

*На правах рукописи*

**ДАНИЛКИН НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ**

**ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ И  
УСТОЙЧИВОСТИ К ПРОРАСТАНИЮ НА КОРНЮ У ЯРОВОЙ  
ТРИТИКАЛЕ (*×Triticosecale* Wittm.)**

**03.00.15 – генетика**

**06.01.05 – селекция и семеноводство**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Москва 2009

Работа выполнена на кафедре генетики Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева.

**Научный руководитель:**

доктор биологических наук, доцент  
**Соловьёв Александр Александрович**

**Официальные оппоненты:**

доктор биологических наук  
**Мартынов Сергей Петрович**  
кандидат сельскохозяйственных наук  
**Сергеев Анатолий Васильевич**

**Ведущая организация:** Институт общей генетики имени Н.И. Вавилова РАН

Защита состоится «26» мая 2009 г. в 14 час 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 220.043.10 при Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева по адресу: 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, Ученый совет РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева; тел/факс: (495)-976-08-94

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Автореферат разослан «24» апреля 2009 г.  
и размещен на сайте <http://www.timacad.ru>

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор биологических наук, профессор

Е.А. Калашникова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Тритикале является первым злаком, синтезированным человеком и объединяющим в себе ряд ценных характеристик обоих родительских видов пшеницы и ржи. На сегодняшний день мировые посевные площади тритикале достигают 3,74 млн. га с производством зерна 12,5 млн. т (FAO, 2008). Яровая тритикале представляет собой высокоурожайную альтернативу фуражным культурам – ячменю и овсу, а также может служить страховой культурой в годы с суровыми зимами (Ковтуненко В.Я. и др., 2008).

Важным негативным признаком для яровой тритикале, как и для многих других зерновых культур, является прорастание зерна на корню, которое ведёт к серьёзным экономическим убыткам у многих зерновых культур (Paulsen G., Auld A., 2004). Для яровой тритикале это является одной из основных проблем, сдерживающих широкое внедрение её в производство. Генетический анализ устойчивости к прорастанию на корню позволяет выявить закономерности наследования данного признака, что делает селекцию направленной и, следовательно, более эффективной.

Наряду с устойчивостью к прорастанию на корню коммерческие сорта яровой тритикале должны обладать высокой урожайностью. Для более полной реализации потенциала продуктивности требуется селекционно-генетическая проработка этой сравнительно молодой культуры по признакам продуктивности – озерненности колоса, массы зерна с колоса и других (Грабовец А.И., Крохмаль А.В., 2008). Комплексное изучение исходного материала для селекции в определённой зоне имеет важное значение, определяющее успех селекционной работы. Выявление генетических особенностей наследования основных компонентов продуктивности растения позволяет значительно сократить продолжительность селекционного процесса. Получение селекционного материала, сочетающего такие важнейшие агрономические характеристики как устойчивость к прорастанию на корню и высокая урожайность, предоставляет возможности для отбора перспективных образцов.

**Цель и задачи исследования.** Целью данного исследования являлось селекционно-генетическое изучение основных компонентов продуктивности растения и устойчивости к прорастанию на корню у яровой тритикале.

В задачи исследования входило:

1. Оценить коллекцию яровой тритикале по устойчивости к прорастанию на корню и ряду хозяйственно-ценных признаков.

2. Сравнить и выявить эффективную методику определения устойчивости к прорастанию на корню для проведения генетического анализа.
3. Провести генетический анализ наследования устойчивости к прорастанию на корню.
4. Выполнить генетический анализ наследования основных компонентов продуктивности растения.
5. Создать новый исходный материал для селекции на устойчивость к прорастанию на корню и продуктивность растения.

**Научная новизна.** Впервые выполнена комплексная оценка коллекции образцов яровой тритикале различного географического происхождения с использованием набора методов – оценки числа падения, характеристики активности амилаз, полевой оценки процента непроросших зерен в колосе, учёта проросших зерен в колосьях во влажных камерах, которая позволила выделить устойчивые к прорастанию на корню образцы.

Показано, что для проведения генетического анализа устойчивости к прорастанию на корню при небольшом количестве исследуемого материала в анализируемых пробах в расщепляющихся популяциях наиболее подходит анализ устойчивости к прорастанию в провокационных условиях влажных камер.

Генетический анализ признака устойчивости к прорастанию на корню выявил различия изучаемых сортов по полимерным генам, контролирующим этот признак. Впервые показано, что устойчивые сортообразцы Лена 86 и Абасо и неустойчивые линии 131/7 и Лена 1270 различаются по количеству полимерных генов, контролирующих этот признак.

Оценка по методу Хэймана наследования ряда признаков продуктивности – высоты растения, длины главного колоса, продуктивной кустистости, количества колосков, количества зёрен с колоса, массы зерна с колоса, массы 1000 зёрен и плотности колоса выявила основные характеристики наследования этих признаков. Это позволило выделить линии, несущие наиболее ценные комбинации аллелей компонентов продуктивности растения. Впервые описано наследование плотности колоса, озернённости колоска, массы зерна с колоса у яровой тритикале в условиях Московского региона.

**Практическая ценность.** В результате изучения коллекции яровой тритикале в условиях Московского региона выделены перспективные образцы для селекции этой культуры на устойчивость к прорастанию на корню – Лена 86, Абасо; для селекции на продуктивность – Activo, Лена 1270 и 131/7; для селекции на короткостебельность – 131/7, к-1185.

Выделены образцы, имеющие практическую ценность для использования на зерно. По результатам исследований линия 131/7 передана в Государственную комиссию по испытанию селекционных достижений. Заявка на патент № 52011/9051763 от 12.01.2009 (в соавторстве).

**Апробация результатов работы.** Основные положения диссертации были представлены на ежегодных научных конференциях РГАУ-МСХА (Москва, 2005, 2006), 29<sup>ой</sup> международной конференции молодых учёных в Университете г. Нови Сад (Сербия, 2005), научно-практической конференции «Перспективы развития инноваций в биологии» (Москва, 2007), Международной конференции «Научное наследие Н.И. Вавилова – фундамент развития отечественного и мирового сельского хозяйства» (Москва, 2008), семинаре докторантов в Университете Хоэнхайм (Штутгарт, 2009), 7<sup>ом</sup> международном симпозиуме по тритикале (Мексика, 2009). Результаты работы вошли в проект «Яровая тритикале», отмеченный золотой медалью «НТТМ 2006» и грантом Президента РФ первой степени (2006).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, в том числе 1 – в журнале, рекомендованном ВАК и 3 – в иностранных изданиях.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 122 страницах, состоит из введения, 5 глав, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, включающего 245 источников, в том числе 191 из них на иностранных языках. Работа содержит \_\_ рисунков, и \_\_ таблиц.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Растительный материал и условия выращивания.** Материалом служили линии, полученные на кафедре генетики РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, а также образцы из других регионов России, Франции, Мексики, Польши, Швеции, США и Канады.

Работа выполнена на кафедре генетики РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева в период с 2003 по 2008 гг. Экспериментальные посевы проводили на полях и в теплице Полевой опытной и селекционной станции им. П.И. Лисицина. Агротехника в опытах соответствовала рекомендациям для Московской области.

**Гибридизация.** Кастрацию проводили по общепринятой методике для злаковых, опыление осуществляли твел-методом. Гибридизацию осуществляли по полудиаллельным схемам скрещиваний (Коновалов Ю.Б. и др., 1987).

**Число падения** определяли по микромодификации стандартного метода Хагберга-Пертена. Масса навески 2 г (Коновалов Ю.Б. и др., 1987).

**Амилазная активность.** Активности  $\alpha$ -,  $\beta$ -амилаз и суммарную определяли по стандартной методике, основанной на гидролизе крахмала (Плешков Б.П., 1985).

**Полевую оценку прорастания в колосе** проводили по проценту непроросших зерен в 20 колосьях каждой линии, подсчитывая количество проросших и непроросших зерен. Процентный показатель преобразовывали в показатель угол-арксинус  $\sqrt{\text{процент}}$  для статистической обработки (Доспехов Б.А., 1985).

**Лабораторную оценку процента непроросших зёрен в колосе** осуществляли во влажных камерах после 5 часового замачивания в воде и 24 часов выдерживания во влажных камерах (95%) при температуре 20°C.

**Генетический анализ компонентов продуктивности растения.** Генетический анализ компонентов продуктивности растения осуществляли по методу, предложенному Nauman В. I. (1954), с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS 2.11 (автор Мартынов С.П.).

Данные для генетического анализа были получены из полевого опыта. Повторность трёхкратная, по принципу полной рандомизации – метод рандомизированных повторений (Доспехов Б.А., 1985), площадь делянок 1 м<sup>2</sup>. Все учёты производили после достижения растениями фазы полной спелости. Анализировали показатели: высота растения (см); длина главного колоса (см); продуктивная кустистость (шт.); число колосков (шт.); число зёрен (шт.); плотность колоса (шт./10 см); озёрнённость (шт.); масса зерна с колоса (г); масса 1000 зёрен (г).

**Генетический анализ устойчивости к прорастанию на корню** осуществляли с использованием критерия  $\chi^2$  (Орлова Н.Н., 1991) для оценки расщепления в F<sub>2</sub>, а также с использованием программы Полиген-А (автор А.Ф. Мережко).

**Эффект гетерозиса** рассчитывали по формуле:

$$G_{ист} = \frac{F_1 - P_{лучш}}{P_{лучш}} \times 100 \%,$$
 где  $G_{ист}$  - гетерозис истинный,  $F_1$  – величина признака у гибрида F<sub>1</sub>,  $P_{лучш}$  – величина признака у лучшего родителя. Статистически значимым эффект гетерозиса считался при условии если разность  $F_1 - P_{лучш}$  была больше значения НСР<sub>05</sub>.

**Эффективность экстракта колосковых и цветковых чешуй на подавление прорастания зерна тритикале** рассчитывали по формуле:

$$EE = \frac{G_W - G_E}{G_W} \times 100,$$
 где  $G_W$  – процент проросших семян в воде и  $G_E$  – процент проросших семян в экстракте колосковых и цветковых чешуй.

**Статистический анализ.** Статистический анализ результатов осуществляли с помощью программ AGROS 2.11, STRAZ 2.1 и MS Excel 2003.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Оценка коллекции яровой тритикале по устойчивости к прорастанию на корню.** Анализ 31 (29 гексаплоидных и 2 октоплоидных) коллекционных образцов яровой тритикале, а также сорта пшеницы Иволга и ржи Селенга по устойчивости к прорастанию на корню, выполненный в 2003 и 2004 годах, выявил высокие различия среди образцов, часть которых представлена в табл. 1. Среди 29 образцов гексаплоидной тритикале наивысший процент непроросших зёрен при полевых оценках отмечен у линии Лена 86 – 99,7 – 100% (в 2003 и 2004 гг. соответственно). Сорт Авасо имел также высокие значения этого показателя (99,7%, 98%). Наиболее неустойчивыми проявили себя образцы 131/7 и Лена 1270, имевшие значения этого показателя – 89,5%, 95% и 93,6%, 98% (соответственно для каждого образца в 2003 и 2004 гг.). Исследования показателей числа падения и активности амилаз в целом соответствовали результатам, полученным по проценту непроросших зерен в колосе.

Таблица 1 – Характеристика устойчивости к прорастанию на корню некоторых образцов изученной коллекции 2003-2004 гг.

№	Культура, линия, сорт	% НПЗ, 2003	Угол-арксинус $\sqrt{\text{процент}}$	% НПЗ, 2004	Угол-арксинус $\sqrt{\text{процент}}$
1	Рожь Селенга	94,0	75,8	100,0	90,0
3	Тритикале Лена 86	100,0	90,0	99,7	86,9
4	Тритикале 131/7	89,5	71,1	95,0	77,1
5	Тритикале Авасо	99,7	86,9	98,0	81,9
6	Тритикале Лена 1270	93,6	75,4	98,0	81,9
7	Тритикале Activo	99,3	85,2	100	90,0
8	Тритикале к-1185	93,3	75,0	95,3	77,5
9	Тритикале 25АД20	97,5	80,9	98,3	82,5
10	Пшеница Иволга	–	–	100,0	90,0
	НСР <sub>05</sub>	–	3,5	–	2,0

Примечание: \*%НПЗ – процент непроросших зёрен.

Варьирование устойчивости к прорастанию на корню между образцами коллекции свидетельствует о наличии генетических различий по изучаемому признаку, что дает возможность выполнения генетического анализа этого признака с использованием исследуемых форм.

**Модификация методики проращивания во влажных камерах для проведения генетического анализа.** Общепринятыми методиками оценки устойчивости к прорастанию на корню являются определение числа падения и активности амилолитического комплекса, отражающие в основном эндогенные факторы, обуславливающие процессы прорастания (Stoy V., 1982; Burgos-Hernandez A. et al., 1999; Rybka K., 2003). Однако в ряде исследований показана сильная ингибирующая роль компонентов, находящихся в колосковых и цветковых чешуях (экзогенные факторы) на процессы прорастания зерна (McCrate A.J. et al., 1982; Пеккер Е.Г. и др., 1985; Salmon D.F. et al., 1986; Gatford K.T. et al., 2002). В наших исследованиях также показан ингибирующий эффект водного экстракта колосковых и цветковых чешуй на прорастание семян. Эффективность экстракта составила от 37 до 77% в зависимости от образца, что свидетельствует о торможении прорастания зерен в присутствии веществ из колосковых и цветковых чешуй в сравнении с проращиванием в воде. Не выявлено корреляции между числом падения и эффективностью экстракта колосковых и цветковых чешуй ( $r = 0,14$ ), что показывает на независимость функционирования данных систем и объясняет неоднозначность оценок по числу падения. В этой связи методы оценки устойчивости к прорастанию на корню, основанные на подсчёте процента непроросших зёрен в колосе, являются наиболее точными для определения устойчивости к прорастанию на корню.

В результате проведённых исследований показаны условия, при которых различия между устойчивыми и неустойчивыми образцами при провокации прорастания зерна в колосе во влажных камерах наиболее чётко выражены, что необходимо для оценки образцов в гибридных популяциях. Наибольшие различия были показаны при выдерживании колосьев во влажной камере в течение 24 часов (табл. 2).

Таблица 2 – Процент непроросших зёрен в колосе в зависимости от времени проращивания во влажной камере

Часы	6	12	18	24	48
Лена 86	91,65	86,62	84,65	79,71	26,31
131/7	77,21	64,64	51,51	35,59	5,12
d	14,44	21,98	33,14	44,12	21,19
t <sub>факт.</sub>	4,92	7,14	10,29	12,61	6,69
t <sub>теор.001</sub>	3,92				

В зерне, принятом за проросшее и непроросшее, оценивали  $\alpha$ -,  $\beta$ -, и общую амилазную активность. Наиболее чёткие различия были получены по  $\alpha$ -амилазной активности. Зерно, принятое за проросшее имело значительно большую активность  $\alpha$ -амилазы, что говорит о соответствии результатов,

полученных при использовании модифицированной методики общепринятой методике оценки устойчивости к прорастанию на корню.

**Генетический анализ устойчивости к прорастанию на корню.** Как было отмечено выше, устойчивость к прорастанию на корню может быть обусловлена, в том числе ингибиторами из колосковых и цветковых чешуй. В данной работе генетический анализ устойчивости к прорастанию на корню осуществляли путём подсчёта процента непроросших зёрен в целых колосьях в фазе полной спелости после проращивания во влажных камерах, тем самым, учитывая как экзогенные, так и эндогенные факторы, влияющие на прорастание.

Генетический анализ устойчивости к прорастанию на корню у яровой тритикале показал наследование этого признака по типу полимерии. Так, в ходе анализа расщеплений  $F_2$  по всем комбинациям скрещиваний за исключением комбинации Лена 1270 × Лена 86 были выявлены как отрицательная, так и положительная трансгрессии. Это свидетельствует, что признак устойчивости к прорастанию на корню контролируется группой полимерных генов, варьирование числа которых приводит к появлению в поколении  $F_2$  генотипов с новыми сочетаниями генов устойчивости. В том случае, когда генотип из поколения  $F_2$  несёт меньшее количество полимерных генов устойчивости, чем наиболее неустойчивый родительский генотип, наблюдается отрицательная трансгрессия. Генотипы с большим сочетанием аллелей устойчивости, чем у наиболее устойчивого родителя, обуславливают положительную трансгрессию. Это показывает перспективность отбора таких генотипов в селекции на устойчивость к прорастанию на корню. В нашей работе растения, являющиеся наиболее устойчивыми и неустойчивыми, относящиеся к положительной и отрицательной трансгрессии, были отобраны для дальнейшего генетического изучения и селекции.

Генетический анализ расщепления в комбинации скрещивания Abaco × Лена 86 с использованием пакетов программ AGROS и Полиген-А показал, что линии различаются по четырём полимерным генам. Расщепления в комбинациях скрещиваний Abaco × 131/7, Лена 86 × 131/7 и Abaco × Лена 1270 свидетельствуют о различиях между скрещиваемыми образцами по 3 полимерным генам устойчивости. В комбинациях скрещиваний Лена 1270 × 131/7 и Лена 1270 × Лена 86 выявлены различия скрещиваемых сортов по 2 генам устойчивости.

Полимерные гены устойчивости к прорастанию на корню не равнозначны по степени проявления. Так в комбинации скрещивания Abaco × 131/7 шести полимерным аллелям устойчивости соответствовала величина %НПЗ – 90 – 92%, а в комбинации Abaco × Лена 1270 – 86 – 87%, что свидетельствует о

разности эффектов генов линий Лена 1270 и 131/7. Значение %НПЗ, полученное в аналогичных условиях провокации во влажных камерах 2007 г., у родительских линий Лена 1270 – 22,2%, а 131/7 – 34,9% может быть объяснено разной степенью влияния отдельных полимерных генов на изучаемый признак. Сравнительный анализ расщеплений в комбинациях скрещиваний Abasco × 131/7 и Лена 86 × 131/7 свидетельствует, что два гена устойчивости у линии Лена 86 оказывают большее влияние на фенотип, чем у сорта Abasco, о чём косвенно свидетельствует значение %НПЗ у образцов Abasco и Лена 86 – 62 и 79,2% во влажных камерах 2007 г. соответственно. Сравнение расщеплений в комбинациях скрещиваний сортообразцов Лена 1270 × Лена 86 и Abasco × Лена 1270 также свидетельствует о разном вкладе отдельных генов в проявление устойчивости к прорастанию на корню.

**Генетический анализ наследования компонентов продуктивности растения.** Для генетического анализа компонентов продуктивности растения отобраны 6 линий яровой тритикале, характеризующиеся разными сочетаниями признаков продуктивности растений, которые были вовлечены в скрещивания по неполной диаллельной схеме. Результаты анализа по методу Хэймана (Hauman В.І., 1954) представлены на рис. 1. Анализ всех изученных компонентов продуктивности растения показал отсутствие эпистатических эффектов, так как коэффициент регрессии  $b$  не значимо отличается от 1 (рис. 1), т.е. для всех изученных признаков характерна аддитивно-доминантная схема наследования и материал соответствует требованиям метода Хэймана.

Наследование по принципу неполного доминирования с преобладающими аддитивными эффектами выявлено для высоты растения, числа колосков с колоса, числа зёрен с колоса, массы зерна с колоса, массы 1000 зёрен и озернённости. Длина главного колоса, продуктивная кустистость, плотность колоса наследовались по принципу сверхдоминирования (рис. 1).

В формирование признаков высоты растения, длины главного колоса и числа колосков с колоса основной вклад вносят доминантные гены, в то же время на увеличение показателей продуктивной кустистости, числа зёрен с колоса, плотности колоса, массы зерна с колоса, массы 1000 зёрен и озернённости колоска влияли как доминантные, так и рецессивные гены (рис. 1).

Установленное преобладание аддитивных генетических эффектов в наследовании количества зёрен с колоса согласуется с результатами, полученными на озимой тритикале Lamadji S. et al. (1995), и на пшенице Riaz R. & Chowdhry M.A. (2003). Подобное сходство с результатами, полученными на озимой тритикале, с нашими – на яровой, показано и в отношении преобладания неаддитивных эффектов в наследовании длины колоса.

Выявленные нами на яровой тритикале аддитивные эффекты для признаков высоты растения, массы 1000 зёрен соответствуют данным Riaz R. & Chowdhry M.A. (2003), полученным на пшенице.

Признак продуктивной кустистости контролируется с преобладанием доминантных эффектов, что противоречит результатам Lamadji S. et al. (1995), и Riaz R., & Chowdhry M.A. (2003), в которых было показано преобладание аддитивных эффектов.

Установленные генетические оценки наследования признаков плотности колоса и озернённости колоска у яровой тритикале не описаны в литературе.

Анализ наследования основных компонентов продуктивности растения по методу Хэймана позволил выделить наиболее перспективные комбинации скрещивания в селекции на компоненты продуктивности растения. Следует отдельно отметить перспективность всех комбинаций с участием линии 131/7 в селекции на короткостебельность, так как она несёт наибольшее количество аллелей короткостебельности среди изученных образцов (рис. 1). Наиболее перспективной комбинацией скрещивания для отбора короткостебельных растений с мощным колосом является 131/7 × Лена 1270, так как линия 131/7 несёт в себе наибольшее количество аллелей короткостебельности, а линия Лена 1270 – контролирующая длину главного колоса. Для отбора перспективных селекционных образцов по массе 1000 зёрен представляют интерес комбинации скрещиваний сортообразцов Activo × 131/7 и Abaco × 131/7, поскольку сорта Activo и Abaco несут наибольшее количество рецессивных аллелей данного признака, а линия 131/7 – доминантных. Для отбора растений с высокой массой зерна с колоса перспективна комбинация скрещивания Лена 1270 × Activo. Отбор из выделенных перспективных комбинаций скрещивания имеет перспективы и по другим исследованным компонентам продуктивности растения.

**Взаимосвязь компонентов продуктивности растения.** Оценка коэффициентов корреляции между признаками продуктивности растений показала высокую корреляцию массы зерна с колоса с высотой растения ( $r= 0,6$ ;  $0,8^{**}$  и  $0,59^{**}$  в 2005 – 2007 гг. соответственно), длиной главного колоса ( $r= 0,8^{**}$ ;  $0,8^{**}$  и  $0,57^{**}$ ), числом колосков с колоса ( $r= 0,7^*$ ;  $0,6^*$  и  $0,62^{**}$ ), числом зёрен с колоса ( $r=0,9^{***}$ ;  $0,9^{***}$  и  $0,96^{***}$ ). Для показателя масса 1000 зёрен установлена в целом высокая корреляция с длиной главного колоса ( $r= 0,4$ ;  $0,8^{**}$  и  $0,72^{***}$ ), и массой зерна с колоса ( $r=0,7^*$ ;  $0,4^*$  и  $0,61^{**}$ ). Полученные результаты свидетельствуют, что отбор по длине главного колоса позволяет выделить формы с мощным колосом и выполненным зерном. Высокая корреляция между высотой растения и длиной главного колоса указывает на необходимость проведения скрещиваний образцов с длинным колосом

(Лена 1270) с короткостебельными (131/7, к-1185) с целью разорвать нежелательную корреляцию путём отбора по длине главного колоса и высоте растения в гибридной популяции.

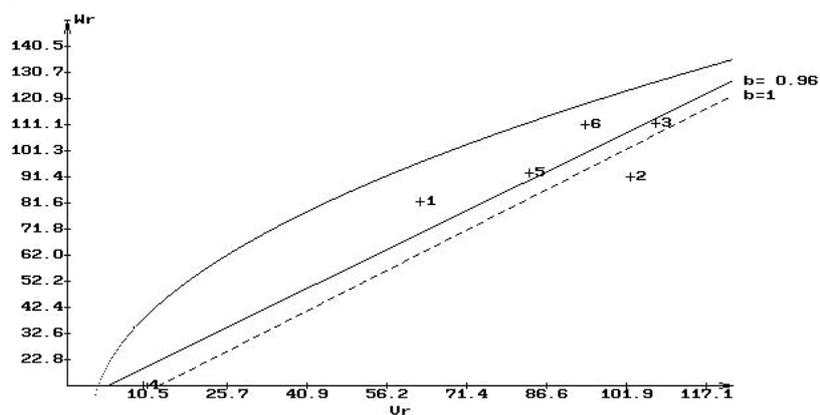
**Оценка эффектов гетерозиса.** Тритикале, являясь гибридной культурой, имеет более мощное развитие в сравнении с пшеницей и рожью. В то же время особенности развития колоса и в частности цветка и пыльников свидетельствуют о возможности использования этой культуры в гетерозисной селекции. В связи с этим важное значение приобретает оценка гетерозисных эффектов. Показатель масса 1000 зёрен является важной характеристикой выполненности зерна. Так, по этому показателю выявлен высокий гетерозисный эффект в комбинациях скрещиваний *Abaco* × Лена 86 – 14,3%, Лена 1270 × 131/7 – 14,5%, Лена 86 × *Activo* – 26,6%, Лена 86 × *Abaco* – 13,1%. По высоте растений гетерозис выявлен в комбинациях скрещиваний *Abaco* × Лена 86 – 13,9%, Лена 86 × 131/7 – 10,4% (среднее по 2005 и 2006 гг.), *Activo* × 131/7 – 19,8%. Особый интерес представляет отрицательный гетерозис по высоте растения в комбинациях Лена 1270 × Лена 86 – -4,2%, Лена 1270 × 131/7 – -4,9% (среднее по 2005 и 2006 гг.), *Abaco* × Лена 1270 – -6,6%. По количеству зерен в колосе гетерозисный эффект выявлен только в комбинации *Abaco* × Лена 1270 – 24,3%. Эффект гетерозиса по массе зерна с колоса установлен в комбинациях скрещиваний *Abaco* × Лена 86 – 48,2% (среднее по 2005 и 2006 гг.), *Abaco* × Лена 1270 – 38,5 %, Лена 86 × 131/7 – 27,3%. Выявлены гетерозисные эффекты по длине главного колоса в комбинациях *Abaco* × Лена 86 – 11,2%, Лена 86 × 131/7 – 18,6%, *Abaco* × Лена 1270 – 16,6%, Лена 86 × *Activo* – 12,6%, Лена 86 × 131/7 – 40,0 %, Лена 86 × к-1185 – 15,7%, *Activo* × 131/7 – 22,5%, 131/7 × к-1185 – 11,8%. Полученные данные свидетельствуют о перспективности гетерозисной селекции яровой тритикале, прежде всего по признакам продуктивности. В то же время показаны эффекты отрицательного гетерозиса в некоторых комбинациях по показателям плотности колоса и озёрнённости.

Рассматривая формирование признака масса зерна с колоса, можно считать, что в разных комбинациях скрещиваний гетерозис по этому признаку достигнут за счёт разных компонентов. В комбинации скрещивания *Abaco* × Лена 86 гетерозис по массе зерна с колоса был отмечен вместе с гетерозисом по массе 1000 зёрен, т.е. определялся, прежде всего, крупностью зерна. В комбинации скрещивания *Abaco* × Лена 1270 гетерозис по массе зерна с колоса был установлен вместе с гетерозисом по количеству зёрен в колосе и длиной главного колоса, т.е. был связан с более мощным развитием главного колоса. Гетерозис по массе зерна с колоса в комбинации Лена 86 × 131/7 был связан с гетерозисом по длине главного колоса, т.е. в данном случае масса зерна с

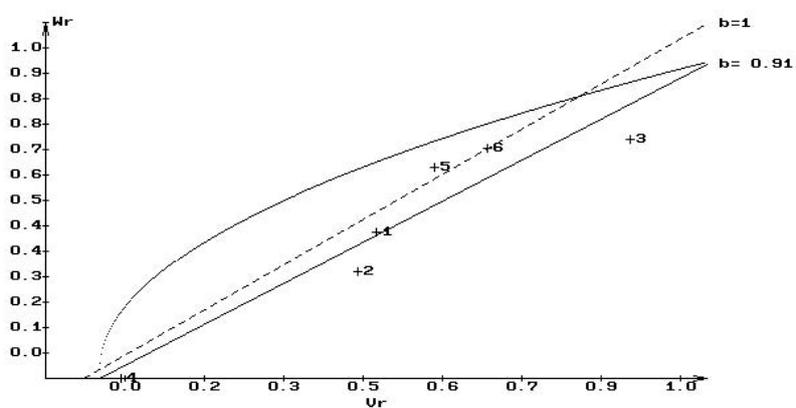
колоса также определялась более мощным главным колосом. В то же время в комбинациях скрещиваний Лена 1270 × к-1185 и Авасо × к-1185 отрицательный гетерозис по массе зерна с колоса, обусловлен, прежде всего, отрицательным гетерозисом по количеству зерен в колосе. Из этого следует, что существуют разные пути формирования гетерозиса по отдельному признаку, в частности по массе зерна с колоса увеличение крупности зерна, количества зерна с колоса и мощности главного колоса.

**Характеристика линии 131/7.** В результате проведенных исследований была селекционно доработана линия 131/7. Она получена от первичной тритикале в комбинации скрещивания пшеница мягкая яровая Воронежская × рожь яровая Селенга с последующим скрещиванием с яровой гексаплоидной тритикале S2 и отбором. Линия 131/7 характеризуется наличием 2B/2D-замещения и транслокации T: 2RS.2RL-2DL (Дивашук, 2007). По спектру запасных белков этот сортообразец имеет до 7 биотипов с преобладанием основного – не менее 70%. Продолжительность вегетационного периода составляет 65 – 70 дней. Высота растения от 81 до 90 см, продуктивность одного растения 1,7 – 2,2 г., масса 1000 зёрен 46 – 49 г., урожайность этой линии составила – свыше 40 ц/га на низком азотном уровне. По сравнению с лучшим районированным сортом Укро эта линия имеет следующие признаки: устойчивость к полеганию, содержание белка в зерне в среднем за два года составило 15,4 %, что на 19 % превышает стандарт, короткостебельность. Предполагаемое назначение сорта по использованию продукции – зернофураж, создание кормовой базы для птицеводства и животноводства. Пригодна для производственной технологии возделывания, при интенсивном ведении хозяйства. Предлагается возделывание общепринятое для яровых зерновых культур, однако, при возделывании сорта по интенсивной технологии на максимальную урожайность необходимо внесение высоких доз азотных удобрений (N<sub>70</sub>). Возделывание этой линии может сократить число выполняемых работ из-за устойчивости к болезням и полеганию. По нашему предположению она может быть рекомендована для возделывания в Центральном и Средневолжском регионах.

(a)



(б)



(в)

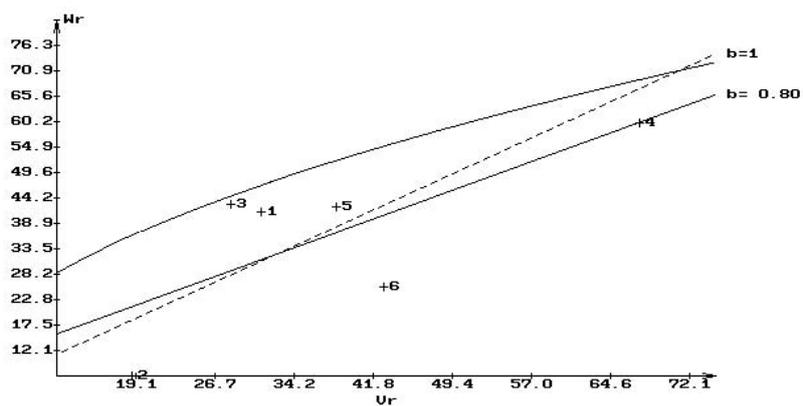
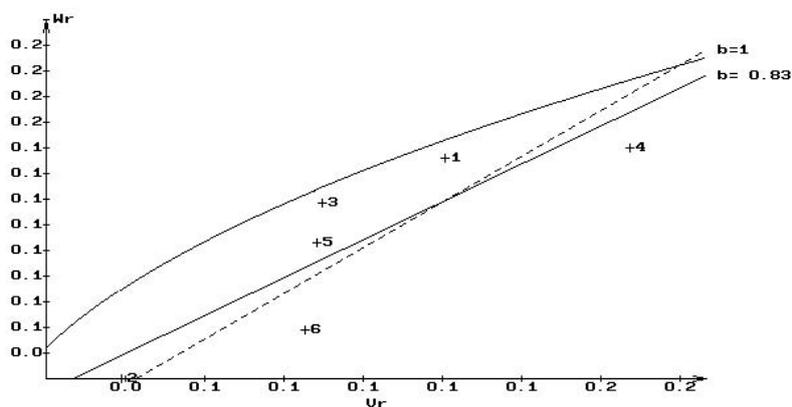
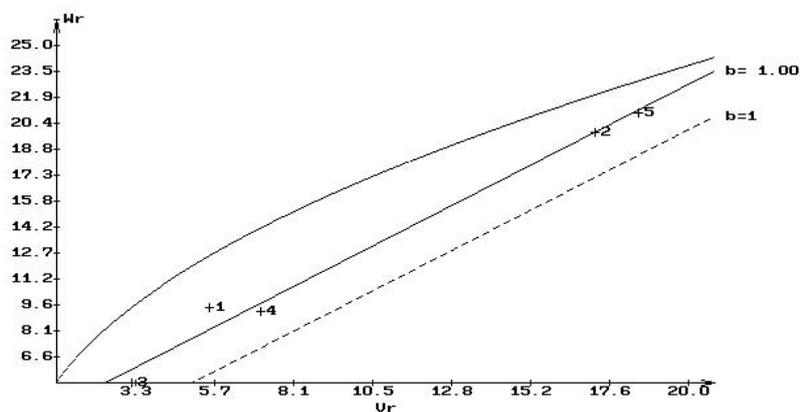


Рисунок 1 – Регрессия  $W_r$  на  $U_r$  для признаков а) высота растения, б) длина колоса, в) количество зёрен с колоса. 1 – Лена 86, 2 – Аctivo, 3 – 131/7, 4 – Лена 1270, 5 – Abасо, 6 – к-1185.

(Г)



(Д)



(е)

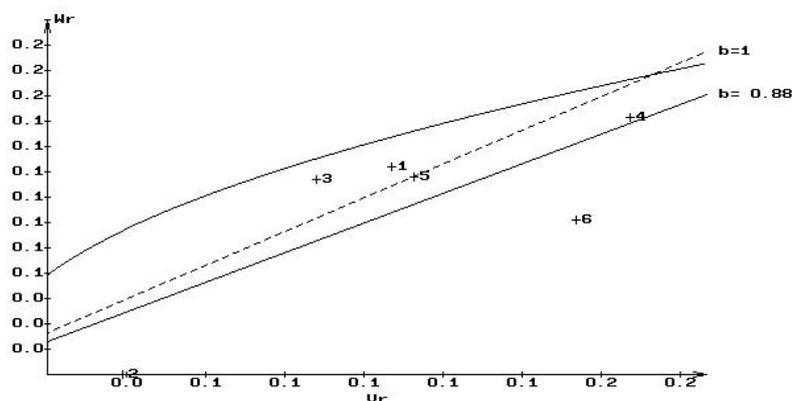


Рисунок 1 (продолжение) г) масса зерна с колоса, д) масса 1000 зёрен, е) озернённость колоска. 1 – Лена 86, 2 – Activo, 3 – 131/7, 4 – Лена 1270, 5 – Авасо, 6 – к-1185.

## **ВЫВОДЫ**

1. Различия по устойчивости к прорастанию на корню у изученных форм яровой тритикале обусловлены полимерными генами.
2. Анализ коллекции яровой тритикале выявил, что наиболее устойчивыми к прорастанию на корню являются линия Лена 86 и сорт Abaco.
3. Компоненты продуктивности растений яровой тритикале наследуются по аддитивно-доминантной модели.
4. Генетический анализ наследования основных компонентов продуктивности растений яровой тритикале позволил выделить наиболее перспективные комбинации скрещивания в селекции на продуктивность растения 131/7 × Лена 1270, Activo × 131/7, Abaco × 131/7 и Лена 1270 × Activo.
5. Линия яровой тритикале 131/7 представляет интерес в селекции на короткостебельность, т.к. несет наибольшее количество аллелей, определяющих данный признак.
6. Высокие значения гетерозиса по компонентам продуктивности растения свидетельствуют о перспективности производства гибридов F<sub>1</sub> яровой тритикале.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРОГРАММ И ПРОИЗВОДСТВА**

1. Использовать в селекции на устойчивость к прорастанию на корню образцы яровой тритикале Abaco и Лена 86 и формы, отобранные из популяции от скрещивания данных форм.
2. Использовать в селекции тритикале на короткостебельность линию 131/7.
3. Использовать в селекции на продуктивность яровой тритикале линию Лена 1270.
4. Для селекции на устойчивость к прорастанию на корню предлагается метод отбора устойчивых генотипов по проценту непроросших зёрен в колосе F<sub>2</sub> после провокации во влажных камерах с получением поколения в теплице.
5. Предлагается использовать гетерозисную селекцию как метод получения высокоурожайных гибридов яровой тритикале.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Danilkin, N. The resistance to pre-harvest sprouting of some spring triticales / N. Danilkin // Proceedings of the 29th conference of agricultural students with international participation. – Novi Sad, 2005. – p. 25 – 29.
2. Данилкин, Н.М. Характеристика линий яровой тритикале по устойчивости к прорастанию зерна на корню / Н.М. Данилкин // Сборник тезисов 59 студенческая научная конференция секция «Генетика, селекция и биотехнология». – Москва, 2006. – с. 15 – 17.
3. Данилкин, Н.М. Характеристика линий яровой тритикале по устойчивости к прорастанию зерна на корню по числу падения / Н.М. Данилкин // Материалы международной студенческой научной конференции «Знания молодых – новому веку». – Вятка, 2006. – с. 45 – 47.
4. Данилкин, Н.М. Устойчивость линий и гибридов яровой тритикале к устойчивости к прорастанию на корню / Данилкин Н.М., Соловьёв А.А. // Известия ТСХА. – 2008. – №1. – с. 81 – 85.
5. Данилкин, Н.М. Яровая тритикале / Данилкин Н.М. // Материалы VI всероссийской выставки «НТТМ 2006». – Москва, 2006. – с. 131 – 132.
6. Данилкин, Н.М. Молекулярно-генетические методы в селекции тритикале / Данилкин Н.М., Климушина М.В // Материалы научно-практической конференции «Перспективы развития инноваций в биологии». – Москва, 2007. – с. 26 – 27.
7. Данилкин, Н.М. Генетический анализ устойчивости к прорастанию на корню яровой тритикале / Данилкин Н.М., Соловьёв А.А. // Материалы международной конференции «Научное наследие Н.И. Вавилова – фундамент развития отечественного и мирового сельского хозяйства». – Москва, 2007. – с. 56 – 57.
8. Данилкин, Н.М. Исследование устойчивости к прорастанию на корню зерна яровой тритикале / Данилкин Н.М., Соловьёв А.А. // Тритикале России. – Ростов-на-Дону, 2008. – с. 29 – 34.
9. Данилкин, Н.М. Особенности наследования признаков продуктивности у яровой тритикале / Данилкин Н.М., Соловьёв А.А. // Тритикале России. – Ростов-на-Дону, 2008. – с. 34 – 36.
10. Danilkin, N. The genetic analysis of pre-harvest sprouting in spring triticale / Danilkin N., Gowda M. and Soloviev A. // Proceedings of 7<sup>th</sup> International Triticale Symposium. – Mexico, Obregon, 2009 (in press).
11. Testing for external chemical seed dormancy in triticale / Danilkin N. [et al.] // Proceedings of 7<sup>th</sup> International Triticale Symposium. – Mexico, Obregon, 2009 (in press).

*Отпечатано с готового оригинал-макета*

Объем п.л.

Зак. \_\_\_\_\_

Тираж 100 экз.

Центр оперативной полиграфии  
ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 44