

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ ТРИТИКАЛЕ)

И.Г. Гребенникова, А.Ф. Алейников, П.И. Степочкин

Разработана компьютерная программа для расчета комбинационной способности сортов яровой тритикале и генетического анализа исходного материала по количественным признакам. Проведено тестирование программы на экспериментально полученных по полной диаллельной схеме гибридах от скрещиваний четырех сортов яровой тритикале. Выявлен сорт Габо, перспективный для селекции по признаку «натура зерна».

Ключевые слова: программное обеспечение, тритикале, диаллельный анализ, комбинационная способность, генетические параметры.

Создание новых высокоурожайных гибридов тритикале требует изучения наследования признаков продуктивности растения. Одним из важных технологических показателей физических свойств зерна наряду с массой 1000 семян, стекловидностью и выравненностью является натура или натурная масса. Натура имеет большое значение, так как косвенно характеризует один из основных показателей – выполненность зерна.

Поскольку изменчивость и наследование зависят от генотипа и условий внешней среды, наибольший интерес представляет информация, полученная в конкретной агроклиматической зоне, для которой создаются новые сорта. В условиях Сибири не проводились исследования характера наследования натуры зерна тритикале, хотя для совершенствования селекционных программ такие сведения крайне необходимы.

Эффективность селекционных программ во многом определяется изученностью характера наследования признаков. Для определения доноров ценных количественных признаков применяется анализ генетических параметров общей и специфической способности родительских форм по гибридам первого поколения. Наиболее полные сведения о генетическом контроле количественного признака могут быть получены в результате диаллельных скрещиваний. В настоящее время среди всех методов генетического анализа количественных признаков преобладают два способа извлечения генетической информации по результатам анализа диаллельных скрещиваний – по Гриффину [1] и Хейману [2]. Тритикале, являясь новым синтетическим видом растений, изучена меньше, чем исходные родительские роды – пшеница и рожь. В связи с

этим существует необходимость разработки генетических принципов оптимизации методов селекции тритикале, а также повышения эффективности реализации её генетического потенциала [3, 4]. Анализ существующих научных работ показал, что для этой культуры не разработаны условия постановки эксперимента и программное обеспечение для селекционеров.

ГНУ Сибирский физико-технический институт аграрных проблем Россельхозакадемии и ГНУ Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции Россельхозакадемии разработали компьютерную программу «DIAS» [5], предназначенную для расчёта генетических параметров, комбинационной способности сортов тритикале и анализа исходного материала по количественным признакам. Программа выполняет следующие функции: оценку комбинационной способности родительских форм, сравнительный анализ родительских сортов и их потомства по отцовской и материнской линии и оценку интегральных генетических параметров исследуемого признака. Программа создана на основе методических рекомендаций Р.А. Цильке и Л.П. Присяжной [6, 7].

В данной статье приводятся результаты анализа признака «натура зерна яровой тритикале». На основе экспериментальных данных при помощи созданного программного обеспечения осуществлён подбор исходного материала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве родительских компонентов нами использованы четыре сорта яровых тритикале, существенно различающихся по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ ТРИТИКАЛЕ)

Краткие сведения о сортах представлены в таблице 1.

Гибридные семена первого поколения F_1 получены в 2010 г. в лабораторных условиях в исследовательском центре ГНУ СибНИИРС Россельхозакадемии. Сорта скрещивали по полной диаллельной схеме 4×4 . Родительские формы, а также прямые и обратные гибриды выращивали в четырёх повторениях в изолированных контейнерах с использованием шкафа БИОТРОН и камеры ускоренного выращивания при контролируемых освещении и температурном режиме. Натуру семян каждого растения определяли с помощью микропурки и методики, разработанной в ГНУ СибНИИРС Россельхозакадемии. Микропурка представляет собой ёмкость 1 мл. При определении натуры нами использовалось среднее значение по 5-ти взвешиваниям.

Из-за нарушений в мейозе в популяциях тритикале могут появляться растения с различным числом хромосом, что отражается на большой вариабельности количественных

признаков [8]. При проведении диаллельного анализа пшенично-ржаных амфиплоидов необходимо учитывать этот фактор. Особенность постановки эксперимента для культуры тритикале – необходимость производить большое число повторений. Из анализа нами исключены нетипичные, резко отклоняющиеся по фенотипу растения (полустерильные растения с плохо выполненными щуплыми семенами) – вероятные анеуплоиды с числом хромосом менее 42.

Исходной информацией для компьютерной программы «DIAS» являются данные о родительских формах, гибридах первого поколения, числе повторений опытов, а также об интересующем исследователя выбранном количественном признаке.

На рисунке 1 представлено среднее по четырём повторностям значение признака «натура зерна» родительских форм яровой тритикале и их гибридов F_1 .

Таблица 1 – Характеристика сортов яровой тритикале, включенных в эксперимент

Сорт	Условное обозначение	Происхождение	Наиболее ценные признаки сорта
К-3722 Gabo	Габо	Польша	Хорошая выполненность зерна, низкостебельность, устойчивость к полеганию
К-3542 Сокол Киевский	Сокол	Украина	Раннеспелость, высокая продуктивность растения, крупное зерно
К-3644 Укро	Укро	Россия, Воронеж	Хорошая выполненность зерна, крупный колос
К-3881 Dahbi 6/3/ Ardi 1/Торо 1419...	К-3881	Мексика	Низкостебельность, устойчивость к полеганию, плотный колос

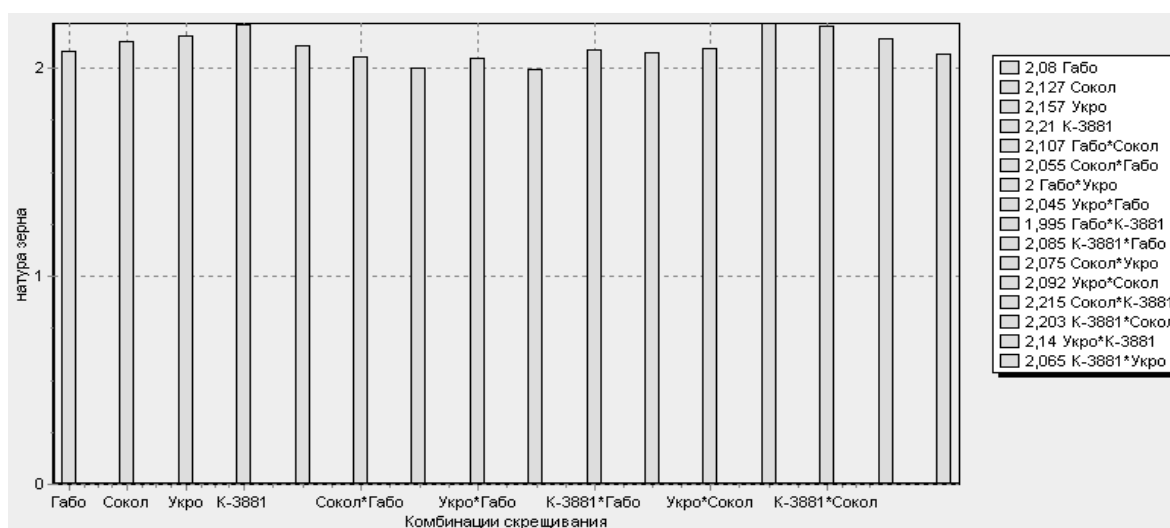


Рисунок 1 – Среднее значение признака «натура зерна» родительских форм яровой тритикале и их гибридов F_1

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Подбор родительских пар для скрещивания при селекции на продуктивность является важным и в то же время трудным моментом в селекции. Для этого, прежде всего, необходимо иметь данные о комбинационной способности исходного материала, включаемого в гибридизацию. Методы оценки комбинационной способности различаются в зависимости от схем скрещивания. В программе используются четыре основных метода Гриффинга, различающиеся по объёму экспериментального материала:

- родительские формы и F_1 гибриды, полученные в результате прямых и обратных скрещиваний;
- родительские формы и прямые гибриды F_1 ;
- прямые и обратные гибриды F_1 ;
- прямые гибриды F_1 .

Перед оценкой комбинационной способности установили значимость генотипических различий между гибридами F_1 . Экспериментальные данные обрабатывались с помощью дисперсионного анализа. Существенность отношений средних квадратов, определяемая по F -критерию Фишера, показала, что между исследуемыми гибридами имеются различия по величине признака, значимые на фоне случайных ошибок опыта. Различия экспериментального материала по общей и специфической комбинационной способности (ОКС

и СКС) достоверны со значимостью $P < 0,05$ и приведены на рисунке 2.

Анализ комбинационной способности по признаку «натура зерна» (рис. 3) показал, что линии с высокой оценкой ОКС по количественному признаку «натура зерна» (К-3881) целесообразно использовать в линейной селекции для увеличения значения данного признака. Гибридные комбинации с высоким СКС (К-3881 × Габо) можно применять в гетерозисной селекции. У сорта Габо преобладающую роль в схеме наследования играют аддитивные эффекты генов, так как у него вклад в дисперсию ОКС больше вклада в дисперсию СКС. У сортов Сокол, Укро и К-3881 значительную роль в схеме наследования играют доминантные и, возможно, эпистатические эффекты генов.

На рисунке 4 представлен сравнительный анализ родительских форм и гибридов, который позволяет оценить вклад исследуемого количественного признака отцовского или материнского родителя в потомство.

Наблюдаются слабо выраженные реципрокные различия по признаку «натура зерна». Наименьшее значение различия имеют гибриды сорта Укро. Прослеживается тенденция к увеличению исследуемого признака. Для обеспечения условия, лежащего в основе диаллельного анализа об отсутствии различий между реципрокными гибридами [9], далее в анализе будут использованы усреднённые значения признака по всем гибридам.

Источники	Сумма квадратов (SS)	Степень свободы (df)	Средний квадрат (Ms)	Грасч.	F _{0,05} табл.
ОКС	0,0339	3	0,0113	8,0675	2,84
СКС	0,0361	6	0,006	4,2977	2,34
РЭ	0,0095	6	0,0016	1,1291	2,34
Случ.откл.		48	0,0014		

Рисунок 2 – Результаты дисперсионного анализа общей и специфической комбинационной способности

Название сорта	Константы СКС (S _{ij})				Эффекты ОКС (g _i)	Вклад в дисперсию ОКС	Вклад в дисперсию СКС
	Габо	Сокол	Укро	К-3881			
Габо					-0,0473	0,0022	0,0011
Сокол	0				0,022	0,0005	0,001
Укро	0,0005	0,0009			-0,0117	0,0001	0,0007
К-3881	0,0028	0,0022	0,0007		0,037	0,0014	0,0019

Рисунок 3 – Результаты анализа вариантов общей и специфической комбинационной способности

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ ТРИТИКАЛЕ)

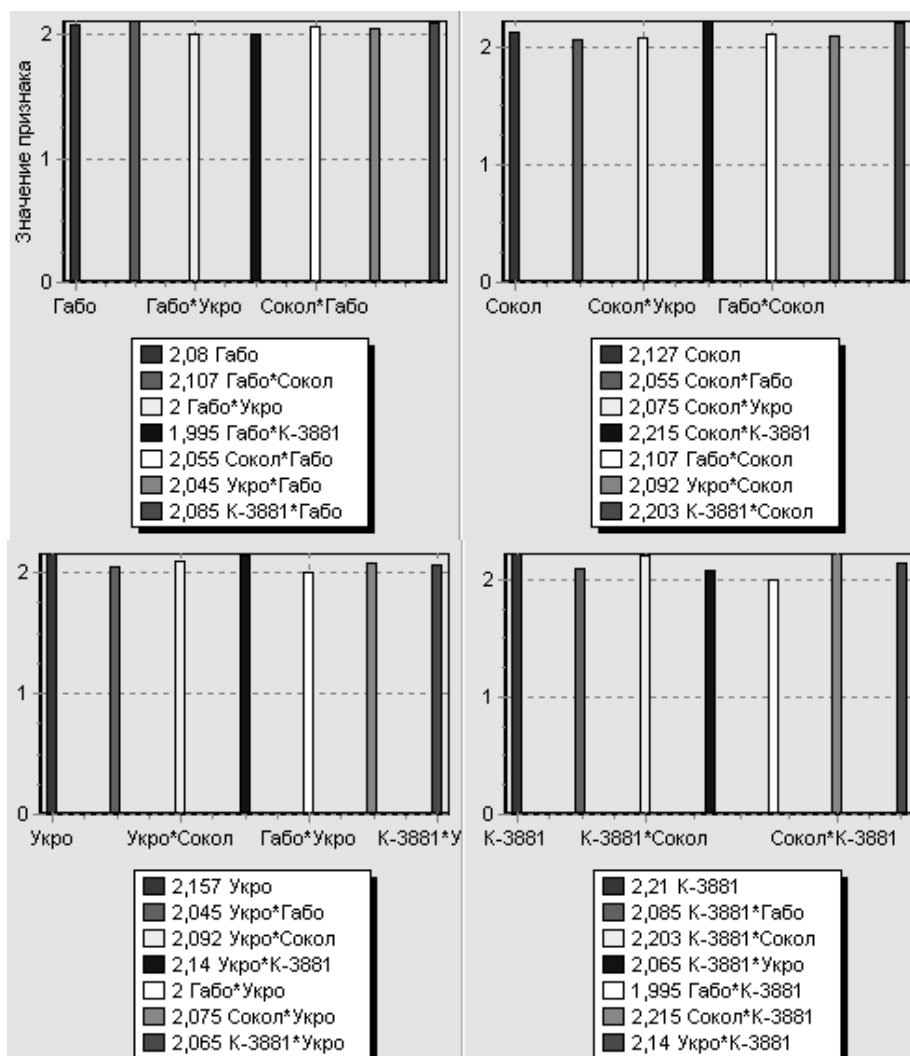


Рисунок 4 – Сравнение родительских форм и гибридов по отцовской и материнской линиям

Для определения генетической детерминации количественного признака методом Хеймана используется диаллельная схема, в которую включены родительских формы, гибриды прямых и обратных скрещиваний. Этот метод позволяет для конкретного селекционного материала оценить такие интегральные генетические параметры признака, как среднюю степень и направление доминирования в полиморфных локусах, приблизительное число этих локусов, распределение желательных и нежелательных аллелей и др. Данные параметры облегчают подбор оптимальной схемы селекции по хозяйственно ценным признакам. Проведенный диаллельный анализ (табл. 2) показал, что у селекционного материала в схеме наследования признака «натура зерна» преобладают рецессивные аллели (компонент изменчивости, отражающий направление доминирования ($F < 0$)).

Таблица 2 – Компоненты изменчивости

Обозначение	Значение	Сущность
D	0,0016	Обусловлен аддитивным действием генов
F	-0,0021	Отражает направление доминирования (в среднем по рядам в диаллельной таблице)
H ₁	0,0074*	Отражает положительные эффекты генов
H ₂	0,0061	Отражает отрицательные эффекты генов
h ₂	0,0055*	Алгебр. сумма доминантных эффектов гетерозисных локусов по всем гибридам
E	0,0014*	Отражает доминантные и аддитивные эффекты для каждого ряда

* – параметры достоверны

В целом у гибридов доминирование проявляется в направлении родителя, увеличивающего признак «натура зерна» (разница между средними значениями родителей и средними значениями их гибридов (ML_1-ML_0) положительная (таблица 3).

Таблица 3 – Соотношения генетических параметров

Обозначение	Значение	Сущность
ML_1-ML_0	0,002	Разница между средним значением родителей и средними значениями их гибридов
$\sqrt{H_1/D}$	2,17	Средняя степень доминантности по всем гетерозиготным локусам
$H_2/4H_1$	0,21	Соотношение генов с положительными и отрицательными эффектами у родителей
$\frac{\sqrt{4DH_1+F}}{\sqrt{4DH_1-F}}$	0,53	Соотношение доминантных и рецессивных генов у родителей
R	0,94	Коэффициент корреляции между средним значением признака у родителей и уровнем доминантности ($Wr+Vr$)
B	11,95	Коэффициент регрессии между средним значением признака у родителей и уровнем доминантности ($Wr+Vr$)

Параметры H_1 и H_2 тесно связаны между собой и отражают вклад генов с положительными эффектами, увеличивающими признак «натура зерна», и отрицательными, уменьшающими этот признак. Взаимосвязь параметров отражена в соотношении $H_2/4H_1$, значение которого близко к 0,25. Это говорит о том, что у гибридов в небольшой степени преобладают доминантные аллели с положительными эффектами.

Параметр $\frac{\sqrt{4DH_1+F}}{\sqrt{4DH_1-F}}$ характеризует

общее соотношение доминантных аллелей к рецессивным у всех родителей. В исследуемом материале общее число доминантных и рецессивных генов содержится в неравных соотношениях, т.к. этот показатель существенно отклоняется от единицы.

Параметр F_r информирует о характере наследования признака конкретного родителя (табл. 4). Значение параметров недостоверно, и чего следует, что по этим гибридам проявилось промежуточное наследование.

Таблица 4 – Направление доминирования в ряду

Сорт	Значение
Габо	0,009
Сокол	-0,004
Укро	-0,002
К-3881	-0,012

* – параметры достоверны

Регрессионный анализ дисперсий Vr на ковариации Wr наглядно иллюстрирует генетическую систему контроля исследуемого признака по каждому сорту, в частности относительный вклад доминантных и рецессивных аллелей (рис. 5).

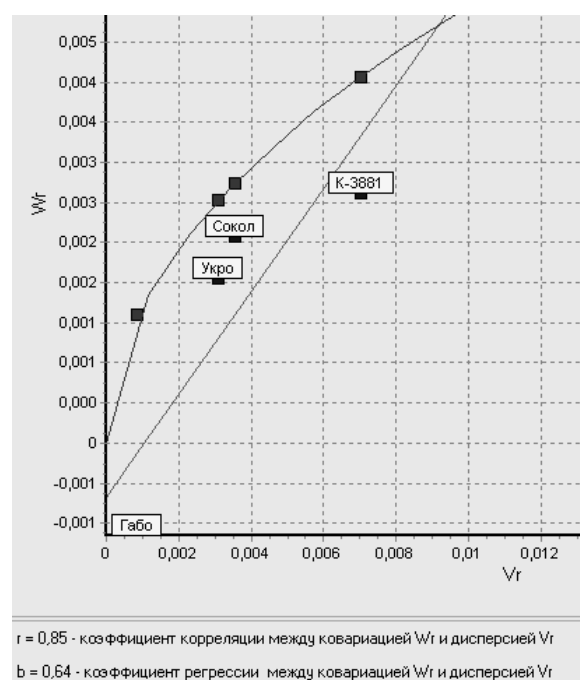


Рисунок 5 – График дисперсий Vr на ковариации Wr гибридов F_1

Поскольку линия регрессии пересекает отрицательную часть оси Wr , можно сделать заключение, что по всем локусам преобладает эффект сверхдоминирования ($H_1/D > 1$).

Координаты точек, определяющие линию регрессии, указывают на среднюю степень доминирования. Расположение родительских сортов относительно линии регрессии зависит от соотношения чисел доминантных и рецессивных аллелей, которые они содержат.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ ТРИТИКАЛЕ)

У сорта К–3881 наибольшие значения дисперсии и ковариаций, т.е. он несет наибольшее значение рецессивных аллелей. Наименьшие значения W_r и V_r у сорта Габо, обладающего относительно большим числом доминантных аллелей принимающих участие в проявлении признака у гетерозигот, и являющегося перспективным в селекции по исследованному признаку «натура зерна»

Выводы

1. Компьютерная программа «DIAS» позволяет определять оценку общей и специфической комбинационной способности линий (сортов), наследуемость признаков, эффекты действия генов (аддитивность, доминирование, эпистаз), соотношение частот доминантных и рецессивных генов в определенном локусе, генетическую природу гетерозиса и др.

2. По результатам диаллельного анализа, при наследовании признака «натура зерна» по всем локусам преобладает эффект сверхдоминирования. Сорт К–3881 обладает наибольшим числом рецессивных аллелей, а сорт Габо является перспективным в селекции по исследованному признаку «натура зерна».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Griffing B.I. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems / B.I. Griffing // Austral. J. Biol. Sci.– 1957. – № 9. – P. 463 – 493.

2. Hayman B.I. The theory and analysis of diallel crosses / B.I. Hayman // Genetics. – 1958. – Vol. 43. – P. 63 – 85.

3. Степочкин, П.И. Внутривидовая классификация октаплоидных тритикале / П.И. Степочкин// Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2009. – № 7. – С. 23 – 29.

4. Степочкин, П.И. Формообразовательные процессы в популяциях тритикале / П.И. Степочкин– Новосибирск: Изд-во ИПФ Агрос, 2008. – 164 с.

5. Алейников, А.Ф. Использование программно-алгоритмических средств в селекции растений / А.Ф.Алейников, И.Г. Гребенникова, П.И. Степочкин // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы междунар. научн.-прак. конф. «АГРОИНФО–2009». – Новосибирск, 2009. – Ч. 1. – С. 113 – 118.

6. Цильке, Р.А. Методика оценки исходного материала по комбинационной способности в диаллельных скрещиваниях / Р.А. Цильке, Л.П. Присяжная– Новосибирск: Сибирское отделение ВАСХНИЛ, 1979. – 29 с.

7. Цильке, Р.А. Методика диаллельного анализа исходного материала по количественным признакам/Р.А. Цильке, Л.П. Присяжная– Новосибирск: Сибирское отделение ВАСХНИЛ, 1979. – 13 с.

8. Merker A. Chromosome composition of hexaploid triticale / A. Merker // Hereditas. – 1975. – Vol. 80, № 1. – P. 41 – 52.

9. Федин, М.А. Методы определения генетических параметров на основе данных диаллельных скрещиваний, гибридов F₁, беккроссов и последующих поколений. Статистические методы генетического анализа / М.А. Федин, Д.Я. Сили, А.В. Смиряев– М.: Изд-во Колос, 1980. – С. 85–132.

Гребенникова И.Г., зав. лабораторией моделирования физических процессов и систем, соискатель, Сибирский физико-технический институт аграрных проблем Россельхозакадемии, тел.: 8(3832) 348-09-88, E-mail: grebi@ngs.ru;

Алейников А. Ф., д.т.н., руководитель отдела, Сибирский физико-технический институт аграрных проблем Россельхозакадемии, тел.: 8(3832) 348-34-60, E-mail: fti2009@yandex.ru;

Стёпочкин П.И., зав. отделом, д. с.-х. н., Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции Россельхозакадемии, тел.: 8(3832) 348-19-47, E-mail: petstep@ngs.ru.