

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Тюмень - 2015

Работа выполнена в ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук
Зезин Никита Николаевич

Официальные оппоненты: **Волошин Владимир Алексеевич**,
доктор сельскохозяйственных наук,
главный научный сотрудник отдела
кормопроизводства ФГБНУ «Пермский научно-
исследовательский институт сельского
хозяйства»

Цымбаленко Иван Николаевич
кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории
земледелия ФГБНУ «Курганский НИИСХ»

Ведущая организация: ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский
институт сельского хозяйства»

Защита диссертации состоится «23» декабря 2015 г. в 13-30 на заседании диссертационного совета Д 220.064.01 при Государственном аграрном университете Северного Зауралья по адресу:
625003, г. Тюмень, ул. Республики, д. 7,
тел./факс: (3452) 46-87-77; e-mail: dissTGSNA@mail.ru

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

Автореферат разослан «30» октября 2015 года

Ученый секретарь
диссертационного совета _____ Рзаева Валентина Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Одно из условий развития молочного животноводства на Урале – энергетическая сбалансированность рационов. Основным источником дешевой и концентрированной обменной энергии является кукурузный силос с высоким содержанием сухого вещества и транзитного крахмала, значительная часть которого сосредоточена в зерне. Развитие отечественной селекции привело к созданию ультраранних и раннеспелых гибридов кукурузы, достигающих восковой и полной спелости зерна значительно севернее границы ее традиционного возделывания. Однако для введения их в систему кормопроизводства Урала необходимы исследования по выявлению адаптированных к почвенно-климатическим условиям региона гибридов.

Сравнительно короткий период активной вегетации, характерный для климата Среднего Урала, требует максимально рационального использования ресурсов тепла. Одним из путей выполнения этого условия является оптимизация сроков уборки кукурузы на силос, необходимость которой обусловлена, в частности, тесной зависимостью показателей качества и силосной продуктивности кукурузы от фазы развития растений.

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 исследований. 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.

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.

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.

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 – агропромышленному производству» (Челябинск, 2013, 2014 гг.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 4 научных статьи, в том числе 2 в определённых ВАК изданиях.

Личный вклад соискателя. Полевые испытания, учеты и наблюдения, большая часть лабораторных анализов, обобщение и статистический анализ полученных данных проводились лично автором диссертации. В Институте агроэкологии исследования проведены под методическим руководством и при содействии доктора сельскохозяйственных наук, профессора А.Э. Панфилова.

Объём и структура. Диссертация изложена на 160 страницах, 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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Морфобиологические и экологические аспекты адаптации кукурузы в условиях Среднего и Южного Урала (обзор литературы)

Приведен обзор литературы по морфобиологическим особенностям кукурузы, значению скороспелости гибридов и сроков их уборки для формирования величины и качества урожая, зависимости продукционного процесса кукурузы от внешних условий и генетических особенностей гибридов.

Глава 2 Программа, методика и условия проведения исследований

Для решения поставленных задач исследований в 2011-2013 годах проведен полевой опыт по изучению продуктивности различных по скороспелости гибридов кукурузы на силос. Схема опыта включала 12 гибридов преимущественно отечественной селекции, характеризующихся числами ФАО от 120 до 190. Для четырех гибридов различных групп созревания: 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, 31 августа, 14 и 28 сентября.

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 реакции на абиотические факторы.

Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок рендомизированное, общая и учетная площадь делянки 28 м².

Программа исследований включала фенологические наблюдения, изучение морфологических признаков (динамика листовой поверхности и линейного роста главного побега контрастных по скороспелости гибридов, число листьев), структурный анализ зеленой массы. Учет урожая проводился сплошным поделяночным методом. Химические анализы включали определение первоначальной, гигроскопической влаги и золы – гравиметрическим методом, сырого жира – методом экстракции, общего азота по Кьельдалю, сырой клетчатки – удалением из продукта кислотощелочерастворимых веществ, сахара – эбулиостатическим, крахмала – поляриметрическим методом.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методами дисперсионного, корреляционного, регрессионного и пробит-анализа. Экологическую пластичность и стабильность гибридов анализировали по методике G. C. C. Tai.

На Кольцовском опытном участке исследования проведены на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве. Содержание гумуса составляет в среднем 4,4 %, легкогидролизуемого азота 92-104 мг/кг почвы, фосфора – 86-176, калия – 102-125 мг/кг. В Институте агроэкологии опыт закладывался на черноземе выщелоченном среднемошном среднегумусном тяжелосуглинистом с содержанием гумуса в пахотном слое 7,63 %, легкогидролизуемого азота 109,2 мг/кг почвы, фосфора – 172,8, калия – 135,0 мг/кг.

Условия вегетации в двух пунктах в годы исследований отличались контрастностью. В лесолуговой зоне 2011 год отличался периодическим недостатком тепла без значимых засушливых явлений. В 2012 году умеренный температурный фон начала периода вегетации сменился жаркой и сухой погодой с конца первой декады июня до начала третьей декады августа. 2013 год характеризовался как сбалансированный по ресурсам тепла и влаги. В северной лесостепи 2011 год отличался обильным увлажнением. 2012 год характеризовала продолжительная засуха: 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. В 2013 году температурный фон и сумма осадков были близки к средним многолетним показателям.

Глава 3 Динамика развития различных по скороспелости гибридов кукурузы

3.1 Связь продолжительности периода «посев – всходы» с температурным фоном. Продолжительность периода от посева до всходов существенно варьировала в зависимости от температурного фона. Как показал регрессионный анализ, в обеих зонах со снижением средней температуры на 1 °С она увеличивается в среднем на двое суток. Данные по температурному фону за предыдущие 57 лет в период «посев – всходы» позволяют прогнозировать, что в 74 % случаев семена кукурузы в период прорастания испытывают средний или значительный температурный стресс, поэтому повышенная холодостойкость является обязательной характеристикой адаптированных гибридов.

3.2 Характеристика гибридов кукурузы по продолжительности периода «всходы – выметывание». По продолжительности вегетативного периода (от всходов до выметывания) выделены четыре группы гибридов.

Наиболее раннее наступление фазы (в среднем на 38-41 день после всходов) характерно для гибридов Кубанский 101 МВ, Омка 130 и Нур. 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 (в среднем 53 дня) отнесены Катерина СВ и Машук 170 СВ. Наиболее позднее выметывание (через 57-61 дней после всходов) показали гибриды Росс 140 МВ, Клифтон и К-180.

3.3 Варьирование генеративного периода гибридов кукурузы.

Продолжительность периода от выметывания до молочной спелости варьировала по гибридам в слабой степени (в среднем от 39 до 46 дней). Следовательно, различия между гибридами формируются в основном до фазы выметывания, а вероятность достижения молочной спелости и последующих фаз определяется условиями, на фоне которых проходит период листообразования.

3.4 Взаимосвязь продолжительности вегетационного периода гибридов кукурузы с числом ФАО. Согласно классификации гибридов кукурузы по шкале ФАО, для среднеевропейских широт различия между гибридами в 10 единиц соответствуют разнице в развитии на одни сутки. Регрессионный анализ показал, что в лесолуговой зоне на фоне дефицита тепла увеличение числа ФАО на каждые 10 единиц сопровождается задержкой в развитии гибрида более чем на 4 суток, а при высокой и достаточной теплообеспеченности – на 1,8-2,3 суток. В северной лесостепи 10 единиц ФАО соответствуют разнице в развитии гибридов на 1,6-2,1 суток. Это определяет большие различия между разновременно созревающими гибридами по степени реализации основных хозяйственно полезных признаков.

4 Формирование морфологических признаков гибридов кукурузы

4.1 Линейный рост главного побега и высота растений. Скороспелый гибрид Кубанский 101 МВ прекращал линейный рост соответственно на 7-12 и на 15-20 дней раньше, чем ультраранний Обский 140 СВ и раннеспелый Росс 140 СВ. Таким образом, чем меньше продолжительность вегетационного периода, тем раньше гибрид начинает расходовать пластические вещества на создание зерновой части урожая, наиболее ценной в энергетическом отношении.

В среднем за три года высота растений у наиболее скороспелых гибридов (ФАО 120-130) 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. Положительная связь между продолжительностью вегетационного периода и высотой растений подтверждается корреляционным

анализом. Для высоты прикрепления початка также выявлена тесная зависимость от продолжительности вегетационного периода гибридов. У большинства гибридов эта величина превышала 60 см, что исключает потери энергетически ценной части урожая при уборке 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. В среднем за три года исследований число початков у различных гибридов колебалось от 89 до 104 штук, что близко к оптимуму. Существенное влияние на этот признак оказали погодные условия. Так, в условиях атмосферной засухи 2012 года среднее число початков на 100 растениях было на 10 штук ниже, чем в благоприятном 2013 году. Наибольшее влияние засушливые условия оказали на гибрид Клифтон компании KWS SAAT AG.

4.3 Число листьев как показатель скороспелости гибридов. Число листьев на главном побеге находилось практически в функциональной связи с числами ФАО ($r = 0,97...0,99$) и варьировало от 11 штук у Кубанского 101 МВ до 17 – у гибрида Росс 140 СВ.

4.4 Формирование листового аппарата и фотосинтетический потенциал различных по скороспелости гибридов кукурузы. Наибольшую площадь (в среднем 2783 см^2 на растение) формировал раннеспелый гибрид Катерина СВ, наименьшую (1801 см^2) – ультраранний Кубанский 101 МВ (таблица 1).

Таблица 1 – 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

Гибрид Омка 130 по площади листовой поверхности приближался к Катерине СВ. Аналогичные различия между гибридами выявлены и по

величине фотосинтетического потенциала. 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. Таким образом, 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.

Глава 5 Продуктивность и качество урожая различных по скороспелости гибридов кукурузы

5.1 Фракционный и химический состав, энергетическая ценность органического вещества. Основные показатели качества урожая кукурузы при уборке на силос в лесолуговой зоне находились в тесной зависимости от скороспелости гибридов (числа ФАО): влажность зеленой массы, содержание сырого протеина и клетчатки в сухом веществе (СВ) – в прямой, тогда как доля початков молочно-восковой и восковой спелости, содержание сырого жира, БЭВ, концентрация обменной энергии (КОЭ) – в обратной (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества зеленой массы различных по скороспелости гибридов кукурузы (лесолуговая зона), 2011-2013 гг.

Гибрид	Влажность зеленой массы, %	Доля початков в СВ, %	Содержание в сухом веществе, %				КОЭ в СВ, МДж/кг
			жира	протеина	клетчатки	БЭВ	
Кубанский 101 МВ	59,6	60,0	5,19	7,52	16,4	66,9	10,4
Росс 130 МВ	63,7	57,6	4,56	7,88	17,1	66,6	10,4
Омка 130	63,2	57,5	4,45	7,81	16,8	66,9	10,3
Кубанский 141 МВ	65,7	55,8	4,17	8,00	17,6	66,3	10,3
Обский 140 СВ	66,1	55,5	4,31	7,95	17,7	66,2	10,3
Машук 150 МВ	67,6	54,0	3,70	7,96	18,7	65,5	10,2
Омка 150	68,2	53,4	3,90	8,05	18,7	65,3	10,2
Катерина СВ	69,6	50,3	3,55	8,21	19,5	64,6	10,2
Машук 170 МВ	70,5	50,9	3,55	8,00	19,6	64,6	10,2
Клифтон	71,5	46,9	3,39	8,46	20,8	63,2	10,1
Росс 140 МВ	71,7	46,3	3,31	8,47	20,7	63,5	10,1
К-180 СВ	73,3	44,1	2,92	8,78	21,3	62,7	10,0
r (корреляция с числом ФАО)	0,97	-0,99	-0,96	0,92	0,99	-0,98	-0,95

Основная доля крахмала содержится в зерне кукурузы, причем его содержание резко снижается с удлинением вегетационного периода гибридов. Растворимые сахара, напротив, сконцентрированы в основном в стебле, где их содержание в 3,0-3,3 раза выше, чем в зерне и листьях. В среднем за три года наблюдалось снижение обменной энергии с 10,3-10,4 МДж/кг у ультраранних образцов до 10,0 – у среднераннего К-180 СВ. 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.

5.2 Силосная продуктивность гибридов кукурузы. В лесолуговой зоне учет урожая зеленой массы выявил преимущество гибридов с наибольшей продолжительностью вегетационного периода, что, как и 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 3). 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 3 – Урожайность зеленой и сухой массы различных по скороспелости гибридов кукурузы, т/га, 2011-2013 гг.

Гибрид	Лесолуговая зона		Северная лесостепная зона	
	зеленая масса	сухая масса	зеленая масса	сухая масса
Кубанский 101 МВ	22,0	8,8	16,5	6,9
Росс 130 МВ	26,4	9,6	24,5	9,2
Омка 130	26,7	9,8	21,2	8,0
Кубанский 141 МВ	32,7	11,2	29,1	10,3
Обский 140 СВ	33,7	11,4	29,2	10,4
Машук 150 МВ	31,8	10,3	23,9	8,2
Омка 150	31,2	10,0	26,0	9,0
Катерина СВ	40,4	12,3	26,5	8,7
Машук 170 МВ	36,6	10,9	33,0	10,7
Росс 140 МВ	43,9	12,4	26,9	8,5
Клифтон	41,8	11,9	29,6	9,2
К-180 СВ	40,0	10,6	28,2	8,2
НСР ₀₅	2,2	0,7	1,9	0,8

Общий уровень урожайности в северной лесостепи сформировался на 8 т/га ниже, чем в лесолуговой зоне. Лидером по продуктивности здесь оказался раннеспелый гибрид Машук 170 МВ, при этом положительная связь между урожаем зеленой массы и продолжительностью вегетационного периода здесь выражена относительно слабо: так, ультраранние гибриды Кубанский 141 МВ и Обский 140 СВ показали такую же урожайность, как раннеспелые Росс 140 МВ и Клифтон.

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) различия по урожайности статистически не доказаны. 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. 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. Средний уровень урожайности здесь сформировался на 2 т/га ниже, чем в лесолуговой зоне.

Интегрированным показателем силосной продуктивности является сбор обменной энергии с единицы площади. Благодаря тесной обратной связи между КОЭ и продолжительностью вегетационного периода по данному параметру 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, в раннеспелой группе – Катерина СВ, Росс 140 МВ и Клифтон.

Таким образом, оценка гибридов кукурузы по силосной продуктивности зависит от ее критерия (рисунок 1). Сравнение гибридов по урожайности зеленой массы не позволяет установить оптимального уровня скороспелости: продуктивность монотонно возрастает пропорционально числам ФАО. Оценка гибридов по урожайности сухой массы выявляет 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.

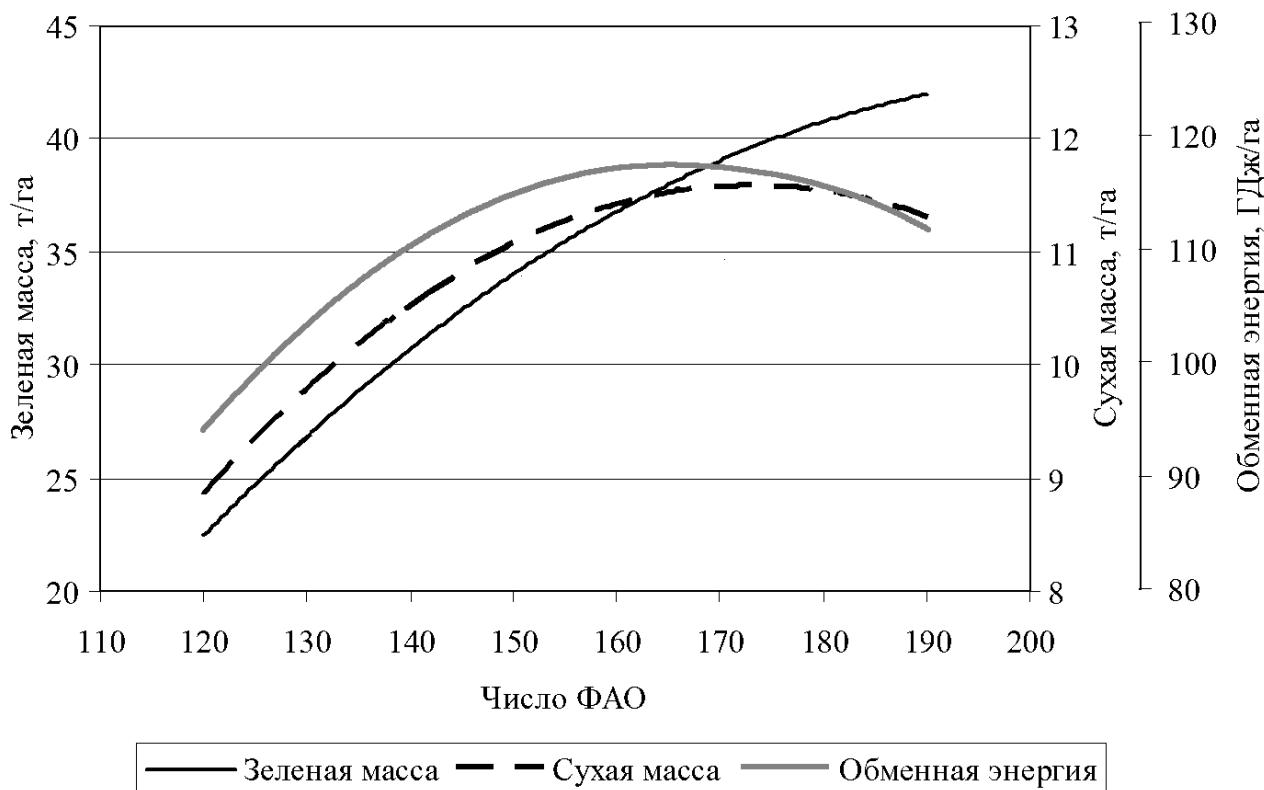


Рисунок 1 – Зависимость урожайности зеленой, сухой массы и сбора обменной энергии гибридов кукурузы от числа ФАО, 2011-2013 гг.

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 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. Для анализа экологической пластичности и стабильности 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). Двухфакторный дисперсионный анализ выявил значительный вклад условий среды в варьирование урожайности: более 73 % от общей

девиаты по вариантам. На долю генотипа приходится около 12 % варьирования, взаимодействия «условия – генотип» – 15 процентов. Значимость всех трех источников варьирования статистически значима по критерию Фишера, при этом доказанная достоверность взаимодействия говорит о том, что изучаемые гибриды обладают не только различной урожайностью, но и разной реакцией на внешние факторы.

Группировка гибридов по пластичности и стабильности проведена по параметрам линейной реакции генотипов α_i и отклонения линейной реакции λ_i путем их графической интерпретации в рамках методики Tai. Выявлено пять групп гибридов с различной реакцией на внешние условия: высокопластичные, высокостабильные; низкопластичные, высокостабильные; низкопластичные, низкостабильные; среднепластичные, высокостабильные; среднепластичные, низкостабильные. В качестве наиболее продуктивных в условиях Урала выделены образцы последней группы Кубанский 141 МВ, Обский 140 СВ, Катерина СВ, Машук 170 МВ, Росс 140 МВ и Клифтон. Их урожайность составляет в среднем 10,4-10,8 т сухого вещества с гектара и достоверно превышает среднее значение на 0,6-1,1 т/га. Гибриды остальных групп показали статистически доказанное снижение урожайности по сравнению со средней.

Исследования, проведенные ранее в южной и северной лесостепной зонах Зауралья, также показали преимущества среднепластичных гибридов над высоко- и низкопластичными (Панфилов, 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. 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.

5.4 Влияние сроков уборки на продуктивность гибридов кукурузы.

Смещение срока уборки различных по скороспелости гибридов (Кубанский 101 МВ, Обский 140 СВ, Катерина СВ, Росс 140 МВ) в лесолуговой зоне с

середины августа на конец сентября сопровождалось существенным увеличением содержания сухого вещества в зеленой массе, доли початков и повышением концентрации обменной энергии в сухом веществе.

Урожайность сухой массы варьировала под влиянием изучаемых факторов в широком диапазоне. 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

$$y = 4,585 + 0,299x_1 + 3,363x_2,$$

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.

Динамика сбора обменной энергии с гектара зависела от скороспелости гибридов (таблица 4). Так, у Обского 140 СВ и Катерины СВ прирост силосной продуктивности продолжался до середины сентября.

Таблица 4 – Влияние срока уборки на сбор обменной энергии, ГДж/га, 2011-2013 гг.

Гибрид	Срок уборки			
	16.08	30.08	13.09	28.09
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 ₀₅ : гибрид, срок уборки	3,3			
взаимодействие	6,6			

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. 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. 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.

Глава 6 Экономическая и биоэнергетическая эффективность выращивания гибридов кукурузы на силос

Анализ экономической эффективности показал, что выращивание кукурузы на силос связано со значительными затратами на гектар посева (от 16 до 21 тыс. руб.), из которых более 40 % приходятся на транспортировку зеленой массы и более 30 % – на средства химизации. Издержки на гибридные семена кукурузы являются в структуре затрат не превышают 9 процентов. Выявлена тенденция 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). Минимальная себестоимость сухого вещества и обменной энергии соответствует диапазону ФАО 140-160

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

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 середине 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.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1 Зезин Н. Н. Модель формирования максимального урожая сухого вещества кукурузы на Среднем Урале / Н. Н. Зезин, М. А. Намятов, В. Р. Лаптев, **В. В. Кравченко** // Кормопроизводство. 2014. № 11. С. 27-28.

2 Зезин Н. Н. Экологическая пластичность гибридов кукурузы и ее связь с продуктивностью в условиях Среднего и Южного Урала / Н. Н. Зезин, А. Э. Панфилов, **В. В. Кравченко** // Кукуруза и сорго. 2015. № 3. С. 3-8.

Научные статьи и материалы:

3 Зезин Н. Н. Кукуруза – надежный источник высокоэнергетического корма / Н. Н. Зезин, С. К. Мингалёв, М. А. Намятов, В. Р. Лаптев, **В. В. Кравченко**, И. В. Сурин // Новые горизонты аграрной науки Урала: Сборник научных трудов ГНУ Уральский НИИСХ (к зональным совещаниям по проведению полевых работ в Свердловской области в 2014 году). Т. 62. Екатеринбург, 2014. С. 92-100.

4 Зезин Н. Н. Кукуруза на Среднем Урале – новые перспективы / Н. Н. Зезин, М. А. Намятов, С. К. Мингалёв, В. Ф. Гридин, В. Р. Лаптев, **В. В. Кравченко**, И. В. Сурин // Адаптивное кормопроизводство. 2013. № 4. С. 49-54.