

На правах рукописи

**КОРЫСТИНА**

**Диана Салаватовна**

**УЛЬТРАРАННИЕ ГИБРИДЫ КУКУРУЗЫ  
И ОПТИМИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИХ  
СОРТОВОЙ АГРОТЕХНИКИ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ  
ЗАУРАЛЬЯ**

Специальность 06.01.09 – растениеводство

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Курган 2004

Работа выполнена в Институте агроэкологии – филиале Челябинского государственного агроинженерного университета в 1998-2003 гг.

Научный руководитель: кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент А.Э. Панфилов

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор И.В. Дюрягин,  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
ведущий научный сотрудник  
И.Н. Цымбаленко

Ведущая организация: Уральский научно-исследовательский  
Институт сельского хозяйства

Защита диссертации состоится « 28 » сентября 2004 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета К 220.039.01 при Курганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т.С. Мальцева.

Адрес: 641300, Курганская область, Кетовский район, с. Лесниково, сельхозакадемия, зал заседаний Ученого совета

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Курганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т.С. Мальцева

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2004 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доцент

 - А.Н. Панфилова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Гидротермические ресурсы северной лесостепи Зауралья позволяют получать до 7 т/га фуражного зерна кукурузы и до 16 т сухой массы с гектара. Однако для реализации этого потенциала необходим новый уровень селекции на скороспелость, предполагающий создание и подбор интенсивных ультраранних гибридов с устойчивостью к субоптимальным температурам и охлаждению, особенно в ювенильном возрасте. Поскольку различные гибриды проявляют неодинаковую реакцию не только на почвенные и климатические условия, но и на агротехнический фон, наряду с созданием и подбором адаптированных гибридов необходима оптимизация их сортовой агротехники, направленной на максимальное использование потенциальной продуктивности культуры и ресурсов климата. Важнейшими элементами сортовой агротехники, оказывающими прямое влияние на динамику развития, величину и качество урожая и вызывающими дифференцированную реакцию отдельных гибридов и их групп, являются срок посева и густота растений.

Решению этих проблем посвящены исследования, выполненные в 1998-2003 годах в соответствии с тематическим планом Института агроэкологии в рамках темы 04.03. «Разработать экологически сбалансированную технологию возделывания кукурузы, обеспечивающую эффективную реализацию потенциала культуры и агроклиматических ресурсов, стабильное производство высокоэнергетических кормов и окупаемость затрат» (№ гос. регистрации 01200312508), а также в соответствии с договором о творческом сотрудничестве с НПО «КОС-Маис».

**Цель исследований** – усовершенствование технологии возделывания кукурузы на зерно и силос за счет подбора ультраранних гибридов и оптимизации некоторых элементов их сортовой агротехники в северной лесостепной зоне Зауралья (в административных границах Челябинской области).

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. **У**становить зависимость хозяйственно полезных признаков от скороспелости биотипов кукурузы и условий вегетации;
2. **У**обосновать оптимальную продолжительность вегетационного периода для возделывания кукурузы на зерно и силос;
3. **И**зучить влияние сроков посева на урожайность и качество урожая различных по скороспелости гибридов кукурузы;
4. **В**ыявить влияние густоты растений на продуктивность и морфологические показатели гибридов кукурузы различных групп скороспелости;
5. **Д**ать экономическую оценку изучаемым агротехническим приемам и гибридам с различным адаптивным потенциалом.

**Научная новизна исследований.** Впервые в северной лесостепи Зауралья обоснована оптимальная продолжительность вегетационного периода гибридов зерновой кукурузы, исследована зависимость зерновой и силосной продуктивности ультраранних гибридов от гидротермических условий, на основании регрессионной модели дан прогноз варьирования урожайности и уборочной влаж-

ности зерна в условиях региона, выявлены особенности в реагировании ультраранних гибридов на изменение сроков посева и густоты растений.

**Практическая значимость и реализация результатов.** Внедрение в производство ультраранних гибридов позволит максимально использовать ограниченные тепловые ресурсы климата северной лесостепи Зауралья и более продуктивно реализовать генетический потенциал кукурузы, повысить качество силоса и стабилизировать производство фуражного зерна. Предлагаемые гибриды и приемы их возделывания обеспечивают урожайность зерна до 7 т/га, сбор обменной энергии до 150 ГДж/га при стабильном качестве продукции и высокой экономической эффективности.

Сортовая агротехника гибрида Обский 150СВ на силос внедрена в 2001 году в АО «Агаповское» Агаповского района Челябинской области на площади 100 га, гибрида КОС 1492 на зерно в СХПК «Толсты» Варненского района на площади 10 га. Результаты исследований используются в учебном процессе Института агроэкологии – филиала ЧГАУ.

**Публикация исследований и апробация работы.** Основные положения диссертации опубликованы в 6 научных статьях и доложены на научно-методических конференциях Института агроэкологии – филиала ЧГАУ (Миасское, 2001-2004 гг.), XXXI Всероссийской научно-практической конференции ученых и специалистов (Пермь, 2002 г.).

**Объем и структура работы.** Работа изложена на 121 странице печатного текста и состоит из введения, шести глав, выводов и предложений производству, включает 38 таблиц, 22 рисунка, 17 приложений. Список литературы содержит 262 наименования, из них 22 на иностранных языках.

## УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в северной лесостепи на опытном поле Института агроэкологии. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный средне-мощный среднегумусный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое 7,63 %, легкогидролизуемого азота 109,2 мг/кг почвы, фосфора – 172,8, калия – 135,0 мг/кг, рН солевой вытяжки 5,4. Объемная масса почвы в слое 0-20 см составляет 1,16 г/см<sup>3</sup>. По физико-химическим и водно-физическим свойствам почва типична для региона и пригодна для возделывания кукурузы.

Годы проведения исследований различались по температурному режиму, суммам и распределению атмосферных осадков, что является характерной особенностью климата северной лесостепи Зауралья. Погодные условия 1998 года характеризовались как острозасушливые, жаркие в конце мая – середине июня и умеренно засушливые, теплые во второй половине вегетации. За период вегетации сумма активных температур превысила средние многолетние значения на 469 градусов, осадков выпало на 108 мм меньше средних многолетних. Условия 1999, 2000 и 2002 годов в целом можно охарактеризовать как прохладные, с достаточным и повышенным увлажнением. Общий дефицит тепла за период вегетации колебался от 135 до 200 градусов, осадки рост и развитие кукурузы не лимитировали. В 2001 и 2003 годах сумма активных температур за период веге-

тации превысила средние многолетние данные на 22...32 градуса, осадков выпало выше средних многолетних на 46...70 мм. Благоприятное сочетание тепла и осадков в целом оказало благоприятное влияние на продукционный процесс. Таким образом, по гидротермическим условиям годы исследований достаточно контрастны, что обеспечивает адекватные результаты исследования взаимодействия «генотип-среда».

В соответствии с поставленной целью и задачами программа исследований включала три основных направления, реализованных в полевых опытах.

Опыт 1 (1998-2003 гг.) посвящен сравнительной оценке ультраранних, раннеспелых и среднеранних биотипов кукурузы с позиции их адаптивности для силосного и зернового использования. Число вариантов колебалось по годам от 25 до 51. Стандарт – ультраранний реестровый гибрид Обский 150СВ.

В опыте 2 (2000-2002 гг.) изучали реакцию модельных гибридов кукурузы – раннеспелого Росс 145МВ (ФАО 190), ультраранних Обский 150СВ (ФАО 140) и КОС 1492 (ФАО 110) на три срока посева: ранний – 3-7 мая, средний – 14-16 мая, поздний – 25-26 мая.

Повторность опытов 1 и 2 трехкратная, размещение вариантов рендомизированное. Общая и учетная площадь делянки 10 м<sup>2</sup>.

В опыте 3 (2001, 2003 гг.) исследовали реакцию перечисленных гибридов на загущение. Для дифференциации густоты растения высевали радиально из единого центра под углом 11,25° друг к другу при постоянном расстоянии в ряду. С удалением от центра к периферии круга густота растений плавно изменялась от 196 до 28 тыс./га (методика В.С. Ильина в модификации). Опыт закладывался рендомизированно в четырех повторениях.

Исследования проводили в двухпольном севообороте кукуруза – зерновые. Основная обработка почвы включала отвальную вспашку на глубину 20...22 см. Под предпосевную обработку вносили удобрения (N<sub>80</sub>P<sub>40</sub>) и гербицид харнес. Перед посевом семена инкрустировали баковой смесью промета и ТМТД. Сроки посева: в опыте 2 – согласно схеме, в остальных – в период с 10 по 15 мая. Посев проводили вручную с имитацией пунктирного с нормой 81 тыс./га на глубину 5...7 см. Уход за посевами заключался в опрыскивании гербицидом луварам в фазу 3 листа и 1-2 междурядных обработках в фазу 5-7 листа кукурузы. Уборку урожая проводили в середине сентября вручную.

Наблюдения, анализы и учеты проводили в соответствии с методическими указаниями ВНИИ кукурузы (1980), ВНИИ кормов (1987) и Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (Роговский, Ролев, 1991). Экспериментальные данные обрабатывали методами дисперсионного, корреляционно-регрессионного анализов, пробит-анализа с использованием типовых и оригинальных программ для персонального компьютера.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **Подбор адаптированных гибридов**

Как показали фенологические наблюдения, в условиях северной лесостепи в пределах класса раннеспелых гибридов объективно выделяются три само-

стоятельные группы: ФАО 110...120, ФАО 130...150 и ФАО 160...180, существенно различающиеся по динамике развития.

Условием устойчивого производства зерна является гарантированное наступление восковой спелости не позднее первой декады сентября. У биотипов первой группы это условие выполняется с вероятностью 93...99 %, второй – 77...87 %, третьей – 62...72 %, что свидетельствует о приоритетном значении первой группы для выращивания на зерно. Сравнительно низкая обеспеченность фазы восковой спелости у гибридов ФАО выше 150 (менее 80 %) говорит об их бесперспективности для производства зерна. Однако для группы ФАО 160...180 не исключена возможность двойного использования посевов с уборкой на зерно в благоприятных условиях.

Наступление фазы молочно-восковой спелости к концу августа – началу сентября у гибридов ФАО 110...120 обеспечено на 91...98 %, ФАО 130...150 – на 79...89 %, ФАО 160...180 – на 71...80 %. Это позволяет предполагать, что основное хозяйственное значение при производстве силоса будут иметь гибриды ФАО 130...150 в дополнительном соотношении с биотипами ФАО 110...120. Однако для определения этого соотношения необходим анализ взаимосвязи уровней скороспелости со степенью реализации продуктивного потенциала и других хозяйственно полезных признаков.

Анализ корреляционных матриц показал специфические для зоны связи между хозяйственно полезными признаками и числом ФАО, отличные от установленных в южной зоне кукурузосеяния.

В прямой зависимости от индекса ФАО (коэффициент корреляции  $r = 0,034...0,973$ ) находятся признаки, закладка которых приурочена к периодам листообразования и цветения: общее число початков на растении, высота главного побега и прикрепления нижнего початка, число зерен в початке. Напротив, признаки, развитие которых связано с периодом созревания (масса 1000 зерен, выход зерна при обмолоте, число спелых початков на растении), под влиянием дефицита тепла попадают в специфическую для зоны обратную зависимость от продолжительности вегетационного периода ( $r = -0,006...-0,935$ ).

Между тем фактическая урожайность зерна находится в прямой зависимости от числа зерен в початке лишь на фоне высокой (1998 г.) и достаточной теплообеспеченности (2001, 2003 гг.), причем во всех случаях эта зависимость характеризуется как слабая ( $r = 0,018...0,237$ ). При дефицитной обеспеченности теплом (1999, 2000, 2002 гг.) связь между этими показателями усиливается, но трансформируется в обратную ( $r = -0,216...-0,761$ ). Наиболее тесно урожайность кукурузы связана с массой 1000 зерен ( $r = 0,580...0,942$ ), которая и определяет фактическую реализацию ее продуктивного потенциала.

Оценка зерновой продуктивности кукурузы не выявила существенных различий между двумя группами ультраранних биотипов (ФАО 110...120 и 130...150). При этом в среднем за период с 1998 по 2000 годы обе группы достоверно превосходят по данному признаку средний показатель раннеспелых гибридов (ФАО 160...180). В 2002-2003 годах такое же соотношение наблюдается в виде статистически недоказанной тенденции. Наиболее заметно сниже-

ние продуктивности в третьей группе в годы с дефицитом тепла (1999, 2002).

Значительное варьирование урожайности наблюдается внутри групп. Так, на первом этапе исследований в группе ФАО 110...120 регулярно лидировал линейно-сортовой гибрид Астра С · Алтай, превышавший по урожайности комбинацию той же группы (AS 7А · К 111) · Алтай в среднем на 1,1 т/га, а сорт Белоярое пшено – на 3,47 т/га.

Среди гибридов группы ФАО 130...150, как и по опыту в целом, максимальной продуктивностью отличался стандарт Обский 150СВ, лишь в 2000 году уступивший простому гибриду КОС 1225СВ. Ряд гибридов группы ФАО 140...150 показал урожайность зерна, статистически близкую к уровню стандарта: (К 123 · СМ7) · К 111, (К123 · СМ7) · К206А.

Второй этап исследований (2002-2003 гг.), характеризующийся расширенным сорtimentом гибридов ФАО 110...120, позволил дать более адекватную оценку первой группы. В среднем за указанный период практически все гибриды этого диапазона ФАО конкурировали по урожаю зерна со стандартом, а комбинации BS3-5 · Алтай, BS3 · Алтай, RDAC · SAW достоверно превышали его. Наиболее выраженные различия между группами скороспелости в пользу первой отмечены при резком дефиците тепла 2002 года.

Для обоснования оптимального уровня скороспелости исследована криволинейная модель зависимости урожайности зерна от индекса ФАО (рис. 1).

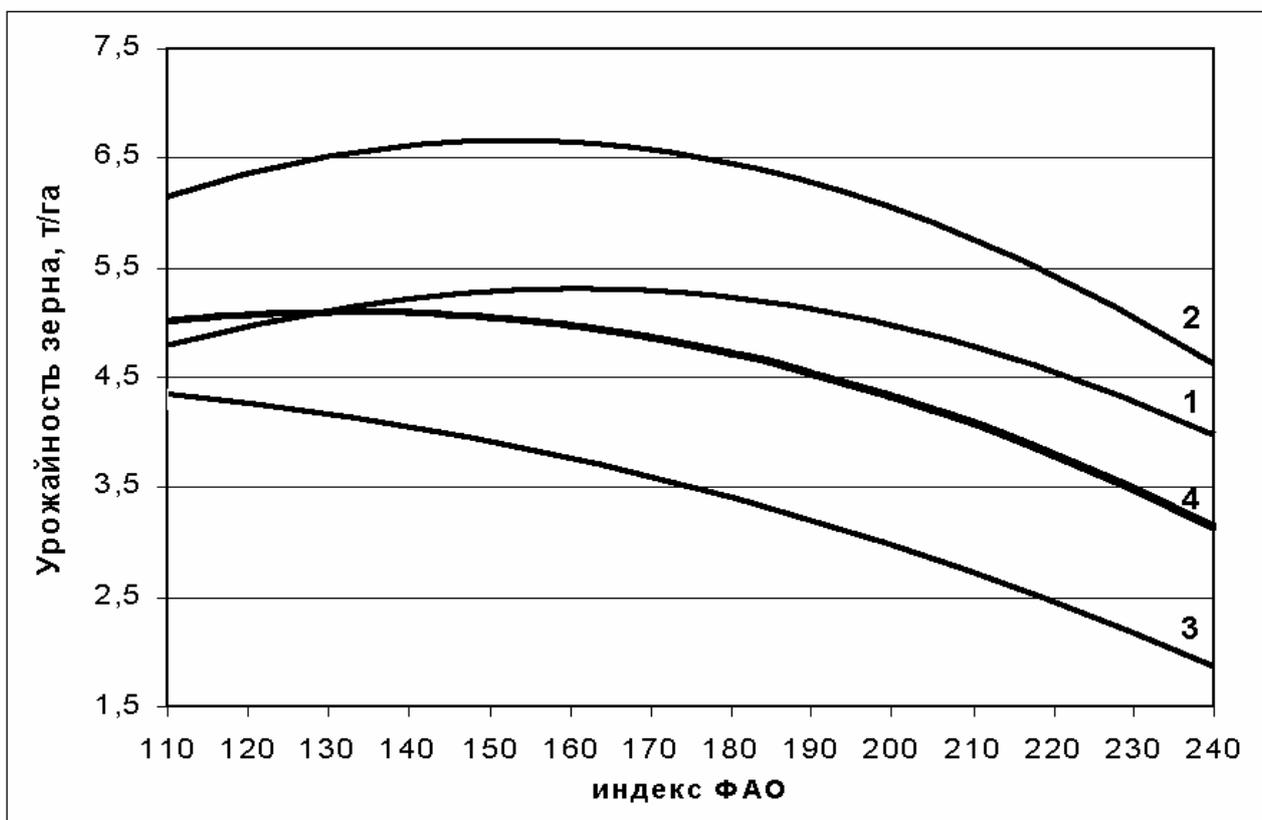


Рис. 1 – Зависимость урожайности зерна от индекса ФАО в различных условиях вегетации, 1998-2003 гг.:

- 1 - жаркие, засушливые ( $y = -0,00020 \cdot x^2 + 0,065 \cdot x + 0,08$ );
- 2 - теплые, влажные ( $y = -0,00027 \cdot x^2 + 0,084 \cdot x + 0,20$ );
- 3 - холодные, влажные ( $y = -0,00009 \cdot x^2 + 0,013 \cdot x + 4,01$ );
- 4 - в среднем ( $y = -0,00017 \cdot x^2 + 0,046 \cdot x + 2,08$ )

В целом за период исследований максимум урожайности (5,10 т/га) совпадает с числом ФАО 130. В то же время зерновая продуктивность слабо варьирует в довольно широком диапазоне ФАО 110...150. По годам отмеченный максимум не стабилен. В жарких и засушливых условиях максимальная урожайность (5,30 т/га) смещается в группу раннеспелых гибридов (ФАО 160), в теплые и влажные годы (6,65 т/га) – соответствует числу ФАО 150. Напротив, на фоне дефицита тепла наибольшей продуктивностью (4,35 т/га) в исследованном диапазоне отличаются гибриды группы ФАО 110.

Таким образом, выбор наиболее адаптированной группы гибридов определяется вероятностью тех или иных погодных сценариев. Для оценки вероятного варьирования урожайности разработана регрессионная модель зависимости урожайности гибридов от погодных условий. Корреляционный анализ ( $R = 0,993$ ) свидетельствует о том, что урожайность зерна гибридов группы ФАО 110...120 определяется взаимодействием трех факторов (1).

$$y = 2,3 \cdot 10^{-3} \cdot t - 0,0265 \cdot k + 6,54 \cdot 10^{-7} \cdot t^2 + 1,76 \cdot 10^{-5} \cdot t \cdot k + 4,11 \cdot 10^{-3} \cdot p + 8,18 \cdot 10^{-7} \cdot t \cdot p + 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot k \cdot p - 4,93 \quad (1)$$

где  $y$  – урожайность (т/га),  $t$  – сумма активных температур за тот же период (градусов),  $k$  – сумма осадков за июнь – июль (мм),  $p$  – сумма осадков за май – август (мм).

На основании модели сделан ретроспективный прогноз колебаний продуктивности гибридов ФАО 110...120 в регионе (табл. 1), для чего использованы фактические значения независимых переменных уравнений регрессии за период с 1951 по 2003 годы.

Таблица 1 – Прогнозируемая урожайность зерна гибридов кукурузы группы ФАО 110...120 в различных почвенно-климатических зонах Зауралья

Обеспеченность урожайности не ниже прогнозируемой, %	Прогнозируемая урожайность, т/га		
	Северная лесостепь	Южная лесостепь	Переходная зона
100	1,5	2,0	2,5
90	3,0	3,2	3,7
80	3,7	3,7	4,0
70	4,0	4,3	4,3
60	4,3	4,7	4,5
50	4,6	5,0	4,8
40	4,9	5,5	5,1
30	5,4	5,7	5,4
20	6,0	6,0	5,9
10	6,5	6,5	6,4
5	7,0	6,9	6,9
Средняя многолетняя	4,66	4,89	4,88
Доверительный интервал	4,30-5,03	4,55-5,24	4,57-5,18
Коэффициент вариации, %	28,8	25,7	22,9

В северной лесостепи средняя многолетняя урожайность ожидается на

уровне 4,7 т/га с предельными колебаниями по годам от 1,5 до 7 т/га. Наиболее вероятно варьирование от 4,3 до 5 т/га. Несмотря на тенденцию к некоторому увеличению урожайности в южной лесостепи и переходной к степной зоне, средние многолетние уровни продуктивности для всех трех зон довольно близки. В северной лесостепи урожайность менее стабильна в связи большей вероятностью дефицита тепла, поэтому по мере продвижения на юг минимальная урожайность возрастает до 2,0...2,5 т/га.

Таким образом, основными условиями устойчивой реализации продуктивного потенциала кукурузы в Зауралье являются подбор гибридов, адаптированных по продолжительности вегетационного периода, и рациональное размещение посевов по агроклиматическим зонам.

Принятие решения об адаптированности гибрида или их группы для выращивания на зерно не сводится целиком к оценке урожайности. Основной фактор, ограничивающий производство зерна в северной зоне кукурузосеяния – уборочная влажность, которая определяет как технологии уборки и заготовки, так и саму возможность зернового использования кукурузы.

Как показывают исследования А.Э. Панфилова (2004), ее критический уровень составляет 45 %. Если этот уровень преодолен к моменту перехода среднесуточной температуры воздуха через 10 °С, дальнейшее снижение влажности происходит со средней скоростью 0,7 % в сутки и почти независимо от внешних условий достигает 25...30 % к началу октября. В противном случае влагоотдача практически прекращается, что делает невозможной механизированную уборку с обмолотом зерна.

Корреляционный анализ свидетельствует о тесной положительной зависимости между влажностью зерна и продолжительностью вегетационного периода гибридов ( $r = 0,957...0,987$ ). Минимальная влажность (в среднем 43,2 %) характерна для наиболее скороспелых биотипов ФАО 110...120: Белоярое пшено, Астра С · Алтай, Алтай · RDAC, КОС 1492 и др. Влажность зерна ультраранних гибридов ФАО 130...140, раннеспелых и среднеранних в среднем за период исследований значительно превышала критическое значение и составила соответственно 48,9; 53,6 и 66,3 %.

Таким образом, выбор гибридов зернового направления ограничен группой ФАО 100...120. Ультраранние гибриды ФАО 130...140 могут быть использованы для заготовки консервированного зернофуража. Раннеспелые гибриды в целом адаптированы слабо, несмотря на приемлемый уровень влажности в отдельные годы (1998, 2003 гг.).

Вместе с тем влажность зерна подвержена сильным колебаниям под влиянием условий вегетации даже у наиболее скороспелых гибридов. Так, в группе ФАО 110...120 она варьирует от 30,3 до 40,0 % при достаточной теплообеспеченности (2003 г.) до 49,0...59,1 % – на фоне острого дефицита тепла 2002 года. Поэтому для разработки рекомендаций по использованию гибридов группы ФАО 100...120 в различных гидротермических условиях необходима оценка степени хозяйственного риска, в данном случае – вероятности того, что влажность зерна к середине сентября будет превышать критический уровень.

Корреляционный анализ показывает тесную зависимость влажности зерна к 10-12 сентября от двух показателей гидротермических условий (2):

$$w = 51,27 + 0,154 p - 1,195 t, \quad (2)$$

где  $w$  – уборочная влажность зерна (%),  $p$  – сумма осадков за август (мм),  $t$  – средняя температура воздуха за период май – август (°С).

Прогноз колебаний влажности зерна (табл. 2) свидетельствует о том, что вероятность получения зерна с влажностью не выше 45 % в северной лесостепи обеспечена на 87 %, в южной – 91, в переходной зоне – 97 %. Таким образом, степень производственного риска по агроклиматическим зонам колеблется от 3 до 13 %.

Таблица 2 – Прогноз влажности зерна гибридов кукурузы группы ФАО 110...120 в различных почвенно-климатических зонах

Прогнозируемая влажность, %	Почвенно-климатические зоны		
	Северная лесостепь	Южная лесостепь	Переходная зона
	Обеспеченность влажности не выше прогнозируемой, %		
35	7,3	12,2	21,0
40	46,0	55,9	72,9
45	86,6	90,7	96,8
50	98,5	99,0	99,5
55	99,6	99,7	100,0
Статистические параметры влажности, %			
Средняя многолетняя	41,0	40,1	38,4
Доверительный интервал	39,7 ÷ 42,3	38,8 ÷ 41,4	37,2 ÷ 39,6
Предельные колебания	33,5 ÷ 54,2	32,1 ÷ 53,1	32,5 ÷ 48,5

Изложенный материал показывает, что даже использование гибридов с предельно коротким вегетационным периодом при традиционных сроках посева обеспечивает устойчивое производство зерна только в зоне, переходной к степной. Для адаптации зерновой кукурузы в южной и северной лесостепных зонах необходимо исследование вопроса о возможности снижения влажности до критического уровня и ниже за счет ранних сроков посева.

Силосная продуктивность кукурузы также обусловлена скороспелостью биотипов. Обнаружена устойчивая тенденция к снижению урожайности сухой массы гибридами ФАО 110...120 (табл. 3), что следует рассматривать как отражение относительно низкого продуктивного потенциала этой группы.

Таблица 3 – Урожайность сухой массы гибридов кукурузы (т/га) (в среднем по группам скороспелости), 1998-2003 гг.

ФАО	Годы исследований						
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	1998-2003
110-120	8,02	10,78	9,39	15,32	9,85	9,48	10,47
130-150	8,44	13,22	11,55	15,79	10,79	12,29	12,01
160-180	9,01	11,42	10,92	15,06	14,06	12,29	12,13
НСР <sub>05</sub>	2,34	2,78	1,71	2,98	4,98	1,92	2,81

Вместе с тем установлена неоднородность группы ФАО 110...120, в пределах которой можно выделить высокопродуктивные комбинации (122 · СМ7) · Весеввеа, КДУ14 · Алтай, RDAJ · Алтай, КОС 1492 и др. В результате максимум силосной продуктивности прослеживается нечетко и в достаточно широком диапазоне ФАО 110...180 существенных различий между гибридами не наблюдается.

В то же время эффективность возделывания кукурузы на силос в большей степени определяется качественными показателями – содержанием сухого вещества в зеленой массе и долей початков молочно-восковой и восковой спелости в урожае, которые находятся в отрицательной корреляции с индексом ФАО ( $r = -0,441 \dots -0,966$ ). Оптимальные значения содержания сухого вещества в зеленой массе (25 и более процентов) и доли початков в сухом веществе (не менее 40 %), в среднем за период исследований, распределены в интервале ФАО 110...190. Однако в годы с дефицитом тепла оптимум достигается лишь у гибридов ФАО 160 и менее, что и определяет приоритетное значение этой группы для производства силоса.

### **Оптимизация сроков посева различных по скороспелости гибридов кукурузы**

Изучение условий вегетации кукурузы показало возможность смещения посева с третьей декады на первую, на 10...15 суток раньше традиционных сроков. Последствиями этого является, с одной стороны, снижение температуры почвы и воздуха в период прорастания и в первую половину вегетационного периода до уровней, в той или иной мере задерживающих развитие растений, но не вызывающих хозяйственно значимых повреждений, с другой – оптимизации теплового режима в генеративный период. В результате эффективность использования ресурсов тепла повышается в среднем на 10 %, а продолжительность генеративного периода увеличивается на 11...12 суток.

Дефицит тепла в большей степени лимитирует рост и развитие гибридов с большей продолжительностью вегетационного периода, поэтому наиболее выраженная реакция на сроки посева проявляется у гибридов группы ФАО 190 и 140, для которых характерно снижение урожайности зерна уже при переносе посева с начала на середину мая (табл. 4).

Максимум урожайности зерна у гибридной комбинации ФАО 110 в среднем за период исследований также приходится на ранний посев (3...7 мая). Однако в достаточно широком интервале сроков посева (с 3 по 16 мая) существенного изменения продуктивности не происходит. Это свидетельствует о достаточно высокой адаптированности биотипов такого уровня скороспелости и о возможности более широкого маневрирования сроками посева при их использовании.

Как уже показано, выращивание кукурузы на зерно даже при использовании наиболее скороспелых гибридов сопряжено с производственным риском вследствие колебаний по годам уборочной влажности. При смещении посева на более ранние сроки влажность зерна закономерно снижается в тесной зависимости от продолжительности вегетационного периода изучаемых гибридов.

Таблица 4 – Зависимость урожайности и уборочной влажности зерна различных по скороспелости гибридов кукурузы от сроков посева, 2000-2002 гг.

Годы	Срок посева					
	3-7 мая	14-16 мая	25-26 мая	3-7 мая	14-16 мая	25-26 мая
	Урожайность зерна, т/га			Уборочная влажность зерна, %		
	Росс 145 МВ (ФАО 190)					
2000	4,43	3,70	2,35	52,8	55,2	69,4
2001	7,03	6,41	3,43	48,1	50,6	64,2
2002	4,92	3,19	1,21	61,7	70,3	79,0
2000-2002	5,46	4,43	2,33	54,2	58,7	70,9
Обский 150 СВ (ФАО 140)						
2000	5,54	4,96	3,52	48,3	50,7	61,2
2001	8,86	8,24	5,53	44,5	47,2	56,4
2002	8,72	4,92	3,17	53,6	63,3	69,0
2000-2002	7,71	6,04	4,07	48,8	53,7	62,2
КОС 1492 (ФАО 110)						
2000	5,25	4,92	4,60	38,2	45,5	49,9
2001	8,32	8,12	5,90	37,1	43,7	48,6
2002	6,88	7,04	5,41	44,8	50,2	54,4
2000-2002	6,81	6,69	5,30	40,0	46,5	51,0

$HCP_{05}$  (сроки) 0,40 т/га;  $HCP_{05}$  (гибриды) 0,40 т/га;  $HCP_{05}$  (гибриды×сроки) 0,69 т/га.

В полной мере положительная роль приема проявляется при выращивании гибрида ФАО 110, для которого ранний срок обеспечивает уборочную влажность зерна в приемлемом интервале (от 38 до 45 %) не только при достаточной, но и при дефицитной теплообеспеченности.

Таким образом, производственный риск, установленный для северной лесостепи при возделывании кукурузы на зерно, может быть полностью устранен в результате одновременной оптимизации сроков посева и продолжительности вегетационного периода гибридов.

Реакция на сроки посева при выращивании на силос обусловлена уровнем скороспелости исследуемых гибридов (табл. 5). Для раннеспелого гибрида ФАО 190 в целом за период исследований характерна устойчивая тенденция к снижению урожайности сухой массы в среднем на 1,33 и 4,16 т/га при смещении срока посева соответственно с начала на середину и конец мая. Регулярное снижение урожайности гибрида ФАО 140 отмечается лишь при посеве в конце мая. Между посевами начала и середины мая достоверных различий не наблюдается. Еще большая толерантность к срокам посева характеризует гибрид ФАО 110, который обеспечивает достоверное преимущество при посеве в середине мая при сравнительно слабом варьировании урожайности по срокам.

Аналогичные различия показывает анализ качественных параметров. У раннеспелого гибрида ФАО 190 оптимальные значения сухого вещества и доли початков в сухом веществе почти во все годы достигаются при посеве в начале мая, и лишь на фоне достаточной обеспеченности теплом в 2001 году – во второй декаде. Ультраранний гибрид ФАО 140 обеспечивает оптимальные значения показателей в более широком диапазоне сроков посева – с начала до сере-

дины мая. Исключение составляют экстремальные условия 2002 года.

Таблица 5 – Зависимость урожайности сухой массы и качества урожая силоса различных по скороспелости гибридов кукурузы от сроков посева, 2000-2002 гг.

Годы	Срок посева								
	3-7 мая	14-16 мая	25-26 мая	3-7 мая	14-16 мая	25-26 мая	3-7 мая	14-16 мая	25-26 мая
	Урожайность сухой массы, т/га			Содержание сухого веще- ства в зеленой массе, %			Доля початков в сухом веществе, %		
	Росс 145 МВ (ФАО 190)								
2000	12,19	10,81	8,70	24,7	22,8	13,6	39,5	39,1	33,5
2001	17,45	15,77	11,18	27,5	25,9	18,6	41,9	42,9	34,4
2002	13,81	12,86	11,07	27,1	23,8	21,0	44,2	33,0	16,5
2000- 2002	14,48	13,15	10,32	26,4	24,2	17,7	41,9	38,3	28,1
Обский 150 СВ (ФАО 140)									
2000	11,81	11,61	9,85	27,2	25,9	17,9	48,4	44,9	39,7
2001	16,79	17,07	13,48	29,9	28,1	22,6	53,2	49,2	44,7
2002	18,55	17,26	12,91	30,9	26,4	24,3	55,9	34,7	30,2
2000- 2002	15,72	15,31	12,08	29,3	26,8	21,6	52,5	42,9	38,2
КОС 1492 (ФАО 110)									
2000	9,76	10,86	11,03	34,6	28,5	25,8	54,9	46,4	43,6
2001	18,47	19,65	15,10	35,5	30,5	27,2	42,2	42,1	41,9
2002	16,23	17,02	16,65	35,9	32,7	30,5	47,6	40,4	39,6
2000- 2002	14,82	15,84	14,26	35,3	30,6	27,8	48,2	43,0	41,7

$HCP_{05}$  (сроки) 0,90 т/га;  $HCP_{05}$  (гибриды) 0,90 т/га;  $HCP_{05}$  (гибриды×сроки) 1,56 т/га.

Высокая адаптированность гибрида ФАО 110 обеспечивает достижение высокого содержания сухого вещества и доли початков во всем исследованном диапазоне сроков посева, в том числе в годы с дефицитом тепла.

Таким образом, оптимизация сроков посева различных по скороспелости гибридов кукурузы на силос обусловлена не столько уровнем продуктивности, сколько состоянием качественных показателей урожайности. В связи с этим посев ультраранних гибридов ФАО 130...150 и, как исключение, раннеспелых обоснован в течение первой декады мая. В более поздние сроки посева целесообразно использование гибридов ФАО 110...120. Вывод о достаточно высокой силосной продуктивности этих гибридов, изначально предназначенных для выращивания на зерно, представляет большой практический интерес при современной слабой технической оснащенности хозяйств.

### **Оптимизация густоты растений различных по скороспелости гибридов кукурузы**

Реакция на изменение густоты растений может рассматриваться как функция генотипа, в частности, скороспелости. Появление гибридов группы ФАО 100...120 потребовало уточнения рекомендаций по оптимальному загу-

щению посевов, которое проведено на примере гибридной комбинации КОС 1492 (ФАО 110) в сравнении с районированными гибридами Обский 150СВ (ФАО 140) и Росс 145МВ (ФАО 190).

Наибольшая урожайность зерна у раннеспелого гибрида (5,1 т/га) достигается при густоте около 50 тыс./га, у ультрараннего Обского 150СВ (6,2 т/га) – при 65 тыс./га (рис. 2). Гибрид КОС 1492 за счет меньшей облиственности и снижения конкуренции между растениями показывает сравнительно высокую устойчивость к загущению, формируя максимальную продуктивность при густоте 95 тыс./га.

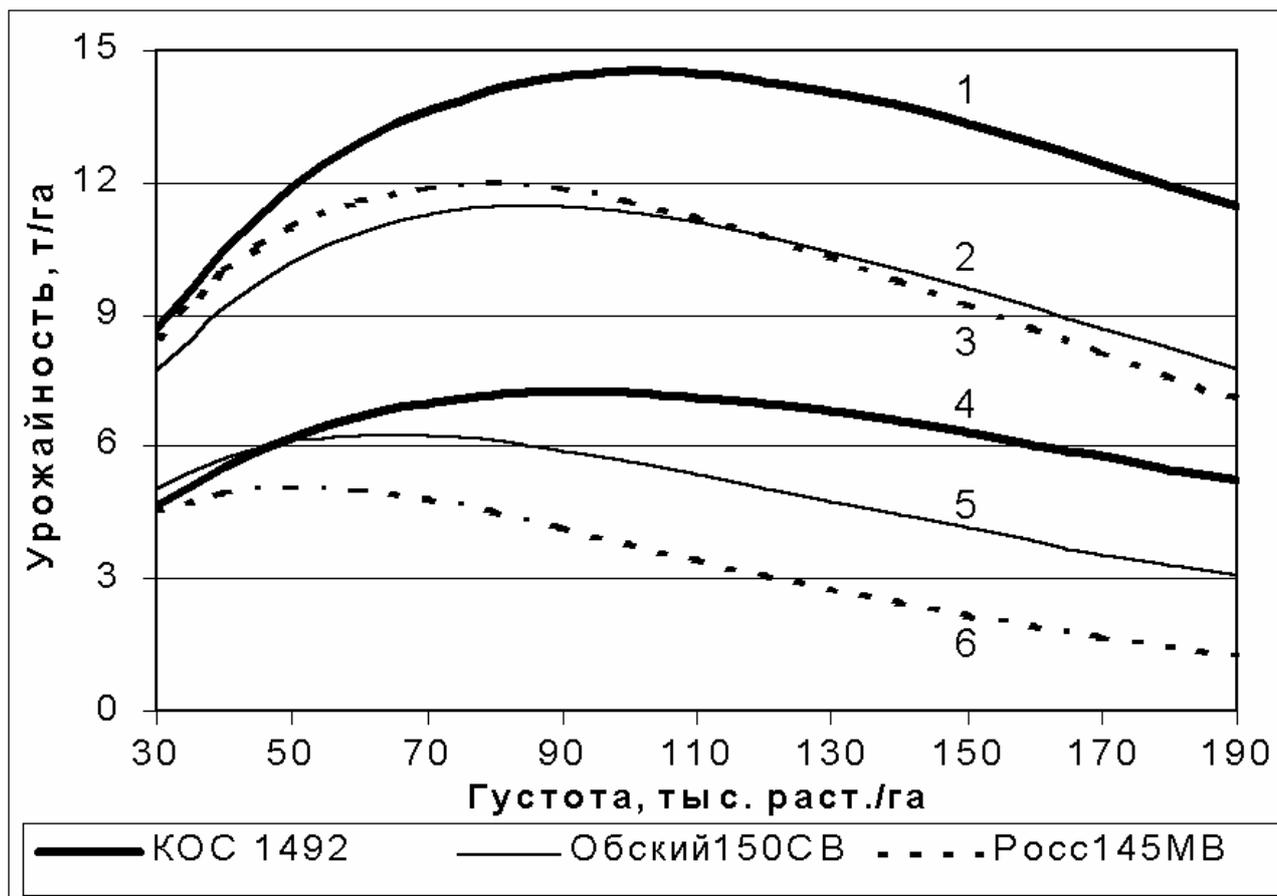


Рис. 2 – Влияние загущения на урожайность зерна и сухой массы различных по скороспелости гибридов кукурузы, 2001, 2003 г.:  
1, 2, 3 – урожайность сухой массы; 4, 5, 6 – урожайность зерна

Кроме смещения максимума густоты, о различиях в реакции исследуемых биотипов позволяют судить диапазоны толерантности к загущению, которые у раннеспелого (ФАО 190) и ультрараннего (ФАО 140) гибридов составляют соответственно 60 и 70 тысяч, в то время как у гибрида КОС 1492 – около 100 (различия в урожайности статистически не доказаны в широком интервале густоты от 50 до 150 тысяч растений на гектаре).

Различия в урожайности между биотипами ФАО 110 и ФАО 140 в пользу последнего при минимальной густоте свидетельствуют о невысоком уровне потенциальной продуктивности скороспелой гибридной комбинации. Поэтому устойчивость ее к загущению выступает как фактор, позволяющий компенсировать

ровать низкий потенциал за счет увеличения плотности стеблестоя.

Фактором, ограничивающим предельное загущение кукурузы, является влажность зерна. Количественно зависимость этого показателя от густоты выражается в повышении влажности в среднем на 0,6 проц. пунктов при загущении растений на каждые 10 тыс./га у гибрида КОС 1492 и на 1,3...1,4 пункта – у Обского 150СВ и Росс 145МВ, что также иллюстрирует различия в их реакции. Практический интерес представляет варьирование влажности относительно критического уровня (45 %). У гибрида ФАО 110 влажность зерна превышает этот уровень при загущении до 120 и более тысяч растений на гектаре. В диапазоне ФАО 140 и выше допустимая влажность не достигается даже при минимальном загущении. Таким образом, обоснование оптимальной густоты растений должно опираться на экономические критерии, учитывающие дополнительные издержки на сушку зерна и их окупаемость приростом урожая.

При возделывании на силос различия в реакции исследуемых гибридов на загущение во многом аналогичны установленным при анализе зерновой продуктивности. Однако, поскольку силосная продуктивность кукурузы в меньшей мере обусловлена степенью созревания зерна, требования к предельной густоте растений менее жесткие. Так, максимальная урожайность сухой массы ранне-спелого гибрида достигается при густоте 75 тыс./га, ультрараннего группы ФАО 140 – 80 тыс./га, ФАО 110 – 105 тыс./га, что соответственно на 25, 15 и 10 тыс./га выше, чем при выращивании на зерно. Незначительный разрыв в оптимумах густоты для посевов силосного и зернового направления, характерный для гибрида ФАО 110, косвенно свидетельствует о высоком уровне его адаптированности к условиям зоны.

Факторами, ограничивающими загущение силосных посевов, являются параметры качества урожая, значения которых находятся в обратной зависимости от густоты растений. Так, повышение влажности зеленой массы может оказывать прямое влияние на экономические параметры, например, через увеличение транспортных расходов, которые должны учитываться при оптимизации густоты растений.

### **Экономическая эффективность**

Экономическая целесообразность выращивания кукурузы на зерно определяется как продуктивностью гибридов, так и – преимущественно – уборочной влажностью зерна. За счет уменьшения затрат на сушку зерна преимуществом обладают гибриды группы ФАО 110...120, возделывание которых позволяет увеличить чистый доход с 4243 до 4756 руб./га и снизить себестоимость 1 тонны зерна с 1353 до 1204 руб. в сравнении с гибридами ФАО 130...150.

При возделывании кукурузы на силос минимальную себестоимость обменной энергии (42,4 руб./ГДж) обеспечивают гибриды группы ФАО 130...150. Возделывание на зерно и силос гибридов ФАО 160...180 нецелесообразно в связи с резким снижением всех показателей экономической эффективности.

Перенос посева с середины и конца мая в начало позволяет увеличить чистый доход соответственно на 1293...4022 руб./га и снизить себестоимость 1 тонны зерна на 171...404 руб. При возделывании ультраранних гибридов ку-

курузы на силос ранние сроки посева также более эффективны.

В значительно меньшей зависимости от сроков посева находится экономическая эффективность гибрида группы ФАО 110. Это подтверждает сделанное выше заключение о приоритетном значении данной группы скороспелости при посеве после первой декады мая. В пользу этой рекомендации свидетельствует и почти полное совпадение показателей экономической эффективности Обско-го 150СВ первого срока посева и КОС 1492 – второго срока.

При возделывании ультрараннего гибрида ФАО 110 на зерно наибольшую экономическую эффективность обеспечивает посев с густотой растений 70 тыс./га, на силос – 85 тыс./га. Посев гибрида ФАО 140 на силос целесообразен при густоте 70 тыс./га.

## ВЫВОДЫ

1. В условиях северной лесостепи Зауралья в пределах класса раннеспелых гибридов выделяются три самостоятельные группы: ФАО 110...120, ФАО 130...150 и ФАО 160...180, существенно различающиеся по динамике развития. Так, наступление восковой спелости не позднее первой декады сентября у биотипов первой группы обеспечено на 90...100 %, второй – на 80...90 %, третьей – менее чем на 80 %, что свидетельствует о приоритетном значении первой группы для выращивания на зерно. Обеспеченность фазы молочно-восковой спелости на 80...100 % к концу августа – началу сентября определяет основное хозяйственное значение гибридов ФАО 110...150 при производстве силоса.

2. Связь морфологических признаков со скороспелостью обусловлена 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. Напротив, признаки, развитие которых связано с периодом созревания (масса 1000 зерен, выход зерна при обмолоте), под влиянием дефицита тепла попадают в специфическую для зоны обратную зависимость от индекса ФАО. При этом, если первая группа признаков связана с потенциальной продуктивностью, то ее реализация определяется выраженностью морфологических показателей второй группы.

3. Зерновая продуктивность гибридов кукурузы слабо варьирует в диапазоне ультраранних биотипов ФАО 110...150, причем при дефицитной теплообеспеченности максимум урожайности соответствует числам ФАО 110...120, достаточной – ФАО 150, тогда как на фоне повышенных ресурсов тепла смещается в группу раннеспелых гибридов (ФАО 160). Однако технологические требования к уборочной влажности зерна ограничивают группу адаптированных гибридов диапазоном ФАО 110...120, для которого вероятность достижения критического уровня влажности (45 %) до перехода среднесуточной температуры через 10 °С в северной лесостепи составляет 87 %, в южной – 90 %, в переходной зоне – 97 %, а степень производственного риска колеблется по зонам от 3 до 13 %. Средняя многолетняя урожайность зерна гибридов этой группы, обеспеченная гидротермическими ресурсами северной лесостепи Зауралья,

ожидается 4,7 т/га, южной лесостепи и переходной зоны – 4,9 т/га при минимуме соответственно по зонам 1,5; 2,0 и 2,5 т/га, максимуме – от 6,9 до 7,0 т/га.

4. Максимальная урожайность сухой массы распределена среди гибридов достаточно широкого диапазона ФАО 110...190 при тенденции к снижению продуктивности по мере сокращения вегетационного периода. Вместе с тем колебания доли початков молочно-восковой и восковой спелости в урожае и содержания сухого вещества в зеленой массе, связанные с варьированием теплообеспеченности, ограничивают спектр адаптированных гибридов силосного назначения группой ФАО 160 и ниже.

5. Климатические условия северной лесостепной зоны Зауралья позволяют проводить посев кукурузы на 10...20 дней раньше традиционных сроков. Смещение посева с третьей декады мая на первую обеспечивает удлинение генеративного периода на 11...12 суток, что повышает надежность созревания зерна до молочно-восковой и восковой спелости и создает условия для устойчивого возделывания наиболее скороспелых биотипов на зерно и силос.

Наиболее выраженная реакция на сроки посева, проявляющаяся в резком и регулярном снижении урожайности зерна при смещении их с первой декады мая на вторую и третью, характерна для гибридов ФАО 140 и 190. Продуктивность гибрида группы ФАО 110 слабо зависит от сроков посева в довольно широком их интервале – с 3 по 16 мая.

Одновременная оптимизации сроков посева и продолжительности вегетационного периода (посев ультраранних гибридов группы ФАО 110 в начале мая) обеспечивает гарантированную влажность зерна ниже критического уровня в любых гидротермических условиях, что позволяет устранить производственный риск, связанный с ее колебаниями под влиянием теплообеспеченности.

6. Оптимизация сроков посева кукурузы на силос обусловлена не столько уровнем продуктивности, сколько состоянием качественных показателей урожая – содержанием сухого вещества в зеленой массе и долей початков в сухом веществе. В связи с этим посев на силос ультраранних гибридов ФАО 130...150 и, как исключение, раннеспелых обоснован в течение первой декады мая. В более поздние сроки посева целесообразно использование гибридов с меньшей продолжительностью вегетационного периода (ФАО 110...120).

7. Загущение посевов сопровождается депрессией морфологических признаков, индивидуальной продуктивности растений и показателей качества, степень которой обусловлена скороспелостью гибридов. Предельное загущение растений определяется уровнем скороспелости гибридов.

Максимальная продуктивность ультрараннего гибрида Обский 150СВ (ФАО 140) при возделывании на силос формируется при густоте растений 80 тыс./га, на зерно – при 65 тыс./га. Гибрид КОС 1492 (ФАО 110) более толерантен к загущению, что позволяет компенсировать снижение продуктивного потенциала увеличением числа растений на гектаре до 95 тысяч при возделывании на зерно и до 105 тыс./га – на силос.

8. При оценке различных по скороспелости гибридов и сроков посева наибольшая экономическая эффективность отличает варианты, обеспечивающие

максимальную продуктивность и оптимальные качественные параметры. Напротив, анализ эффективности возделывания кукурузы при различном загущении показывает несовпадение биологических и экономических оптимумов. Загущение гибрида Обский 150СВ экономически обосновано до 70 тыс./га, КОС 1492 на зерно – до 70, на силос – до 85 тысяч растений на гектаре.

### **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

В условиях дефицита тепла, характеризующего климат северной лесостепной зоны Зауралья, необходима замена районированных раннеспелых гибридов кукурузы ультраранними, что обеспечит стабильное и экономически эффективное производство зерна и высокоэнергетического силоса.

При возделывании кукурузы на зерно необходимо использовать ультраранние гибриды группы ФАО 110...120 при посеве в первой декаде мая с нормой 85 тысяч семян на гектар, которая с учетом колебаний температурного режима почвы обеспечивает фактическую густоту растений в пределах диапазона толерантности гибридов. Необходимыми условиями раннего срока посева являются подбор холодостойких гибридов и предпосевная инкрустация семян.

На силос при посеве до 10 мая наиболее эффективно применение гибридов группы ФАО 130...150 с нормой посева 90 тыс./га, после 10 мая – группы ФАО 110...120 с нормой 100 тысяч семян на гектар.

### **РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1.#Популяция кукурузы Белоярое пшено как исходный материал для селекции // Челябинскому государственному агроинженерному университету – 70 лет: Тез. докл. на XL научно-технической конференции. – Челябинск: ЧГАУ, 2001. – С. 389-390 (в соавторстве).

2.#Анализ варьирования морфологических признаков популяции кукурузы Белоярое пшено // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения: Сб. науч. трудов. Вып. 3 / Под ред. В.А. Липпа. – Челябинск: ЧГАУ, 2002. – С. 31-36.

3.#Реакция различных по скороспелости биотипов кукурузы на загущение // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения: Сб. науч. трудов. Вып. 3. / Под ред. В.А. Липпа. – Челябинск: ЧГАУ, 2002. – С. 36-41.

4.#Верновая продуктивность кукурузы как функция скороспелости // Пермский аграрный вестник: Сб. науч. трудов XXXI Всероссийской научно-практической конференции ученых и специалистов «К 100-летию со дня рождения профессора А.П. Никольского». – Пермь: ПГСХА, 2003. – Вып. VIII. – Ч.1. – С. 128-131.

5.#Зависимость силосной продуктивности кукурузы от скороспелости гибридов // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения: Сб. науч. трудов. Вып. 4. / Под ред. В.А. Липпа. – Челябинск: ЧГАУ, 2004. – С. 71-78 (в соавторстве).

6.#Создать адаптированные гибриды кукурузы зернового типа с потенциальной урожайностью 60-70 ц/га и уборочной влажностью зерна 20-25 % и разработать элементы их сортовой агротехники: отчет о НИР (заключительный) / Институт агроэкологии – филиал ФГОУ ВПО «Челябинский ГАУ». А.Э. Панфилов, И.Л. Фрумин, Д.С. Корыстина, Е.С. Корыстин, В.Г. Гаркушка – Х.Д. № 8-03. №ГР 01200315109. – Челябинск: ЧГАУ, 2003. – 84 с.

## ЛИЦЕНЗИЯ

---

Подписано в печать

Формат

Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Печ. л. . Тираж 100 экз. Заказ

---