

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СОРТА ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ*

И.Г. ГРЕБЕННИКОВА¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
П.И. СТЁПОЧКИН^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
А.Ф. ЧЕШКОВА¹, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник,
А.Ф. АЛЕЙНИКОВ^{1,3}, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник

¹ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН
630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск

² Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН
630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск

³ Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
e-mail: sibfti.grig@ngs.ru

На основе эмпирических данных, полученных в процессе селекционной работы, разработана модель сорта яровой тритикале, адаптированной к условиям Западно-Сибирской лесостепи Приобья. Работа проведена с использованием результатов корреляционного анализа взаимосвязей между показателем массы зерен и морфобиологическими признаками растения. По результатам селекционных исследований яровой тритикале за период 2009–2016 гг. сформирована компьютерная база данных, содержащая информацию по урожайности, качеству продукции, устойчивости к болезням, вредителям и другим признакам. Исходным материалом послужили межсортовые гибриды гексаплоидных яровых тритикале, полученные в результате диаллельных скрещиваний четырех сортов яровых тритикале из коллекции Всероссийского института растениеводства (Сокол Харьковский, Укро, Gabo, К–3881), а также этих сортов с озимым сортом Сирс 57 селекции Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции – филиала Института цитологии и генетики СО РАН. Разработана концептуальная схема модели сорта яровой тритикале, раскрывающая логическую последовательность операций, необходимых для построения варианта модели сорта. Использование практических данных для корректировки параметров модели сорта позволило определить границы изменчивости потенциальной урожайности, обеспечиваемой ресурсами климата в конкретной почвенно-климатической зоне. С целью повышения эффективности отбора хозяйственно ценных генотипов растений определены следующие основные параметры варианта модели сорта яровой тритикале: число зерен главного колоса 50–60 шт., длина колоса 11–13 см; масса 1000 зерен 60 г, урожайность 50 ц/га.

Ключевые слова: яровая тритикале, модель сорта, база данных, корреляционный анализ, селекция.

Важную роль в выборе стратегии и тактики селекционной работы в конкретных агроэкологических условиях играет разработка модели будущего сорта с обоснованием его параметров и свойств. При разработке модели сорта необходимо учитывать комплекс качественных и количественных, морфофизиологических и технологических признаков. Будущий сорт должен быть приспособленным для возделывания в достаточно широком ареале экологических условий, т.е. быть пластичным, а также допускать механизированное возделывание и уборку урожая, т.е. быть технологичным. Кроме того, сорт должен обладать достаточ-

но высоким качеством и быть устойчивым к болезням и вредителям. В ходе селекции сложно совместить в одном генотипе высокий потенциал продуктивности с широкой экологической пластичностью, поэтому необходимо разрабатывать модели сортов для каждой агроклиматической зоны возделывания [1, 2]. При этом наиболее полная реализация наследственных признаков сорта возможна лишь в том случае, если он обладает максимальной приспособленностью к условиям конкретной зоны [3, 4].

Тритикале – единственный вид злака, искусственно созданный человеком и нашедший широкое применение как пищевая,

* Работа поддержана бюджетными проектами СФНЦА СО РАН № 0778-2018-0003 и ИЦиГ СО РАН № 0324-2018-0018.

кормовая и техническая культура. Она имеет значительно больший потенциал урожайности на обедненных почвах в сравнении с пшеницей, лучшее качество зерна, чем у ржи. Тритикале отличается абсолютной устойчивостью к таким основным грибковым заболеваниям пшеницы, как виды головни и мучнистая роса, высокой устойчивостью к бурой ржавчине [5, 6]. По многим зерновым культурам для различных природно-климатических зон созданы модели сортов [7–9]. Академиком П.Л. Гончаровым разработаны модели сортов люцерны и яровой мягкой пшеницы, в том числе и наглядные, так называемые «графические модели» [10]. Однако для условий Западно-Сибирской лесостепи Приобья модель сорта яровой тритикале еще не создана, что и послужило целью данного исследования и определяет его актуальность. В сибирском регионе тритикале используется в основном как фуражная культура. Мы считаем, что разрабатываемый вариант модели сорта тритикале должен учитывать его назначение.

Цель исследования – определить параметры модельного зернофуражного сорта гексаплоидной яровой тритикале на основании материала экспериментальной работы и изученных основных морфобиологических и хозяйственно ценных признаков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Существует ряд специфических методических подходов к созданию моделей сортов: селекционный, экологический, математический и т.д. Однако в большинстве случаев модель сорта, несмотря на ее значение в селекционном процессе, создается на основе обобщения знаний и опыта селекционеров эмпирическим путем. Новым подходом к оптимизации построения моделей сортов является использование информационных технологий, которые повышают эффективность теоретических и прикладных исследований в области селекции растений. Анализ исследования по созданию моделей сортов показал, что современные информа-

ционные технологии не достаточно эффективно используются в селекционной практике [11–13]. С точки зрения завершеного комплексного подхода к оптимизации построения моделей сортов программы и базы данных разработаны для конкретной селекционной станции или конкретной селекционной задачи. Компьютерные программы в основном предназначены для уточнения наследования количественных признаков с использованием различных генетико-математических методов, в том числе диаллельного анализа [14].

На основе математических экспериментальных данных разработана концептуальная схема модели сорта яровой тритикале (рис. 1). Схема раскрывает логическую последовательность операций, необходимых для построения варианта модели сорта. Под моделью сорта в данном случае понимаются определенные количественные и качественные характеристики основных хозяйственно важных признаков и свойств растений, проявляющиеся в конкретной почвенно-климатической зоне.

Информационно-аналитическая система (ИАС), входящая в концептуальную схему, состоит из программного обеспечения и комплекса математических моделей. При функционировании ИАС осуществляется корректировка заданных пользователем-селекционером данных, на основе которых можно было бы разработать комплексную систему модели сорта, позволяющую решать конкретные селекционные задачи. Для разработки ИАС требуется комплекс баз данных, баз знаний, необходимое организационное, техническое, экспертное, информационное, математическое и программное обеспечение. Наиболее сложной задачей в предлагаемой концептуальной модели является последний этап – “Прогнозирование”, требующий определенной вероятности подтверждения прогнозов метеоданных. В связи с ненадежностью прогнозов этот этап требует дополнительного научного обоснования.

Исследования проведены в 2009–2016 гг. в лабораторных и полевых условиях Сибирского научно-исследовательского институ-

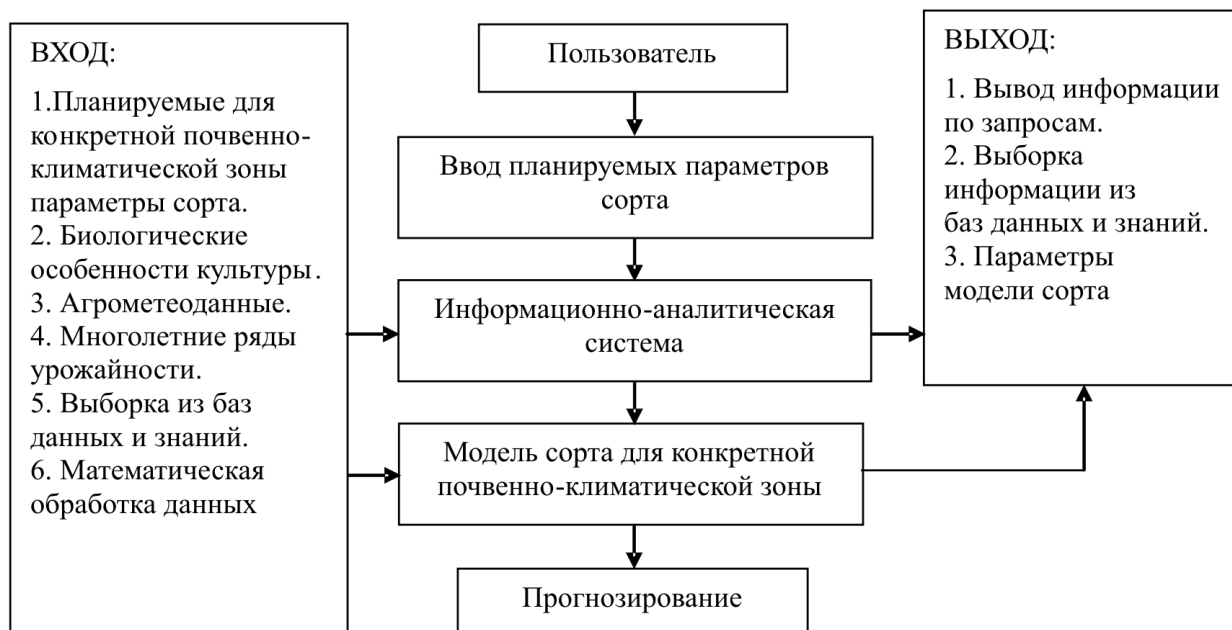


Рис. 1. Общая концептуальная схема построения варианта модели сорта с использованием информационных технологий

Fig. 1. General conceptual scheme of building variety model version using information technologies

та растениеводства и селекции – филиале института цитологии и генетики СО РАН и биополигона Сибирского физико-технического института аграрных проблем Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН. В соответствии с разработанной концептуальной схемой были выделены три этапа практического селекционного процесса по созданию модели сорта яровой тритикале.

На первом этапе проведен генетический и физиолого-экологический анализ исходного материала, представляющего интерес для конкретных почвенно-климатических условий. В табл. 1 приведена характеристика выбранных по комплексу признаков сортов.

Второй этап разработки модели сорта заключался в скрещивании – объединении в новых генотипах растений запроецирован-

Таблица 1. Характеристика сортов тритикале, включенных в эксперимент

Table 1. Characteristics of triticale varieties involved in experiment

Сорт	Тип развития	Происхождение (страна, регион)	Наиболее ценные признаки сорта
К-3722 Gabo	Яровой	Польша	Хорошо выполненное среднее по крупности зерно, короткий колос, низкостебельность, устойчивость к полеганию.
К-3542 Сокол Харьковский	Яровой	Украина	Крупное зерно, высокая продуктивность растения, раннеспелость, склонность к полеганию
К-3644 Укро	Яровой	Россия (Воронеж), Украина	Хорошо выполненное зерно, крупный, плотный колос, ости длинные, средняя устойчивость к полеганию. Сорт среднеспелый
К-3881 Dahbi 6/3/ Ardi 1/Торп 1419...	Яровой	Мексика	Короткий плотный колос, низкостебельность, устойчивость к полеганию. Сорт раннеспелый
Сирс 57	Озимый	Россия (Новосибирск)	Низкостебельность, устойчивость к полеганию, безостость. Сорт среднепоздний

ных признаков и получении разнокачественных в генетическом отношении гибридов. В ходе исследований в условиях Сибирского региона применены следующие методы создания селекционного материала: межсортовая гибридизация гексаплоидных тритикале на основе использования достижений мировой и отечественной селекции и использование озимой тритикале для создания яровых форм. Подробно данный этап описан в ранних работах коллектива [15].

На третьем этапе селекционного процесса на основе выполненного анализа экспериментальных данных выявлены отличительные особенности сортов и гибридов и проведен индивидуальный отбор элитных растений в гибридных потомствах, которые сочетали желаемые признаки и свойства модельного генотипа. Используя ранее разработанную методику определения анеуплоидных растений, из анализа были исключены нетипичные, резко отклоняющиеся по фенотипу растения – вероятные анеуплоиды с числом хромосом менее 42 [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Главным этапом построения модели сорта является формирование необходимых баз данных (БД). По результатам проведенных с 2009 по 2016 г. практических селекционных исследований основных хозяйственных показателей образцов яровых тритикале создана БД, содержащая информацию об изучении образцов яровых тритикале по урожайности, качеству продукции, устойчивости к болезням, вредителям и другим неблагоприятным факторам (всего около 20 показателей) изучаемой культуры [16].

Поскольку тритикале характеризуются значительной цитологической нестабильностью [6, 17], для корректировки параметров моделей сортов использовались данные структурного анализа выровненных семей $F_4 - F_6$. Анализ этих данных позволил определить границы изменчивости потенциальной урожайности, обеспечиваемой ресурса-

ми климата в конкретной почвенно-климатической зоне при общепринятой технологии возделывания.

В связи с тем, что значения количественных признаков отдельных растений представляют собой случайные величины и не содержат полной информации о варьирующихся параметрах сорта, взаимосвязь между ними может иметь лишь статистический характер. Наряду со средними величинами количественных признаков сорта должны быть использованы лимиты и корреляционный анализ [18]. Установление корреляционных связей между различными признаками растения позволяет наметить пути повышения его продуктивности, технологичности моделируемых сортов и устойчивости к стресс-факторам окружающей среды [19].

Следующим этапом реализации концептуальной модели является разработка баз знаний, хранящих процедурные и декларативные знания (правила и факты), и позволяющих проводить корректировку моделей сорта. Для этой цели привлечена информация, связанная с биологическими особенностями культуры, генетическим контролем основных хозяйственно ценных признаков и свойств, экологической пластичностью и стабильностью, корреляционными связями и др. [20].

На основании результатов селекционной работы в разных агроусловиях лесостепи Приобья и накопленного за годы исследования экспериментального материала определены оптимальные параметры варианта модели сорта яровой тритикале зернофуражного направления, адаптированной к конкретным условиям. Вариант модели разработан с использованием результатов корреляционного анализа связей между показателем массы зерен растения и морфобиологическими признаками (табл. 2).

Изучение корреляционных связей зерновой продуктивности с морфобиологическими и хозяйственно ценными признаками при селекции яровой тритикале позволило определить, за счет каких элементов структуры урожая можно более эффективно по-

Таблица 2. Коэффициенты корреляции массы зерен растения и основных морфобиологических признаков яровой тритикале

Table 2. Correlation coefficients of plant grain mass and main morphobiological characteristics of spring triticales

Хозяйственно ценный признак	Коэффициент корреляции, r	Стандартная ошибка коэффициента корреляции, S_r	Фактическое значение критерия существенности, $t_{r \text{ факт}}$	Теоретическое значение критерия существенности, $t_{r \text{ теор}}$
Продуктивная кустистость, шт.	0,8 *	0,03	24,23	2
Высота растения, см	0,51	0,04	12,05	2
Длина главного колоса, см	0,15	0,05	2,66	2
Число колосков в колосе, шт.	0,13	—	—	—
Число зерен в колосе, шт.	0,57	0,04	12,05	2
Масса зерна главного колоса, г	0,78 *	0,03	24,23	2
Масса 1000 зерен, г	0,68	0,04	16,52	2
Натура зерна, г/мл	0,39	0,04	7,44	2
Длина остей, см	0,41	0,04	9,05	2
Диаметр шейки, мм	0,15	0,05	2,21	2
Диаметр 1-го междоузья, мм	0,12	0,05	2,21	2

* корреляционная связь существенна с вероятностью 0,95.

вышать продуктивность растений, прогнозировать увеличение эффективности отбора по отдельным признакам и рационализировать селекционный процесс. Достоверность анализа доказана с помощью статистических методов обработки результатов изучения растений.

У исследуемых форм яровой тритикале наиболее значимыми элементами структуры урожая являются масса зерна колоса ($r = 0,78$) и продуктивная кустистость ($r = 0,8$).

На основе анализа корреляционных связей хозяйственно биологических признаков и продуктивности различных групп сортов образцов предложена следующая модель зернофуражного сорта яровой тритикале (табл. 3).

При создании модели сорта уделено особое внимание признакам, ответственным за приспособленность к лимитирующим факторам среды. Продолжительность вегетационного периода является одним из признаков, ограничивающих возделывание тритикале в Сибирском регионе. За годы исследований этот показатель имел среднее значение 93 дня.

Высота растения имеет положительно среднюю корреляционную зависимость с

продуктивностью растения ($r = 0,51$). Существует прямая зависимость между устойчивостью к полеганию и высотой растения. Короткий стебель имеет преимущество перед длинным стеблем, так как он более устойчив к полеганию при воздействии ливневых дождей, сопровождающихся сильными ветрами. В условиях Западной Сибири такие погодные условия являются основной причиной полегания на огромных массивах даже в благоприятные годы, когда формируется высокий урожай [21]. Однако слишком короткие растения (карлики) являются низкопродуктивными. Из 518 созданных образцов наибольшее число имели высоту 85–95 см. Для разрабатываемого варианта модели сорта более приемлемая высота от 80 до 90 см.

В зависимости от агроусловий участков выраженность признака длины колоса в экспериментальных данных колебалась в широких пределах: от 6,5 до 14,5 см. Длина колоса положительно коррелирует с другими структурными элементами, обуславливающими продуктивность колоса (табл. 4).

При создании перспективного сорта селекционная работа должна быть направле-

Таблица 3. Параметры варианта модели сорта яровой тритикале для условий Западно-Сибирской лесостепи Приобья с нормой высева семян 6 млн/га

Table 3. Parameters of spring triticale model variety for Western Siberia forest-steppe conditions with standard seed quantity of 6 mln/ha

Хозяйственно ценный признак	Показатель сортов	
	Сорт Укро	Модельный сорт
Структура урожая:	90–110	80–90
высота растения, см	2–3	2–3
продуктивная кустистость, шт.	45–55	50–60
число зерен главного колоса, шт.	10–11	11–13
длина колоса, см	22–26	20–25
число колосков в колосе, шт.	Да	Нет
остистость	3–4	4–5
масса зерна колоса, г	6–7	10–12
масса зерна растения, г	52	60
масса 1000 зерен, г	2–2,1	2,1
натура зерна, г/мл	1,9–2,1	2,7
диаметр шейки, мм	3,4–3,8	4,1
диаметр первого междоузья, мм	41	50
урожайность, ц/га	87–92	93
Вегетационный период, дни		
Устойчивость к неблагоприятным условиям среды: засухоустойчивость	Высокая	Высокая
Устойчивость к основным болезням: мучнистая роса, бурая ржавчина, пыльная и твердая головня	Высокоустойчив	Высокоустойчив

на на увеличение длины колоса до 11–13 см с числом колосков в колосе 20–25 шт., так как именно эти параметры обеспечивали наибольшую массу колоса у экспериментальных образцов.

Масса зерна колоса должна быть 4–5 г при общей массе зерна растения 10–12 г и продуктивной кустистости 2–3 шт., что позволит более полно реализовать биологический потенциал урожайности культуры тритикале.

Большое влияние на формирование зерна с высокой массой 1000 зерен оказали условия среды в период колошение – созревание. Отмечено, что сухая жаркая погода приводила к формированию щуплого зерна (морщинистость, глубокая бороздка). Максимальное значение данного признака имели гибриды Укро × К–3881 – 78 г, К–3881 × Сокол – 83 г. Для разрабатываемого модельного сорта предложено взять среднее значение массы 1000 зерен 60 г, что превышает данный показатель у базового сорта.

В эксперименте отбор проводили из безостых гибридов с сортом Сирс 57, также эти гибриды имели наименьшую пониклость колосьев после созревания.

Сорта, соответствующие новой модели (рис. 2), отличаются высокой адаптивностью к конкретным условиям выращивания, а также обладают высокой устойчивостью к поражению грибными заболеваниями.

Таблица 4. Генотипическая корреляция длины колоса с элементами продуктивности
Table 4. Genotype correlation of ear length and productivity elements

Хозяйственно ценный признак	Коэффициент корреляции, r
Число колосков в колосе, шт.	0,75 – 0,79*
Число зёрен главного колоса, шт.	0,49
Масса зёрен колоса, г	0,20 – 0,37
Масса зёрен растения, г	0,18

* корреляционная связь существенна с вероятностью 0,95.

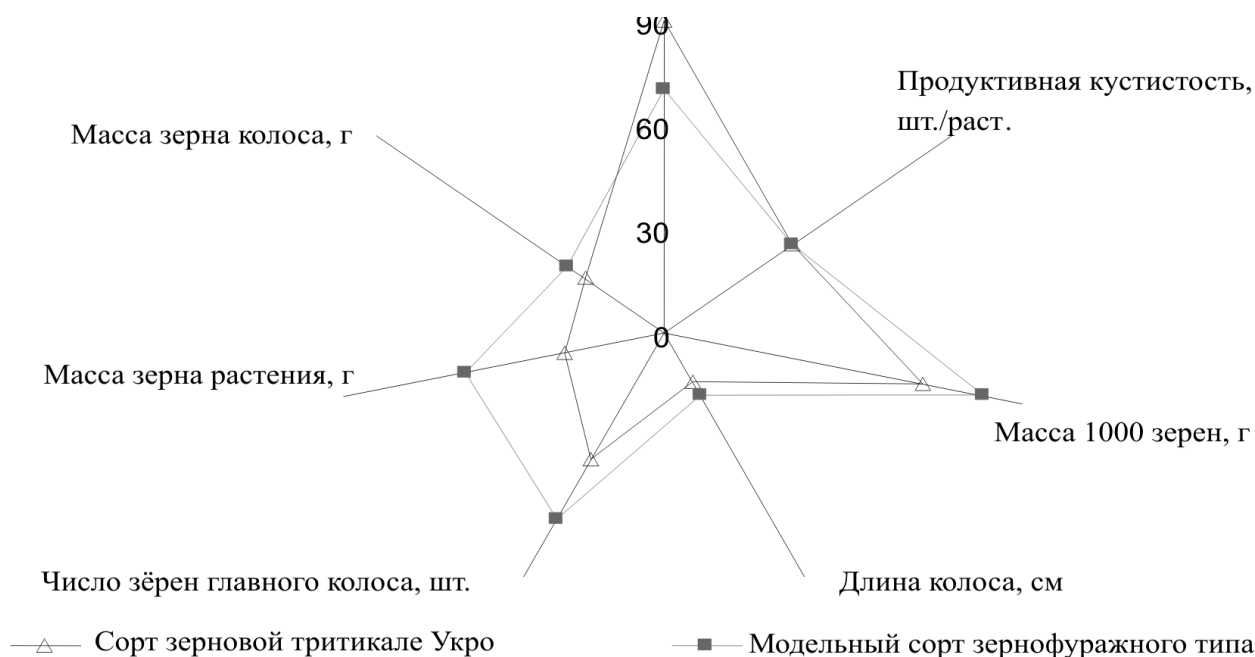


Рис. 2. Соотношение количественных признаков зернового сорта Укро и модельного сорта зернофуражного тритикале

Fig. 2. Quantitative parameters correlation of Ukro grain variety and model version of grain-fodder triticale variety

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ результатов дает научную информацию, позволяющую выявить и обосновать перспективные направления дальнейшей селекционной работы. Построена модель зернофуражного сорта ярового тритикале с учетом технологичности и адаптации к условиям Западно-Сибирской лесостепи Приобья, имеющая следующие основные параметры: высота растения 80–90 см, продуктивная кустистость 2–3 шт.; число зерен главного колоса 50–60 шт.; масса зерна колоса 4–5 г; масса 1000 зерен 60 г, урожайность 50 ц/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гудинова Л.Г., Зыкин В.А., Калашник Н.А. К модели сорта яровой мягкой пшеницы для условий Западной Сибири // Применение физиологических методов при оценке селекционного материала и моделирование новых сортов сельскохозяйственных культур: матер. I Всесоюз. конф. по применению физиологических методов в селекции растений (г. Жодино Минской обл.). – М., 1983. – С. 47–52.
2. Кукенов В.Г., Карамышев Р.М. О моделировании селекционного процесса. Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1978. – С. 10–15.
3. Орлюк А.П. Физиолого-генетический принцип создания интенсивных сортов озимой пшеницы для орошаемого земледелия // Применение физиологических методов при оценке селекционного материала и моделирование новых сортов сельскохозяйственных культур: матер. I Всесоюз. конф. по применению физиологических методов в селекции растений. г. Жодино Минской обл. – М., 1983. – С. 42–47.
4. Giunta F., Vita P., Mastrangelo A., Sanna G., Motzo R. Environmental and genetic variation for yield-related traits of durum wheat as affected by development // Frontiers in plant science, 2018. – Vol. 9, Article 8. – 19 p.
5. Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком / пер. с англ.: под ред. и с предисл. Ю.Л. Гужова. – М.: Колос, 1978. – 285 с.
6. Zhu F. Triticale: Nutritional composition and food uses // Food Chemistry. – 2018 – Vol. 241. – P. 468–479.

7. **Фолтын Й.** Модель сорта (идеотип) пшеницы // Междунар. с.-х. журн. – 1980. – № 2. – С. 54–57.
8. **Володарский Н.И., Циунович О.Д.** Морфофизиологические особенности растений пшеницы в связи с разработкой моделей высокопродуктивного сорта // Сельскохозяйственная биология. – 1978. – № 3 (13). – С. 323–332.
9. **Унтила И.П., Гаина Л.В., Постолатий А.А.** Основные параметры моделей сортов озимой пшеницы для зоны недостаточного увлажнения // Генетика и селекция растений: Матер. V съезда ВОГиС. – М.: Науч. центр биол. исследований, 1987. – Т. 4, ч. 2. – С. 206–207.
10. **Гончаров П.Л.** Оптимизация селекционного процесса // Повышение эффективности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: докл. VIII генетико-селекц. шк., 11–16 ноября 2001 г. – Новосибирск: СибНИИРС СО РАСХН, 2001. – С. 5–16.
11. **Зобова Н.В., Позднякова О.В., Сурин Н.А.** Создание и использование электронной базы данных в селекции // Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследовании сельскохозяйственных процессов – АГРОИНФО–2003: материалы междунар. науч.-прак. конф. – Новосибирск: РАСХН, Сиб. отд-ние, 2003. – Т. 1. – С. 118–120.
12. **Коваль С.Ф., Коваль В.С., Чернаков В.М.** Что такое модель сорта. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 277 с.
13. **Мережко А.Ф.** Использование менделевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // Экологическая генетика культурных растений: матер. школы молодых ученых. РАСХН, ВНИИ риса. – Краснодар, 2005. – С. 107–117.
14. **Гребенникова И.Г.** Совершенствование методики оценки хозяйственно ценных свойств коллекционных и селекционных форм тритикале с применением комплекса компьютерных программ: автореф. дис...канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2016. – 18 с.
15. **Гребенникова И.Г., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И.** Компьютерная программа обеспечения селекционного процесса зерновых культур (на примере тритикале) // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2/2. – С. 128–133.
16. **Гребенникова И.Г., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И.** Компьютерные технологии оценки селекционного материала яровых тритикале // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 9. – С. 79–82.
17. **Цухия Т.** Цитологическая нестабильность тритикале // Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком. – М.: Колос, 1978. – С. 80–105.
18. **Седловский А.И., Тюпина Л.Н., Новохотин В.В.** Изучение нетрадиционных методов селекции самоопыляющихся культур // Проблемы теоретической и прикладной генетики в Казахстане: матер. респ. конф. Алма-Ата, 18–22 ноября, 1990 г. – Алма-Ата, 1990. – С. 4–5.
19. **Mirza Faisal Qaseem, Rahmatullah Qureshi, Noshin Ilyas.** Multivariate statistical analysis for yield and yield components in bread wheat planted under rainfed conditions // Pakistan Journal of Botany. – 2017. – N 49(6). – P. 2445–2450.
20. **Гребенникова И.Г., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И.** Анализ экологической пластичности тритикале // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2013. – № 3. – С. 101–106.
21. **Цильке Р.А.** Генетика, цитогенетика и селекция растений. – Новосибирск: НГАУ, 2003. – 621 с.

REFERENCES

1. **Gudinova L.G., Zykin V.A., Kalashnik N.A.** K modeli sorta yarovoi myagkoi pshenitsy dlya uslovii Zapadnoi Sibiri // Primenenie fiziologicheskikh metodov pri otsenke selektsionnogo materiala i modelirovanie novykh sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: mater. I Vsesoyuz. konf. po primeneniuyu fiziologicheskikh metodov v selektsii rastenii. g. Zhodino, Minskoi obl. – M., 1983. – С. 47–52.
2. **Kukenov V.G., Karamyshev R.M.** O modelirovanii selektsionnogo protsesa. Genetika kolichestvennykh priznakov sel'skokhozyaistvennykh rastenii. – M.: Izd-vo Nauka, 1978. – С. 10–15.
3. **Orlyuk A.P.** Fiziologo-geneticheskii printsip sozdaniya intensivnykh sortov ozimoi pshenitsy dlya oroshaemogo zemledeliya // Primenenie fiziologicheskikh metodov pri otsenke selektsionnogo materiala i modelirovanie novykh sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: mater. I Vsesoyuz. konf. po primen-

- eniyu fiziologicheskikh meto-dov v selektsii rastenii. g. Zhodino, Minskoi obl. – M., 1983. – С. 42–47.
4. **F. Giunta, P. Vita, A. Mastrangelo, G. Sanna, R. Motzo.** Environmental and ge-netic variation for yield-related traits of durum wheat as affected by development // *Frontiers in plant science*, 2018. – Vol. 9.– Article 8. – 19 p.
5. **Тритикале** – pervaya zernovaya kul'tura, sozdannaya chelovekom / per. s angl. / pod red. i s predisl. Yu.L. Guzhova. – M.: Kolos, 1978. – 285 s.
6. **Zhu F.** Triticale: Nutritional composition and food uses // *Food Chemistry*. – 2018 – Vol. 241. – P. 468–479.
7. **Foltyn I.** Model' sorta (ideotip) pshenitsy // *Mezhdunar. s.-kh. zhurn.* – 1980. – № 2.– S. 54–57.
8. **Volodarskii N.I., Tsiunovich O.D.** Morfo-fiziologicheskie osobennosti rastenii pshenitsy v svyazi s razrabotkoi modelei vysokoproduktivnogo sorta // *Sel'-skokhozyaistvennaya biologiya*.– 1978. – № 3 (13).– S. 323–332.
9. **Untila I.P., Gaina L.V., Postolatii A.A.** Osnovnye parametry modelei sortov ozimoi pshenitsy dlya zony nedostatochnogo uvlazhneniya // *Genetika i selektsiya rastenii: Mater. V s"ezda VOGiS*. – M.: Nauch. tsentr biol. issledovaniy, 1987. – T. 4, ch. 2. – S. 206–207.
10. **Goncharov P.L.** Optimizatsiya selektsionnogo protsessa // *Povyshenie effektivnosti selektsii i semenovodstva sel'skokhozyaistvennykh rastenii: dokl. VIII gene-tiko-selekts. shk.*, 11–16 noyabrya 2001 g. – Novosibirsk: SibNIIRS SO RASKhN, 2001. – S. 5–16.
11. **Zobova N.V., Pozdnyakova O.V., Surin N.A.** Sozdanie i ispol'zovanie elek-tronnoi bazy dannykh v selektsii // *Informatsionnye tekhnologii, informatsionnye izmeritel'nye sistemy i pribory v issledovanii sel'-skokhozyaistvennykh protsessov – AGROINFO–2003: mater. mezhdunar. nauch.-prak. konf.* – Novosibirsk: RASKhN, Sib. otd-nie, 2003. – T. 1. – S. 118–120.
12. **Koval' S.F., Koval' B.C., Chernakov V.M.** Chto takoe model' sorta. – Omsk: Izd-vo FGOU VPO OmGAU, 2005. – 277 s.
13. **Merezhko A.F.** Ispol'zovanie mendelevskikh printsi-pov v komp'yuternom analize nasledovaniya var'iruyushchikh priznakov // *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenii: mater. shkoly molodykh uchenykh. RASKhN, VNII risa.* – Krasnodar, 2005. – S. 107–117.
14. **Grebennikova I.G.** Sovershenstvovanie metodiki otsenki khozyaistvenno-tsennykh svoystv kollektsionnykh i selektsionnykh form tritikale s primeneniem kom-pleksa komp'yuternykh programm: avtoref. dis...kand. s.-kh. nauk. – Novosibirsk, 2016. – 18 s.
15. **Grebennikova I.G., Aleinikov A.F., Ste-pochkin P.I.** Komp'yuternaya pro-gramma obespecheniya selektsionnogo protsessa zernovykh kul'tur (na primere tritikale) // *Pol-zunovskii vestnik*. – 2011. – № 2/2. – S. 128–133.
16. **Grebennikova I.G., Aleinikov A.F., Ste-pochkin P.I.** Komp'yuternye tekhnologii otsenki selektsionnogo materiala yarovykh tritikale // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. – 2012. – № 9. – S. 79–82.
17. **Tsukhiya T.** Tsitologicheskaya nestabil'nost' tritikale. – V kn.: *Tritikale per-vaya zernovaya kul'tura, sozdannaya chelovekom*.– M: Kolos, 1978.– S. 80–105.
18. **Sedlovskii A.I., Tyupina L.N., Novokho-tin V.V.** Izuchenie netraditsionnykh metodov selektsii samoopylyayushchikhsya kul'tur // *Problemy teoreticheskoi i pri-kladnoi genetiki v Kazakhstane: mater. resp. konf. Alma-Ata*, 18–22 noyabrya, 1990 g. – Alma-Ata, 1990. – S. 4–5.
19. **Mirza Faisal Qaseem, Rahmatullah Qureshi, Noshin Illyas.** Multivariate statistical analysis for yield and yield components in bread wheat planted under rainfed conditions // *Pakistan Journal of Botany*. – 2017. – N. 49(6).– R. 2445–2450.
20. **Grebennikova I.G., Aleinikov A.F., Ste-pochkin P.I.** Analiz ekologicheskoi plastichnosti tritikale // *Sib. vestn. s.-kh. nauki*. – 2013. – № 3. – S. 101–106.
21. **Tsil'ke R.A.** Genetika, tsitogenetika i selektsiya rastenii. – Novosibirsk: NGAU, 2003. – 621 s.

DEVELOPMENT OF SPRING TRITICALE VARIETY MODEL

**I.G. GREBENNIKOVA¹, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher,
P.I. STEPOCHKIN², Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher,
A.F. CHESHKOVA¹, Candidate of Physic-Mathematics, Leading Researcher,
A.F. ALEJNIKOV^{1,3}, Doctor of Technics, Professor, Chief Researcher**

¹*Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences,
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia*

²*Siberian Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics
SB RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia*

³*Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx Ave, Novosibirsk, 630073, Russia
e-mail: sibfti.grig@ngs.ru*

The model of spring triticale variety adapted to the conditions of the forest-steppe zone of Western Siberia was developed based on empirical data obtained during breeding. The work was carried out using the results of the analysis of the relationships between the indexes of plant grains mass and morphobiological characteristics of the plant. According to the results of breeding studies of spring triticale in 2009–2016, there was created computer database containing information on productivity, product quality, resistance to diseases, pests and other characteristics. The materials for breeding were intervartietal hybrids of hexaploid spring triticale obtained by diallel crossings of four spring triticale varieties from the world collection of the N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry (Sokol Kharkovskiy, Ukro, Gabo, K-3881) as well as by crossing of these varieties with Sirs 57– a winter triticale variety bred at Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – branch of IC&G SB RAS. A conceptual scheme of the spring triticale variety model was elaborated, revealing a logical sequence of operations required to build a variety model version. We used the practical data to correct the parameters of the model variety that allowed us to determine the limits of variability of the potential yield, provided by the climate resources in a specific soil-climatic zone. The following main parameters of spring triticale variety model were determined: the number of grains of the main ear is 50–60 pieces, the length of the ear is 11–13 cm; weight of 1000 grains is 60 g, grain yield is 50 c/ha.

Keywords: spring triticale, variety model, database, correlation analysis, breeding.

Поступила в редакцию 22.01.2018