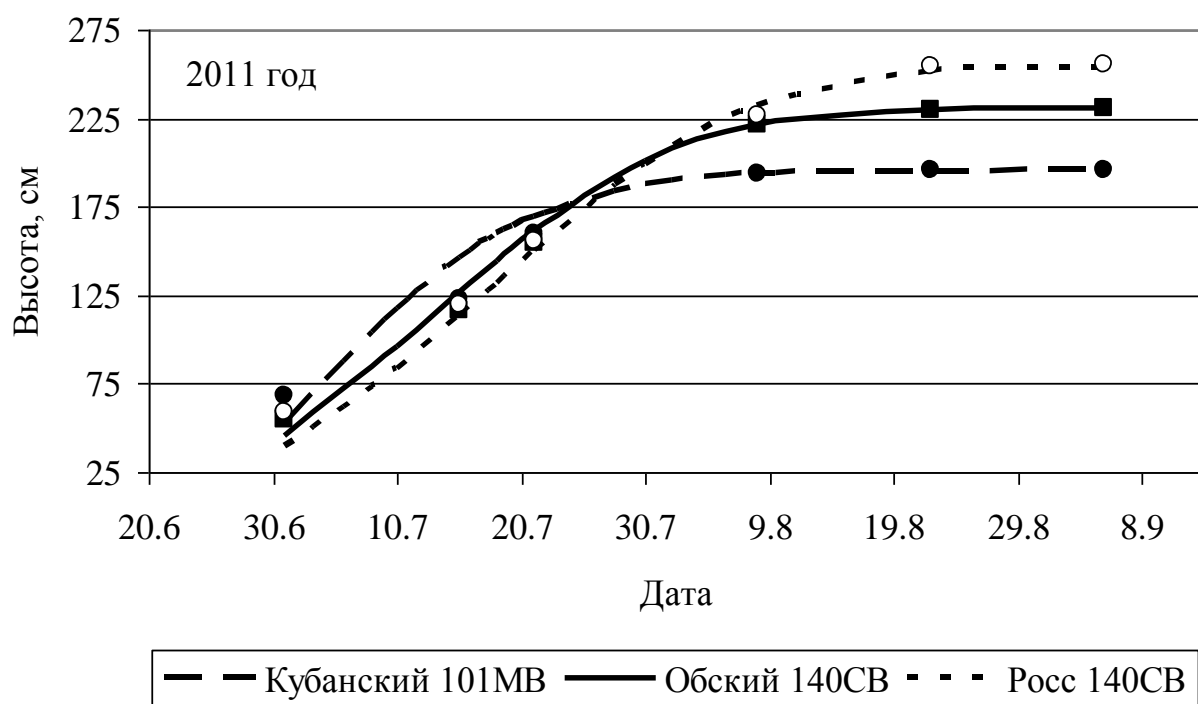


Рисунок 7 – Линейный рост главного побега различных по скороспелости гибридов кукурузы, 2011 г.

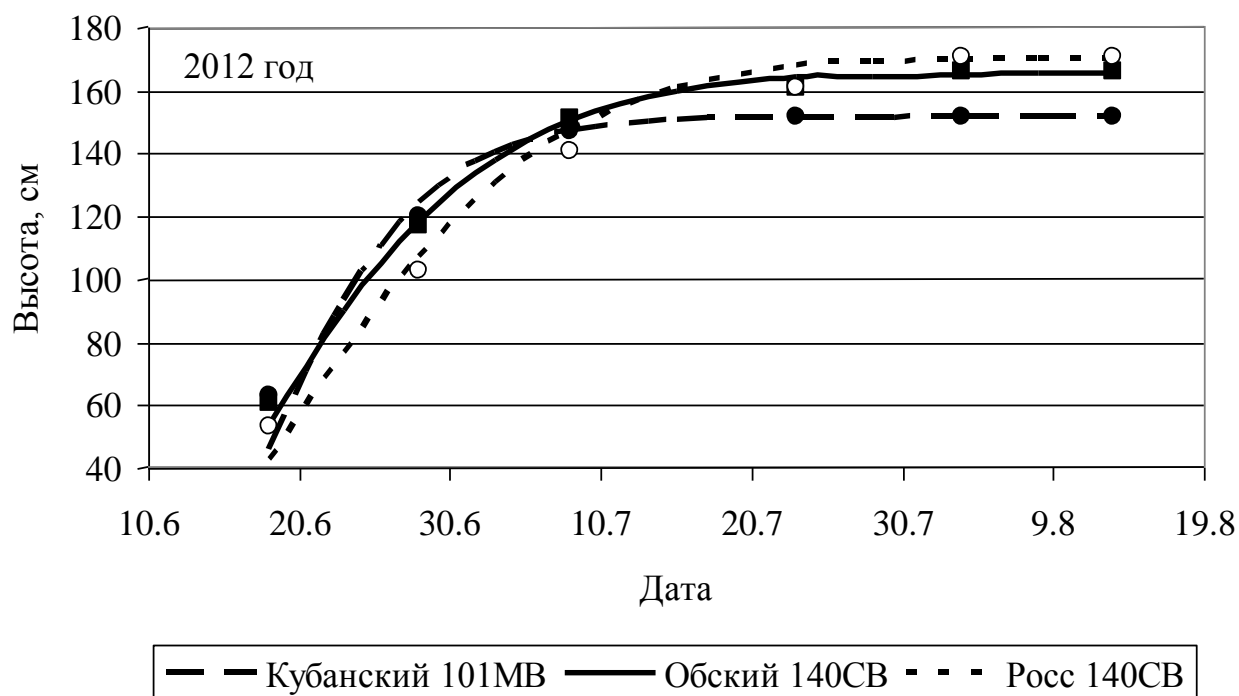


Рисунок 8 – Линейный рост главного побега различных по скороспелости гибридов кукурузы, 2012 г.

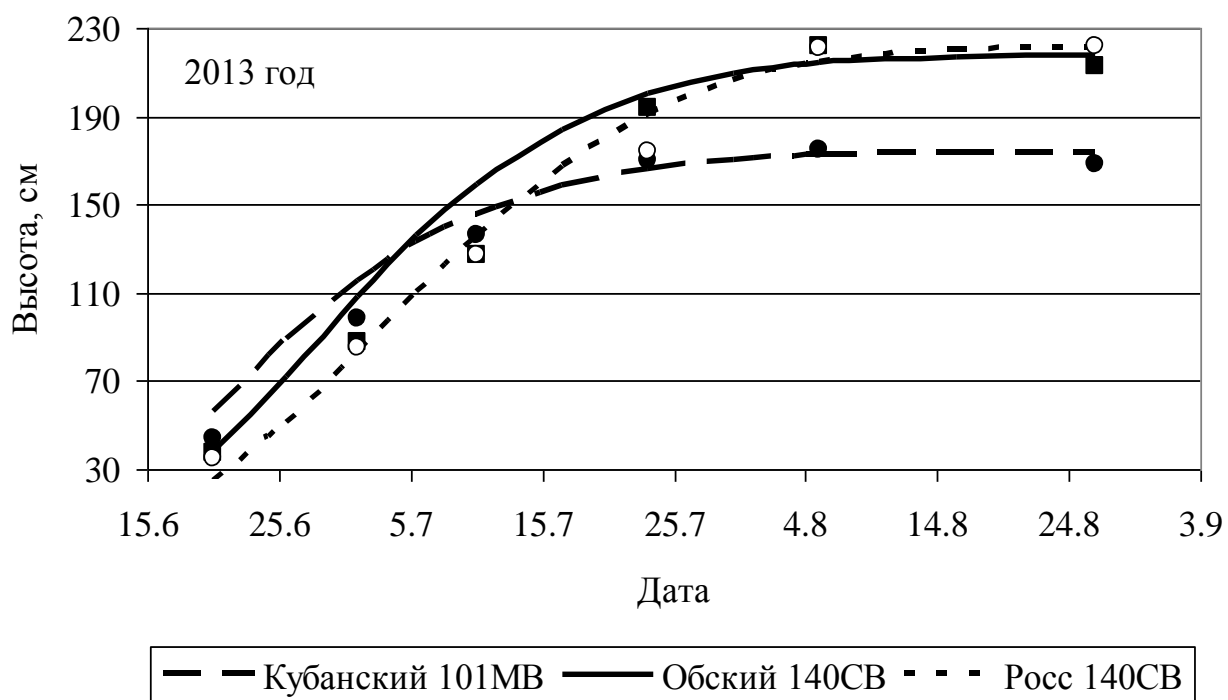


Рисунок 9 – Линейный рост главного побега различных по скороспелости гибридов кукурузы, 2013 г.

В дальнейшем Обский 140 СВ и Росс 140 СВ обгоняли его в росте: в 2011 году это произошло около 25 июля, в 2012 – 5 июля, в 2013 году последовательно 5 и 15 июля. Кроме того, Кубанский 101 МВ раньше других гибридов прекращал линейный рост: в 2011 и 2013 годах в первой декаде августа, в 2012 – в первой декаде июля. У гибрида Обский 140 СВ рост завершался на 7-12 дней позже, у Росса 140 СВ – на 15-20 дней.

Таким образом, чем меньше продолжительность вегетационного периода, тем раньше гибрид завершает формирование вегетативных органов и начинает расходовать пластические вещества на создание зерновой части урожая, наиболее ценной в энергетическом отношении.

Особенности динамики линейного роста обусловили зависимость конечной высоты главного побега от скороспелости гибридов кукурузы. В среднем за три года у наиболее скороспелых гибридов (ФАО 120-130) она составила 182 см, в группах ФАО 140-150 и 170 – соответственно 198 и 202 см и у наиболее поздних образцов ФАО 180-190 – 214 сантиметров (таблица 11).

Таблица 11 – Зависимость высоты главного побега от условий вегетации и скороспелости гибридов кукурузы, 2011-2013 гг.

Гибрид	ФАО	Высота главного побега, см			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Кубанский 101 МВ	120	196	151	168	172
Росс 130 МВ	130	210	175	205	197
Омка 130	130	193	155	182	177
Кубанский 141 МВ	140	246	158	213	206
Обский 140 СВ	140	231	168	228	209
Машук 150 МВ	150	213	144	183	180
Омка 150	150	218	145	189	184
Катерина СВ	170	242	156	221	206
Машук 170 МВ	170	233	156	223	204
Клифтон	180	249	156	231	212
Росс 140 МВ	180	245	171	222	213
К 180 СВ	190	255	169	224	216
В среднем		228	159	207	198
r (корреляция с числом ФАО)		0,76	0,10	0,61	0,64

Положительная связь между продолжительностью вегетационного периода и высотой растений подтверждается корреляционным анализом: при достаточных и высоких ресурсах влаги (2011, 2013 годы) эта связь была тесной или средней, но близкой к тесной, в обоих случаях значимость коэффициентов корреляции статистически доказана по критерию Стьюдента. Это косвенно свидетельствует о сравнительно высоком продуктивном потенциале более позднеспелых форм, стебель которых состоит из большего числа междоузлий. Исключение составил 2012 год, когда острый и длительный дефицит влаги препятствовал реализации потенциала гибридов и привел к выравниванию высоты различных по скороспелости образцов. В этих условиях связь между скороспелостью и высотой растений практически отсутствовала.

Существенное влияние на высоту растений оказали погодные условия: максимальные значения получены на фоне высокой увлажненности 2011 года, минимальные – на засушливом фоне 2012 года.

Выявлены и специфические особенности отдельных гибридов. В группе ФАО 120-130 значительной высотой растений отличается Росс 130 МВ, кото-



рый лидировал по данному признаку и в острозасушливом 2012 году. Это свидетельствует о засухоустойчивости гибрида. Напротив, гибрид Омка 150 показал высоту существенно ниже, чем характерно для группы ФАО 170. Таким образом, высота главного побега зависит не только от числа междоузлий, но и от способности их к растяжению после фазы выметывания.

Обязательное направление в современной селекции кукурузы – выведение гибридов с высоким прикреплением початка, которое исключает потери энергетически наиболее ценной части урожая при уборке. Для данного признака также выявлена тесная зависимость от продолжительности вегетационного периода гибридов, которая воспроизводилась по годам более регулярно, чем для высоты растений (таблица 12).

Таблица 12 – Зависимость высоты прикрепления початка от условий вегетации и скороспелости гибридов кукурузы, 2011-2013 гг.

Гибрид	ФАО	Высота прикрепления початка, см			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Кубанский 101 МВ	120	46,9	39,3	41,6	42,6
Росс 130 МВ	130	67,2	74,1	74,4	71,9
Омка 130	130	53,4	54,3	64,4	57,4
Кубанский 141 МВ	140	84,1	62,2	76,2	74,2
Обский 140 СВ	140	79,9	69,1	82,8	77,3
Машук 150 МВ	150	70,9	48,6	66,6	62,0
Омка 150	150	60,6	51,4	60,1	57,4
Катерина СВ	170	94,8	69,6	80,0	81,5
Машук 170 МВ	170	79,6	65,4	76,0	73,6
Клифтон	180	91,9	64,4	72,3	76,2
Росс 140 МВ	180	86,1	76,9	83,5	82,2
К 180 СВ	190	89,2	70,5	84,0	81,2
В среднем		75,4	62,1	71,8	69,8
r (корреляция с числом ФАО)		0,69	0,49	0,56	0,63

В частности, эта связь оставалась средней даже на засушливом фоне 2012 года. У большинства гибридов высота прикрепления початка превышала 60 см, исключение составили лишь три из них: Кубанский 101МВ, Омка 130 и Омка

150. Кроме того, вследствие негативной реакции на дефицит влаги резкое ухудшение по данному признаку показал Машук 150 МВ в 2012 году.

Следует отметить, что для выращивания кукурузы на силос удовлетворительной можно считать характеристику всех изучаемых гибридов, однако у отдельных образцов прикрепление початка отличалось значительными колебаниями по растениям (таблица 13). Так, по величине коэффициента вариации сильным варьированием ежегодно отличался гибрид Кубанский 101 МВ: даже на благоприятном по увлажнению фоне 2011 года высота прикрепления початка колебалась от 22 до 79 см, что может сопровождаться потерями части их при уборке на силос. В два года из трех аналогичный недостаток выявлен у гибрида Омка 150.

Таблица 13 – Вариация гибридов кукурузы по высоте прикрепления початка, 2011-2013 гг.

Гибрид	Коэффициент вариации, %		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Кубанский 101 МВ	29,3	21,0	24,7
Росс 130 МВ	15,8	15,2	18,6
Омка 130	16,4	16,9	14,6
Кубанский 141 МВ	18,3	13,8	18,7
Обский 140 СВ	19,5	18,5	13,4
Машук 150 МВ	20,3	19,2	15,5
Омка 150	24,3	34,0	17,1
Катерина СВ	18,8	22,6	17,0
Машук 170 МВ	16,3	21,8	15,5
Клифтон	13,5	19,9	14,1
Росс 140 МВ	13,7	16,6	14,0
К 180 СВ	20,6	18,8	17,1

Напротив, гибрид Омка 130 слабо варьировал по данному показателю, в том числе в условиях засухи. У Машука 150 МВ сравнительно низкое прикрепление початка в 2012 году также не сопровождалось существенными колебаниями по данному признаку, что снимает возможные ограничения по использованию обоих гибридов на силос.

## 4.2 Число початков на 100 растениях и его связь с погодными условиями

В норме гибриды кукурузы интенсивного типа образуют один початок на главном побеге, что позволяет стабилизировать продуктивность растений при дефицитной тепло- и влагообеспеченности (Кравченко Р. В., 2010), однако данный элемент структуры урожая находится в сильной зависимости от гидротермических условий. В лесолуговой зоне в среднем за три года исследований число развитых початков, достигших молочной спелости зерна, колебалось у различных гибридов от 89 до 104 штук, то есть было близким к оптимальному (таблица 14). Существенное влияние на этот признак оказали погодные условия. Как правило, появление стерильных растений вызывает атмосферная засуха (Силантьев А. Н., 1996; Кравченко Р. В., 2010; Панфилов А. Э., 2012). Это подтверждают результаты 2012 года, в условиях которого среднее число початков на 100 растениях было на 10 штук ниже, чем в благоприятном 2013 году.

Таблица 14 – Зависимость числа початков на 100 растениях от условий вегетации и скороспелости гибридов (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	ФАО	Число початков на 100 растениях, шт.			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Кубанский 101 МВ	120	100	99	102	100
Росс 130 МВ	130	96	101	96	98
Омка 130	130	90	98	102	97
Кубанский 141 МВ	140	90	101	98	96
Обский 140 СВ	140	91	99	96	95
Машук 150 МВ	150	93	96	100	96
Омка 150	150	88	99	98	95
Катерина СВ	170	96	103	98	99
Машук 170 МВ	170	83	94	98	92
Клифтон	180	85	74	89	83
Росс 140 МВ	180	88	92	100	93
К 180 СВ	190	75	103	98	92
В среднем		90	97	98	95
r (корреляция с числом ФАО)		-0,72	-0,24	0,14	-0,67

Наибольшее влияние засушливые условия оказали на гибрид Клифтон,

который, по шкале А.Н. Силантьева (Силантьев А. Н., 1996), средне восприимчив к дефициту влаги. Эта особенность гибрида проявилась и в 2013 году.

Однако наименьшее число початков молочной спелости и более поздних фаз (в среднем на 8 штук меньше, чем в 2012 году, и на 18 – чем в 2013) наблюдалось в 2011 году. Это связано с недостатком тепла во второй половине лета, в результате которого у гибридов группы ФАО 170-190 значительная часть початков к уборке находилась в фазе формирования зерна и не представляла ценности как энергетический компонент. Напротив, ультраранние гибриды (ФАО 120-150) в этих условиях имели от 90 до 100 початков на 100 растениях. В результате в 2011 году установилась тесная обратная связь между числом ФАО и обсуждаемым признаком, не выявленная в другие годы исследований.

В северной лесостепи существенного недостатка тепла не наблюдалось, поэтому как в 2011, так и в 2013 годах под влиянием достаточного увлажнения на 100 растениях сформировалось в среднем 103-104 початка без значительных различий между отдельными гибридами (таблица 15).

Таблица 15 – Зависимость числа початков на 100 растениях от условий вегетации у различных по скороспелости гибридов кукурузы (северная лесостепная зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	ФАО	Число початков на 100 растениях, шт.			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Кубанский 101 МВ	120	100	91	107	99
Росс 130 МВ	130	104	83	103	97
Омка 130	130	103	83	100	95
Кубанский 141 МВ	140	104	96	101	100
Обский 140 СВ	140	108	83	106	99
Машук 150 МВ	150	104	87	99	97
Омка 150	150	104	100	102	102
Катерина СВ	170	109	91	108	103
Машук 170 МВ	170	108	96	111	105
Клифтон	180	107	78	100	95
Росс 140 МВ	180	100	97	98	98
К 180 СВ	190	102	96	106	101
В среднем		104	90	103	99
r (корреляция с числом ФАО)		0,19	0,27	0,05	0,29

Минимальное число початков наблюдалось на фоне засухи 2012 года, к которой, как и в лесолуговой зоне, наиболее чувствительным оказался гибрид интенсивного типа Клифтон. Связи между скороспелостью и числом початков в лесостепной зоне не обнаружено.

#### 4.3 Число листьев как показатель скороспелости гибридов

Габитус растений кукурузы тесно связан с признаком скороспелости, что полной мере относится к такому признаку, как число листьев на главном побеге. В период исследований число листьев находилось практически в функциональной связи с числами ФАО при коэффициенте корреляции от 0,97 до 0,99 и в пределах каждого года совпадало у гибридов, относящихся к одной группе ФАО (таблица 16). В среднем за три года число листьев варьировало от 11 штук у Кубанского 101 МВ до 17 – у гибрида Росс 140 СВ.

Таблица 16 – Характеристика различных по скороспелости гибридов кукурузы по числу листьев на главном побеге (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	ФАО	Число листьев, шт.			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Кубанский 101 МВ	120	11	11	11	11
Росс 130 МВ	130	12	12	12	12
Омка 130	130	12	12	12	12
Кубанский 141 МВ	140	13	13	13	13
Обский 140 СВ	140	13	13	13	13
Машук 150 МВ	150	14	13	14	14
Омка 150	150	14	13	14	14
Катерина СВ	170	15	14	15	15
Машук 170 МВ	170	15	14	15	15
Клифтон	180	16	14	15	15
Росс 140 МВ	180	16	15	17	16
К 180 СВ	190	17	16	17	17
В среднем		14	13	14	14
r (корреляция с числом ФАО)		0,99	0,97	0,98	0,99

Как правило, данный признак для конкретного гибрида считается константным и мало зависящим от условий вегетации (Циков В. С, 1989). Имеются

и противоположные мнения об изменчивости этого признака в зависимости от температурного, водного и светового режимов (Горшенин К. П., 1955; Гурьев Б. П., Miedema P., 1982). В наших исследованиях установлена тенденция к уменьшению числа листьев на главном побеге в засушливых условиях 2012 года. Эта тенденция проявилась для гибридов группы ФАО 150 и выше, тогда как у более скороспелых форм обсуждаемый признак под влиянием внешних факторов не изменялся.

Причина этого может заключаться в том, что число узлов и листьев на стебле кукурузы закладывается на апикальной меристеме к концу II этапа органогенеза (Куперман Ф. М., 1984) и зависит от условий увлажнения, сложившихся в этот период. По данным Н.И. Казаковой (2015) в лесостепи Зауралья ультраранние формы кукурузы проходят этот этап на 6-7 дней раньше, чем раннеспелые. Следовательно, стабильное число листьев в 2012 году у гибридов ФАО 120-140 может быть объяснено тем, что формирование этого признака проходило в фазу 3 листа на фоне осадков, выпавших в начале июня, тогда как у образцов с более поздним созреванием оно испытало влияние установившейся в последствии засухи.

В северной лесостепи наблюдалось несколько иное влияние погодных условий на число листьев (таблица 17). Отсутствие осадков в начале июня 2012 года привело к его уменьшению на один лист у всех гибридов независимо от их скороспелости. Аналогичное явление наблюдалось и в 2013 году, но лишь у гибридов группы ФАО 120-150 в связи с ранней атмосферной засухой первой половины июня. Напротив, гибриды диапазона ФАО 170-190 прошли II этап органогенеза (фаза 4-5 листа) в более благоприятных условиях увлажнения, в результате чего у них сформировалось то же число листьев, что и в 2011 году.

Таким образом, число листьев на главном побеге тесно связано со степенью скороспелости гибридов кукурузы, но может корректироваться внешними условиями, в условиях Урала – прежде всего водным режимом. При этом, в связи с особенностями распределения осадков, в северной лесостепи на дефи-

цит влаги с большей вероятностью реагируют ультраранние гибриды, тогда как в лесолуговой, напротив – раннеспелые и среднеранние.

Таблица 17 – Характеристика различных по скороспелости гибридов кукурузы по числу листьев на главном побеге (северная лесостепная зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	ФАО	Число листьев, шт.			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Кубанский 101 МВ	120	11	10	10	10
Росс 130 МВ	130	12	11	11	11
Омка 130	130	12	11	11	11
Кубанский 141 МВ	140	13	12	12	12
Обский 140 СВ	140	13	12	12	12
Машук 150 МВ	150	14	13	13	13
Омка 150	150	14	13	13	13
Катерина СВ	170	15	14	15	15
Машук 170 МВ	170	15	14	15	15
Клифтон	180	16	15	16	16
Росс 140 МВ	180	16	16	17	16
К 180 СВ	190	17	16	17	17
В среднем		14	13	14	14
r (корреляция с числом ФАО)		0,99	0,98	0,99	0,99

#### **4.4 Формирование листового аппарата и фотосинтетический потенциал различных по скороспелости гибридов кукурузы**

Прямая зависимость между числом листьев и продолжительностью вегетационного периода служит предпосылкой для формирования более мощного листового аппарата гибридами с относительно поздним созревaniem. Нами исследована динамика площади листьев трех гибридов, различающихся по скороспелости и габитусу растений: Кубанского 101 МВ, Омки 130 и Катерины СВ.

Как показано на рисунках 10-12, на качественном уровне эта динамика для всех трех образцов имела общие черты: относительно быстрое нарастание площади листовой поверхности в первой половине вегетации, достижение максимума после выметывания и последующее снижение площади вследствие отмирания нижних ярусов листьев.

Вместе с тем количественные параметры процесса формирования ассимиляционного аппарата существенно различались как по отдельным гибридам, так и по годам. Во все годы исследований первыми этот процесс завершали ультраранние гибриды, последним – раннеспелый.

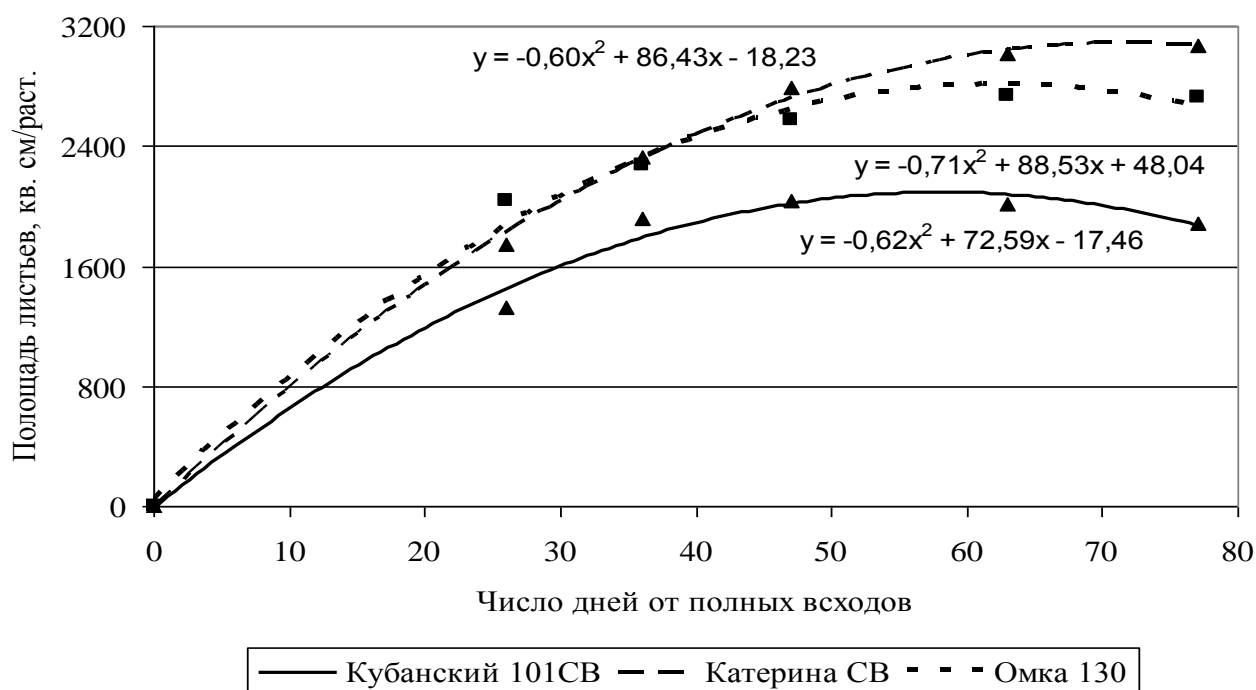


Рисунок 10 – Динамика площади листовой поверхности у различных по скороспелости гибридов кукурузы, 2011 г.

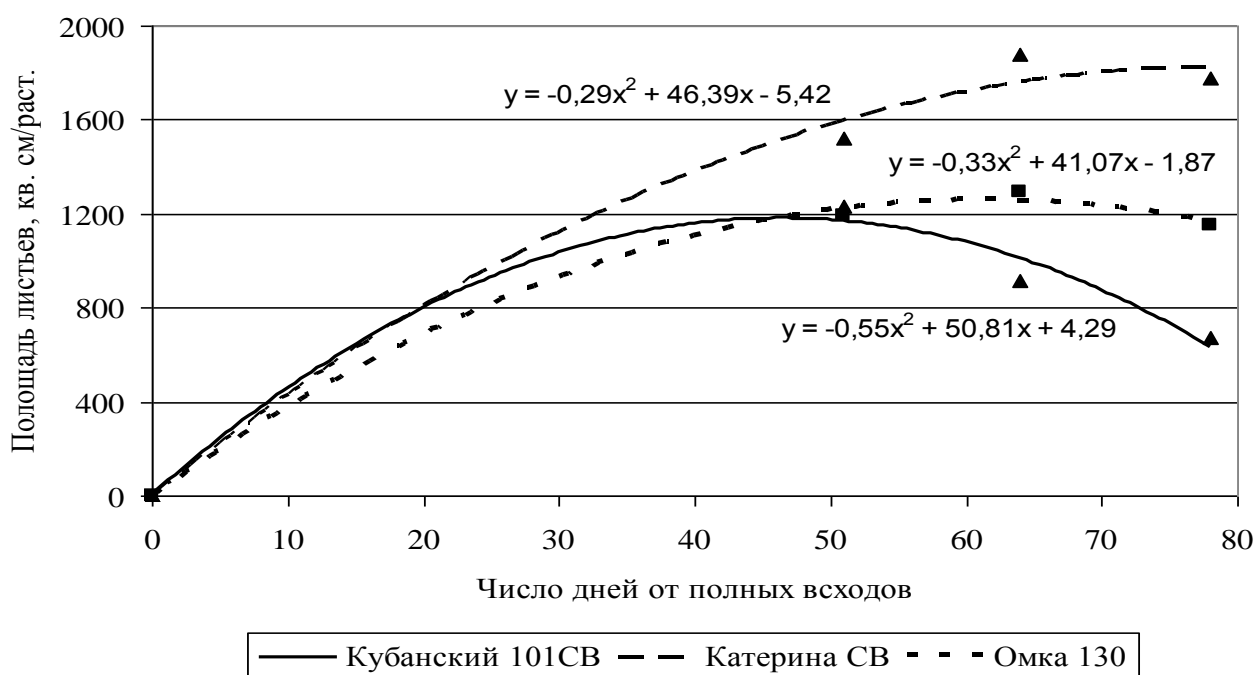


Рисунок 11 – Динамика площади листовой поверхности у различных по скороспелости гибридов кукурузы, 2012 г.



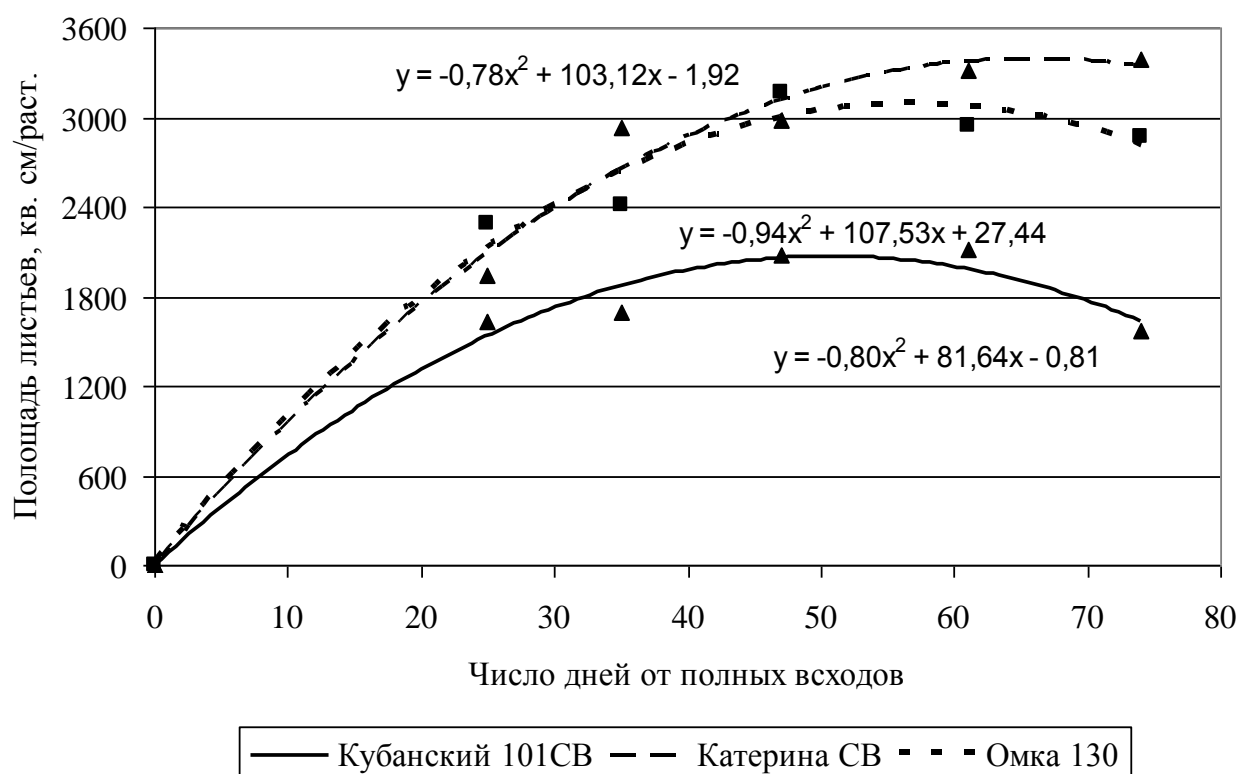


Рисунок 12 – Динамика площади листовой поверхности у различных по скороспелости гибридов кукурузы, 2013 г.

Как показывают данные таблицы 18, в 2011 и 2013 годах максимальная площадь листьев у гибрида Кубанский 101 МВ достигалась на 4-6 дней раньше, чем у Омки 130, и 13-15 дней – чем у Катерины СВ, в засушливом 2012 году – соответственно на 15 и 33 дня. Очевидно, в этих условиях для быстрого формирования листового аппарата Кубанский 101 МВ эффективнее использовал запасы почвенной влаги и осадки начала июня, тогда как у менее скороспелых гибридов прирост листовой поверхности в значительной степени зависел от увлажнения второй половины июля. Это подтверждает вывод о большей адаптированности ультраранних гибридов к особенностям распределения ресурсов влаги на Среднем Урале.

Продолжительность периода листообразования оказала влияние на общую площадь листовой поверхности растений. Максимальную площадь (в среднем  $2783 \text{ см}^2$  на растение) формировал раннеспелый гибрид Катерина СВ, минимальную ( $1801 \text{ см}^2$ ) – ультраранний Кубанский 101 МВ. Гибрид Омка 130, имевший на главном побеге 11 листьев (лишь на 1 лист больше, чем Кубан-

ский 101 МВ), по площади листовой поверхности оказался ближе к Катерине СВ с 15 листьями: разница между ними по данному признаку составила около 15 %, тогда как между Омкой 130 и Кубанским 101 МВ – более 50 процентов.

Таблица 18 – Формирование листового аппарата и фотосинтетический потенциал гибридов кукурузы в зависимости от условий вегетации, 2011-2013 гг.

Гибрид	2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Дата достижения максимальной площади листьев				
Кубанский 101 МВ	20.07	15.07	19.07	-
Омка 130	24.07	30.07	25.07	-
Катерина СВ	02.08	17.08	03.08	-
Максимальная площадь листьев, кв. см/раст.				
Кубанский 101 МВ	2142	1178	2082	1801
Омка 130	2808	1276	3103	2396
Катерина СВ	3094	1850	3406	2783
Фотосинтетический потенциал, тыс. кв. м/га · сутки				
Кубанский 101 МВ	1159	624	1128	970
Омка 130	1505	680	1684	1290
Катерина СВ	1568	895	1785	1416

Следовательно, мощность ассимиляционного аппарата определяется не только количеством листьев на растении, но и их размерами. Средняя площадь одного листа у гибрида Кубанский 101 МВ за три года составила 164 см<sup>2</sup>, у Омки 130 и Катерины СВ – соответственно 200 и 186 см<sup>2</sup>. Эти различия позволяют отнести Омку 130 к формам интенсивного типа.

Аналогичные различия между гибридами выявлены и по величине фотосинтетического потенциала. Кроме того, на оба параметра влияли погодные условия. Максимальные значения обоих показателей получены при сбалансированной тепло- и влагообеспеченности 2013 года, тогда как на фоне засухи 2012 года наблюдалось уменьшение площади листового аппарата и фотосинтетического потенциала у гибридов Кубанский 101 МВ и Катерина СВ в 1,8-2,0 раза, Омка 130 – в 2,4-2,5 раза. Таким образом, значительная площадь отдельных листовых пластинок последнего гибрида во многом компенсирует небольшое

число листьев и междоузлий, свойственных ему как ультрараннему образцу, но повышает зависимость фотосинтетического потенциала от ресурсов влаги.

Изложенный материал позволяет сделать следующее заключение: с одной стороны, гибриды со сравнительно поздним созреванием имеют более продолжительный период листообразования и обладают бóльшим фотосинтетическим потенциалом, с другой – ультраранние формы раньше завершают формирование листового аппарата и переходят к генеративному периоду развития.

Кроме того, П.П. Домашнев и др. (1992) отмечают, что в маргинальных климатических условиях площадь листьев, как правило, не связана с фактической урожайностью. Следовательно, роль фотосинтетического потенциала гибридов кукурузы в условиях Среднего Урала будет зависеть от характера связи скороспелости с продуктивностью кукурузы.

## **5 ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ РАЗЛИЧНЫХ ПО СКОРОСПЕЛОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ**

### **5.1 Фракционный и химический состав, энергетическая ценность органического вещества**

Одна из наиболее острых проблем, связанных с производством кукурузного силоса в условиях нестабильной обеспеченности теплом – необходимость снижения влажности силосуемой массы. Максимальная влажность, обеспечивающая получение качественного силоса, составляет 75 %. При более высокой влажности процесс силосования сопровождается повышением кислотности силоса, изменением соотношения органических кислот в пользу уксусной и масляной, последующим переходом к спиртовому брожению и превращению сахаров в газообразные продукты, химическим взаимодействием углеводов и аминокислот с образованием не усваиваемых животными полимеров (Левахин Г. И. и др., 1999; Ломов В. Н., 1999; Шпаар Д., 2012). С учетом величины потерь органического вещества и обменной энергии ряд авторов указывает еще более узкий интервал оптимальной влажности зеленой массы – от 70 до 60 % (Силантьев А. Н. и др., 1988; Силантьев А. Н. и др., 1988; Циков В. С., 1989; Левахин Г. И. и др., 1999; Панфилов А. Э., 2004; Волошин В. А., 2010).

Как показали наши исследования, уборочная влажность зеленой массы зависела от условий вегетации. В лесолуговой зоне наибольшее значение влажности в среднем по гибридам (69,8 %) наблюдалось на минимальном температурном фоне в 2011 году; при бездефицитных ресурсах тепла в 2012 и 2013 годах она колебалась от 66,3 до 66,5 %.

На фоне достаточной и высокой теплообеспеченности при уборке во второй декаде сентября бóльшая часть гибридов диапазона ФАО 120-180 обеспечила соответствие этим требованиям (таблица 19). Влажность гибрида Кубанский 101 МВ составила лишь 57 %, что может сопровождаться увеличением потерь обменной энергии при силосовании из-за риска недостаточного уплотнения силоса, особенно при недостаточно мелкой резке (Шпаар Д., 2012). При

слабом дефиците тепла влажность выше 75 % показал среднеранний гибрид К 180 СВ. Таким образом, в большинстве случаев оптимальные условия для силосования в лесолуговой зоне создаются при использовании ультраранних и раннеспелых гибридов диапазона ФАО 130-180.

Таблица 19 – Влажность зеленой массы различных по скороспелости гибридов кукурузы, % (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	60,7	57,2	60,9	59,6
Росс 130 МВ	65,1	61,7	64,2	63,7
Омка 130	64,4	61,6	63,5	63,2
Кубанский 141 МВ	67,1	65,3	64,7	65,7
Обский 140 СВ	67,8	64,8	65,8	66,1
Машук 150 МВ	69,7	66,5	66,7	67,6
Омка 150	70,9	67,0	66,6	68,2
Катерина СВ	72,5	69,1	67,0	69,6
Машук 170 МВ	73,0	69,7	68,8	70,5
Клифтон	75,0	70,4	69,0	71,5
Росс 140 МВ	74,6	70,5	70,0	71,7
К 180 СВ	76,4	72,2	71,3	73,3
В среднем	69,8	66,3	66,5	67,6
НСР <sub>05</sub>	1,9	0,7	1,2	-

Как показал дисперсионный анализ, существенное снижение уборочной влажности наблюдается лишь при переходе от одной группы ФАО к другой с интервалом в 10 единиц, внутри групп между гибридами достоверных различий не наблюдается. Следовательно, влажность силосуемой массы можно рассматривать как функцию скороспелости.

В северной лесостепи варьирование средней влажности по годам было значительно слабее – от 63,6 до 66,5 % при минимальном значении в условиях засухи 2012 года (таблица 20). Кроме того, на более высоком температурном фоне в течение всего периода исследований в оптимальном диапазоне находилась влажность как раннеспелых, так и среднераннего гибридов. Среди ультра-

ранних образцов Кубанский 101 МВ в два года из трех имел влажность ниже оптимума.

Таблица 20 – Влажность зеленой массы различных по скороспелости гибридов кукурузы (северная лесостепная зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	60,1	55,5	58,7	58,1
Росс 130 МВ	63,8	60,0	62,2	62,0
Омка 130	63,9	59,9	61,5	61,8
Кубанский 141 МВ	65,9	62,3	63,9	64,0
Обский 140 СВ	65,7	62,7	64,2	64,2
Машук 150 МВ	66,6	63,8	65,8	65,4
Омка 150	66,6	64,1	65,0	65,2
Катерина СВ	67,8	66,0	67,4	67,0
Машук 170 МВ	68,1	66,2	68,0	67,4
Клифтон	68,8	67,0	69,2	68,3
Росс 140 МВ	69,2	67,5	69,6	68,8
К 180 СВ	72,2	68,7	70,2	70,4
В среднем	66,5	63,6	65,5	65,2
НСР <sub>05</sub>	1,7	1,1	0,9	

Корреляционным и регрессионным анализами в обеих зонах установлена тесная прямая зависимость влажности зеленой массы от числа ФАО с коэффициентами корреляции 0,98-0,99 (приложение В). Как показано на рисунке 13, эта зависимость носит криволинейный затухающий характер и описывается уравнением гиперболы первого типа. При этом для лесолуговой зоны характерно более выраженное повышение влажности при увеличении чисел ФАО от 120 до 190 (в среднем 1,7 процента на каждые 10 единиц против 1,4 процента в северной лесостепи).

Анализ отдельных компонентов растений показал, что изменение влажности зеленой массы в связи со скороспелостью гибридов в обеих зонах в большей степени обусловлено содержанием влаги в початке, чем в листостебельной массе (рисунки 14, 15). Так, уменьшение числа ФАО на каждые 10 единиц сопровождается снижением влажности початка на 2,7 % в лесолуговой

зоне и на 2,0 % – в северной лесостепной, тогда как листостебельной массы – соответственно на 0,7 и 0,75 процента.

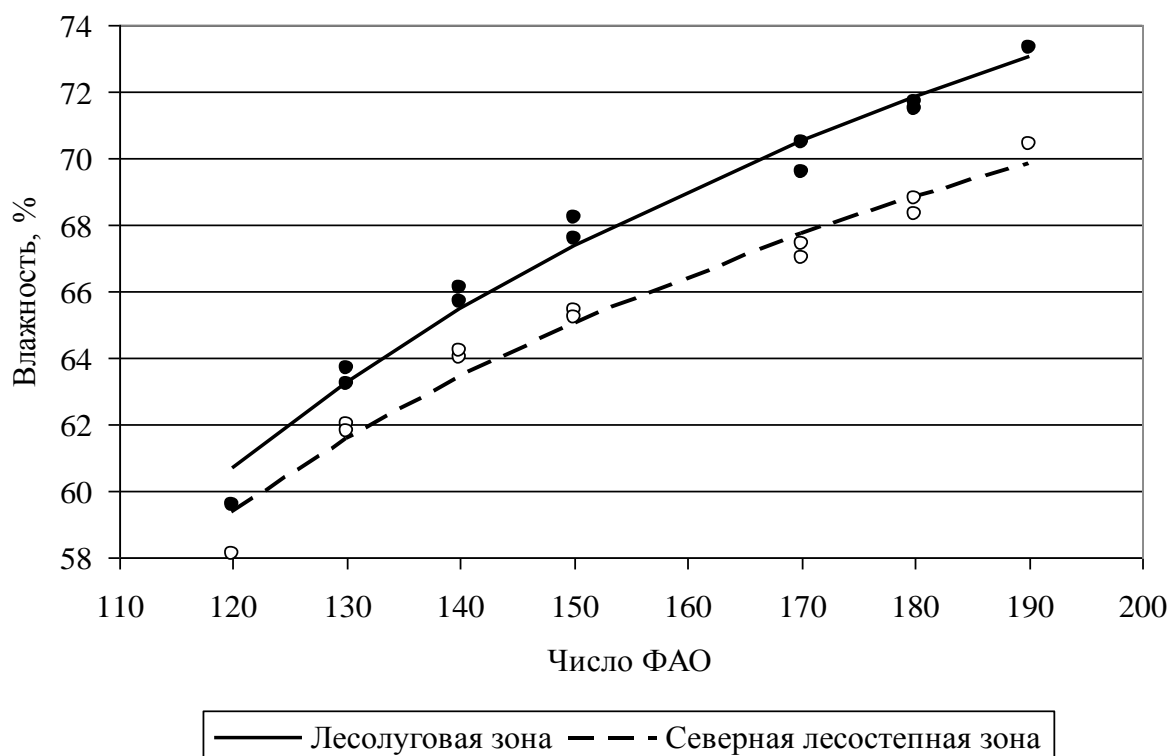


Рисунок 13 – Зависимость влажности зеленой массы гибридов кукурузы от числа ФАО, 2011-2013 гг.

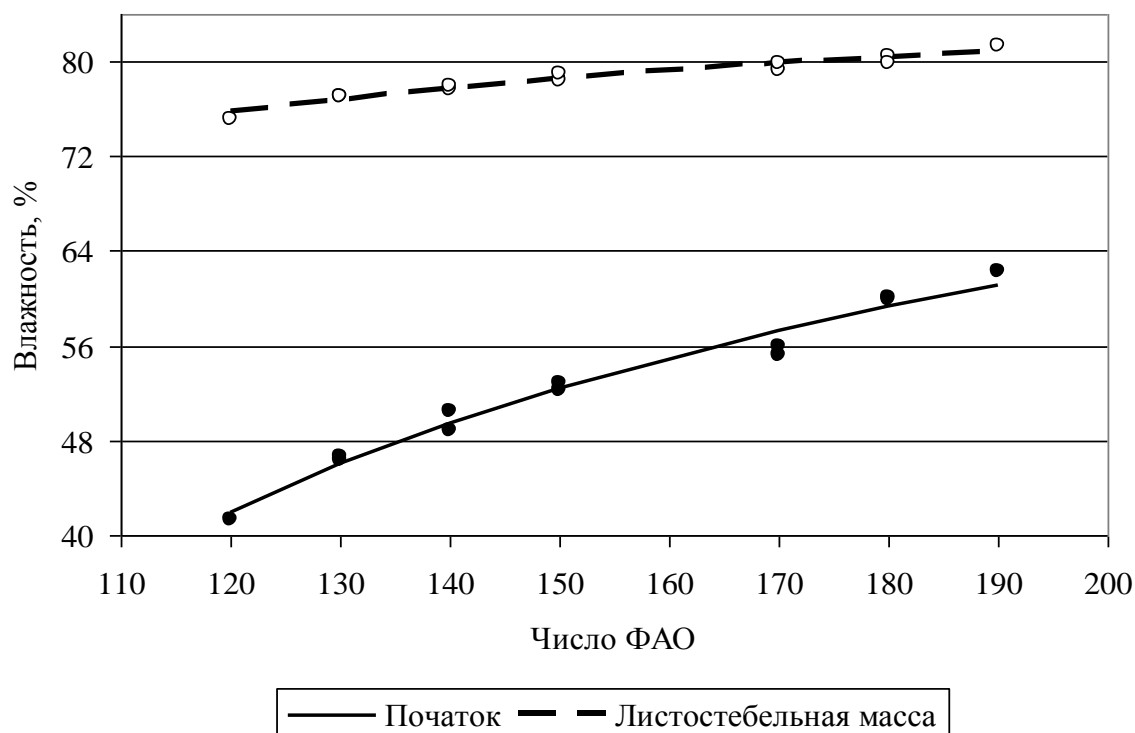


Рисунок 14 – Зависимость влажности листостебельной массы и початков гибридов кукурузы от числа ФАО (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

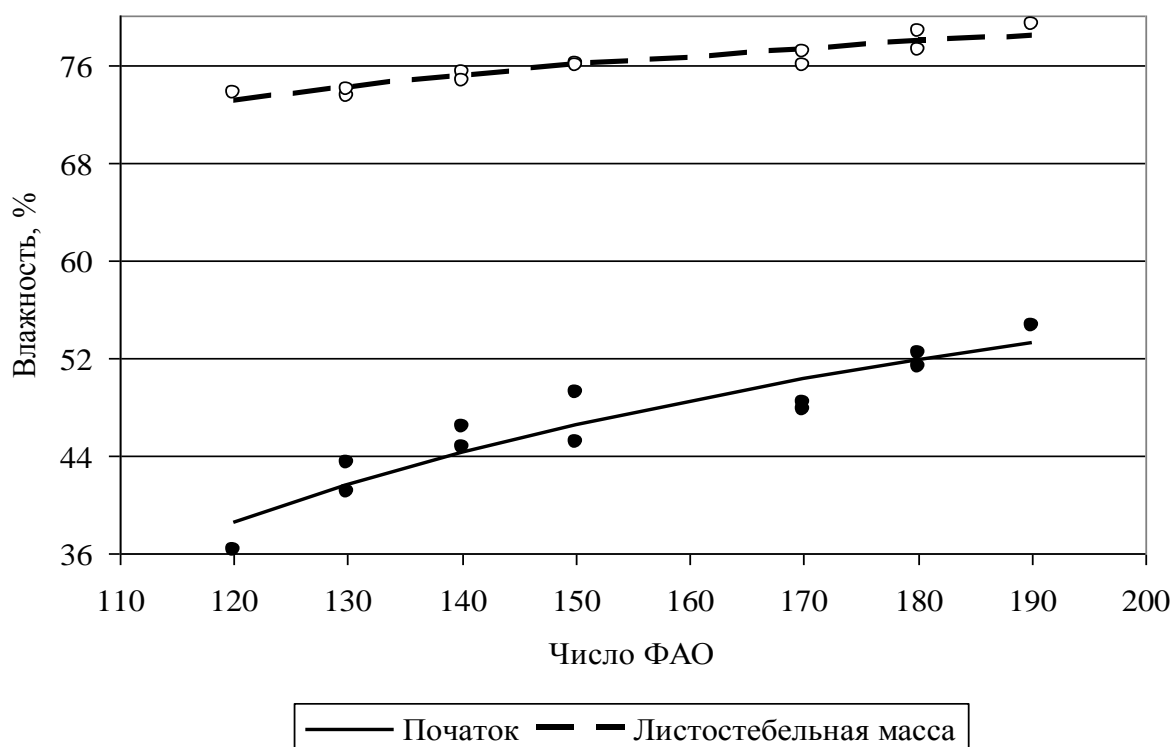


Рисунок 15 – Зависимость влажности листостебельной массы и початков гибридов кукурузы от числа ФАО (северная лесостепная зона), 2011-2013 гг.

Следовательно, важным условием получения качественного сырья для силосования является высокая доля початков в урожае кукурузы, которая, кроме того, определяет питательность корма: высокая концентрация обменной энергии достигается, когда в сухом веществе целого растения содержится не менее 50 % початков молочно-восковой и восковой спелости (Шпаар Д., 1999).

В лесолуговой зоне этот показатель варьировал по годам в широком диапазоне: в среднем по гибридам от 46 % в 2011 году до 57 – в 2013, группе ФАО 120-150 – соответственно от 46-57 до 58-61, ФАО 170-190 – от 32-42 до 52-56 процентов (таблица 21).

Гарантированный уровень доли початков 50 % и выше, в том числе при периодическом дефиците тепла 2011 года, обеспечили ультраранние гибриды группы ФАО 120-140. Среднеранний гибрид К 180 СВ показал требуемый результат лишь на фоне сбалансированных ресурсов тепла и влаги в 2013 году, гибриды группы ФАО 150-180 – в два года из трех, на бездефицитном температурном фоне.



Таблица 21 – Доля початков в сухом веществе различных по скороспелости гибридов кукурузы, % (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	57,1	61,9	61,0	60,0
Росс 130 МВ	54,0	59,0	59,8	57,6
Омка 130	55,9	58,7	58,0	57,5
Кубанский 141 МВ	50,9	58,1	58,4	55,8
Обский 140 СВ	49,9	57,5	59,1	55,5
Машук 150 МВ	47,2	56,6	58,3	54,0
Омка 150	46,1	56,2	57,9	53,4
Катерина СВ	41,7	53,4	55,8	50,3
Машук 170 МВ	42,1	55,5	55,1	50,9
Клифтон	35,9	51,1	53,7	46,9
Росс 140 МВ	36,8	49,5	52,5	46,3
К 180 СВ	32,2	47,9	52,3	44,1
В среднем	45,8	55,5	56,8	52,7
НСР <sub>05</sub>	3,2	4,6	2,9	-

В северной лесостепи минимальная средняя доля початков в сухом веществе получена на засушливом фоне 2012 года, что в наибольшей степени выражено у ультатаранных гибридов Кубанский 101 МВ, Росс 130 МВ, Омка 130, Кубанский 141 МВ, Обский 140 СВ, Машук 150 МВ и Омка 150 (таблица 22). Вследствие раннего развития эти образцы в полной мере испытали отрицательное влияние атмосферной засухи, захватившей первую декаду июля и совпавшей с фазой цветения, что вызвало неполное опыление и слабую выполненность початков. Цветение раннеспелых образцов совпало с начавшимися во второй декаде июля обильными осадками, в результате чего принципиальных различий по анализируемому признаку по годам в этой группе гибридов не наблюдалось. Необходимое значение доли початков в сухом веществе (50 % и выше) в лесостепной зоне обеспечили гибриды широкого диапазона ФАО 120-180 единиц.

Таблица 22 – Доля початков в сухом веществе различных по скороспелости гибридов кукурузы (северная лесостепная зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	69,1	65,1	68,6	67,6
Росс 130 МВ	68,2	65,7	68,5	67,5
Омка 130	62,1	53,7	67,6	61,1
Кубанский 141 МВ	57,2	57,7	66,5	60,4
Обский 140 СВ	55,9	54,7	65,6	58,7
Машук 150 МВ	57,2	56,4	63,0	58,9
Омка 150	62,0	55,9	58,5	58,8
Катерина СВ	53,1	58,2	57,8	56,4
Машук 170 МВ	50,8	45,3	55,4	50,5
Росс 140 МВ	52,5	48,9	52,5	51,3
Клифтон	48,8	52,0	49,5	50,1
К 180 СВ	47,2	44,2	48,9	46,7
В среднем	57,0	54,8	60,2	57,3
НСР <sub>05</sub>	4,3	2,6	3,7	-

Таким образом, если в лесолуговой зоне Уральского региона доля початков в урожае лимитировалась в основном ресурсами тепла, то в северной лесостепной – обеспеченностью влагой. Это предъявляет более высокие требования при подборе гибридов по признаку скороспелости для кукурузосеющих районов Свердловской области.

В ходе регрессионного анализа в обеих зонах установлена обратная экспоненциальная зависимость доли початков в сухом веществе от чисел ФАО (рисунок 16; статистические параметры зависимости приведены в приложении В). Существенных отклонений от выявленной тенденции у большинства гибридов не наблюдается, следовательно, как и влажность зеленой массы, этот показатель качества можно рассматривать как функцию скороспелости. Как исключения в северной лесостепной зоне можно отметить гибриды Росс 130 МВ и Катерина СВ, имевшие в сухом веществе несколько большую долю початков, чем другие образцы соответствующих групп ФАО.

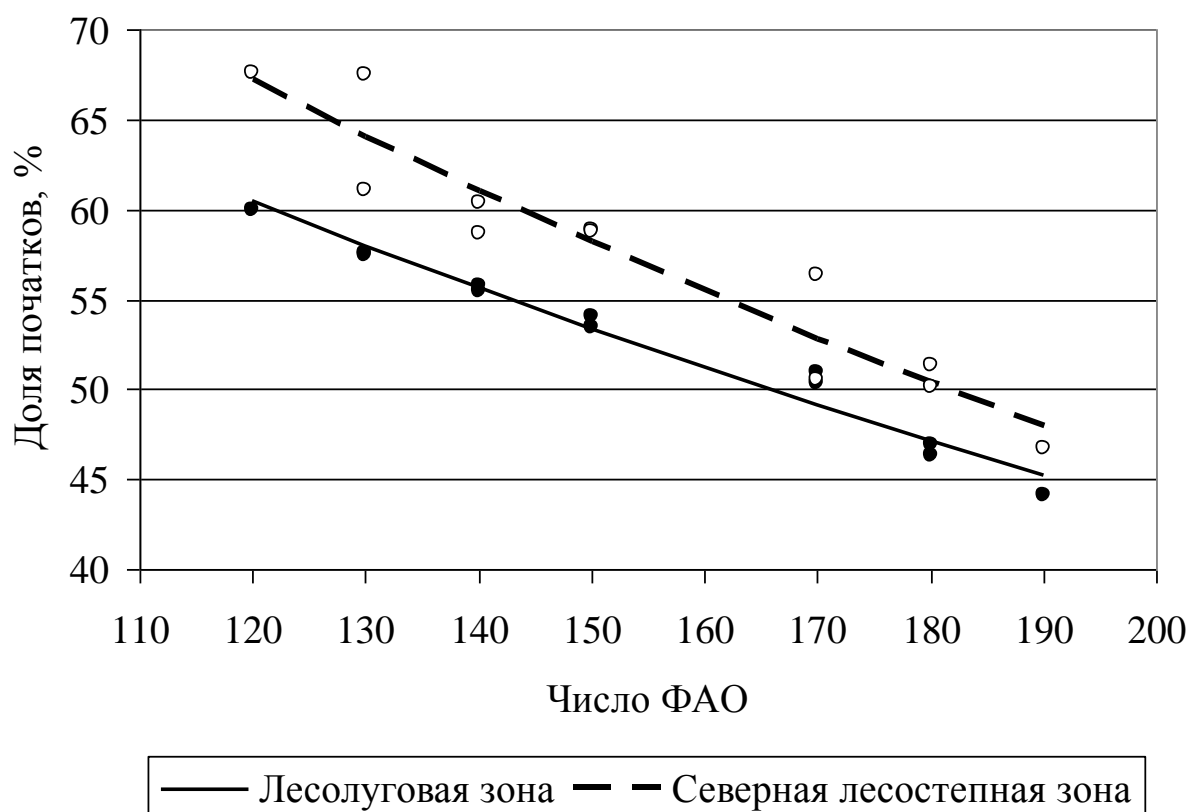


Рисунок 16 – Зависимость доли початков в сухом веществе гибридов кукурузы от числа ФАО, 2011-2013 гг.

Початки и листостебельная масса кукурузы существенно отличаются по химическому составу. Так, содержание сырого жира в початках в зависимости от числа ФАО в среднем за период исследований в лесолуговой зоне варьирует от 4,5 до 7,4 %, тогда как в листостебельной массе – от 1,5 до 1,7 % (рисунок 17). Для обоих компонентов установлена обратная связь между содержанием жира и числами ФАО, описываемая уравнением гиперболы первого типа (приложение В).

Содержание сырого протеина, напротив, повышается с увеличением числа ФАО с 5,0 до 6,9 % в листостебельной массе и с 9,1 до 10,9 % – в початках (рисунок 18). Несмотря на доказанную тенденцию, необходимо отметить относительно слабые различия по данному показателю между гибридами различных групп спелости; известно также, что при общем низком содержании протеина его усвоение КРС резко ухудшается при повышенном содержании клетчатки и пониженном – безазотистых экстрактивных веществ (Григорьев Н. Г., 1989).

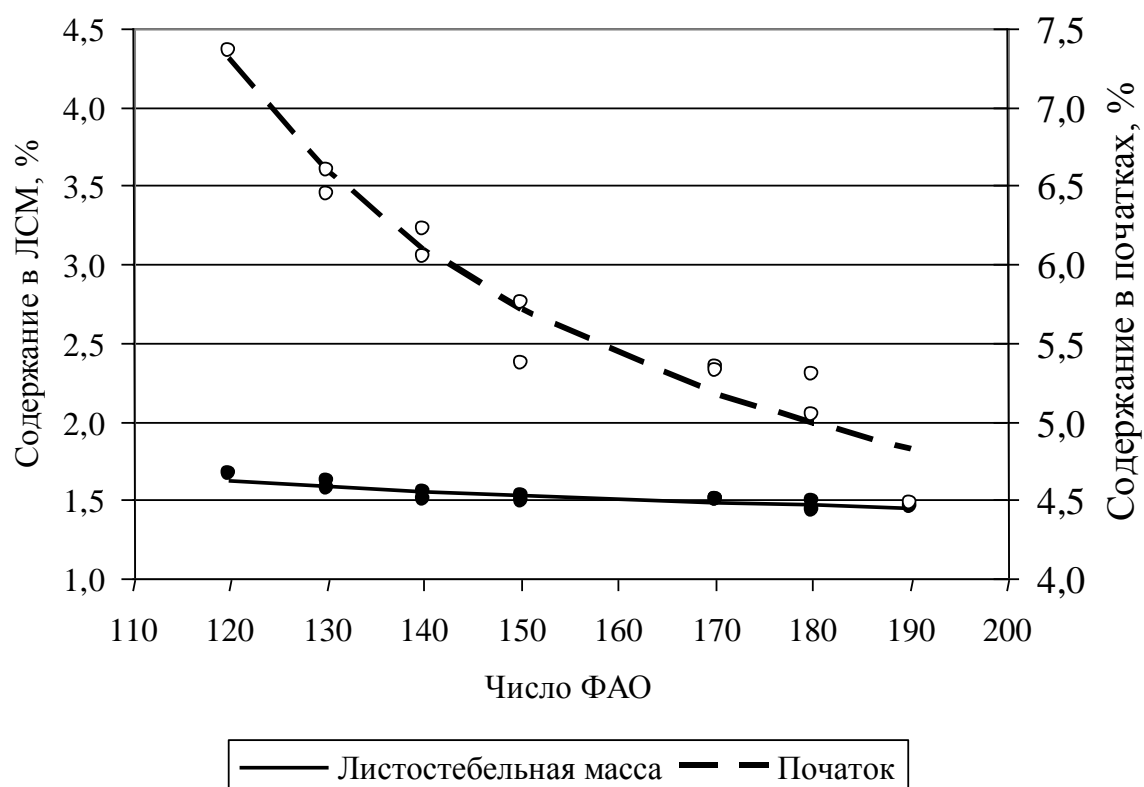


Рисунок 17 – Зависимость содержания сырого жира в сухом веществе листостебельной массы (ЛСМ) и початков от числа ФАО, 2011-2013 гг.

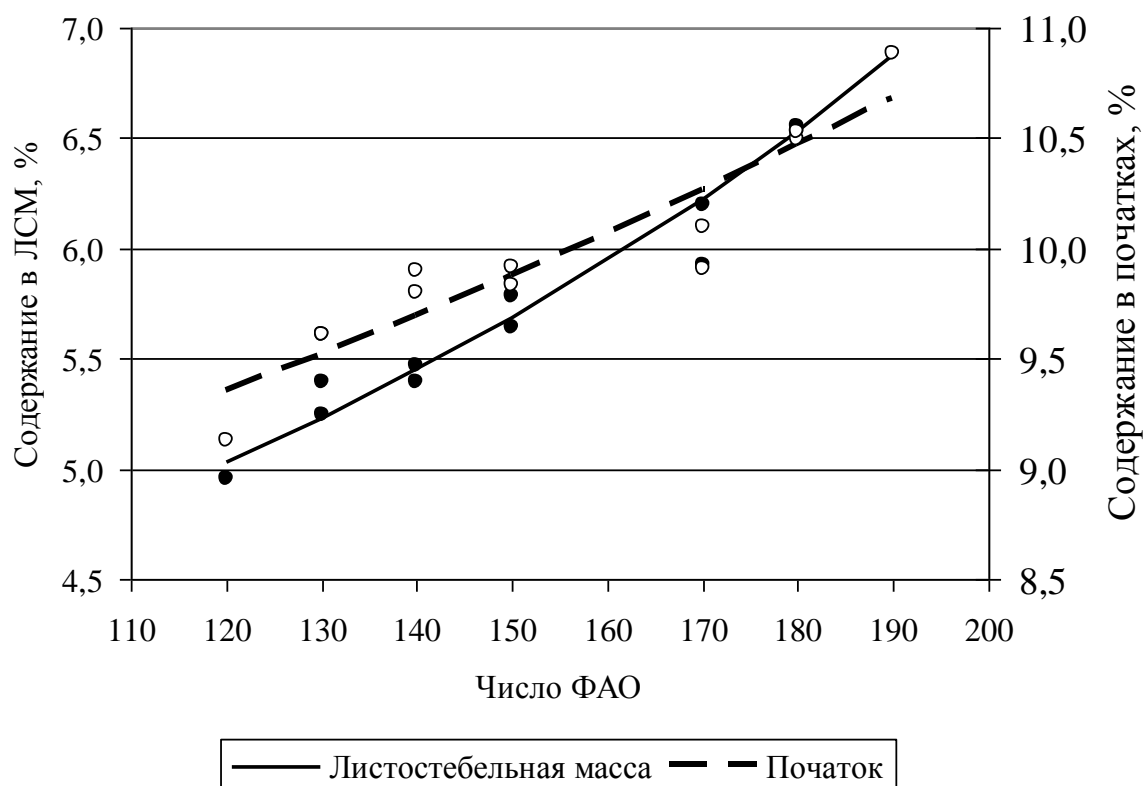


Рисунок 18 – Зависимость содержания сырого протеина в сухом веществе листостебельной массы и початков от числа ФАО, 2011-2013 гг.

По нашим данным удлинение вегетационного периода гибридов сопровождается существенным ростом содержания клетчатки в початках, связанным с изменением соотношения между зерном и стержнем в пользу последнего (рисунок 19). Тенденция к снижению содержания клетчатки в листостебельной массе с ростом чисел ФАО статистически не доказана по критерию Стьюдента (приложение В, таблица В2).

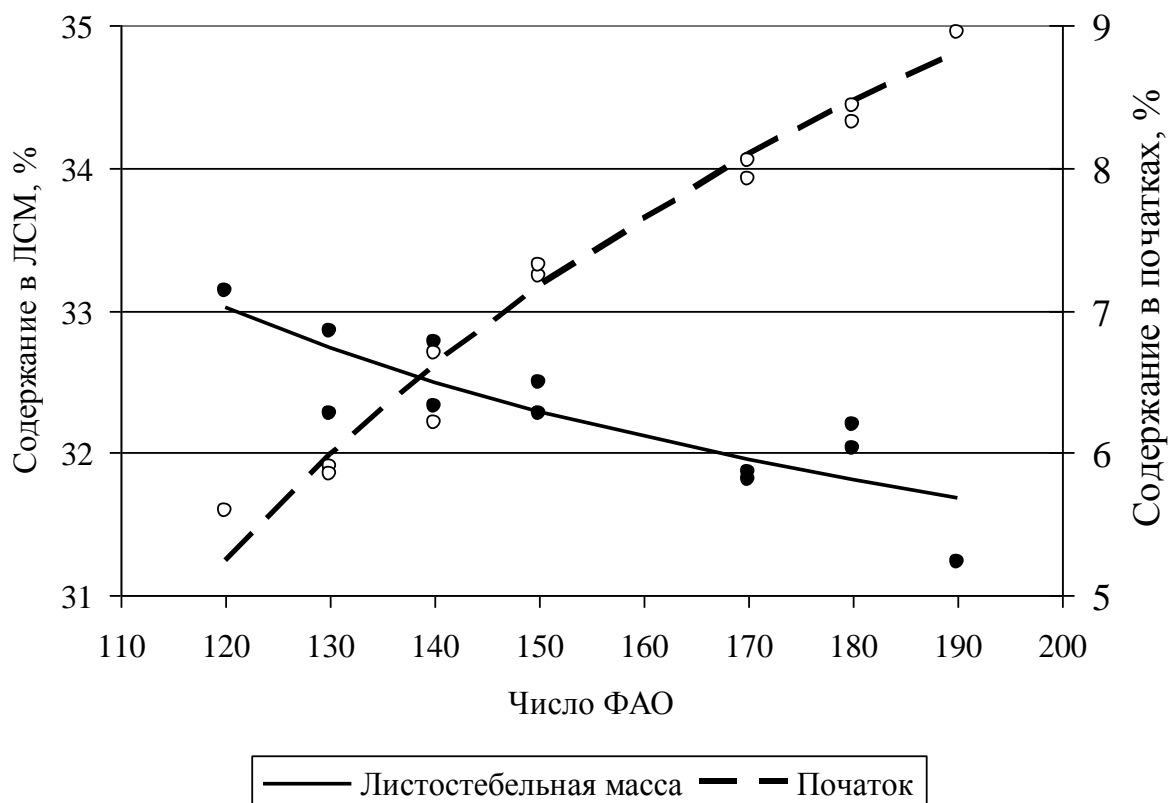


Рисунок 19 – Зависимость содержания сырой клетчатки в сухом веществе листостебельной массы и початков от числа ФАО, 2011-2013 гг.

В отношении содержания безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в обоих компонентах установлены противоположные тенденции: прямая (статистически недоказанная) зависимость от чисел ФАО для листостебельной массы и обратная – для початков (рисунок 20). При этом в листостебельной массе содержание БЭВ варьирует в узких пределах – от 53 до 54 %, тогда как в початках со снижением числа ФАО от 190 до 120 единиц увеличивается с 73 до 76 процентов.

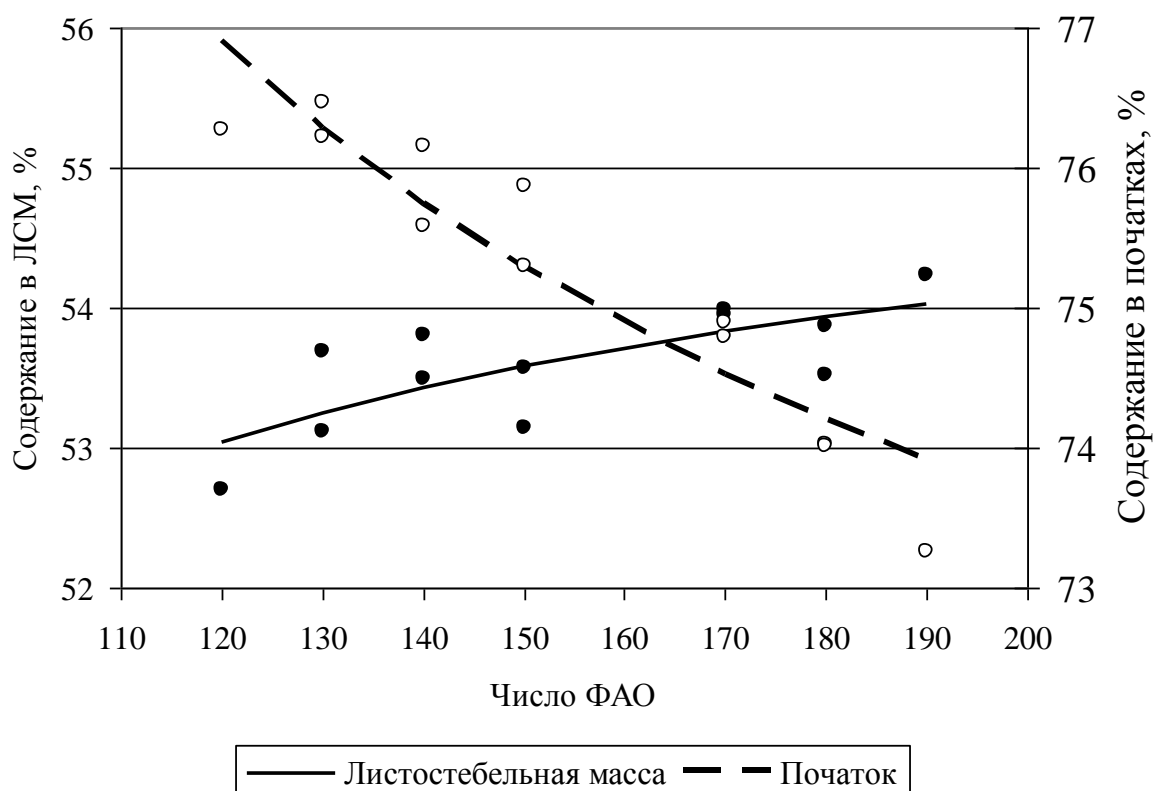


Рисунок 20 – Зависимость содержания сырых БЭВ в сухом веществе листостебельной массы и початков от числа ФАО, 2011-2013 гг.

Установленные зависимости, а также тенденция к увеличению доли початков в сухом веществе ультраранних гибридов по сравнению с раннеспелыми и среднеранним обусловили характер изменений в химическом составе целого растения (таблица 23). Для сырого жира и БЭВ благодаря опережающему накоплению в зерне установлена отрицательная связь между их содержанием в сухом веществе и числом ФАО, для протеина и клетчатки – положительная.

Таким образом, удлинение вегетационного периода гибридов сопровождается одновременным повышением содержания клетчатки и снижением обеспеченности БЭВ. Это, несмотря на некоторое увеличение содержания сырого протеина, позволяет прогнозировать ухудшение условий протеинового питания животных. Необходимо учитывать и низкую биологическую полноценность протеина кукурузы – зеина, который даже в достаточных количествах не удовлетворяет нормам кормления сельскохозяйственных животных (Григорьев Н. Г., 1989; Шпаар Д., 1999). Следовательно, в целом химический состав сухого вещества

гибридов с максимально коротким циклом развития характеризуется как более благоприятный для кормления крупного рогатого скота.

Таблица 23 – Химический состав сухого вещества различных по скороспелости гибридов кукурузы (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Содержание сырых веществ, %				
	жира	протеина	клетчатки	БЭВ	золы
Кубанский 101 МВ	5,19	7,52	16,4	66,9	3,96
Росс 130 МВ	4,56	7,88	17,1	66,6	3,91
Омка 130	4,45	7,81	16,8	66,9	3,95
Кубанский 141 МВ	4,17	8,00	17,6	66,3	3,89
Обский 140 СВ	4,31	7,95	17,7	66,2	3,88
Машук 150 МВ	3,70	7,96	18,7	65,5	4,18
Омка 150	3,90	8,05	18,7	65,3	4,06
Катерина СВ	3,55	8,21	19,5	64,6	4,06
Машук 170 МВ	3,55	8,00	19,6	64,6	4,22
Клифтон	3,39	8,46	20,8	63,2	4,14
Росс 140 МВ	3,31	8,47	20,7	63,5	4,07
К 180 СВ	2,92	8,78	21,3	62,7	4,24
r (корреляция с числом ФАО)	-0,96	0,92	0,99	-0,98	0,78

Основное преимущество кукурузы перед большинством кормовых культур заключается в высоком содержании транзитного крахмала, которых переваривается не в рубце под действием микрофлоры, а энзиматически в тонком кишечнике, что обеспечивает более эффективное использование энергии (Григорьев Н. Г., 1989; Шпаар Д., 1999).

Как показал химический анализ, основная часть крахмала содержится в зерне кукурузы (таблица 24), причем его содержание резко снижается с удлинением вегетационного периода гибридов. Так, в зерне гибридов группы ФАО 120-140 (Кубанский 101 МВ, Росс 130 МВ, Омка 130, Кубанский 141 МВ, Обский 140 СВ) оно максимально и колеблется от 73 до 75 %, тогда у гибрида К 180 СВ (ФАО 190) составляет лишь 67 процентов.

В листьях и стеблях обнаружена аналогичная тенденция, но содержание крахмала в этих органах было в 12-27 раз ниже, чем в зерне.

Таблица 24 – Содержание крахмала в зерне различных по скороспелости гибридов кукурузы, % (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Орган		
	зерно	лист	стебель
Кубанский 101 МВ	75,2	4,20	4,36
Росс 130 МВ	74,4	3,44	4,19
Омка 130	74,0	3,02	4,21
Кубанский 141 МВ	73,2	2,50	3,06
Обский 140 СВ	72,7	2,64	2,89
Машук 150 МВ	71,7	2,56	2,91
Омка 150	71,4	2,57	2,77
Катерина СВ	70,0	2,15	2,57
Машук 170 МВ	70,0	2,40	2,68
Росс 140 МВ	68,2	1,91	2,32
Клифтон	69,0	2,24	2,57
К 180 СВ	66,8	2,04	2,40
В среднем	71,4	2,64	3,08
r (корреляция с числом ФАО)	-0,97	-0,78	-0,76

Растворимые сахара, напротив, сконцентрированы в основном в стебле, где их содержание в 3,0-3,3 раза выше, чем в зерне и листьях (таблица 25).

Таблица 25 – Содержание сахара в сухом веществе различных по скороспелости гибридов кукурузы, % (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Орган		
	зерно	лист	стебель
Кубанский 101 МВ	2,66	2,16	9,0
Росс 130 МВ	3,46	3,30	9,8
Омка 130	3,21	3,35	10,7
Кубанский 141 МВ	3,63	3,38	11,8
Обский 140 СВ	3,81	3,49	12,1
Машук 150 МВ	4,01	3,61	12,3
Омка 150	3,85	3,83	12,8
Катерина СВ	5,30	4,48	15,3
Машук 170 МВ	4,93	4,67	16,5
Росс 140 МВ	6,14	5,38	16,3
Клифтон	5,79	5,84	17,2
К 180 СВ	6,80	6,13	19,3
В среднем	4,46	4,13	13,6
r (корреляция с числом ФАО)	0,98	0,98	0,95



При этом, в противоположность ситуации с крахмалом, с удлинением вегетационного периода содержание сахара возрастало.

Различия в химическом составе различных по скороспелости гибридов определили энергетическую ценность корма. Во все три года исследований концентрация обменной энергии в сухом веществе находилась в обратной зависимости от чисел ФАО, в среднем за три года наблюдалось ее снижение с 10,3-10,4 МДж/кг у ультраранних образцов до 10,0 – у среднераннего К 180 СВ (таблица 26).

Таблица 26 – Концентрация обменной энергии в сухом веществе различных по скороспелости гибридов кукурузы, МДж/кг (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	10,2	10,7	10,4	10,4
Росс 130 МВ	10,2	10,5	10,4	10,4
Омка 130	10,2	10,5	10,4	10,3
Кубанский 141 МВ	10,1	10,5	10,3	10,3
Обский 140 СВ	10,1	10,5	10,3	10,3
Машук 150 МВ	9,9	10,4	10,2	10,2
Омка 150	10,0	10,5	10,3	10,2
Катерина СВ	10,0	10,4	10,2	10,2
Машук 170 МВ	10,0	10,3	10,2	10,2
Росс 140 МВ	9,9	10,3	10,1	10,1
Клифтон	9,9	10,3	10,2	10,1
К 180 СВ	9,8	10,3	10,1	10,0
В среднем	10,0	10,4	10,3	10,2
r (корреляция с числом ФАО)	-0,90	-0,91	-0,94	-0,95

Эта разница между контрастными по скороспелости гибридами в 0,04 МДж/кг в основном воспроизводилась и в отдельные годы. Максимальная обеспеченность обменной энергией наблюдалась на высоком температурном фоне 2012 года, минимальная – при периодически дефицитной обеспеченности теплом в 2011 году.

Как вытекает из анализа рисунка 21, наибольшая концентрация обменной энергии характерна для початка. В листостебельной массе она была ниже на 1,2-1,8 МДж/кг, кроме того, находилась в прямой зависимости от чисел ФАО.

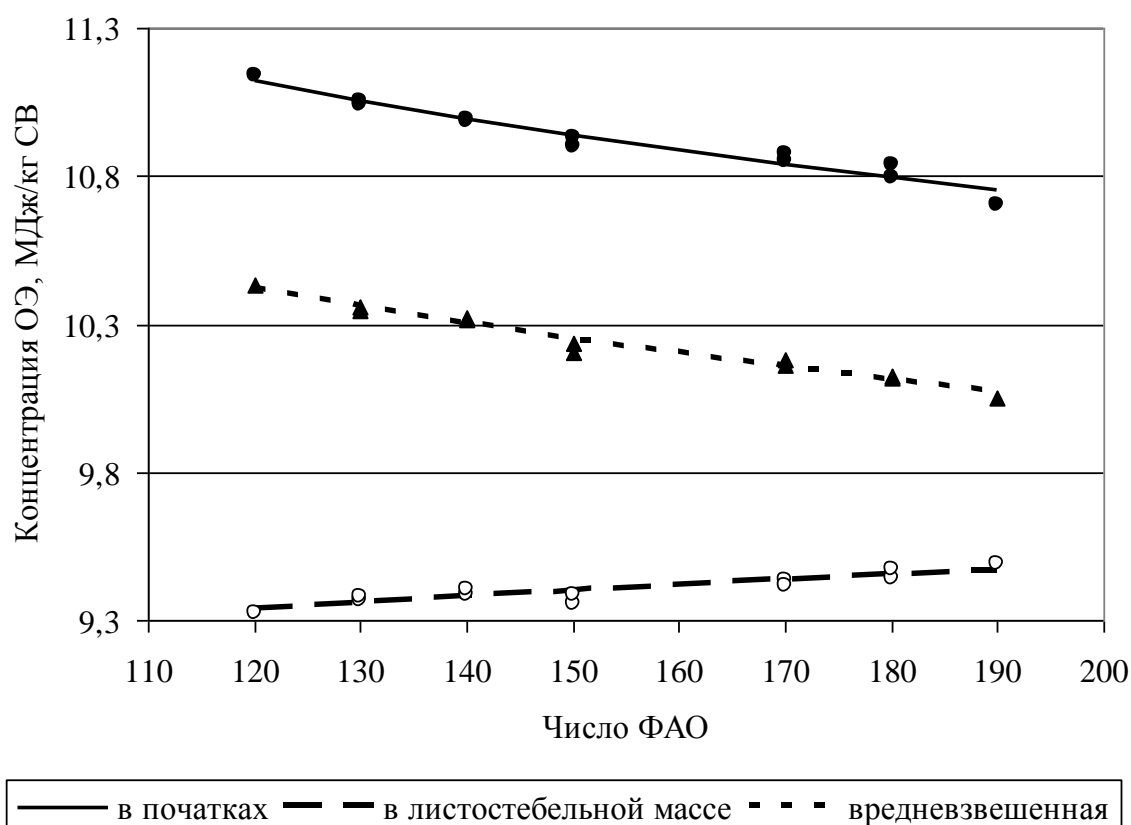


Рисунок 21 – Зависимость концентрации обменной энергии в сухом веществе гибридов кукурузы от числа ФАО, 2011-2013 гг.

Следовательно, преимущества ультраранних гибридов по энергетической ценности, как и по химическому составу, определялись высокой долей початка в сухом веществе, которая может служить надежным критерием оценки гибридов кукурузы по качеству силосуемой массы.

## 5.2 Силосная продуктивность гибридов кукурузы

Учет урожая зеленой массы выявил преимущество гибридов с наибольшей продолжительностью вегетационного периода, что, как и описанные в главе 5 закономерности линейного роста и формирования листового аппарата, отражает их высокий продуктивный потенциал. Наибольшую урожайность в среднем за три года сформировал гибрид группы ФАО 180 Росс 140 МВ, близкую продуктивность показали Клифтон, К 180 СВ, и Катерина СВ (таблица 27). У образцов группы ФАО 130-150 урожайность зеленой массы варьировала от

26 до 34 т/га, минимальный результат показал гибрид зернового направления Кубанский 101 МВ.

Таблица 27 – Урожайность зеленой массы различных по скороспелости гибридов кукурузы, т/га (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	19,9	15,3	30,9	22,0
Росс 130 МВ	23,7	22,4	33,1	26,4
Омка 130	24,9	21,5	33,7	26,7
Кубанский 141 МВ	35,8	22,4	40,0	32,7
Обский 140 СВ	31,4	28,2	41,6	33,7
Машук 150 МВ	29,9	23,8	41,6	31,8
Омка 150	28,5	25,4	39,8	31,2
Катерина СВ	44,4	33,4	43,5	40,4
Машук 170 МВ	35,4	32,7	41,8	36,6
Росс 140 МВ	46,3	29,7	55,6	43,9
Клифтон	45,4	32,1	47,8	41,8
К 180 СВ	46,1	33,8	40,0	40,0
В среднем	34,3	26,7	40,8	33,9
НСР <sub>05</sub>	4,3	3,2	4,2	2,2

Максимальная продуктивность в лесолуговой зоне получена на фоне сбалансированных ресурсов тепла и влаги в 2013 году, минимальная – в условиях засухи 2012 года. В северной лесостепи наблюдалось иное распределение урожайности по годам: наиболее благоприятные условия для ее формирования сложились в 2011 году, при периодической засушливости 2013 года она снизилась в среднем на 13 т/га, при продолжительной засухе – на 16 тонн с гектара (таблица 28).

Общий уровень урожайности в северной лесостепи сформировался на 8 т/га ниже, чем в лесолуговой зоне. Лидером по продуктивности здесь оказался гибрид Машук 170 МВ, однако положительная связь между урожаем зеленой массы и продолжительностью вегетационного периода выражена относительно

слабо: так, ультраранние гибриды Кубанский 141 МВ и Обский 140 СВ показали такую же урожайность, как раннеспелые Росс 140 МВ и Клифтон.

Таблица 28 – Урожайность зеленой массы различных по скороспелости гибридов кукурузы, т/га (северная лесостепная зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	24,8	11,0	13,8	16,5
Росс 130 МВ	31,2	17,8	24,6	24,5
Омка 130	31,3	15,5	16,9	21,2
Кубанский 141 МВ	38,4	25,2	23,5	29,1
Обский 140 СВ	35,0	18,8	33,8	29,2
Машук 150 МВ	34,1	17,7	19,9	23,9
Омка 150	35,6	21,7	20,6	26,0
Катерина СВ	36,6	18,8	23,9	26,5
Машук 170 МВ	48,9	26,3	23,8	33,0
Росс 140 МВ	38,1	17,0	25,6	26,9
Клифтон	39,6	20,3	28,9	29,6
К 180 СВ	39,9	24,3	20,5	28,2
В среднем	36,1	19,5	23,0	26,2
НСР <sub>05</sub>	3,9	3,1	2,9	1,9

Еще более слабая зависимость от вегетационного периода в обеих зонах наблюдается в отношении урожайности сухой массы. В лесолуговой зоне для большой группы гибридов с различными сроками созревания (Кубанский 141 МВ, Обский 140 СВ, Машук 150 МВ, Омка 150, Машук 170 МВ, Клифтон, К 180 СВ) в среднем за три года различия по урожайности статистически не доказаны (таблица 29). В качестве стабильно продуктивных выделились Катерина СВ и Росс 140 МВ; в условиях засухи 2012 года, кроме Катерины СВ – Обский 140 СВ, Машук 170 МВ, Клифтон и Нур (приложение Д).

В северной лесостепной зоне на более дефицитном фоне увлажнения высокую продуктивность показал более узкий круг гибридов: ультраранние Кубанский 141 МВ, Обский 140 СВ и раннеспелый Машук 170 МВ (таблица 30). Средний уровень урожайности здесь сформировался на 2 т/га ниже, чем в лесолуговой зоне.

Таблица 29 – Урожайность сухой массы различных по скороспелости гибридов кукурузы, т/га (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	7,8	6,6	12,1	8,8
Росс 130 МВ	8,3	8,6	11,8	9,6
Омка 130	8,9	8,2	12,3	9,8
Кубанский 141 МВ	11,8	7,8	14,1	11,2
Обский 140 СВ	10,1	9,9	14,2	11,4
Машук 150 МВ	9,0	8,0	13,8	10,3
Омка 150	8,3	8,4	13,3	10,0
Катерина СВ	12,2	10,3	14,3	12,3
Машук 170 МВ	9,6	9,9	13,1	10,9
Росс 140 МВ	11,6	8,8	16,7	12,4
Клифтон	11,5	9,5	14,8	11,9
К 180 СВ	10,9	9,4	11,5	10,6
В среднем	10,0	8,8	13,5	10,8
НСР <sub>05</sub>	1,2	1,0	1,4	0,7

Таблица 30 – Урожайность сухой массы различных по скороспелости гибридов кукурузы, т/га (северная лесостепная зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований 0,4			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	9,9	4,9	5,7	6,9
Росс 130 МВ	11,3	7,1	9,3	9,2
Омка 130	11,3	6,2	6,5	8,0
Кубанский 141 МВ	13,1	9,5	8,5	10,3
Обский 140 СВ	12,0	7,0	12,1	10,4
Машук 150 МВ	11,4	6,4	6,8	8,2
Омка 150	11,9	7,8	7,2	9,0
Катерина СВ	11,8	6,4	7,8	8,7
Машук 170 МВ	15,6	8,9	7,6	10,7
Росс 140 МВ	11,9	5,6	7,9	8,5
Клифтон	12,2	6,6	8,8	9,2
К 180 СВ	11,1	7,6	6,1	8,2
В среднем	12,0	7,0	7,9	8,9
НСР <sub>05</sub>	1,3	1,8	1,2	0,8

Интегрированным показателем силосной продуктивности является сбор обменной энергии с единицы площади (таблица 31).

Таблица 31 – Сбор обменной энергии при выращивании различных по скороспелости гибридов кукурузы, ГДж/га (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	79,9	70,3	125,6	91,9
Росс 130 МВ	84,3	90,2	122,9	99,1
Омка 130	90,6	86,6	127,8	101,7
Кубанский 141 МВ	118,8	81,6	145,3	115,2
Обский 140 СВ	102,1	104,0	146,4	117,5
Машук 150 МВ	89,6	83,0	141,1	104,6
Омка 150	82,9	88,0	136,9	102,6
Катерина СВ	122,0	107,3	146,1	125,1
Машук 170 МВ	95,6	102,1	133,1	110,3
Росс 140 МВ	114,8	90,2	168,5	124,5
Клифтон	114,2	97,8	150,8	120,9
К 180 СВ	106,6	97,0	116,0	106,5
В среднем	100,1	91,6	137,3	109,7
НСР <sub>05</sub>	11,9	10,8	14,2	6,9

По данному параметру в лесолуговой зоне выявлено в целом то же варьирование по годам, что и по урожайности сухой массы, однако вследствие положительной зависимости концентрации обменной энергии от температурного фона различия между влажным 2011 и засушливым 2012 годами несколько сглажены. Кроме того, благодаря тесной обратной связи между КОЭ и продолжительностью вегетационного периода наблюдается более выраженная дифференциация гибридов по продуктивности. Так, в ультраранней группе в качестве лидеров выделяются лишь два гибрида: Кубанский 141 МВ и Обский 140 СВ, а на засушливом фоне 2012 года – и гибрид Нур (приложение Д), в раннеспелой группе, как и по урожайности сухой массы – Катерина СВ, Росс 140 МВ и Клифтон.

Как вытекает из исследований А. Э. Панфилова, проведенных в 1986-2003 годах (Панфилов А. Э., 2012), в лесостепи Южного Зауралья удлинение вегетационного периода гибридов кукурузы сопровождается прогрессирующим разрывом между потенциальной и фактически реализованной продуктивно-

стью, что вызывает тесную отрицательную зависимость урожайности от параметров габитуса растений. Сопоставление таблиц 7, 14 и 27 показывает, что силосная продуктивность различных по скороспелости гибридов кукурузы в диапазоне ФАО 120-170 прямо пропорциональна таким параметрам, как высота растений и мощность листового аппарата. Следовательно, современный уровень селекции на скороспелость обеспечивает достаточно полную реализацию продуктивного потенциала ультраранних и раннеспелых гибридов кукурузы не только на Южном, но и на Среднем Урале.

Обобщая изложенное, необходимо отметить, что оценка гибридов кукурузы по силосной продуктивности зависит от ее критерия. Как следует из анализа рисунка 22, сравнение гибридов по урожайности зеленой массы не позволяет выявить оптимального диапазона скороспелости для подбора гибридов силосного направления: продуктивность монотонно возрастает пропорционально числам ФАО.

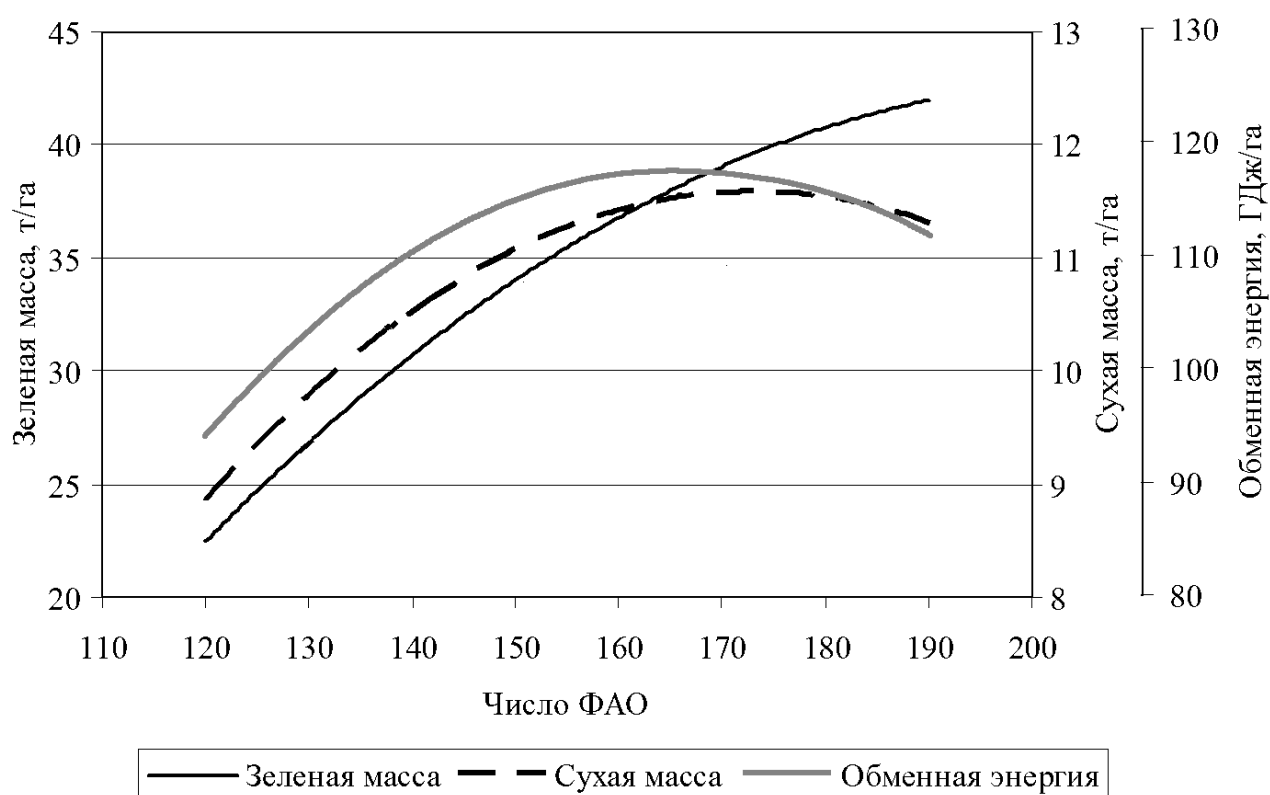


Рисунок 22 — Зависимость урожайности зеленой, сухой массы и сбора обменной энергии гибридов кукурузы от числа ФАО, 2011-2013 гг.

Оценка гибридов по урожайности сухой массы устанавливает в качестве оптимального интервал ФАО от 170 до 180 единиц. Наконец, при выборе в качестве интегрирующего критерия сбора обменной энергии с гектара наблюдается еще большее смещение этого интервала в область 160-170 единиц ФАО.

Вместе с тем, учитывая значительные колебания ресурсов тепла и влаги по годам, для стабилизации качества силоса в условиях Среднего Урала необходим более широкий набор гибридов. Не менее половины площади посева следует отводить под ультраранние гибриды группы ФАО 130-150, отвечающие технологически и зоотехнически обоснованным требованиям к содержанию сухого вещества в зеленой массе и химическому составу урожая в условиях периодического дефицита тепла. Среди гибридов, включенных в реестр по региону, наиболее продуктивными в этой группе являются Нур, Кубанский 141 МВ и Обский 140 СВ. Возделывание раннеспелых гибридов Катерина СВ и Машук 170 МВ и аналогичных им (ФАО 170) в сочетании с ультраранними обеспечит устойчивость производства силоса с учетом возрастающей вероятности засушливых явлений.

Использование гибридов группы ФАО 120 и меньше (на примере Кубанского 101 МВ) в качестве силосных нецелесообразно из-за низкой потенциальной урожайности, а образцов ФАО 180 и выше, несмотря на высокую урожайность некоторых из них – вследствие неустойчивого качества урожая.

### **5.3 Экологическая пластичность различных по скороспелости гибридов кукурузы и ее связь с продуктивностью**

Варьирование урожайности кукурузы обусловлено внешними факторами и генетическими особенностями гибридов. Влияние факторов среды на рост и развитие кукурузы как культуры, в целом не вполне адаптированной к условиям Урала, зачастую является стрессовым и проявляется в виде дефицита тепла или влаги, а потому зависит от устойчивости гибридов к неблагоприятным явлениям. Это требует оценки гибридов на адаптивность к абиотическим стрессо-



рам, прежде всего – на наличие признаков холодостойкости и засухоустойчивости.

Холодостойкость кукурузы обусловлена, с одной стороны, возрастом растений, с другой – уровнями воздействия низких температур, среди которых различают температуры замерзания, охлаждения (ниже биологического минимума) и субоптимальные температуры (выше биологического минимума, но ниже оптимума) (Miedema P., 1982). Устойчивость кукурузы к заморозкам проявляется в том, что после повреждения из апикальной меристемы отрастают очередные листья при условии ее целостности в почве. Генетических различий в устойчивости отдельных биотипов к этому фактору не выявлено (Шмараев Г. Е., 1999).

При температурах от 0 до 10 °С реакция растений зависит от генотипа, экспозиции и температурного диапазона. Полное повреждение всходов наступает при воздействии на них температуры 3-4 °С при длительности от шести суток до 18 часов (Тарасов С. И., 1983). На менее жестком фоне охлаждения (6-7 °С) возврат оптимальных температур сопровождается исчезновением основных симптомов повреждения. При 9-10 °С проявляются замедление роста корневой системы, понижение интенсивности дыхания – как через прямое снижение скорости дыхания, так и через медленное формирование митохондриального аппарата, ухудшение гидролиза жиров прорастающих семян в зародыше (Шмараев Г. Е., 1999; Денеште Ж. Х., 2003). Длительное нахождение семян в почве на этом фоне у неустойчивых гибридов приводит к снижению полевой всхожести на 40-50 процентов (Горбачев А. Г., 2014).

Негативное влияние на растение кукурузы оказывают и субоптимальные температуры. Например, при 14-18 °С сдерживается удлинение клеток, замедляются развитие и рост растений, происходит снижение накопления сухого вещества. Основную значимость субоптимальные температуры проявляют в первой половине вегетации – от всходов до выметывания (Jager F., 2003; Казакова Н. И., 2011).

Механизмы устойчивости кукурузы к низким температурам связывают со способностью кукурузы к быстрому превращению запасных веществ в подвижные формы, активизации ферментных систем, к повышению интенсивности дыхания, увеличению содержания белкового азота, в том числе белков низкотемпературного стресса, зеленых и желтых пигментов (Мишустина П. С., 1983; Колесниченко А. В., 2003).

Устойчивость к дефициту влаги также определяется комплексом механизмов, к которым относят мощность корневой системы, морфологическую и фенологическую выравненность гибрида, способность сбрасывать нижние листья, повышенную водоудерживающую способность, высокое содержание хлорофилла «b», способность быстрого перехода на различные по интенсивности уровни транспирации (Гурьев Б. П., 1988; Филиппов Г. Л., 1990; Мустяца С. И., 2005; Панфилов А. Э., 2014;).

Таким образом, сложность изучения признаков адаптивности в полевых условиях заключается в их полигенности, поэтому прямая оценка гибридов кукурузы по этим признакам не всегда пригодна для принятия непротиворечивых заключений.

Комплексную оценку адаптивных свойств генотипов обеспечивает анализ их экологической пластичности и стабильности, отражающих норму реакции организма на внешние условия (Гудова Л. А., 2009). Экологическая пластичность – это степень модифицируемости, или изменчивости признака, позволяющая организму адаптироваться к изменяющимся условиям среды (Жученко А. А., 1988; Потанин В. Г., 2014). Экологическая стабильность является дополняющим параметром и характеризует регулярность нормы реакции генотипа, воспроизводимость его модификационной изменчивости (Панфилов А. Э., 1998). Высокостабильные гибриды на одно и то же изменение внешних условий отвечают более предсказуемой реакцией, чем низкостабильные, при этом и те, и другие могут относиться к одной и той же группе пластичности.

Наиболее распространена методика оценки экологической пластичности по S. A. Eberhart, W.A. Russell (1966), которая, в частности, предусматривает

выражение параметра пластичности через коэффициент регрессии результирующего признака на индекс условий среды. Последний является комплексным показателем условий вегетации генотипов и позволяет абстрагироваться от конкретных характеристик среды (гидротермических факторов, почвенных условий и т. д.).

Индекс условий лежит в основе и другой методики, предложенной G. C. C. Tai (Панфилов А. Э., 1999). Данная методика использована нами как обеспечивающая более объективную группировку генотипов по экологической пластичности и стабильности генотипов. Для анализа использованы данные по урожайности сухой массы 12 гибридов, испытанных в двух географических пунктах в течение трех лет (общее число градаций по фактору «условия среды» составило 6). На первом этапе проведен двухфакторный дисперсионный анализ, который выявил значительный вклад условий среды в варьирование урожайности: более 73 % от общей девиаты по вариантам (таблица 32). На долю генотипа приходится около 12 % варьирования, взаимодействия «условия – генотип» – 15 процентов. Значимость всех трех источников варьирования статистически доказана по критерию Фишера, следовательно, установлены статистически достоверные различия лет и пунктов исследований по условиям вегетации, а также гибридов по уровню продуктивности.

Таблица 32 – Вклад генотипов и факторов среды в варьирование урожайности сухой массы гибридов кукурузы по результатам дисперсионного анализа, 2011-2013 гг.

Источник варьирования	Девиата	Коэффициент детерминации, %	F <sub>ф</sub>	F <sub>05</sub>
Варианты	2026,44	100,0	48,37	1,36
Условия	236,23	73,3	36,41	1,83
Генотип	1485,67	11,7	503,61	2,26
Взаимодействие	304,54	15,0	9,39	1,40

Доказанная достоверность взаимодействия говорит о том, что изучаемые гибриды обладают не только различной урожайностью, но и разной реакцией на внешние факторы. Это позволило перейти ко второму этапу анализа – расче-

ту линейной реакции генотипов  $\alpha_i$  и отклонения линейной реакции  $\lambda_i$ , которые отражают экологическую пластичность и стабильность гибридов (таблица 33). Судя по значению параметра  $\alpha_i$ , максимальной пластичностью обладает гибрид Росс 140 МВ, сравнительно высокой – Машук 150 МВ, Клифтон, Катерина СВ.

Таблица 33 – Параметры экологической пластичности и стабильности гибридов, 2011-2013 гг.

Гибрид	Линейная реакция (пластичность) $\alpha_i$	Отклонение линейной реакции (стабильность) $\lambda_i$
Кубанский 101 МВ	0,09	0,37
Росс 130 МВ	-0,35	4,81
Омка 130	-0,01	0,75
Кубанский 141 МВ	-0,08	10,29
Обский 140 СВ	-0,23	17,30
Машук 150 МВ	0,14	0,91
Омка 150	-0,05	4,83
Катерина СВ	0,10	8,24
Машук 170 МВ	0,00	19,65
Росс 140 МВ	0,51	7,07
Клифтон	0,13	5,76
К 180 СВ	-0,33	9,45

Напротив, низкие значения параметра характерны для гибридов Обский 140 СВ, К 180 СВ, Росс 130 МВ. Отклонение линейной реакции  $\lambda_i$  является обратным параметром по отношению к признаку экологической стабильности: его низкие значения свидетельствуют о высокой стабильности и наоборот. Исходя из этого к наиболее стабильным могут быть отнесены Омка 130, Кубанский 101 МВ и Машук 150 МВ, к наименее – Кубанский 141 МВ, Обский 140 СВ и Катерина СВ.

Вместе с тем прямое обращение к количественным характеристикам пластичности и стабильности не позволяет объективно констатировать принадлежность гибрида к той иной группе адаптивности. Кроме того, как уже показано, эти признаки являются не исключаяющими, а взаимно дополняющими. Для оценки их в комплексе, а также для объективной группировки генотипов методика Таі предусматривает третий этап анализа – графическую интерпрета-

цию. Она заключается в нанесении значений  $\alpha_i$  и  $\lambda_i$  на плоскость координат, где также строятся парабола и линия доверия. Парабола, параметры которой рассчитываются по данным дисперсионного анализа, делит плоскость на три зоны: гибриды, точки которых располагаются ниже параболы, относятся к низкопластичным, выше – к высокопластичным, внутри параболы – к среднепластичным. Абсцисса линии доверия соответствует значению критерия Фишера для степеней свободы по факторам кратности условий, числа гибридов и повторений в опыте. Расположение точки генотипа левее линии говорит о его высокой стабильности, правее – о низкой.

Таким образом, используемая методика потенциально позволяет выделить среди изучаемых гибридов шесть групп адаптивности. По результатам наших исследований выявлено пять таких групп (рисунок 23): высокопластичные, высокостабильные (Кубанский 101 МВ, Машук 150 МВ), низкопластичные, высокостабильные (Росс 130 МВ), низкопластичные, низкостабильные (К 180 СВ), среднепластичные, высокостабильные (Омка 130, Омка 150) и среднепластичные, низкостабильные – остальные гибриды.

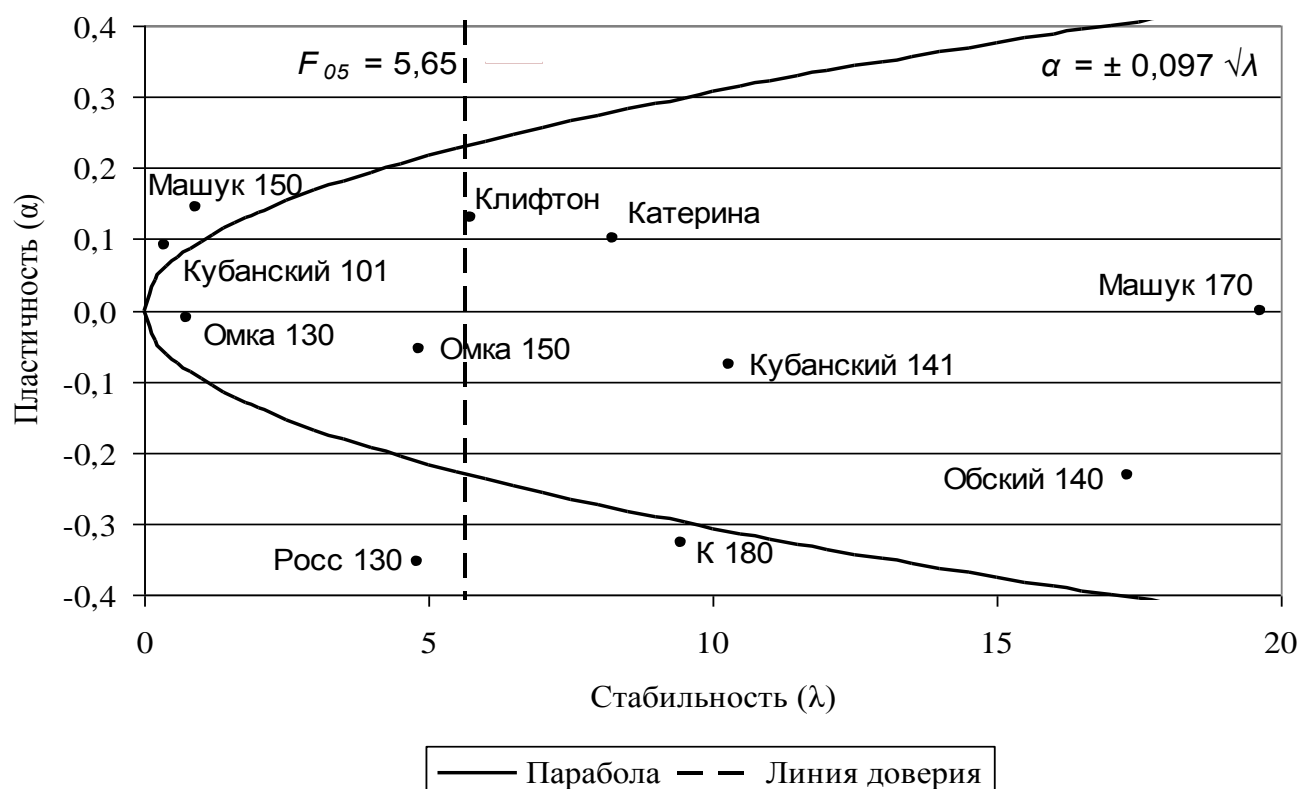


Рисунок 23 – Графическая интерпретация результатов анализа экологической пластичности и стабильности гибридов кукурузы, 2011-2013 гг.

Принципиальным является вопрос об оптимальных значениях параметров экологической пластичности и стабильности. Трактовка этого вопроса достаточно противоречива: имеются мнения о том, что высокая продуктивность сортов связана с высокой (Сидорова О. М., 1989; Сапега В. А., 2014) низкой (Ларионов Ю. С., 1993) и средней (Панфилов А. Э., 1999) экологической пластичностью. Как показала группировка гибридов кукурузы по параметрам пластичности и стабильности в сопоставлении с урожайностью сухой массы, наиболее продуктивными в условиях Урала являются среднепластичные, низкостабильные образцы (таблица 34). Их урожайность достоверно превышает среднее значение на 0,6-1,1 т/га. Гибриды остальных групп показали статистически доказанное снижение урожайности по сравнению со средней.

Таблица 34 – Группировка гибридов по параметрам экологической пластичности и стабильности, 2011-2013 гг.

Гибрид	Экологическая пластичность	Экологическая стабильность	Средняя урожайность сухой массы, т/га
Кубанский 101 МВ	высокая	высокая	7,8
Машук 150 МВ	высокая	высокая	9,2
Росс 130 МВ	низкая	высокая	9,4
К 180 СВ	низкая	низкая	9,4
Омка 150	средняя	высокая	9,5
Омка 130	средняя	высокая	8,9
Кубанский 141 МВ	средняя	низкая	10,8
Обский 140 СВ	средняя	низкая	10,9
Катерина СВ	средняя	низкая	10,5
Машук 170 МВ	средняя	низкая	10,8
Росс 140 МВ	средняя	низкая	10,4
Клифтон	средняя	низкая	10,6
В среднем	-	-	9,8
НСР <sub>05</sub>	-	-	0,4

Исследования, проведенные ранее в южной и северной лесостепной зонах Зауралья, также показали преимущества среднепластичных гибридов над высоко- и низкопластичными (Панфилов А. Э., 2004). При этом низкая урожайность высокопластичных форм объясняется резко выраженной реакцией на периодическое ухудшение условий вегетации (в основном на дефицит влаги), низкопластичных – наоборот, слабой отзывчивостью на благоприятные условия.

Принципиальное отличие наших результатов заключается в выявленном преимуществе не высоко-, а низкостабильных гибридов. Как показывает сопоставление таблиц 25 и 30, высокостабильные образцы Омка 130 и Омка 150 закономерно снижали продуктивность в лесолуговой зоне на фоне дефицита тепла в 2011 году, тогда как низкостабильные Кубанский 141 МВ, Обский 140 СВ, Катерина СВ, Машук 170 МВ, Росс 140 МВ и Клифтон в этих условиях показали урожайность на уровне или выше средней. Следовательно, высокую адаптивность гибридов в условиях Среднего Урала обеспечивает низкая экологическая стабильность, проявляющаяся в виде нерегулярной реакции на пониженный температурный фон, в сочетании со средней пластичностью.

Как показали исследования В.А. Сапеги (2012), показатель стабильности снижается у большинства культур в динамике лет допуска сортов к использованию. Таким образом, выявленное нами преимущество низкостабильных гибридов кукурузы можно рассматривать и как следствие современных тенденций в селекции на интенсивность.

#### **5.4 Влияние сроков уборки на продуктивность гибридов кукурузы**

Сравнительно короткий период активной вегетации, благоприятный для формирования силосной продуктивности кукурузы на Среднем Урале, требует максимально рационального использования ресурсов тепла. Одним из путей выполнения этого условия, наряду с обоснованно ранним посевом, является оптимизация сроков уборки кукурузы на силос. Актуальность этой задачи обусловлена, в частности, тесной зависимостью показателей качества и силосной продуктивности кукурузы от фазы развития растений.

Одним из критериев оптимального срока уборки является содержание сухого вещества в зеленой массе (таблица 35). Как показано в разделе 5.1, технологический минимум по этому показателю составляет 25 %. В среднем за три года исследований этот минимум при выращивании ультраранних гибридов Кубанский 101 МВ и Обский 140 СВ достигался к середине августа, тогда как у раннеспелых Катерина СВ и Росс 140 МВ – почти на месяц позже.



Таблица 35 – Влияние срока уборки на содержание сухого вещества в зеленой массе различных по скороспелости гибридов кукурузы, %, 2011-2013 гг.

Гибрид	Срок уборки			
	16.08	30.08	13.09	28.09
2011 год				
Кубанский 101 МВ	23,3	28,1	34,0	39,3
Обский 140 СВ	20,3	23,0	28,5	32,2
Катерина СВ	18,4	19,2	23,3	27,5
Росс 140 МВ	17,1	17,9	21,4	24,9
2012 год				
Кубанский 101 МВ	34,9	39,3	42,9	50,1
Обский 140 СВ	28,9	31,1	35,2	44,5
Катерина СВ	25,0	26,5	30,9	36,7
Росс 140 МВ	22,5	23,3	29,5	34,5
2013 год				
Кубанский 101 МВ	30,6	35,5	39,1	46,7
Обский 140 СВ	27,6	31,0	34,2	42,9
Катерина СВ	23,4	27,4	33,0	40,0
Росс 140 МВ	20,7	25,6	30,0	39,2
В среднем за 2011-2013 годы				
Кубанский 101 МВ	29,6	34,3	38,7	45,4
Обский 140 СВ	25,6	28,4	32,6	39,9
Катерина СВ	22,3	24,4	29,1	34,7
Росс 140 МВ	20,1	22,3	27,0	32,9

Наименьшим содержанием сухого вещества все гибриды отличались в 2011 году в связи с поздним развитием кукурузы. В этих условиях критический уровень у гибрида Кубанский 101 МВ отмечен лишь к концу августа, у Обского 140 СВ – не раньше первой декады сентября, у раннеспелых гибридов – в третьей декаде сентября.

Наиболее энергонасыщенные органические соединения (жир, крахмал и другие компоненты БЭВ) содержатся в зерне кукурузы, поэтому энергетическая ценность сухого вещества определяется структурой урожая зеленой массы. Многочисленными исследованиями установлена тесная прямая зависимость концентрации обменной энергии от доли початков в сухом веществе, которая по минимальным зоотехническим требованиям должна составлять не менее

50 % от общего сухого вещества (Григорьев Н. Г., 1989; Левахин Г. И., 1999; Волошин В. А., 2009; Жужукин В. И., 2012; Намятов М. А., 2013).

Смещение срока уборки с середины августа на конец сентября сопровождалось увеличением доли початков в сухом веществе (таблица 36). Наибольшее значение это имело также в 2011 году, когда даже у ультраранних гибридов Кубанский 101 МВ и Обский 140 СВ до середины сентября доля початков не превышала 50 %. У раннеспелых образцов максимальное значение этого параметра к концу сентября составило лишь 40-45 %.

Таблица 36 – Влияние срока уборки на долю початков в сухом веществе различных по скороспелости гибридов кукурузы, %, 2011-2013 гг.

Гибрид	Срок уборки			
	16.08	30.08	13.09	28.09
2011 год				
Кубанский 101 МВ	30,3	43,0	58,6	59,0
Обский 140 СВ	21,3	30,7	48,3	50,8
Катерина СВ	16,8	23,0	41,8	45,8
Росс 140 МВ	10,3	17,6	36,1	40,3
2012 год				
Кубанский 101 МВ	61,9	67,3	69,6	74,2
Обский 140 СВ	57,5	66,5	69,8	73,9
Катерина СВ	53,4	58,4	63,4	72,9
Росс 140 МВ	51,1	56,0	61,0	69,8
2013 год				
Кубанский 101 МВ	49,5	54,9	61,0	65,0
Обский 140 СВ	37,8	47,4	59,1	63,3
Катерина СВ	30,9	36,9	55,8	59,4
Росс 140 МВ	25,2	31,5	53,7	58,7
В среднем за 2011-2013 годы				
Кубанский 101 МВ	47,2	55,1	63,1	66,1
Обский 140 СВ	38,9	48,2	59,1	62,7
Катерина СВ	30,4	39,4	53,7	59,4
Росс 140 МВ	25,5	35,0	50,3	56,3

Напротив, на фоне высокой суммы положительных температур и быстрого прохождения растениями цикла развития в 2012 году достаточно высокое

содержание початков в сухой массе достигалось уже к середине сентября: у ультраранних гибридов оно было близко к 60 %, у раннеспелых превышало 50 %. Увеличение доли початков до 70-74 % при последнем сроке уборки вызвано не продолжением налива зерна, а отмиранием и потерей части вегетативной массы, в частности, листьев и верхних частей стебля за счет перестоя.

В целом пропорционально доле початков изменялась и концентрация обменной энергии в сухом веществе по срокам уборки (таблица 37).

Таблица 37 – Влияние срока уборки на концентрацию обменной энергии в сухом веществе гибридов кукурузы, МДж/кг, 2011-2013 гг.

Гибрид	Срок уборки			
	16.08	30.08	13.09	28.09
2011 год				
Кубанский 101 МВ	10,0	10,1	10,2	10,2
Обский 140 СВ	9,8	10,0	10,1	10,1
Катерина СВ	9,7	9,9	9,9	10,0
Росс 140 МВ	9,2	9,7	9,8	9,9
2012 год				
Кубанский 101 МВ	10,5	10,6	10,7	10,7
Обский 140 СВ	10,4	10,5	10,5	10,6
Катерина СВ	10,2	10,5	10,4	10,5
Росс 140 МВ	10,0	10,1	10,3	10,4
2013 год				
Кубанский 101 МВ	10,1	10,2	10,4	10,5
Обский 140 СВ	10,0	10,1	10,3	10,4
Катерина СВ	9,8	10,0	10,2	10,3
Росс 140 МВ	9,5	9,6	10,0	10,1
В среднем за 2011-2013 годы				
Кубанский 101 МВ	10,2	10,3	10,4	10,5
Обский 140 СВ	10,1	10,2	10,3	10,4
Катерина СВ	9,9	10,1	10,2	10,3
Росс 140 МВ	9,6	9,8	10,0	10,1

В зависимости от фазы развития и условий вегетации кукурузы этот показатель качества может варьировать в широком диапазоне – от 9,0 до 11,5 МДж/кг сухого вещества (Стафийчук А. А., 1970; Уилкинсон Дж. М., 1983; Са-

деков Б. С., 1990; Левахин Г. И., 1999). Как уже отмечено, выход на высокую молочную продуктивность скота возможен при концентрации обменной энергии не ниже 10 МДж/кг, а наиболее эффективный баланс рационов достигается при показателе 10,5 МДж/кг и выше (Zscheishcler J., 1984; Семина С. А., 2013).

В благоприятных для созревания кукурузы условиях 2012 года у ультраранних гибридов такое состояние наблюдалось уже при первом сроке уборки, у раннеспелых несколько позже: у Катерины СВ ко второму сроку, у гибрида Росс 140 СВ – к четвертому. На фоне дефицитной обеспеченности теплом все гибриды гарантированно обеспечивали лишь 10 МДж/кг обменной энергии в сухой массе. Таким образом, оптимизация сроков уборки кукурузы на силос является эффективным способом регулирования качества силоса.

Урожайность сухой массы варьировала под влиянием изучаемых факторов в широком диапазоне (таблица 38). Методом корреляционного анализа установлена положительная зависимость урожайности от погодных условий (коэффициент корреляции составил 0,57) и от изменения сроков уборки ( $r = 0,89$ ).

С учетом этого была разработана регрессионная модель продуктивности кукурузы, которая позволила получить представление о количественном влиянии каждого фактора на сбор сухого вещества с 1 га. Установленные зависимости описываются уравнением (8)

$$y = 4,585 + 0,299x_1 + 3,363x_2, \quad (8)$$

где  $y$  — продуктивность кукурузы в сухом веществе, т/га;  $x_1$  — формализованные погодные условия (2011, 2012 и 2013 годы);  $x_2$  — формализованные сроки уборки растений.

Интерпретация полученного уравнения позволяет сделать вывод: увеличение значения погодного фактора вызывает рост урожайности на 0,299 т/га сухого вещества при постоянстве второго фактора — сроков уборки. При неизменности погодных условий изменение второго фактора (переход от одного срока уборки к следующему) ведёт к росту урожайности на 3,363 т/га сухого вещества.

Таблица 38 – Влияние срока уборки на урожайность сухой массы гибридов кукурузы, т/га, 2011-2013 гг.

Гибрид	Срок уборки			
	16.08	30.08	13.09	28.09
2011 год				
Кубанский 101 МВ	7,33	7,76	8,00	7,83
Обский 140 СВ	9,31	9,46	10,08	10,11
Катерина СВ	11,30	11,55	12,20	12,20
Росс 140 МВ	9,72	9,75	11,04	11,60
НСР <sub>05</sub> : гибрид, срок уборки	0,51			
взаимодействие	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>			
2012 год				
Кубанский 101 МВ	6,58	6,95	7,31	7,38
Обский 140 СВ	7,53	9,68	10,16	10,42
Катерина СВ	6,98	9,81	10,32	10,29
Росс 140 МВ	6,77	8,51	8,78	9,67
НСР <sub>05</sub> : гибрид, срок уборки	0,43			
взаимодействие	0,88			
2013 год				
Кубанский 101 МВ	8,23	11,15	12,08	11,82
Обский 140 СВ	10,92	12,22	14,21	14,58
Катерина СВ	10,34	12,73	14,32	14,39
Росс 140 МВ	10,61	13,27	16,30	16,62
НСР <sub>05</sub> : гибрид, срок уборки	0,66			
взаимодействие	1,33			
В среднем за 2011-2013 годы				
Кубанский 101 МВ	7,38	8,62	9,13	9,01
Обский 140 СВ	9,25	10,45	11,48	11,70
Катерина СВ	9,54	11,36	12,28	12,29
Росс 140 МВ	9,03	10,51	12,04	12,63
НСР <sub>05</sub> : гибрид, срок уборки	0,33			
взаимодействие	0,65			

Динамика сбора обменной энергии с гектара зависела от скороспелости гибридов (таблица 39). Так, у Обского 140 СВ и Катерины СВ прирост силосной продуктивности продолжался до середины сентября. Для гибрида Кубанский 101 МВ аналогичная динамика наблюдалась лишь в 2012 и 2013 годах; в первый год исследований максимальная продуктивность сформировалась уже к концу августа.

Таблица 39 – Влияние срока уборки на сбор обменной энергии, ГДж/га, 2011-2013 гг.

Гибрид	Срок уборки			
	16.08	30.08	13.09	28.09
2011 год				
Кубанский 101 МВ	73,3	78,4	81,6	79,9
Обский 140 СВ	91,2	94,6	101,8	102,1
Катерина СВ	109,6	114,3	120,8	122,0
Росс 140 МВ	89,4	94,6	108,2	114,8
НСР <sub>05</sub> : гибрид, срок уборки	5,2			
взаимодействие	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>			
2012 год				
Кубанский 101 МВ	69,1	73,7	78,2	79,0
Обский 140 СВ	78,3	101,6	106,7	110,5
Катерина СВ	71,2	103,0	107,3	108,0
Росс 140 МВ	67,7	86,0	90,4	100,6
НСР <sub>05</sub> : гибрид, срок уборки	4,4			
взаимодействие	8,9			
2013 год				
Кубанский 101 МВ	83,1	113,7	125,6	124,1
Обский 140 СВ	109,2	123,4	146,4	151,6
Катерина СВ	101,3	127,3	146,1	148,2
Росс 140 МВ	100,8	127,4	163,0	167,9
НСР <sub>05</sub> : гибрид, срок уборки	6,7			
взаимодействие	13,4			
В среднем за 2011-2013 годы				
Кубанский 101 МВ	75,2	88,6	95,1	94,4
Обский 140 СВ	92,9	106,6	118,3	121,4
Катерина СВ	94,0	114,9	124,7	126,0
Росс 140 МВ	86,0	102,6	120,5	127,8
НСР <sub>05</sub> : гибрид, срок уборки	3,3			
взаимодействие	6,6			

Напротив, гибрид Росс 140 МВ показал тенденцию к более продолжительному накоплению обменной энергии: для него в большинстве случаев (за исключением 2013 года) обнаружены существенные различия между третьим и четвертыми сроками уборки. Важным является тот факт, что в два года из трех (за исключением благоприятного 2013 года) при первых трех сроках уборки Росс 140 МВ уступал по продуктивности раннеспелому гибриду Катерина СВ,

тогда как при четвертом сроке различия между ними нивелировались. Следовательно, поздние сроки уборки могут в некоторой степени компенсировать недостаток ресурсов для формирования силосной продуктивности гибридов с продолжительным периодом вегетации.

В целом, несмотря на то, что в большинстве случаев второй и третий сроки уборки достоверно различаются по сбору обменной энергии, эти различия, как правило, не превышают 10-15 %, поэтому оптимальные сроки уборки кукурузы на силос в условиях Среднего Урала приходятся на первые две недели сентября. Вместе с тем принятие решения о начале уборке должно корректироваться с учетом условий вегетации и основываться на оценке качества силосуемой массы в соответствии с минимальными технологическими и зоотехническими требованиями к ней.

## **6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС**

### **6.1 Экономическая эффективность**

Основная масса денежных и трудовых затрат при возделывании кукурузы ложится на уборку и транспортировку урожая, поэтому, чем выше урожайность зеленой массы, тем больше технологические издержки на единицу площади. С другой стороны, хозяйственно полезной частью урожая силосной кукурузы является содержащаяся в нем обменная энергия, которая и формирует, в конечном счете, валовую продукцию. Таким образом, условием повышения эффективности производства силоса является снижение урожайности зеленой массы при одновременном увеличении в ней концентрации обменной энергии. Этому условию в целом отвечают раннеспелые и ультраранние гибриды кукурузы, однако для выбора оптимального уровня скороспелости необходима их оценка не только по силосной продуктивности, но и по показателям экономической эффективности.

Для оценки прямых материально-денежных затрат были разработаны типовые технологические карты по возделыванию различных по скороспелости групп гибридов на силос с использованием цен и нормативов 2013 года (карта для гибридов группы ФАО 140 представлена в приложении Е).

Силос не относится к товарным продуктам, обладающим объективной рыночной ценой реализации. Его экономическая роль выявляется через эффективность продукции животноводства, которая, помимо других факторов, определяется стоимостью рационов сельскохозяйственных животных (Фрумин И. Л., 2004). Поэтому в качестве показателей экономической эффективности возделывания гибридов кукурузы на силос нами использованы себестоимость 1 тонны сухого вещества и 1 МДж обменной энергии.

Как вытекает из анализа таблицы 39 и приложения Е, выращивание кукурузы на силос связано с большими суммами прямых затрат на гектар посева, из которых более 40 % приходятся на автотранспорт (транспортировка зеленой



массы) и более 30 % – на средства химизации (минеральные удобрения и гербициды). Вопреки распространенному мнению, издержки на гибридные семена кукурузы являются не самой большой статьей расхода и в структуре затрат не превышают 9 процентов. Следовательно, значительная затратоемкость силосной кукурузы связана с двумя обстоятельствами: высокой продуктивностью и принадлежности к группе интенсивных культур, требующих высокого уровня химизации.

Таблица 39 – Оценка различных по скороспелости гибридов кукурузы по себестоимости сухого вещества и обменной энергии (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Показатели	Число ФАО						
	120	130	140	150	170	180	190
Урожайность зеленой массы, т/га	22,0	26,6	33,2	31,5	38,5	42,9	40,0
Материально-денежные затраты, тыс. руб./га	15,9	17,0	18,4	18,0	19,6	20,6	19,9
Урожайность сухой массы, т/га	8,8	9,7	11,3	10,2	11,6	12,2	10,6
Себестоимость 1 т сухой массы, тыс. руб.	1,81	1,75	1,63	1,76	1,69	1,69	1,88
Сбор обменной энергии, ГДж/га	91,9	100,4	116,4	103,6	117,7	122,7	106,5
Себестоимость 1 МДж обменной энергии, руб.	173,0	169,3	158,1	173,7	166,5	167,9	186,9

Проведенные расчеты показывают тенденцию к росту прямых затрат с увеличением чисел ФАО: для группы ФАО 120-130 они составляют 16-17 тысяч рублей на гектар посева, тогда как в группе ФАО 180-190 увеличиваются до 20 тысяч рублей (в среднем на 600 руб./га на каждые 10 единиц ФАО).

Вместе с тем криволинейный характер зависимости силосной продуктивности от скороспелости гибридов приводит к тому, что минимальная себестоимость сухого вещества и обменной энергии соответствует числу ФАО 140, а согласно квадратичному тренду, нивелирующему индивидуальные колебания продуктивности отдельных гибридов – диапазону ФАО 140-160 (рисунок 24).

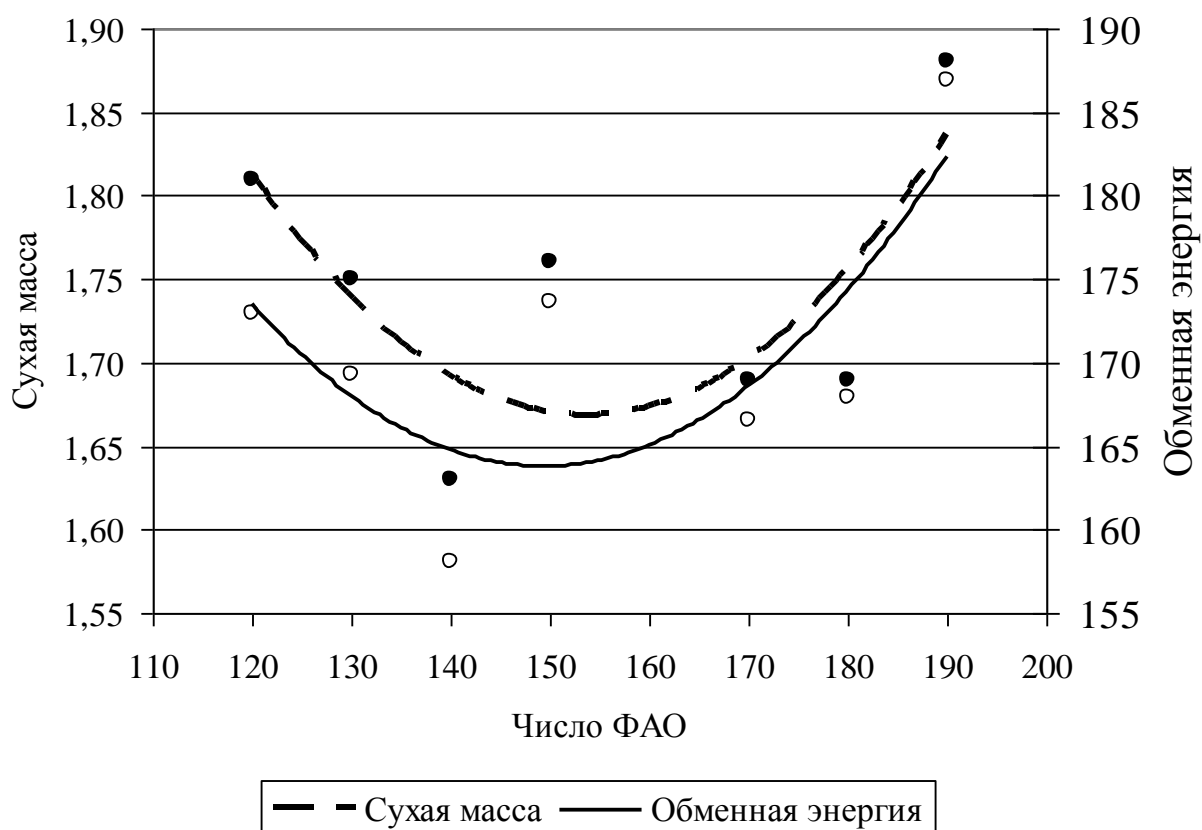


Рисунок 24 – Зависимость себестоимости 1 т сухого вещества (тыс. руб.) и 1 МДж обменной энергии (руб.) от чисел ФАО (лесолуговая зона, 2011-2013 гг.)

Таким образом, оптимизация гибридного состава кукурузы на Среднем Урале при увеличении доли ультраранних гибридов будет способствовать не только повышению концентрации обменной энергии в рационах крупного рогатого скота, но и снижению их себестоимости.

Смещение уборки кукурузы на силос с середины августа на более поздние сроки сопровождалось снижением урожайности зеленой массы за счет потери растениями влаги и, как следствие, уменьшением прямых затрат на гектар посева с 17-22 до 16-20 тысяч рублей в зависимости от скороспелости гибрида (таблица 40). В результате наблюдается устойчивое снижение себестоимости сухого вещества и обменной энергии от ранних сроков уборки к поздним. Это особенно заметно в случае с гибридам Росс 140 МВ, у которого достоверное увеличение урожайности продолжалось до конца сентября. Напротив, наиболее скороспелый гибрид Кубанский 101 МВ характеризуется незначительным сни-

жением себестоимости при четвертом сроке уборки по сравнению с третьим в связи с отсутствием положительного влияния поздней уборки на продуктивность.

Таблица 40 – Оценка различных по скороспелости гибридов кукурузы по себестоимости сухого вещества и обменной энергии в связи со сроками уборки (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Срок уборки			
	16.08	30.08	13.09	28.09
Урожайность зеленой массы, т/га				
Кубанский 101 МВ	26,3	25,8	23,5	22,0
Обский 140 СВ	38,7	39,0	35,3	29,3
Катерина СВ	47,3	50,4	42,3	35,4
Росс 140 МВ	50,8	51,7	44,4	38,3
Материально-денежные затраты, тыс. руб./га				
Кубанский 101 МВ	16,9	16,8	16,3	15,9
Обский 140 СВ	19,6	19,7	18,9	17,6
Катерина СВ	21,5	22,2	20,4	18,9
Росс 140 МВ	22,3	22,5	20,9	19,6
Себестоимость 1 т сухой массы, тыс. руб.				
Кубанский 101 МВ	2,28	1,95	1,79	1,77
Обский 140 СВ	2,13	1,88	1,64	1,50
Катерина СВ	2,26	1,95	1,66	1,54
Росс 140 МВ	2,48	2,14	1,74	1,56
Себестоимость 1 МДж обменной энергии, руб.				
Кубанский 101 МВ	224,7	189,6	171,4	168,4
Обский 140 СВ	211,0	184,8	159,8	145,0
Катерина СВ	228,7	193,2	163,6	150,0
Росс 140 МВ	259,3	219,3	173,4	153,4

Как показано в разделе 6.4, аналогичная тенденция в виде статистически недостоверного изменения сбора обменной энергии обнаружена и у гибридов Обский 140 СВ и Катерина СВ. Таким образом, при наличии ультраранних и раннеспелых гибридов группы ФАО 120-170 продолжение уборки после середины сентября, как правило, нецелесообразно по технологическим соображениям, а решающим фактором при планировании сроков заготовки кукурузы на силос должны служить организационные обстоятельства, в частности, производительность уборочного комплекса.

## **6.2 Биоэнергетическая эффективность выращивания различных по скороспелости гибридов кукурузы**

Объективность анализа эффективности агротехнологий достигается оценкой технологических затрат и их окупаемости в сопоставимых единицах (Абрамов Н. В., 2001). Использование экономических показателей не всегда дает объективные результаты, так как стоимостная оценка может отражать некоторые спекулятивные факторы на рынке, особенно в кризисных условиях (Володин В. М., 1991). Традиционно используемые стоимостные показатели нестабильны, в связи с чем не могут служить надежной точной опоры, и не учитывают некоторые издержки, выпадающие из поля ценообразования, например, негативное воздействие на экологическую обстановку (Самойлова Н. В., 2015). Поэтому экономическую оценку рекомендуется использовать в сочетании с энергетической (Ермохин Ю. И., 1984). Для оценки кормовых культур это имеет особенно важное значение, поскольку цены на основные виды грубых и сочных кормов формируются вне рынка. Кроме того, оценка энергетического баланса в агроценозах важна с экологической точки зрения с учетом современных тенденций в изменении климата.

Анализ биоэнергетической эффективности возделывания гибридов кукурузы различных групп ФАО выявил в целом те же закономерности, что и оценка их в стоимостном выражении (таблица 41).

Увеличение чисел ФАО со 120-130 до 180-190 единиц сопровождается ростом затрат совокупной энергии с 31-33 до 40-41 ГДж/га, связанным в основном с транспортировкой зеленой массы к месту силосования, а также с увеличением энергетического эквивалента средств химизации. Максимальное приращение энергии наблюдается в интервале ФАО от 150 до 180, однако наименьшая энергоемкость производства кукурузного силоса характерна для гибридов группы ФАО 140-150. В этом же диапазоне получены и наибольшие значения коэффициента энергетической эффективности.

Таблица 41 – Оценка различных по скороспелости гибридов кукурузы по биоэнергетической эффективности (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Показатели	Число ФАО						
	120	130	140	150	170	180	190
Затраты совокупной энергии, ГДж/га	31,1	33,2	36,4	35,6	38,9	41,0	39,6
Сбор валовой энергии, ГДж/га	158,4	174,6	203,4	205,2	208,8	219,6	190,8
Приращение энергии, МДж/га	111,8	124,7	148,9	151,9	150,5	158,2	131,4
Энергоемкость 1 т сухой массы, МДж	5,30	5,14	4,83	4,68	5,03	5,04	5,60
Коэффициент энергетической эффективности	3,40	3,50	3,73	3,85	3,58	3,57	3,21

Таким образом, биоэнергетическая оценка образцов различных групп созревания, как и экономическая, показывает, что внедрение на Среднем Урале ультраранних гибридов кукурузы на силос обеспечит наиболее рациональное использование природных и производственных ресурсов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате трехлетних исследований, проведенных в лесолуговой и северной лесостепной зонах Урала, выявлены особенности формирования хозяйственно полезных признаков ультраранних и раннеспелых гибридов кукурузы, установлена зависимость динамики их развития, продуктивности и качества урожая от гидротермических условий и сроков уборки на силос.

1. Продолжительность периода от посева до всходов кукурузы в условиях Среднего и Южного Урала тесно связана с температурным фоном во время прорастания семян. При характерных для региона колебаниях температуры вероятность продолжительности этого периода от 20 до 25 суток (на пониженном температурном фоне) ожидается на уровне 32 %, от 14 до 19 суток – 42 % и от 8 до 13 суток (в благоприятных условиях) – лишь 26 процентов.

2. Для уральского региона установлена значительная дифференциация смежных групп скороспелости по динамике развития: увеличение числа ФАО на каждые 10 единиц в лесолуговой зоне сопровождается удлинением вегетационного периода гибрида более чем на 1,8-4,0 суток, в северной лесостепной – на 1,6-2,1 суток, что соответственно в 2-4 и 1,5-2 раза больше, чем на среднеевропейских широтах. Различия между гибридами кукурузы по продолжительности вегетационного периода формируются в основном до фазы выметывания и определяются условиями, на фоне которых проходит генеративный период развития. Гарантированное достижение кукурузой фазы восковой спелости обеспечивают ультраранние и раннеспелые гибриды с числами ФАО не более 170, полной спелости – только ультраранние ФАО 130 и менее.

3. Морфологические признаки, определяющие габитус растения (высота главного побега и прикрепления початка, число листьев на главном побеге, площадь ассимиляционного аппарата), находятся в прямой средней или тесной зависимости от продолжительности вегетационного периода гибридов. Фотосинтетический потенциал кукурузы в условиях Среднего Урала колеблется от 970-1290 тыс. кв. м/га · сутки у ультраранних гибридов до 1416 тыс. кв. м/га ·

сутки – у раннеспелых. Значительный габитус растений раннеспелых гибридов свидетельствует об их высокой потенциальной продуктивности, вместе с тем ультраранние образцы на 7-20 дней раньше завершают формирование вегетативных органов и начинают расходовать пластические вещества на создание зерновой части урожая, наиболее ценной в энергетическом отношении.

4. Число початков на 100 растениях зависит от условий увлажнения и является показателем засухоустойчивости гибридов. Наибольшая дифференциация гибридов по этому показателю установлена в лесостепной зоне, где в качестве устойчивых к засухе выделены гибриды Кубанский 141 СВ, Омка 150, Машук 170 МВ, Росс 140 МВ, К 180 СВ.

5. Снижение числа ФАО гибридов кукурузы со 190 до 120 единиц сопровождается увеличением содержания сухого вещества в зеленой массе и благоприятными изменениями его химического состава. Концентрация обменной энергии в сухом веществе находилась в обратной зависимости от продолжительности вегетационного периода и варьировала от 10,3-10,4 МДж/кг у ультраранних образцов до 10,0 – у среднераннего. Преимущества ультраранних гибридов по показателям качества урожая определялись высокой долей початков молочно-восковой и восковой спелости в сухой массе.

6. Современный уровень селекции на скороспелость обеспечивает достаточно полную реализацию продуктивного потенциала ультраранних и раннеспелых гибридов кукурузы на Южном и Среднем Урале. Оценка гибридов по сбору обменной энергии с гектара с учетом колебаний качественных параметров по годам показывает преимущества группы ФАО от 130 до 170 единиц с силосной продуктивностью в среднем от 100 до 125 ГДж/га.

7. Высокая адаптивность гибридов кукурузы силосного направления использования в Уральском регионе связана со средней экологической пластичностью, обеспечивающей достаточную отзывчивость на улучшение условий вегетации и отсутствие выраженной негативной реакции на их ухудшение. Вторым условием адаптивности является низкая экологическая стабильность гибридов, которая проявляется в виде нерегулярной реакции на дефицит тепла и

позволяет сохранять высокую продуктивность на пониженном температурном фоне.

8. Смещение срока уборки с середины августа на конец сентября сопровождалось улучшением качественных показателей урожая. Достоверный прирост сбора обменной энергии с гектара у гибридов группы ФАО 120-170 наблюдается до середины, ФАО 180 – до конца сентября.

9. Выращивание кукурузы на силос на Среднем Урале связано с большими суммами прямых затрат на гектар посева (от 16 до 21 тыс. руб./га), из которых более 40 % приходятся на автотранспорт (транспортировка зеленой массы) и более 30 % – на средства химизации. Минимальную себестоимость сухого вещества и обменной энергии обеспечивают гибриды группы ФАО 140-150. В этом же диапазоне ФАО установлены наибольшие значения биоэнергетического коэффициента – 3,7-3,8.



## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В условиях общего дефицита тепла климата Среднего Урала для производства высокоэнергетического силоса с початками молочно-восковой и восковой спелости при минимальной себестоимости обменной энергии необходима частичная замена реестровых раннеспелых гибридов кукурузы ультраранними, под которые следует отводить не менее половины площади посева культуры. Из числа реестровых ультраранних гибридов наибольшую продуктивность в условиях региона показывают Нур, Кубанский 141 МВ и Обский 140 СВ, раннеспелых – Катерина СВ и Машук 170 МВ.

2. Для эффективного использования ресурсов тепла и продуктивного потенциала кукурузы уборку ультраранних и раннеспелых гибридов рекомендуется проводить в течение первой половины сентября при достижении посевами фазы восковой спелости, влажности зеленой массы не выше 75 % и концентрации обменной энергии 10-10,5 МДж/кг сухого вещества.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Абрамов Н. В. Оптимизация структуры посевных площадей на биоэнергетической основе / Н. В. Абрамов, Г. П. Селюкова. – Екатеринбург: УрГСХА, 2001. – 143 с.
- 2 Адиньяев Э. Д. Возделывание кукурузы при орошении / Э. Д. Адиньяев. М.: ВО Агропромиздат, 1988. 175 с.
- 3 Аллабердин И. Л. Повышение питательной ценности кукурузного силоса / И. Л. Аллабердин, В. В. Попов, Б. А. Джуламанов // Вестник мясного скотоводства. 2005. Т. 1. № 58. С. 89-94.
- 4 Алтунин Д. А. Технология возделывания кукурузы на силос на постоянных участках в условиях Нечерноземной зоны России / Д. А. Алтунин // Кукуруза и сорго. 2001. № 2. С. 2
- 5 Андрееenko С. С. Физиология кукурузы / С. С. Андрееenko, Ф. М. Куперман. М.: МГУ, 1959. 255 с.
- 6 Андрианова Е. А. Хлорофилл и продуктивность растений / Е. А. Андрианова, И. А. Тарчевский. М.: Наука, 2000. 134 с.
- 7 Асыка Ю. А. Наследование способности быстрой потери влаги при созревании зерна у гибридов кукурузы / Ю. А. Асыка // Науч.-техн. бюлл. ВСГИ: Одесса, 1985. Ч (58). С. 13-16.
- 8 Асыка Ю. А. О селекции кукурузы на ускоренное высыхание зерна при созревании / Ю. А. Асыка, В. А. Трофимов // Сельскохозяйственная биология. 1988. № 2. С. 10-12.
- 9 Балюра В. И. Листья и стебли кукурузы / В.И. Балюра // Кукуруза. 1959. № 5. С. 27-32.
- 10 Балюра В. И. Унифицировать характеристику сортов и гибридов / В.И. Балюра // Кукуруза. – 1968. – № 11. – С. 15-16.
- 11 Барсуков С. С. Вынос элементов питания кукурузой / С. С. Барсуков, В. Ф. Вышепрудов // Химизация сельского хозяйства. 1991. № 8. С. 80-82.

12 Бахарева А. Ф. Агрохимическая характеристика почв и применение удобрений в Курганской области / А. Ф. Бахарева, Н. В. Терпугов. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1969. 116 с.

13 Бахман К. Промышленное производство кормов / К. Бахман, Ф. Берг, М. Фехнер; Пер. с нем А. М. Мазурицкого. М. Колос, 1982. 271 с.

14 Белаш Т. И. Создание сортов и гибридов кукурузы для центральной нечерноземной полосы / Т. И. Белаш // Агробиология. 1960. № 3. С. 335-344.

15 Билич Г. Л. Биология / Г. Л. Билич, В. А. Крыжановский. Полный курс: в 3-х т. М.: ООО Издательский дом ОНИКС 21 век, Т. 2: Ботаника. 2002. 544 с.

16 Бляндур О. В. Влияние экологических условий на изменчивость высоты главного побега и длины вегетационного периода у мутантов кукурузы / О. В. Бляндур, Н. Ф. Нечипоренко, Ю. К. Кобелев, Э. Н. Кобелева // Экологическое изучение индуцированных линий кукурузы. Кишинев: Штиинца, 1975. С. 40-46.

17 Богданов Г. А. Кормление сельскохозяйственных животных / Г. А. Богданов. М.: Колос, 1981. 432 с.

18 Боголепов С. В. Силосные культуры / С. В. Боголепов, Н. А. Максюттов, А. П. Попова // Кормопроизводство на Южном Урале. Челябинск: 1973. С. 47-66.

19 Бондарев В. А. Силос из кукурузы восковой спелости / Бондарев В. А., Победнов М. Ф., Клименко В. П., Чикова Р. Г. // Кормовые культуры. 1988. №4. С. 41-43.

20 Боровская М. Ф. Болезни кукурузы / М. Ф. Боровская, В. Г. Матичук. Кишинев: Штиинца, 1990. 276 с.

21 Бородин М. Ф. Научные основы совершенствования кормопроизводства в Северном Зауралье / М. Ф. Бородин: Дисс... д-ра с.-х. наук в форме науч. доклада. Новосибирск, 1994. 59 с.

22 Брагин В. Н. Влияние органических удобрений на урожай культур, продуктивность пашни и почвенное плодородие / В. Н. Брагин // Проблемы

уральских черноземов / ЧНИИСХ. Челябинск, 1993. С. 127-135.

23 Быков О. Д. Исследования по фотосинтезу в связи с задачами селекции как науки / О. Д. Быков // Сельскохозяйственная биология. 1980. Т. 15, №3. С. 334-341.

24 Быков О. Д. Фотосинтез и продуктивность сельскохозяйственных культур / О. Д. Быков, М. И. Зеленский // Сельскохозяйственная биология. 1982. Т. 17, № 1. С. 14-27.

25 Ван дер Вин Р. Свет и рост растений / Р. Ван дер Вин, Г. Мейер. М.: Россельхозиздат, 1962. 200 с.

26 Вершинин А. К. Опыт выращивания высоких урожаев бобовых культур и кукурузы на зерно / А. К. Вершинин // Тр. Курганского СХИ. Курган: Советское Зауралье, 1963. С. 9-14.

27 Вознесенский В. Л. Фотосинтез пустынных растений (Юго-Восточные Каракумы) / В. Л. Вознесенский. Л.: Наука, 1977. 256 с.

28 Вознесенский В. Л. Вопросы взаимосвязи фотосинтеза и дыхания / В. Л. Вознесенский. Томск: Том. ун-т, 1988. 248 с.

29 Володарский Н.И. Биологические основы возделывания кукурузы / Н.И. Володарский. М.: Агропромиздат, 1986. 189 с.

30 Володин В. М. Оценка эффективности растениеводства на биоэнергетической основе / В. М. Володин, Р. Ф. Еремина // Земледелие. – 1991. – № 9. – С. 50-52.

31 Волошин В. А. Возделыванию кукурузы – интенсивную технологию / В. А. Волошин // Пермский аграрный вестник: сборник научных трудов LXIX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов "Молодежная наука: технологии, инновации". Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО Пермская ГСХА, 2009. С. 4-11.

32 Волошин В. А. Кукуруза в коллекционном питомнике / В. А. Волошин // Аграрный вестник Урала. 2010. № 9 (75). С. 57-59.

33 Вольф В. А. Технология возделывания ранне- и среднераннеспелых гибридов кукурузы в степной зоне Северного Казахстана: автореф... канд. с.-х. наук / В. А. Вольф. Алмалыбак, 1993. 23 с.

34 Вороков Х. Х. Величина и качество урожая кукурузы в зависимости от обеспеченности влагой и элементами минерального питания: автореф... канд. с.-х. наук / Х. Х. Вороков. Нальчик, 1996. 19 с.

35 Гатаулина Г. Г. Технология производства продукции растениеводства / Г. Г. Гатаулина, М. Г. Обьедков, В. Е. Домодворов. М.: Колос, 1995. 448 с.

36 Герасенков Б. И. Число листьев – надежный показатель / Б. И. Герасенков // Кукуруза. 1962. № 11. С. 43-44.

37 Гетман Н. Я. Продуктивность разноспелых гибридов кукурузы при выращивании на силос в условиях правобережной лесостепи Украины / Н. Я. Гетман, И. П. Сатановская // Кукуруза и сорго. 2013. № 3. С. 26-29.

38 Глушина З. М. Кукуруза / З. М. Глушина // Справочник по зерновым культурам. Минск: Ураджай, 1986. С. 107-109.

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

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

41 Горлов И. Ф. Интенсификация кормопроизводства для молочного скотоводства на основе применения адаптивных и высокоэффективных технологий возделывания кормовых культур / И. Ф. Горлов, О. П. Шахбазова, В. В. Губарева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 11 (121). С. 98-104.

42 Горшенин К. П. Почвы южной части Сибири (От Урала до Байкала) / К. П. Горшенин. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1955. 592 с.

43 Григорьев Н. Г. Биологическая полноценность кормов / Н. Г. Григорьев

ев. М.: Агропромиздат, 1989. 287 с.

44 Грушка Я. Монография о кукурузе / Я. Грушка. М.: Колос, 1965. 751 с.

45 Грязнов А. А. Антропофиты сортовых ресурсов ячменя / А. А. Грязнов // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения: Сборник научных трудов. Челябинск: Изд-во ЧГАУ, 2002. Вып. 3. С. 16-19.

46 Гудков И. Н. Засуха и процесс цветения у кукурузы / И. Н. Гудков // Селекция и семеноводство. 1939. № 2/3. С. 21-24.

47 Гудова Л. А. Оценка экологической стабильности кукурузы на основе экологической регрессии / Л. А. Гудова, В. И. Жужукин // Кукуруза и сорго. 2009. № 5. С. 15-17.

48 Гуляев Б. И. Фотосинтез, продукционный процесс и продуктивность растений / Гуляев Б. И. [и др.]. Киев: Наукова думка, 1989. 152 с.

49 Гурьев Б. П. Селекция кукурузы на раннеспелость / Б.П. Гурьев, И.А. Гурьева. М.: Агропромиздат, 1988. 173 с.

50 Гурьев Б.П. Селекция кукурузы на ультрараннеспелость / Б.П. Гурьев, И.А. Гурьева, Л.В. Козубенко // Кукуруза и сорго. 1989. № 6. С. 39-41.

51 Гурьев Б.П. Сроки посева, засоренность и урожай / Б.П. Гурьев, В.С. Зуза // Кукуруза и сорго. 1991. № 2. С. 22-23.

52 Даниленко И.А. Силос и его использование / И.А. Даниленко, К.А. Перевозина. Киев: Россельхозиздат УССР, 1962. 145 с.

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

54 Добрынин Г. М. Рост и формирование хлебных и кормовых злаков / Г. М. Добрынин. Л.: Колос, 1969. 275 с.

55 Добычина Е. Г. Паренхимные обкладки проводящих пучков в листьях некоторых видов злаков (ультраструктура) / Е. Г. Добычина // Ботанический журнал. 1970. Т. 55, № 2. С. 253-262.

56 Домашнев П. П. Селекция кукурузы / П. П. Домашнев, Б. В. Дзюбецкий, В.И. Костюченко. М.: Агропромиздат, 1992. 2008 с.

57 Дунаева В. С. Разработка приемов производства силоса, сбалансированного по протеину / В. С. Дунаева // Интенсификация кормопроизводства в Нечерноземной зоне РСФСР. Тр. УралНИИСХоз. Т. 57. Свердловск: ПО «Полиграфист», 1990. С. 81-87.

58 Ермохин Ю. И. Экономическая и биоэнергетическая оценка применения удобрений: Методические рекомендации / Ю. И. Ермохин, А. Ф. Неклюдов / ОмСХИ. Омск, 1984. 44 с.

59 Ерохин Г. А. Селекция и семеноводство кукурузы в Самарском НИСХ / Г. А. Ерохин // Кукуруза и сорго. 2003. № 4. С. 2-5.

60 Жужукин В. И. Биохимическая оценка сортообразцов кукурузы / В. И. Жужукин, Л. А. Гудова, С. А. Зайцев // Кукуруза и сорго. № 3 2012. С. 3-8.

61 Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений / А. А. Жученко. Кишинев: Штиинца, 1988. 767 с.

62 Зезин Н. Н., Возрождение кукурузы в северо-восточных районах России / Н. Н. Зезин, М. А. Намятов // Кукуруза и сорго. 2011. № 1. С. 10-12

63 Зимин А. Н. Влияние густоты стояния растений разных по скороспелости сортов на урожайность кукурузы на силос / А. Н. Зимин, М. М. Клеев // Технология возделывания зерновых, технических и кормовых культур в Центрально-черноземной зоне. Воронеж, 1985. С. 223-226.

64 Зубко Д. Г. Кукуруза на силос для районов с коротким периодом вегетации / Д. Г. Зубко // Селекция, семеноводство, технология возделывания кукурузы: материалы научно-практической конференции, посвященной 20-летию ГНУ ВНИИ кукурузы. Пятигорск, 2009. С. 31-35.

65 Иванова Е. С. Динамическая модель потери влаги зерном кукурузы с учетом влияния экологических факторов / Е. С. Иванова // Вестник ЧГАА. Том 64. 2012. С. 120-124.

66 Иванова Е. С. Эффективность десикации посевов кукурузы при выращивании на зерно в северной лесостепи Зауралья: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Е. С. Иванова. Курган, 2008. 18 с.

67 Ивахненко А. Н. Селекция на ультрараннеспелость / А. Н. Ивахненко , Н. А. Орлянский, А. Н. Брага // Кукуруза и сорго. № 4. 1990. С. 41-43.

68 Ивахненко А. Н., Гибриды для Алтайского края / А. Н. Ивахненко, Е. Р. Шукис // Кукуруза и сорго. 1990. № 6. С. 14-16.

69 Ильин В. С. Раннеспелая кукуруза в Западной Сибири / В. С. Ильин. Новосибирск, 1982. 89 с.

70 Ильин В. С. Сибирский филиал ВНИИ кукурузы: итоги работы / В. С. Ильин, А. М. Логинова, И. В. Ильин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. Т 2. № 30-1. С. 39-42.

71 Ильин В. С. Раннеспелая кукуруза на зерно в Западной Сибири / В. С. Ильин, В. И. Гаценбиллер. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1995. 160 с.

72 Интенсивная технология возделывания кукурузы с початками молочно-восковой и восковой спелости зерна в системе почвозащитного земледелия Западной Сибири: рекомендации / А. Н. Силантьев, Ю. Б. Мощенко, Н. А. Калининко и др. ВАСХНИЛ. Сиб. отд-е. СибНИИСХ. Новосибирск, 1988. 48 с.

73 Казакова Н. И. Дифференциация апикальных меристем ультрараннего и раннеспелого гибридов кукурузы в лесостепи Южного Зауралья / Н. И. Казакова // Кукуруза и сорго. № 4. 2011. С. 31-33.

74 Казакова Н. И. Органогенез и продукционный процесс ультрараннего и раннеспелого гибридов в связи со сроками посева в северной лесостепи Зауралья: автореф. дис. канд. с.-х. наук / Н. И. Казакова. Пермь, 2012. 18 с.

75 Казакова Н. И. Взаимосвязь процессов листообразования и органогенеза главного побега кукурузы в северной лесостепи Зауралья / Н. И. Казакова // «Молодость, талант, знания – агропромышленному комплексу России»: Материалы XIV международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов посвященной 80-летию академии: сб. науч. тр. Троицк: УГАВМ, 2009. С. 155-159.

76 Казакова Н. И. Органогенез и линейный рост главного побега гибридов кукурузы в Зауралье / Н. И. Казакова // Материалы LII международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному



производству». Челябинск, 2013. Ч.VII. 164 с.

77 Казакова Н.И. Органогенез и продукционный процесс кукурузы в Зауралье / Н. И. Казакова. Монография. Челябинск: ЧГАУ, 2015. 132 с.

78 Капустин А. А. Корреляция признаков у самоопыленных линий сахарной кукурузы / А. А. Капустин // Научно-технический бюллетень ВНИИ растениеводства. 1986. С. 22-25.

79 Каретин Л. Н. Черноземы и луговые почвы Зауралья и Тобол-Ишимского междуречья: дис. д-ра биол. наук / Л. Н. Каретин. Тюмень, 1977. 462 с.

80 Карпилов Ю. С. Образование и метаболизм аминокислот при фотосинтезе / Ю. С. Карпилов // Пути повышения интенсивности и продуктивности фотосинтеза. Киев: Наукова думка, 1966. № 11. С. 58-76.

81 Карпилов Ю. С. Особенности функции и структуры фотосинтетического аппарата некоторых видов растений тропического происхождения / Ю. С. Карпилов // Сб. науч. тр. / Молдав. НИИ орошаемого земледелия и овощеводства: спец. выпуск. Кишинев, 1969. С. 29-31.

82 Карпилов Ю. С. Фотосинтез кукурузы / Ю. С. Карпилов. Особенности структуры и функций фотосинтетического аппарата. Пущино-на-Оке, 1974. 170 с.

83 Кашеваров Н. И. Кукуруза в Сибири / Кашеваров Н. И. [и др.]. Новосибирск: 2004. 400 с.

84 Киреев В. Н. Как оценивать урожай кукурузы / В. Н. Киреев, Е. В. Клушина, Н. П. Волков // Кукуруза и сорго. 1985. № 6. – С. 30-31.

85 Киреев В. Н. Производство кукурузы на силос / В. Н. Киреев, М. А. Федин, Е. В. Клушина. М.: Россельхозиздат, 1985. 159 с.

86 Книга М. И. Углеводный комплекс кукурузы при выращивании ее на зеленый корм и силос в зависимости от внесения минеральных удобрений в почву / М. И. Книга, Н. М. Книга // Доклады ВАСХНИЛ. 1982. № 8. С.12-14.

87 Козаченко А. П. Состояние почв и почвенного покрова Челябинской области по результатам мониторинга земель сельскохозяйственного назначе-

ния / А. П. Козаченко. Челябинск, 1997. 107 с.

88 Колесниченко А. В. Белки низкотемпературного стресса растений / А. В. Колесниченко, В. К. Войников; Отв. ред. В.К. Войников; СО РАН. Сибирский институт физиологии и биохимии растений (СИФИБР). Иркутск: Арт-Пресс, 2003. 196 с.

89 Комарова Г. Е. Влияние сроков уборки на химический состав и питательную ценность гибридов кукурузы / Г. Е. Комарова, А. И. Ротарь, М. А. Бахчиванжи // Технология возделывания и урожай кукурузы и сорго. Кишинев: Штиинца, 1989. С. 126-135.

90 Кононенко Л. А. Влияние склонного агроценоза на накопление хлорофилла и продуктивность кукурузы / Л. А. Кононенко, И. Е. Солдат // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2004. № 4. С. 33-34.

91 Корыстина Д. С. Ультраранние гибриды кукурузы и оптимизация некоторых элементов их сортовой агротехники в северной лесостепи Зауралья: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Д. С. Корыстина. Курган, 2004. 18 с.

92 Котов П. Ф. Кукуруза на спелое зерно в Центрально-Черноземной полосе / П. Ф. Котов. М.: Министерство сельского хозяйства РСФСР, 1983. 71 с.

93 Кошеляев В. В. Формирование зерновой продуктивности раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Среднего Поволжья / В. В. Кошеляев // Сельскохозяйственная биология. 2003. № 3. С. 78-82.

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

95 Красковская Н. А. Испытание гибридов кукурузы в Приморском крае / Н. А. Красковская, О. А. Савенко // Кормопроизводство. 2002. № 8. С. 9-10.

96 Кудзин Ю. К. Особенности питания и урожай различных гибридов кукурузы в зависимости от применения удобрений и погодных условий / Ю. К. Кудзин, Н. А. Чернявская // Эффективное применение удобрений под кукурузу. – Днепропетровск, 1977. – С. 52-57.

- 97 Кудряшов Е. В. Эффективность использования кукурузного силоса с различными консервантами при кормлении дойных коров / Кудряшов Е.В., Глинский С.А., Каширская [и др.] // Научная жизнь. 2014. № 6. С. 118-124.
- 98 Кузнецов П. И. Наши исследования по возделыванию кукурузы / П. И. Кузнецов // Кукуруза в 1955 году (Вып. 4). М.: Колос, 1956. С. 38-41.
- 99 Куклина Л. А. Анатомо-морфологическое строение кукурузы / Л. А. Куклина // Сб. тр. Свердловского сельскохозяйственного института. Свердловск, 1982. С. 98-102.
- 100 Кукуруза на корм. Производство и использование / Пер. с англ. Е. Н. Фолькман. М.: Колос, 1983. 343 с.
- 101 Кукуруза. Современная технология возделывания / А. П. Шиндин, В. Н. Багринцева, А. Г. Горбачева, Т. И. Борщ, В. С. Сотченко, Е. Ф. Сотченко, Ю. В. Сотченко; ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы Россельхозакадемии. Москва, 2009. 127 с.
- 102 Кулешов Н. Н. Кукуруза / Н. Н. Кулешов // Растениеводство СССР. Т. 1, ч. 2. Л. М., 1933.
- 103 Куперман И. А. Дыхательный газообмен как элемент продукционного процесса растений / Ф. М. Куперман, Е. В. Хитрово. Новосибирск: Наука, 1977. 183 с.
- 104 Куперман Ф. М. Биология развития культурных растений: учеб. пособие / Ф. М. Куперман. М.: Высшая школа, 1982. 343 с.
- 105 Куперман Ф. М. Морфофизиологическая изменчивость растений в онтогенезе / Ф. М. Куперман. М.: Московский университет, 1963. 64 с.
- 106 Куперман Ф. М. Морфофизиология растений / Ф. М. Куперман. М., 1971. 276 с.
- 107 Куперман Ф. М. Морфофизиология растений: учеб. пособие / Ф. М. Куперман. М.: Высшая школа, 1984. 240 с.
- 108 Куперман Ф. М. Экспериментальный морфогенез цветковых растений (опыт исследования различных жизненных форм) / Ф. М. Куперман. М.: Московский университет, 1972. 292 с.

- 109 Куперман Ф. М. Биологический контроль за зерновыми культурами / Ф. М. Куперман, В. И. Пономарев. М.: Высшая школа, 1972. 79 с.
- 110 Лазарев А. П. Продуктивность зеленой массы в зависимости от агроклиматических условий, основной обработки и предшественников / А. П. Лазарев, А. Я. Митриковская // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. 740 с.
- 111 Лазарев Н. Н. Кукуруза – надежная основа прочной кормовой базы / Н. Н. Лазарев // Кормопроизводство. 2007. № 4. С. 31-32.
- 112 Лебедев В. Б. Увеличить производство кукурузы – это значит решить часть проблем зернового хозяйства / В. Б. Лебедев // Зерновое хозяйство. 2005. № 7. С. 5-6.
- 113 Левахин Г. И. Научные основы повышения энергетической ценности и продуктивного действия основных кормовых средств степной зоны Южного Урала / Левахин Г. И. [и др.]. Челябинск. Челяб. гос. агроинж. ун-т, 1999. 208 с.
- 114 Логинова А. М., Гетц Г. В. Сибирские инбредные линии / А. М. Логинова, Г. В. Гетц // Кукуруза и сорго. 2012. № 4. С. 21-24.
- 115 Логинова А. М. Изучение новых инбредных линий кукурузы омской селекции А. М. Логинова, С. В. Губин // Кукуруза и сорго. №3 2012. С. 15-18.
- 116 Ломов В. Н. Повышение качества силоса из кукурузы / В.Н. Ломов // Кормопроизводство. 1999. № 8. С. 29-30.
- 117 Лукаткина А. С. Активность  $\text{Ca}^{2+}$ -АТФазы в листьях растений кукурузы под влиянием охлаждения и в последствии / А. С. Лукаткина, Т. Н. Еремкина // Сельскохозяйственная биология. 2002. № 3. С. 73-76.
- 118 Лукашов А. Г. Диагностика минерального питания кукурузы на черноземе обыкновенном карбонатном Нижнего Дона: автореф. дис... канд. биол. наук / А. Г. Лукашов. Ростов-на-Дону, 2006. 22 с.
- 119 Магамедов И. М. Фотосинтез и метаболизм углерода у растений с циклом дикарбоновых кислот / И. М. Магамедов // Ботанический журнал. 1974. Т. 58, № 1. С. 123-128.

- 120 Мадякин Е. В. Селекция кукурузы на холодостойкость / Е. В. Мадякин, Л. П. Кривова, Н. В. Кривов // Кукуруза и сорго. 2009. № 2. С. 6-9.
- 121 Мак Дональд П. Биохимия силоса / П. Мак Дональд; пер. с англ. И. М. Спичкина. М.: Агропромиздат, 1985. 271 с.
- 122 Макеев Н. Кукуруза – ценная зерновая культура / Н. Макеев, А. Вершинин, А. Третьякова, М. Штандель. Курган: «Красный Курган», 1955. 51 с.
- 123 Маматов Т. М. Ремонтантность растений и эректоидность листьев у кукурузы / Т. М. Маматов // Кукуруза и сорго. 2003. № 5. С. 5-7.
- 124 Мерекенова Г. Микробиологические процессы при силосовании растительного сырья с различной степенью измельчения и влажности: Автореф... канд. биол. наук / Г. Мерекенова. Алма-Ата, 1972. 26 с.
- 125 Методология и методика энергетической оценки агротехнологий в агроландшафтах / Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. М., 2007.
- 126 Методические рекомендации по обоснованию энергетических эквивалентов на машины и оборудование для агропромышленного комплекса / ВАСХНИЛ. М.: ВАСХНИЛ, 1987. 35 с.
- 127 Мику В.Е. Генетические исследования кукурузы / В.Е. Мику. Кишинев: Штиинца, 1981. 232 с.
- 128 Мингалев С. К. Формирование урожая зеленой массы и зерновой продуктивности гибридов кукурузы при разных сроках посева в условиях Среднего Урала / С. К. Мингалев, Н. Н. Зезин, М. А. Намятов [и др.] // Кормопроизводство. 2013. № 9. С. 29-31.
- 129 Мингалев С. К. Влияние сроков посева на формирование урожайности зеленой массы и продуктивности гибридов кукурузы в условиях Среднего Урала / С. К. Мингалев, В. Р. Лаптев, И. В. Сурин // Аграрный вестник Урала. 2014. № 1. С. 20-23.

130 Мишустина П. С. Физиологические критерии холодостойкости кукурузы / П. С. Мишустина, О. В. Петров // Физиологические основы высокой продуктивности кукурузы. Киев: 1983. С. 162-165.

131 Мустьяца С. И. Динамика влажности зерна / С. И. Мустьяца, С. И. Мистрец // Кукуруза и сорго. № 5. 1993. С. 15-16.

132 Мустьяца С. И. Влияние засухи на некоторые признаки скороспелой кукурузы и селекция на засухоустойчивость / С. И. Мустьяца // Кукуруза и сорго. 2005. № 5. С. 6-12.

133 Мухина Н. А. Кормовые культуры Сибири / Н. А. Мухина, А. В. Бухтеева, Н. С. Пивоварова. М.: Россельхозиздат, 1986. 158 с.

134 Надточаев Н. Ф., Володькин Д. Н., Абраскова С. В. Содержание и выход сухого вещества в зависимости от сроков и густоты стояния разноспелых гибридов кукурузы / Н. Ф. Надточаев, Д. Н. Володькин, С. В. Абраскова // Кукуруза и сорго. №3 2012. С. 28-33.

135 Намятов М. А. Экологическое изучение гибридов кукурузы в Свердловской области / М. А. Намятов, Н. Н. Зезин, В. Р. Лаптев [и др.] // Кормопроизводство. 2013. № 6. С. 29-32.

136 Научные основы повышения энергетической ценности и продуктивного действия основных кормовых средств степной зоны Южного Урала / Г. И. Левахин, А. В. Согрин, В. И. Зубакин, В. А. Заплатин. Челябинск: ЧГАУ, 1999. 208 с.

137 Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений / А. А. Ничипорович // Физиология фотосинтеза. М.: Наука, 1982. С. 7-33.

138 Ничипорович А. А. О формировании и продуктивности работы фотосинтетического аппарата разных культурных растений в течение вегетационного периода / А. А. Ничипорович, М. П. Власова // Физиология растений. 1961. Т. 8, № 1. С. 19-27.

139 Образцов А. С. Закономерность формирования вегетативных органов растений / А. С. Образцов // Кукуруза и сорго. 1968. № 12. С. 25-26.

- 140 Овчинников Н. Н., Шиханова Н. М. Фотосинтез / Н. Н. Овчинников, Н. М. Шиханова. М.: Просвещение, 1972. 166 с.
- 141 Олифер В. А. Водопотребление кукурузы в зависимости от условий выращивания / В. А. Олифер // Кукуруза. 1983. № 2. С. 18-21.
- 142 Орлянский Н. А. Селекция кукурузы на пониженную уборочную влажность зерна для Центрально-черноземной зоны / Н. А. Орлянский // Кукуруза и сорго. 2004. № 3. С. 10-13.
- 143 Орлянский Н. А. Селекция кукурузы на скороспелость в условиях Центрального Черноземья / Н. А. Орлянский, Д. Г. Зубко, Н. А. Орлянская // Кукуруза и сорго. 2011. № 3. С. 22-26.
- 144 Орлянский Н. А. Каскад 166 АСВ – лучший зерновой гибрид кукурузы Воронежской области 2012 года / Н. А. Орлянский, Д. Г. Зубко, Н. А. Орлянская // Кукуруза и сорго. 2013. № 2. С. 3-5.
- 145 Особенности фотосинтетической деятельности кукурузы в степи СССР / Г. Л. Филиппов [и др.] // Кукуруза. 1979. №4. С. 20-23.
- 146 Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур / Ю. С. Ларионов, В. Д. Павлов, Н. Н. Макоева, Л. М. Ларионова. – Курган: ИПП «Зауралье», 1993. – 36 с.
- 147 Панов Г. А. Мощность биологически активного слоя чернозема обыкновенного / Г. А. Панов // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения. Челябинск: ЧГАУ, 1999. С. 78-94.
- 148 Панфилов А. Э. Селекция кукурузы для севера: направления и тенденции / А. Э. Панфилов // Современные проблемы земледелия Зауралья и пути их научно обоснованного решения: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию Курганского НИИСХ и 100-летию Шадринского опытного поля. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография». 2014. С. 241-249.
- 149 Панфилов А. Э. Эффективность использования атмосферных факторов при различных сроках посева кукурузы в лесостепи Зауралья / А. Э. Панфилов, Н. И. Казакова // Кукуруза и сорго. 2010. № 3. С. 7-10.

150 Панфилов А. Э. Методические подходы к определению площади листовой поверхности / А. Э. Панфилов, Н. И. Казакова // Материалы XLIX Международной науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». – Ч. 3. – Челябинск: ЧГАА, 2010. С. 80-85.

151 Панфилов А. Э. Агроэкологическое обоснование зональной классификации гибридов кукурузы по скороспелости / А. Э. Панфилов // Известия Челябинского научного центра. 2004. № 4 (26). С. 132-136.

152 Панфилов А. Э. Адаптивность различных по скороспелости гибридов кукурузы / А. Э. Панфилов, И. Н. Цымбаленко // Аграрная наука. 1999. № 8. С. 20-22.

153 Панфилов А. Э. Культура кукурузы в Зауралье. Монография / А. Э. Панфилов. Челябинск: ЧГАУ, 2004. 356 с.

154 Панфилов А. Э. Оценка гибридов кукурузы по параметрам адаптивности в условиях Зауралья / А. Э. Панфилов, И. Н. Цымбаленко // Кукуруза и сорго. 1998. № 2. С. 2-4.

155 Панфилов А. Э. Подбор раннеспелых гибридов кукурузы для использования на силос и зерно и их сортовая агротехника в Южном Зауралье: Автореф... канд. с.-х. наук / А. Э. Панфилов. Екатеринбург, 1992. 18 с.

156 Панфилов А. Э. Проблемы и перспективы выращивания кукурузы на зерно в Зауралье / А. Э. Панфилов // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. Т. 61. 2012. С. 115-119

157 Панфилов А. Э. Зависимость силосной продуктивности кукурузы от скороспелости гибридов / А. Э. Панфилов, Д. С. Корыстина // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения / Общ. ред. В. А. Липпа. Челябинск: ЧГАУ, 2004. № 4. С. 71-77.

158 Панфилов А. Э. Фенотипические критерии высокой продуктивности кукурузы / А. Э. Панфилов // Наука – сельскому хозяйству: материалы зональной научной конференции Курганского СХИ. Курган: ИПП «Зауралье», 1994. С. 42-44.



159 Панфилов А. Э. Динамика влажности зерна кукурузы в связи с гидротермическими условиями / А. Э. Панфилов, Е. С. Иванова // Известия Челябинского научного центра. 2008. № 1 (39). С. 127-136.

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

161 Пашенко А. А. Производство зерна кукурузы в Краснодарском крае / А. А. Пашенко, В. И. Нечаев, В. А. Гусев // Зерновое хозяйство. 2004. № 2. С. 7-9.

162 Пеев Х. В. Динамика нарастания и формирования корневой системы кукурузы / Х. В. Пеев // Известия ТСХА. 1958. № 5. С. 71-82.

163 Пеев Х. В. О некоторых биологических особенностях корневой системы кукурузы области: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Х. В. Пеев. М., 1958. 19 с.

164 Пестрикова Е. С. Нормативы потребления элементов питания зерновой кукурузой в условиях северного Зауралья / Е. С. Пестрикова // Вестник ЧГАА. 2014. № 70. С. 205-209.

165 Петербургский А. В. Агрохимия и физиология питания растений / А. В. Петербургский. М.: Россельхозиздат, 1981. 184 с.

166 Петрова Н. Н. Агроклиматическое районирование и сроки сева кукурузы на Южном Урале / Н. Н. Петрова // Кукуруза. 1977. № 5. С. 16-17.

167 Пискунов А. М. Методы агрохимических исследований / А. М. Пискунов. М.: КолосС, 2004. – 312 с.

168 Плешаков А. А. Пути улучшения питательности и увеличения производства грубых и сочных кормов / А.А. Плешаков, М. С. Скоробогатов, Г. П. Седов [и др.] // Задачи полеводов Курганской области в 1968 году. Курган, 1968. С. 167- 175.

169 Погорелый Л. В. Технология приготовления кормов из кукурузы / Л. В. Погорелый. М.: Агропромиздат, 1987. 287 с.

170 Попова А. П. Продуктивность силосных культур и приемы повыше-

ния их урожайности в условиях Курганской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук. Омск, 1976. 16 с.

171 Пospelов Н. А. Возделывание силосной кукурузы по зерновой технологии и производство кормов из початков: Агрономическая тетрадь / Н. А. Пospelов . М.: Россельхозиздат, 1985. 94 с.

172 Потанин В. Г. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений / В. Г. Потанин, А. Ф. Алейников, П. И. Степачкин // Вавиловский журнал генетики и селекции. Т. 18. № 3. 2014. С. 548-552.

173 Прозина М. Н. Морфология кукурузы / М. Н. Прозина. М.: Изд-во МГУ, 1962. 115 с.

174 Проценко Д. Ф. Холодостойкость кукурузы / Д. Ф. Проценко, П. С. Мишустина. Киев. 1962. 186 с.

175 Садеков Б. С. Кормовая ценность силоса / Б. С. Садеков, Ш. К. Шакиров, Ф. С. Гибадулина // Кукуруза и сорго. 1990. № 6. С. 16-18.

176 Самойлова Н. В. Развитие, место и роль энергетического подхода в анализе деятельности сельскохозяйственных организаций / Н. В. Самойлова // АПК России. 2015. № 72/1. С. 128-131.

177 Сапега В.А. Урожайность и параметры стабильности сортов зерновых культур / В.А. Сапега, Г.Ш. Турсумбекова, С.В. Сапега // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 10. С. 22-26.

178 Сапега В.А. Оценка сортов суданской травы по параметрам продуктивности и экологической пластичности в условиях лесостепи Северного Зауралья / В. А. Сапега // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 1641.

179 Селевцев В. Ф. Почвы и эффективность удобрений / В. Ф. Селевцев. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1972. 143 с.

180 Семина С. А., Иняхин А. Г. Продуктивность кукурузы в зависимости от приёмов возделывания / С. А. Семина, А. Г. Иняхин // Кормопроизводство. 2013. № 6. С. 15-18.

- 181 Сидоров Ф. Ф. Характеристика коллекции кукурузы по устойчивости к холоду и заморозкам / Ф. Ф. Сидоров, С. В. Зубков // Бюл. ВИР. 1957. № 4.
- 182 Сидорова О. М. Адаптивность гибридов кукурузы молдавской селекции / О. М. Сидорова, Т. С. Чалык, Г. П. Карайванов // Селекционно-генетические исследования кукурузы и сорго в Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1989. – С. 38-45.
- 183 Сикорский И.А. Курганская научно-производственная система «Кукуруза» / И.А. Сикорский, А.П. Устюжанин. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1989. 108 с.
- 184 Сикорский И.А. Биологические особенности кукурузы и некоторые особенности агротехники ее в условиях Курганской области. Автореф... канд. с.-х. наук / И.А. Сикорский. Омск, 1968. 27 с.
- 185 Сикорский И.А. Эффективность интенсивной технологии выращивания кукурузы в Курганской области / Сикорский И.А. [и др.]. М.: Агропромиздат, 1990. 240 с.
- 186 Сикорский И. А. Курганская научно-производственная система «Кукуруза» / И. А. Сикорский, И. Н. Цымбаленко, А. Э. Панфилов [и др.]. Курган, 1987. С. 8-11.
- 187 Силантьев А. Н. Обоснование и разработка интенсивной технологии возделывания кукурузы в системе почвозащитного земледелия Западной Сибири: Автореферат... д-ра с.-х. наук / А.Н. Силантьев. Омск, 1996. 32 с.
- 188 Силантьев А. Н. Интенсивная технология возделывания кукурузы на силос с початками молочно-восковой спелости зерна в системе почвозащитного земледелия Западной Сибири: рекомендации / Силантьев А. Н. [и др.]. Новосибирск: ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. сибНИИСХ, 1988. 48 с.
- 189 Силантьев А.Н. Подбор гибридов для зерновой технологии возделывания кукурузы и оценка устойчивости их урожайности с степной зоне Западной Сибири / А.Н. Силантьев, Ю.В. Ковтунов, В.Д. Янович // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1988. № 5. С. 43-50.

- 190 Синявский И. В. Агрохимические и экологические аспекты плодородия черноземов Зауралья / И. В. Синявский. Челябинск: ЧГАУ, 2001. 275 с.
- 191 Сиротин Г. М. Итоги работы с кукурузой в Курганской области в 1955-1957 гг. / Г. М. Сиротин // Кукуруза на Урале. Свердловск, 1958. С. 76-89.
- 192 Соколов Ю. В. Урожайность, химический состав и питательность зерна кукурузы гибрида Делитоба в условиях южной зоны Оренбуржья / Соколов Ю.В., Горбунов К.В., Гречишкина О.С. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. Т 4. № 32-1. С. 71-73.
- 193 Сотченко В. С. Перспективы возделывания кукурузы для производства высокоэнергетических кормов / В. С. Сотченко // Селекция, семеноводство, технология возделывания кукурузы: материалы научно-практической конференции, посвященной 20-летию ГНУ ВНИИ кукурузы. Пятигорск, 2009. С. 12-22.
- 194 Сотченко В. С. Перспективы возделывания кукурузы для производства высокоэнергетических кормов / В. С. Сотченко // Кукуруза и сорго. 2008. № 4. С. 2-4.
- 195 Стафийчук А.А. Питательность силоса кукурузы в связи с условиями выращивания / А.А. Стафийчук, Я.П. Сидоренко // Основные выводы по полевым опытам на Эрастовской опытной станции. Днепропетровск, 1970. С. 95-99.
- 196 Супрунов А. И. Селекция сахарной и лопающейся кукурузы на Кубани / А. И. Супрунов. Краснодар: ООО Эдви, 2008. 128 с.
- 197 Супрунов А.И. Селекция ультрараннеспелых гибридов кукурузы в Краснодарском крае // Кукуруза и сорго. 2009. № 1. С. 8-11.
- 198 Супрунов А. И. Периодический отбор в популяциях кукурузы / А. И. Супрунов, М. А. Чуприна. Краснодар: ООО Эдви, 2010. 159 с.
- 199 Сусидко П. И. Кукуруза / П. И. Сусидко, В. С. Циков. Киев: Урожай, 1978. 286 с.

- 200 Сыкало Н. Г. Азот и урожай / Н. Г. Сыкало // Кукуруза. 1966. №5. С. 23-24.
- 201 Сюй-Фынъ. Некоторые закономерности развития вегетативных и генеративных органов кукурузы: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Сюй-Фынъ. Харьков, 1959. 34 с.
- 202 Тарасов С.И. Влияние температуры на активность фитогормонов и рост проростков кукурузы: Автореф...канд. биол. наук / С.И. Тарасов. М.: 1983, 16 с.
- 203 Толстов Н.В. Основы борьбы с засухой. К вопросу организации хозяйств в условиях засушливого юго-востока Европейской России и Западной Сибири / Н.В. Толстов. Екатеринбург: Гос. изд-во, 1921. 80 с.
- 204 Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов / Х. Г. Тооминг. Л.: Наука, 1984. 264 с.
- 205 Трегубенко М. Я. Определение фаз развития зерна / М. Я. Трегубенко, И. Г. Фаюстов // Кукуруза. 1962. № 9. С. 40-43.
- 206 Трубачева Л. В. Урожайность кукурузы на силос на мелиорированных почвах в засушливой зоне Ставрополя / Л. В. Трубачева, И. В. Каргалев, И. А. Вольтерс // Агрохимический вестник. 2011. № 4. С. 18-19.
- 207 Тудель Н. В. Интенсивная технология производства кукурузы / Н. В. Тудель. М.: Росагропромиздат, 1991. 272 с.
- 208 Уилкинсон Дж. М. Силосование кукурузы на корм: влияние на состав и питательную ценность / Дж. М. Уилкинсон // Кукуруза на корм. Производство и использование/ Пер. с англ. Е.Н. Фолькман. М.: Колос, 1983. С. 93-125.
- 209 Фельгентрой К. Возделывание кормов в условиях недостаточной обеспеченности влагой / К. Фельгентрой // Новое сельское хозяйство. 2007. № 6. С. 64-70.
- 210 Филиппов Г. Л. Совершенствование эколого-физиологической модели гибрида / Г. Л. Филиппов, Н. В. Вишневский // Кукуруза и сорго. 1990. № 9. С. 19-21.

- 211 Фирсов И. П. Технология растениеводства / И. П. Фирсов, А. М. Соловьев, М. Ф. Трифонова. М.: Колос, 2005. 472 с.
- 212 Фрумин И. Л. Моделирование земледелия южного Зауралья. Челябинск: ЧГАУ, 2004. 286 с.
- 213 Фрумин И. Л. Статистический анализ изменчивости популяций / И. Л. Фрумин, А. Э. Панфилов. Челябинск: ЧГАУ, 2000. 36 с.
- 214 Хмарский Н. И. Определение групп спелости / Н. И. Хмарский // Кукуруза и сорго. № 3. 1993. С. 21.
- 215 Холл Д. Фотосинтез / Д. Холл, К. Рао. М.: Мир, 1983. 134 с.
- 216 Циков В. С. Рекомендации по освоению интенсивной технологии возделывания кукурузы в Оренбургской области / В. С. Циков, Г. И. Бельков, А. И. Климентьев. М.: ЦНТИ, 1989. 44 с.
- 217 Циков В. С. Интенсивная технология возделывания кукурузы / В. С. Циков, Л. А. Матюха. М.: Агропромиздат, 1989. 247 с.
- 218 Цымбаленко И. Н. Кормопроизводство Зауралья / Цымбаленко И. Н. [и др.]. Курган: КГСХА, 1998. 111 с.
- 219 Цымбаленко И. Н. Прогнозирование урожайности по ресурсам климата и оптимизация управляемых факторов для получения запланированных урожаев кукурузы и люцерны в условиях Зауралья: автореф. дис... канд. с.-х. наук / И. Н. Цымбаленко. М., 1983. 16 с.
- 220 Чирков Ю. И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. Л.: Гидрометиздат, 1969. 252 с.
- 221 Чирков Ю. И. Учет обеспеченности теплом развития кукурузы // Кукуруза / Ю. И. Чирков. 1962. № 6. С. 26-28.
- 222 Шевелуха В. С. Интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур / В. С. Шевелуха. М.: Знание, 1986. 64 с.
- 223 Шмараев Г. Е. Генофонд и селекция кукурузы / Г. Е. Шмараев. СПб.: ВИР, 1999. 390 с.
- 224 Шмараев Г. Е. Кукуруза (филогения, классификация, селекция) / Г. Е. Шмараев. М.: Колос, 1975. 304 с.

- 225 Шпаар Д. Кукуруза (выращивание, уборка, консервирование и использование) / Шпаар Д. [и др.]. М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2009. 390 с.
- 226 Шпаар Д. Кукуруза / Шпаар Д. [и др.] / под общ. ред. В. А. Щербакова. М.: «ФАУинформ», 1999. 192 с.
- 227 Шпаар Д. Кукуруза / Шпар Д. [и др.]. М: ФУАинформ, 2012. 192 с.
- 228 Щербаков Б. И. Ритм развития кукурузы при выращивании ее в различных условиях водоснабжения / Б. И. Щербаков // Физиология растений. 1961. Т. 8, № 2. С. 196-203.
- 229 Югенхеймер Р. У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование / Р. У. Югенхеймер. М.: Колос, 1979. 519 с.
- 230 Brown W. V. Leaf anatomy in grass systematic / W. V. Brown // Bot. Gaz.. 1958. V. 119, № 3. P. 170-178.
- 231 Bednarz R. M. CO<sub>2</sub> – fixation sites in leaves of maize and oats / R. M. Bednarz, H. P. Rasmussen // J. Exp. Bot. 1972. V. 23, № 75. P. 415-421.
- 232 Bunting E. S. The emergence of maize from field sowings in Great Britain / E. S. Bunting, L. A. Willey // Journal of Agricultural Science. Cambridge, 1957. № 48. P. 447-456.
- 233 Crevecœur M. Effects de basses temperatures (0-10 °C) sur la croissance juvenile du maïs: Quelques aspects de recherche fondamentale / M. Crevecœur, J. F. Leden // Bull. Soc. roy. Belg., 1984. V. 117. № 2. P. 382-412.
- 234 Cooper J. P. Photosynthetic efficiency of maize compared with other field crops / J. P. Cooper // Annals of Applied Biology. 1977. № 87. P. 237-242.
- 235 Daynard T. B. / T. B. Daynard // Agron. J. 1972. V. 64, N 6. P. 716-719.
- 236 Derieux M., Different approaches to maturity ratings in maize in the world / M. Derieux, R. Bonhomme // Zea. 1988. № 3. P. 15-21.
- 237 Derieux M. Breeding maize for earlines: importance, development, prospects / M. Derieux // Maize breeding and maize production. Euromaize 88. Belgrade, 1988. P. 35-46.
- 238 Eberhart S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberhart, W. A. Russel // Crop. Sci. 1966. V. 6. № 1. P. 36-40.

- 239 Hatch M. D. Photosynthesis by sugarcane leaves. A new carboxylation reaction and the pathway of sugar formation / M. D. Hatch, C. R. Slack // Biochem. Journal. 1966. V.101, № 1. P. 103-111.
- 240 Hillson M.T. / M. T. Hillson, L. H. Penny // Agron. J. 1965. V. 57, N 2. P. 150-153.
- 241 Jager F. Reinigung von Silomais auf die Beträge der Temperaturen / F. Jager // Mais und Sorghum. 2003. № 4. S. 20-23.
- 242 Miedema P. The Effects of Low Temperature on Zea mays / P. Miedema // Advances in Agronomy. 1982. Vol. 35. P. 93-128.
- 243 Parmentier P. Les notes et les cary a en France. Especies et vanetes. Culture Maladies / P. Parmentier. Paris: Vigot Freres, 1812. 61 p.
- 244 Zelitch I. The close relationship between net photosynthesis and crop yield / I. Zelitch // Bio-science. 1982. V.32. № 10. P. 796-802.
- 245 Zscheishler J. Handbuch Mais: Anbau – Verwertung – Fütterung / J. Zscheishler. Frankfurt (Main): DLG-Verlag, 1984. 253 s.
- 246 Zscheischler J. Einfluss von Schnittzeit, Sorte und Standweite auf Ertrag und Futterwert von Silomais / J. Zscheischler, F. Gross, L. Hepting // Bayerisches landwirtschaftliches Jahrbuch. 1974. № 51. S. 611-636.



## **Приложения**

**Результаты фенологических наблюдений  
(лесолуговая зона), 2011-2013 гг.**

Таблица А1 – Результаты фенологических наблюдений, 2011 г. (посев 14.05)

<b>Гибрид</b>	<b>Всходы</b>	<b>Выметы- вание</b>	<b>Цветение початка</b>	<b>Молочная спелость</b>	<b>Восковая спелость</b>	<b>Полная спелость</b>
<b>Кубанский 101 МВ</b>	<b>30.05</b>	<b>09.07</b>	<b>16.07</b>	<b>18.08</b>	<b>07.09</b>	<b>-</b>
<b>Росс 130 МВ</b>	<b>30.05</b>	<b>21.07</b>	<b>30.07</b>	<b>10.09</b>	<b>25.09</b>	<b>-</b>
<b>Омка 130</b>	<b>30.05</b>	<b>14.07</b>	<b>24.07</b>	<b>02.09</b>	<b>15.09</b>	<b>-</b>
<b>Кубанский 141 МВ</b>	<b>30.05</b>	<b>21.07</b>	<b>30.07</b>	<b>10.09</b>	<b>25.09</b>	<b>-</b>
<b>Обский 140 СВ</b>	<b>01.06</b>	<b>22.07</b>	<b>29.07</b>	<b>10.09</b>	<b>25.09</b>	<b>-</b>
<b>Машук 150 МВ</b>	<b>31.05</b>	<b>19.07</b>	<b>28.07</b>	<b>07.09</b>	<b>23.09</b>	<b>-</b>
<b>Омка 150</b>	<b>30.05</b>	<b>24.07</b>	<b>01.08</b>	<b>12.09</b>	<b>26.09</b>	<b>-</b>
<b>Катерина СВ</b>	<b>29.05</b>	<b>23.07</b>	<b>31.07</b>	<b>11.09</b>	<b>26.09</b>	<b>-</b>
<b>Машук 170 МВ</b>	<b>29.05</b>	<b>27.07</b>	<b>04.08</b>	<b>15.09</b>	<b>30.09</b>	<b>-</b>
<b>Росс 140 МВ</b>	<b>30.05</b>	<b>08.08</b>	<b>17.08</b>	<b>28.09</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Клифтон</b>	<b>29.05</b>	<b>03.08</b>	<b>11.08</b>	<b>22.09</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>К 180 СВ</b>	<b>30.05</b>	<b>03.08</b>	<b>11.08</b>	<b>22.09</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Таблица А2 – Результаты фенологических наблюдений, 2012 г. (посев 14.05)

<b>Гибрид</b>	<b>Всходы</b>	<b>Выметы- вание</b>	<b>Цветение початка</b>	<b>Молочная спелость</b>	<b>Восковая спелость</b>	<b>Полная спелость</b>
<b>Кубанский 101 МВ</b>	<b>22.05</b>	<b>28.06</b>	<b>04.07</b>	<b>02.08</b>	<b>11.08</b>	<b>15.09</b>
<b>Росс 130 МВ</b>	<b>23.05</b>	<b>10.07</b>	<b>16.07</b>	<b>10.08</b>	<b>20.08</b>	<b>-</b>
<b>Омка 130</b>	<b>23.05</b>	<b>02.07</b>	<b>09.07</b>	<b>04.08</b>	<b>13.08</b>	<b>20.09</b>
<b>Нур</b>	<b>23.05</b>	<b>02.07</b>	<b>09.07</b>	<b>06.08</b>	<b>13.08</b>	<b>20.09</b>
<b>Кубанский 141 МВ</b>	<b>23.05</b>	<b>13.07</b>	<b>20.07</b>	<b>15.08</b>	<b>28.08</b>	<b>-</b>
<b>Обский 140 СВ</b>	<b>24.05</b>	<b>11.07</b>	<b>19.07</b>	<b>16.08</b>	<b>26.08</b>	<b>-</b>
<b>Машук 150 МВ</b>	<b>23.05</b>	<b>08.07</b>	<b>14.07</b>	<b>05.08</b>	<b>15.08</b>	<b>28.09</b>
<b>Омка 150</b>	<b>23.05</b>	<b>10.07</b>	<b>16.07</b>	<b>09.08</b>	<b>16.08</b>	<b>-</b>
<b>Катерина СВ</b>	<b>23.05</b>	<b>14.07</b>	<b>20.07</b>	<b>14.08</b>	<b>26.08</b>	<b>-</b>
<b>Машук 170 МВ</b>	<b>23.05</b>	<b>12.07</b>	<b>20.07</b>	<b>14.08</b>	<b>26.08</b>	<b>-</b>
<b>Росс 140 МВ</b>	<b>23.05</b>	<b>13.07</b>	<b>20.07</b>	<b>15.08</b>	<b>28.08</b>	<b>-</b>
<b>Клифтон</b>	<b>23.05</b>	<b>16.07</b>	<b>23.07</b>	<b>16.08</b>	<b>27.08</b>	<b>-</b>
<b>К 180 СВ</b>	<b>23.05</b>	<b>26.07</b>	<b>03.08</b>	<b>29.08</b>	<b>06.09</b>	<b>-</b>

Таблица А3 – Результаты фенологических наблюдений, 2013 г. (посев 14.05)

<b>Гибрид</b>	<b>Всходы</b>	<b>Выметы- вание</b>	<b>Цветение початка</b>	<b>Молочная спелость</b>	<b>Восковая спелость</b>	<b>Полная спелость</b>
<b>Кубанский 101 МВ</b>	<b>30.05</b>	<b>05.07</b>	<b>13.07</b>	<b>16.08</b>	<b>29.08</b>	<b>08.09</b>
<b>Росс 130 МВ</b>	<b>30.05</b>	<b>10.07</b>	<b>23.07</b>	<b>25.08</b>	<b>10.09</b>	<b>-</b>
<b>Омка 130</b>	<b>30.05</b>	<b>07.07</b>	<b>22.07</b>	<b>21.08</b>	<b>03.09</b>	<b>25.09</b>
<b>Нур</b>	<b>30.05</b>	<b>06.07</b>	<b>16.07</b>	<b>19.08</b>	<b>03.09</b>	<b>25.09</b>
<b>Кубанский 141 МВ</b>	<b>30.05</b>	<b>17.07</b>	<b>23.07</b>	<b>25.08</b>	<b>10.09</b>	<b>-</b>
<b>Обский 140 СВ</b>	<b>31.05</b>	<b>16.07</b>	<b>26.07</b>	<b>26.08</b>	<b>11.09</b>	<b>-</b>
<b>Машук 150 МВ</b>	<b>30.05</b>	<b>09.07</b>	<b>23.07</b>	<b>24.08</b>	<b>08.09</b>	<b>28.09</b>
<b>Омка 150</b>	<b>30.05</b>	<b>17.07</b>	<b>25.07</b>	<b>25.08</b>	<b>09.09</b>	<b>-</b>
<b>Катерина СВ</b>	<b>29.05</b>	<b>19.07</b>	<b>27.07</b>	<b>27.08</b>	<b>13.09</b>	<b>-</b>
<b>Машук 170 МВ</b>	<b>30.05</b>	<b>20.07</b>	<b>28.07</b>	<b>28.08</b>	<b>17.09</b>	<b>-</b>
<b>Росс 140 МВ</b>	<b>30.05</b>	<b>19.07</b>	<b>26.07</b>	<b>27.08</b>	<b>13.09</b>	<b>-</b>
<b>Клифтон</b>	<b>30.05</b>	<b>23.07</b>	<b>30.07</b>	<b>01.09</b>	<b>17.09</b>	<b>-</b>
<b>К 180 СВ</b>	<b>31.05</b>	<b>24.07</b>	<b>31.07</b>	<b>02.09</b>	<b>18.09</b>	<b>-</b>

Результаты фенологических наблюдений  
(северная лесостепная зона), 2011-2013 гг.

Таблица Б1 – Результаты фенологических наблюдений, 2011 г. (посев 12.05)

Гибрид	Всходы	Выметывание	Цветение початка	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость
Кубанский 101 МВ	29.05	11.07	18.07	23.08	02.09	16.09
Омка 130	29.05	16.07	23.07	30.08	07.09	21.09
Росс 130 МВ	29.05	17.07	24.07	29.08	08.09	22.09
Кубанский 141 СВ	29.05	17.07	24.07	30.08	08.09	22.09
Обский 140 СВ	29.05	17.07	24.07	31.08	08.09	22.09
Машук 150 МВ	29.05	18.07	25.07	31.08	09.09	23.09
Омка 150	29.05	16.07	23.07	27.08	07.09	23.09
Катерина СВ	29.05	21.07	28.07	31.08	12.09	27.09
Машук 170 МВ	29.05	19.07	26.07	31.08	10.09	27.09
Росс 140 МВ	29.05	23.07	30.07	06.09	14.09	-
Клифтон	29.05	25.07	01.08	08.09	16.09	-
К 180 СВ	29.05	27.07	03.08	06.09	18.09	-

Таблица Б2 – Результаты фенологических наблюдений, 2012 г. (посев 14.05)

Гибрид	Всходы	Выметывание	Цветение початка	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость
Кубанский 101 МВ	22.05	04.07	09.07	05.08	21.08	02.09
Росс 130 МВ	22.05	08.07	13.07	08.08	25.08	06.09
Омка 130	22.05	07.07	12.07	09.08	24.08	05.09
Нур	22.05	07.07	12.07	09.08	24.08	05.09
Кубанский 141 СВ	22.05	10.07	15.07	11.08	27.08	08.09
Обский 140 СВ	22.05	10.07	15.07	12.08	27.08	08.09
Машук 150 МВ	22.05	10.07	15.07	10.08	27.08	08.09
Омка 150	22.05	13.07	18.07	14.08	30.08	11.09
Катерина СВ	22.05	14.07	19.07	15.08	31.08	12.09
Машук 170 МВ	22.05	13.07	18.07	15.08	30.08	11.09
Росс 140 МВ	22.05	12.07	17.07	14.08	29.08	10.09
Клифтон	22.05	16.07	21.07	19.08	02.09	14.09
К 180 СВ	22.05	19.07	24.07	19.08	05.09	17.09

Таблица Б3 – Результаты фенологических наблюдений, 2013 г. (посев 12.05)

<b>Гибрид</b>	<b>Всходы</b>	<b>Выметы- вание</b>	<b>Цветение початка</b>	<b>Молочная спелость</b>	<b>Восковая спелость</b>	<b>Полная спелость</b>
<b>Кубанский 101 МВ</b>	<b>27.05</b>	<b>01.07</b>	<b>08.07</b>	<b>11.08</b>	<b>20.08</b>	<b>04.09</b>
<b>Росс 130 МВ</b>	<b>27.05</b>	<b>07.07</b>	<b>14.07</b>	<b>17.08</b>	<b>26.08</b>	<b>10.09</b>
<b>Омка 130</b>	<b>27.05</b>	<b>08.07</b>	<b>15.07</b>	<b>16.08</b>	<b>27.08</b>	<b>11.09</b>
<b>Нур</b>	<b>27.05</b>	<b>08.07</b>	<b>15.07</b>	<b>16.08</b>	<b>27.08</b>	<b>11.09</b>
<b>Кубанский 141 СВ</b>	<b>27.05</b>	<b>10.07</b>	<b>17.07</b>	<b>19.08</b>	<b>29.08</b>	<b>13.09</b>
<b>Обский 140 СВ</b>	<b>27.05</b>	<b>10.07</b>	<b>17.07</b>	<b>19.08</b>	<b>29.08</b>	<b>13.09</b>
<b>Машук 150 МВ</b>	<b>27.05</b>	<b>06.07</b>	<b>13.07</b>	<b>15.08</b>	<b>25.08</b>	<b>09.09</b>
<b>Омка 150</b>	<b>27.05</b>	<b>12.07</b>	<b>19.07</b>	<b>21.08</b>	<b>31.08</b>	<b>15.09</b>
<b>Катерина СВ</b>	<b>27.05</b>	<b>16.07</b>	<b>23.07</b>	<b>25.08</b>	<b>05.09</b>	<b>21.09</b>
<b>Машук 170 МВ</b>	<b>27.05</b>	<b>17.07</b>	<b>24.07</b>	<b>26.08</b>	<b>06.09</b>	<b>22.09</b>
<b>Росс 140 МВ</b>	<b>27.05</b>	<b>15.07</b>	<b>22.07</b>	<b>24.08</b>	<b>05.09</b>	<b>22.09</b>
<b>Клифтон</b>	<b>27.05</b>	<b>17.07</b>	<b>24.07</b>	<b>27.08</b>	<b>07.09</b>	<b>24.09</b>
<b>К 180 СВ</b>	<b>27.05</b>	<b>18.07</b>	<b>25.07</b>	<b>27.08</b>	<b>08.09</b>	<b>27.09</b>

Статистические параметры связи между показателями качества  
урожая гибридов кукурузы и числами ФАО, 2011-2013 гг.

Таблица В1 – Зависимость параметров качества урожая от числа ФАО, 2011-2013 гг.

Показатель качества	Уравнение регрессии	Свободный член $a$	Коэффициент регрессии $b$	Коэффициент корреляции $r$	$t_{\phi}$	$t_{05}$
Влажность зеленой массы (лесолуговая зона)	$y = a + b/x$	94,23	-4026,67	0,99	22,14	2,23
Влажность зеленой массы (северная лесостепная зона)	$y = a + b/x$	87,85	-3416,76	0,98	17,52	2,23
Влажность листостебельной массы (лесолуговая зона)	$y = a + b/x$	94,07	-6250,41	0,99	20,39	2,23
Влажность початков (лесолуговая зона)	$y = a + b/x$	89,78	-1691,60	0,98	14,27	2,23
Влажность листостебельной массы (северная лесостепь)	$y = a + b/x$	78,29	-4767,21	0,94	8,40	2,23
Влажность початков (северная лесостепь)	$y = a + b/x$	87,55	-1748,95	0,93	8,07	2,23
Доля початков в сухом веществе (лесолуговая зона)	$y = ae^{bx}$	99,39	-0,0041	-0,99	18,06	2,23
Доля початков в сухом веществе (северная лесостепь)	$y = ae^{bx}$	119,72	-0,0048	-0,95	9,77	2,23

Таблица В2 – Зависимость химического состава сухого вещества от числа ФАО, 2011-2013 гг.

Показатель качества	Уравнение регрессии	Свободный член $a$	Коэффициент регрессии $b$	Коэффициент корреляции $r$	$t_{\phi}$	$t_{05}$
Содержание сырого жира в сухом веществе ЛСМ	$y = a + b/x$	-24,13	0,82	-0,99	30,32	2,23
Содержание сырого жира в сухом веществе початков	$y = a + b/x$	-23,03	0,33	-0,99	18,35	2,23
Содержание сырого протеина в сухом веществе ЛСМ	$y = 1/(a + bx)$	0,290	-0,00076	0,98	15,22	2,23
Содержание сырого протеина в сухом веществе початков	$y = 1/(a + bx)$	0,130	-0,00019	0,93	8,05	2,23
Содержание сырой клетчатки в сухом веществе ЛСМ	$y = a + b/x$	29,38	436,21	-0,75	2,16	2,23
Содержание сырой клетчатки в сухом веществе початков	$y = a + b/x$	14,90	-1159,14	0,98	16,40	2,23
Содержание сырых БЭВ в сухом веществе ЛСМ	$y = a + b/x$	55,73	-323,48	0,64	2,03	2,23
Содержание сырых БЭВ в сухом веществе початков	$y = a + b/x$	68,79	974,16	-0,93	7,84	2,23
Концентрация обменной энергии в сухом веществе ЛСМ	$y=1/(a+b \cdot \ln x)$	0,06	0,0067	-0,98	14,07	2,23
Концентрация обменной энергии в сухом веществе в сухом веществе початков	$y=1/(a+b \cdot \ln x)$	0,12	-0,0033	0,90	6,64	2,23
Концентрация обменной энергии в сухом веществе целого растения	$y=1/(a+b \cdot \ln x)$	0,06	0,0073	-0,99	18,13	2,23

## Химический состав сухого вещества гибридов кукурузы, 2011-2013 гг.

Таблица Г1 – Содержание сырого жира в сухом веществе различных по скороспелости гибридов кукурузы, % (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	3,52	6,51	5,54	5,19
Росс 130 МВ	3,35	5,06	5,27	4,56
Омка 130	3,20	4,87	5,29	4,45
Нур	-	5,03	5,26	-
Кубанский 141 МВ	2,95	5,00	4,57	4,17
Обский 140 СВ	2,92	5,20	4,82	4,31
Машук 150 МВ	2,76	4,45	3,90	3,70
Омка 150	2,74	4,62	4,36	3,90
Катерина СВ	2,58	4,24	3,84	3,55
Машук 170 МВ	2,61	4,16	3,87	3,55
Клифтон	2,40	3,99	3,78	3,39
Росс 140 МВ	2,31	4,07	3,56	3,31
К 180 СВ	2,09	3,65	3,01	2,92
В среднем	3,52	6,51	5,54	5,19

Таблица Г2 – Содержание сырого протеина в сухом веществе различных по скороспелости гибридов кукурузы, % (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	6,87	8,20	7,47	7,52
Росс 130 МВ	7,50	8,30	7,83	7,88
Омка 130	7,55	8,10	7,79	7,81
Нур	-	8,21	7,86	-
Кубанский 141 МВ	7,36	8,62	8,01	8,00
Обский 140 СВ	7,28	8,54	8,04	7,95
Машук 150 МВ	7,50	8,29	8,09	7,96
Омка 150	7,64	8,41	8,11	8,05
Катерина СВ	7,54	8,45	8,64	8,21
Машук 170 МВ	7,36	8,47	8,16	8,00
Клифтон	7,48	8,63	9,28	8,46
Росс 140 МВ	7,80	9,11	8,50	8,47
К 180 СВ	7,82	9,25	9,28	8,78
В среднем	7,48	8,53	8,27	8,09



Таблица Г3 – Содержание сырой клетчатки в сухом веществе различных по скороспелости гибридов кукурузы, % (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	18,3	14,9	16,0	16,4
Росс 130 МВ	19,0	15,6	16,7	17,1
Омка 130	18,3	15,6	16,6	16,8
Нур	-	15,5	17,0	-
Кубанский 141 МВ	20,0	15,7	17,2	17,6
Обский 140 СВ	20,4	15,5	17,1	17,7
Машук 150 МВ	22,0	16,6	17,3	18,7
Омка 150	22,2	16,3	17,4	18,7
Катерина СВ	22,4	17,9	18,3	19,5
Машук 170 МВ	22,7	17,8	18,3	19,6
Клифтон	25,1	18,5	18,9	20,8
Росс 140 МВ	24,8	18,1	19,1	20,7
К 180 СВ	26,0	19,5	18,6	21,3
В среднем	21,8	16,8	17,6	18,7

Таблица Г4 – Содержание сырых БЭВ в сухом веществе различных по скороспелости гибридов кукурузы, % (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Год исследований			
	2011	2012	2013	В среднем
Кубанский 101 МВ	66,9	67,2	66,7	66,9
Росс 130 МВ	65,9	67,9	65,9	66,6
Омка 130	66,7	68,3	65,8	66,9
Нур	-	68,0	65,9	-
Кубанский 141 МВ	65,4	67,8	65,9	66,3
Обский 140 СВ	65,0	67,7	65,8	66,2
Машук 150 МВ	62,7	67,4	66,4	65,5
Омка 150	62,6	67,6	65,7	65,3
Катерина СВ	62,8	66,1	65,0	64,6
Машук 170 МВ	62,8	66,0	65,1	64,6
Клифтон	60,3	65,7	63,5	63,2
Росс 140 МВ	60,3	65,5	64,7	63,5
К 180 СВ	59,2	64,3	64,6	62,7
В среднем	63,4	66,8	65,4	65,2

Сравнительная характеристика ультраранних гибридов  
по силосной продуктивности, 2012-2013 гг.

Таблица Д1 – Показатели силосной продуктивности ультраранних гибридов, 2012 гг.

Гибрид	Урожайность зеленой массы, т/га	Урожайность сухой массы, т/га	Сбор обменной энергии, ГДж/га
Лесолуговая зона			
Кубанский 101 МВ	15,3	6,6	70,3
Росс 130 МВ	22,4	8,6	90,2
Омка 130	21,5	8,2	86,6
Нур	27,1	10,4	115,1
Кубанский 141 МВ	22,4	7,8	81,6
Обский 140 СВ	28,2	9,9	104,0
Машук 150 МВ	23,8	8,0	83,0
Омка 150	25,4	8,4	88,0
Северная лесостепная зона			
Кубанский 101 МВ	11,0	4,9	-
Росс 130 МВ	17,8	7,1	-
Омка 130	15,5	6,2	-
Нур	19,0	7,6	-
Кубанский 141 МВ	25,2	9,5	-
Обский 140 СВ	18,8	7,0	-
Машук 150 МВ	17,7	6,4	-
Омка 150	21,7	7,8	-

Таблица Д2 – Показатели силосной продуктивности ультраранних гибридов, 2013 гг.

Гибрид	Урожайность зеленой массы, т/га	Урожайность сухой массы, т/га	Сбор обменной энергии, ГДж/га
Лесолуговая зона			
Кубанский 101 МВ	30,9	12,1	125,6
Росс 130 МВ	33,1	11,8	122,9
Омка 130	33,7	12,3	127,8
Нур	33,7	12,2	127,2
Кубанский 141 МВ	40,0	14,1	145,3
Обский 140 СВ	41,6	14,2	146,4
Машук 150 МВ	41,6	13,8	141,1
Омка 150	39,8	13,3	136,9
Северная лесостепная зона			
Кубанский 101 МВ	13,8	5,7	-
Росс 130 МВ	24,6	9,3	-
Омка 130	16,9	6,5	-
Нур	16,4	6,3	-
Кубанский 141 МВ	23,5	8,5	-
Обский 140 СВ	33,8	12,1	-
Машук 150 МВ	19,9	6,8	-
Омка 150	20,6	7,2	-

## Технологическая карта (возделывания кукурузы на силос)

Таблица Е1 – Технологическая возделывания гибридов кукурузы группы ФАО 140, 2011-2013 гг.

Сельхозпредприятие	Типовая	Производство	Урожайность,	Валовой
Культура	Кукуруза на силос	продукции	т с 1 га	сбор, т
Предшественники	Зерновые	основной	33,2	3320,0
Площадь	100	побочной		

## ОСНОВНЫЕ ЗАТРАТЫ, руб.

Показатель	Всего			На 1 га
	Натур. выраж.	Цена единицы, руб.	в руб.	
30 Фонд оплаты труда			67895,90	678,96
с начислениями			49552,71	495,53
механизаторов			18343,19	183,43
разнорабочих			60920,71	609,21
20 Амортизация			53048,23	530,48
22 Рем.фонд			515970,59	5159,71
31 Удобрения				
Аммиачная селитра, т	23,5	16000,00	376470,59	3764,71
Аммофос, т	6,0	23250,00	139500,00	1395,00
32 Ядохимикаты, в т.ч.			236225,00	2362,25
Каллисто, л	25,0	4185,00	104625,00	1046,25
Милагро, л	100,0	1316,00	131600,00	1316,00
25 Горючее, ц	48,3	3200,00	154652,68	1546,53
26 Семена, ц	27,0	6000,00	162000,00	1620,00
27 Автотранспорт	23252,5	25,00	581312,50	5813,13
28 Укрывочные материалы	750,0	14,00	10500,00	105,00
33 Всего затрат			1842525,61	18425,26
34 Затраты на 1 т. осн.продукции			554,98	

Продолжение таблицы Е1

N пп	Наименование работ	Объем работ				Календ.сроки провед.работ	
		ед. изм	в физ. выраж.	этал. смен. выра- ботка	в усл. эталон. га	сроки начала работ	кол-во рабоч. дней
А	Б	В	1	2	3	4	5
1	Вспашка	га	100,0	18,9	130,3	15,09	10
3	Боронование в 2 следа	га	100,0	75,0	232,9	20,04	5
4	Погрузка удобрений	час	2,7	18,9	7,6	1,05	5
5	Транспортировка удобрений	т	11,5	4,9	1,5	1,05	5
6	Внесение удобрений	га	100,0	7,7	23,5	1,05	5
7	Предпосевная культивация		100,0	18,9	43,9	1,05	5
8	Погрузка удобрений	час	2,7	18,9	9,5	6,05	5
9	Транспортировка удобрений	т	11,5	4,9	2,7	6,05	5
10	Погрузка семян	т	2,5			6,05	5
11	Транспортировка семян	ткм	12,5			6,05	5
12	Погр.семян,удобр.в сеялку	час	2,0			6,05	5
13	Посев с внес.удобрений	га	100,0	5,1	42,5	6,05	5
14	Прикатывание	га	100,0	4,9	8,9	6,05	5
15	Транспортировка воды	т	20,0	4,9	3,9	10,06	5
16	Транспортировка гербицида	т	8,0	4,9	0,5	10,06	5
17	Внесение гербицида	га	100,0	5,1	17,0	10,06	5
18	Междурядная обработка	га	100,0	5,1	31,9	17,06	5
19	Междурядная обработка	га	100,0	5,1	31,9	22,06	5
20	Скашивание с измельчением	га	100,0	4,9	10,65	9,09	10
21	Транспортировка зел.массы	ткм	23240,0			9,09	10
22	Разравнивание,трамбовка	т	3320,0	12,3	204,18	9,09	10
23	Погрузка соломы	т	10,0	4,9	4,90	9,09	5
24	Трансптртировка соломы	т	10,0	4,9	5,83	9,09	5
25	Укрытие траншеи пленкой	квм	400,0			14,09	1
26	Укрытие бурта соломой	час	7,0			14,09	1
Всего:		*	*	*	683,6	*	137,0
Затраты на 1 га:		*	*	*	6,8	*	1
Затраты на 1ц осн. продукции:		*	*	*	*	*	0

Продолжение таблицы Е1

N пп	Состав агрегата			Кол.-во чел.для выполн.нормы		Норма выра- ботки	Кол.-во нормо- смен в объеме работы
	марка трактора	с.-х.машины марка	кол- во	тракт.- машин.	прицепщ.и рабоч.на ручн. раб.		
А	6	7	8	9	10	11	12
1	К-701	ПЛН8-40	1	1		14,5	6,9
3	ДТ-75М	БЗСС-1	11	1		32,2	3,1
4	вручную				1		0,4
5	МТЗ-80	2ПТС-4	1	1		37,1	0,3
6	ДТ-75М	СЗП-3.6	3	1	1	32,7	3,1
7	К-701	КПЭ-3.8	3	1		43,1	2,3
8	вручную		1	1	1		0,5
9	МТЗ-80	2ПТС-4		1		21,3	0,5
10	вручную				2	9,0	0,3
11	ЗИЛ-130					120,0	0,1
12	вручную				2	7,0	0,3
13	МТЗ-82	СУПН-8	1	1	1	12,0	8,3
14	МТЗ-80	ЗККШ-6	3	1		55,0	1,8
15	МТЗ-80	ВУ-3	1	1		25,3	0,8
16	МТЗ-80	2ПТС-4	1	1			0,1
17	МТЗ-82	ОПШ-15	1	1		30,0	3,3
18	МТЗ-82	КРН-5.6	1	1		16,0	6,3
19	МТЗ-82	КРН-5.6	1	1		16,0	6,3
20	"Ягуар-950"			1		46,0	2,2
21	КАМАЗ-5511						
22	К-701	Бульд.	2	2		200,0	16,6
23	МТЗ-80	ПФ-0.5	1	1	1	10,0	1,0
24	МТЗ-80	2ПТС-4	1	1		8,4	1,2
25	вручную				2	160,0	2,5
26	вручную				2	7,0	1,0
	*	*	*	*	*	*	62,2
	*	*	*	*	*	*	0,6
	*	*	*	*	*	*	0,02

Продолжение таблицы Е1

N пп	Амортизация, руб.		Рем. фонд, руб.		Горючее			Автотранспорт	
	на 1 мото-ч.	всего	на 1 мото-ч.	всего	количество		стоимость всего, руб.	кол-во т.-км	стоим., руб.
					на ед., кг	всего, ц			
А	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	118,13	5702,83	109,86	5303,59	19,4	17,46	62080,00		
3	41,01	891,52	46,75	1016,30	2,4	2,16	7680,00		
4									
5	22,36	48,68	24,33	52,97	1,3	0,14	4160,00		
6	41,01	877,89	46,75	1000,76	3,0	2,66	9472,00		
7	118,13	1918,58	109,86	1784,27	7,1	6,39	22720,00		
8	118,13	413,46	109,86	384,51	1,8	0,04	5760,00		
9	22,36	84,79	24,33	92,26	2,7	0,28	8608,00		
10									
11								12,5	312,5
12									
13	26,95	1572,08	29,32	1710,33	3,7	3,33	11840,00		
14	22,36	284,58	24,33	309,65	1,4	1,26	4480,00		
15	22,36	123,73	24,33	134,63	1,5	0,27	4800,00		
16	22,36	15,65	24,33	17,03	2,0	0,14	6400,00		
17	26,95	628,83	29,32	684,13	1,2	1,07	3808,00		
18	26,95	1179,06	29,32	1282,75	3,7	3,33	11840,00		
19	26,95	1179,06	29,32	1282,75	3,7	3,33	11840,00		
20	1571,00	23906,52	1142,86	17391,35	6,2	5,58	19840,00		
21								23240,0	581000,0
22	118,13	27453,41	109,86	25531,46	0,6	17,93	1920,00		
23	22,36	156,52	24,33	170,31	0,5	0,05	1600,00		
24	22,36	186,33	24,33	202,75	3,7	0,33	11840,00		
25									
26									
	*	60920,7	*	53048,2	*	48,3	148608,0	23252,5	581312,5
	*	609,21	*	530,48	*	0,48	1486,08	232,5	5813,1
	*	18,35	*	15,98	*	0,01	44,8	7,0	175,1