

THE USE OF COMPUTER SOFTWARE IN APPLIED PROBLEMS OF ARTIFICIAL SELECTION

*Irina G. Grebennikova¹, Anna F. Cheshkova¹,
Damir I. Chanyshv¹, Petr I. Stepochkin^{1,2}*

¹ Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies RAS

² Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics SB RAS

Abstract: The article describes the application of software package developed for grain crops breeding support. The methods used to assess the breeding material are considered: a method of diallel analysis, a method for evaluating the environmental plasticity of varieties in terms of intensity and stability, varieties complex assessment by scalar ranking method. The programs were tested on samples from spring wheat and triticale collection, which made it possible to evaluate varieties and choose the parental forms of spring triticale for hybridization.

Keywords: information technologies, computer software, grain crops, selection, diallel analysis, ecological plasticity.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРИКЛАДНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЗАДАЧАХ

Гребенникова И.Г.⁽¹⁾, Чешкова А.Ф.⁽¹⁾, Чанышев Д.И.⁽¹⁾, Стёпочкин П.И.^(1,2)

⁽¹⁾ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Краснообск, НСО

⁽²⁾ Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН, Краснообск, НСО

В статье описано применение программного комплекса для информационной поддержки селекции зерновых культур. Рассмотрены основные используемые методы оценки селекционного материала: метод диаллельного анализа, метод оценки экологической пластичности сортов и линий по показателям интенсивности и устойчивости, интегральная оценка селекционной ценности методами скалярного ранжирования и статистического анализа. Приведены результаты тестирования программ на образцах яровой пшеницы и тритикале, позволившие произвести оценку коллекционных образцов и подбор родительских форм яровой тритикале для гибридизации.

Ключевые слова: информационные технологии, компьютерная программа, зерновые культуры, селекция, диаллельный анализ, экологическая пластичность.

Введение. Развитие эффективного сельскохозяйственного производства на сегодняшний день невозможно без внедрения новых технологических процессов производства и улучшения информационно-технологической базы при управлении этими процессами. Как правило, основным фактором эффективности сельскохозяйственного производства являются современные информационные технологии. Базовыми элементами новых информационных технологий являются компьютерные программы. Знания ведущих специалистов и современные методики производства сельскохозяйственной продукции отображаются в этих программах в виде математических моделей и методов обработки информации.

Создание новых высокоурожайных сортов зерновых культур требует изучения наследования признаков продуктивности растения, определения экологической приспособленности перспективных форм и линий, использования эффективных методов отбора лучших образцов по комплексу признаков. Использование компьютерных технологий в селекции зерновых культур обеспечивает информационное сопровождение селекционного процесса при решении задач классификации и прогнозирования.

Результаты. В СФНЦА РАН разработан комплекс компьютерных программ, предназначенный для информационно-аналитического сопровождения различных этапов селекции злаковых культур (Рис. 1).

В состав комплекса входят пакеты статистических, биометрико-генетических и селекционно-ориентированных программ, которые обеспечивают планирование полевых экспериментов, хранение полученных в результате опытов данных, оценку селекционного материала и проведение статистического анализа данных [1]. Приоритет разработки подтвержден свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ [2-5]. Тестирование комплекса осуществлялось на полученных опытным путём данных практических селекционных исследований основных хозяйственных показателей селекционных образцов. Материалом исследований служили сортообразцы яровой мягкой пшеницы сибирской селекции: Новосибирская 15, Новосибирская 31, Сибирская 12 и коллекционные формы яровой тритикале из коллекции ВИР: Укро (к-3644, Украина, Россия), Gabo (к-3722, Польша), Сокол Харьковский

(к-3542, Украина), Dahbi 6/3/Ardi 1/Торо 1419 (к-3881, Мексика), Лт-F6-544-6 (к-3992, Россия), Kissa (к-3721, Мексика), а также селекционная форма F8: Сирс 57×Укро, полученная в результате диаллельных скрещиваний. Полевой опыт проводился на земельных участках СФНЦА РАН и СибНИИРС с 2009 по 2017 гг.

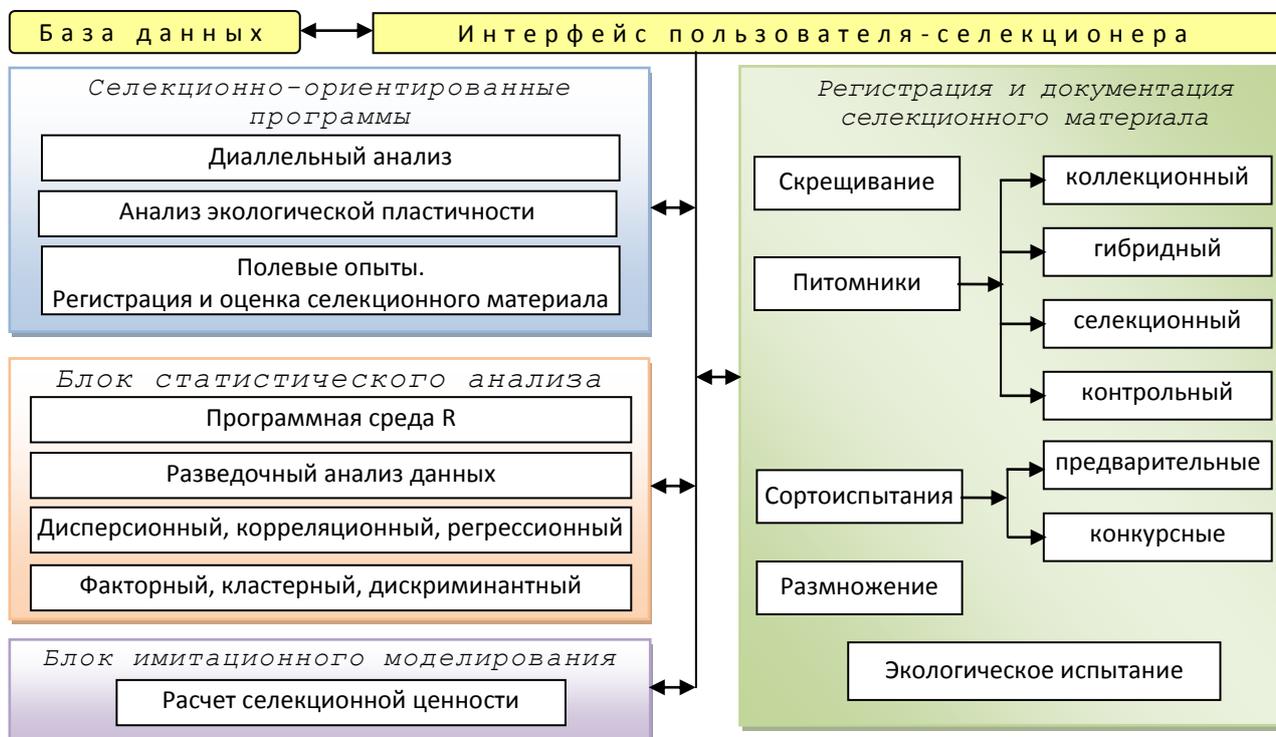


Рис. 1. Структура программно-алгоритмического комплекса.

Исследуемые образцы существенно различаются по комплексу хозяйственно ценных признаков и принадлежат к разным группам спелости, отличаются полевой устойчивостью к листовым болезням, к пыльной и твёрдой головне, стеблевой и жёлтой ржавчине. По результатам исследований создана база данных, содержащая информацию об изучении образцов яровых тритикале и пшеницы по урожайности, качеству продукции, устойчивости к болезням, вредителям и другим неблагоприятным факторам – всего около 20 показателей.

Программный комплекс тестировался на пшенице и тритикале, однако после небольшой модификации его компоненты могут быть адаптированы для других сельскохозяйственных культур. Ниже приведено описание основных программ, входящих в комплекс, и результаты селекционной оценки исследуемых образцов яровой пшеницы и тритикале.

Диаллельный анализ в селекции сельскохозяйственных культур «DIAS». Программа создана на основе методических рекомендаций Р.А. Цильке и Л.П. Присяжной [6,7] и предназначена для расчёта генетических параметров, комбинационной способности сортов зерновых культур и анализа исходного материала по количественным признакам на основе методов Гриффинга и Хеймана. Расчётные параметры позволяют оценить способности селекционного материала передавать трансгрессивное расщепление в потомстве диаллельных гибридов F_1 , а также позволяют для конкретного селекционного материала оценить такие интегральные генетические параметры признака как среднюю степень и направление доминирования в полиморфных локусах, приблизительное число этих локусов, распределение жела-

тельных и нежелательных аллелей и др. Анализ параметров облегчает подбор оптимальной схемы селекции по ценным признакам.

Для изучения донорских способностей тритикале в 2009 г. проведена гибридизация по полной диаллельной схеме 4×4 сортов яровой тритикале Сокол Харьковский, Укро, Gabo, к-3881, а также этих сортов с озимым сортом Сирс57. С использованием программы «DIAS» был проведён диаллельный анализ и определены комбинационные способности исследуемых образцов тритикале по таким показателям, как число колосков в колосе, натура зерна, масса 1000 зёрен, длина колоса, число колосков в колосе [8-11]. На рисунках 2, 3 приведены результаты работы программы для признака «масса 1000 зёрен». Анализ показал, что сорт Укро может быть использован в линейной селекции для увеличения значения данного признака. Гибридную комбинацию Сокол×К-3881 целесообразно применять в селекции на гетерозис.

Название сорта	Константы СКС (Sij)				Эффекты ОКС (gi)	Вклад в дисперсию ОКС	Вклад в дисперсию СКС
	Габо	К-3881	Сокол	Укро			
Габо					-3,3484 *	8,6597	3,834
К-3881	3,0135 *				-0,1859	-2,5178	17,6035
Сокол	2,5851 *	48,0206 *			1,1359	-1,262	17,4038
Укро	5,9034 *	1,7764 *	1,6058 *		2,3984 *	3,2002	3,0952

* - оценка значима с вероятностью 95%

Рис.2. Результаты анализа варiances общей и специфической комбинационной способности.

Компоненты изменчивости и их ошибки		
D	18,82 ± 9,08	Аддитивный компонент изменчивости
F	1,29 ± 23,32	Отражает направление доминирования (в среднем по рядам в диаллель)
H1	50,3 ± 26,39	Обусловлен доминантными эффектами (положительными)
H2	45,29 ± 24,36	Обусловлен доминантными эффектами (отрицательными)
h2	8,9 ± 16,49	Алгебраическая сумма доминантных эффектов гетерозисных локусов
E	3,69 ± 4,06	Отражает доминантные и аддитивные эффекты для каждого ряда

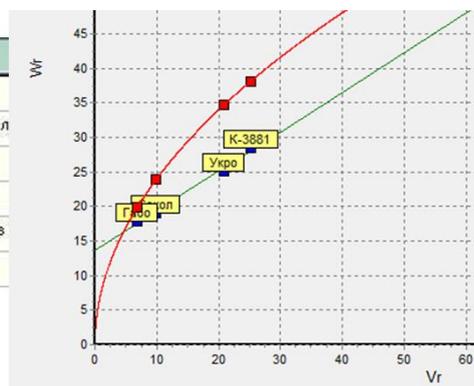


Рис. 3. Результаты расчёта генетических параметров

Анализ экологической пластичности сельскохозяйственных культур. В основу создания программы положена методика оценки экологической пластичности сортов и линий, разработанная Р.А. Удачным [12]. Данная методика позволяет проводить оценку экологической пластичности образцов на разных этапах селекционного процесса при испытании их минимум на двух агрофонах методом случайных повторений и использует для этого показатели интенсивности и устойчивости индекса стабильности.

Для тестирования программы было проведено экологическое испытание четырёх форм яровой тритикале на трёх агрофонах, различающихся по срокам сева и почвенным условиям. Результаты анализа (рис. 4, 5) позволили произвести дифференцирование исследуемых образцов по их реакции на условия возделывания, а также установить критерии селекционной ценности при различном сочетании высокой урожайности со свойствами стабильность и интенсивность [13].

Сорт	Интенсивность, %	Классификация сортов по интенсивности	Устойчивость, %	Классификация сортов по устойчивости
К-3992	50,04	Экстенсивный	76,356	Стабильный
Укро	158,492	Интенсивный	-299,977	Стабильный
Kissa	129,541	Интенсивный	-128,584	Стабильный
Сирс*Укро	17,958	Экстенсивный	37,655	Стабильный

Рис.4. Результаты оценки экологической пластичности.

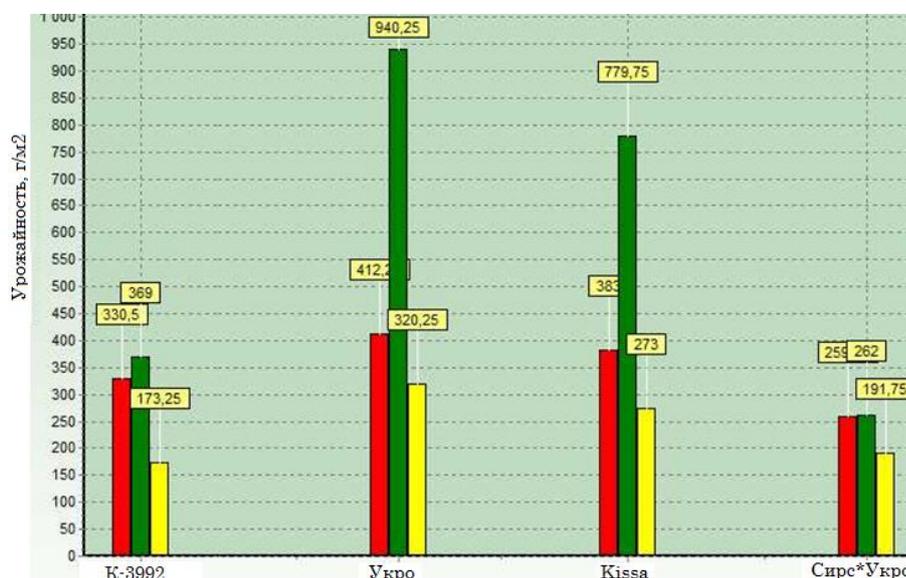


Рис.5 Влияние агрофонов на урожайность.

Все изучаемые сорта были оценены как стабильные. Наибольшие индексы стабильности отмечены у сортов Укро и Kissa, из чего следует, что они лучше приспособлены к местным условиям произрастания.

Полевые опыты. Регистрация и оценка селекционного материала сельскохозяйственных культур. Компьютерная программа предназначена для хранения данных, полученных в результате полевых опытов, оценки селекционной ценности культур по комплексу хозяйственно важных признаков, а также для обработки экспериментальных данных методами прикладной статистики. Программа обеспечивает выполнение следующих функций: ввод и редактирование справочной информации по изучаемым сортам и гибридам; ввод и редактирование данных, полученных в результате полевых опытов; расчёт селекционной ценности образцов на основе метода скалярного ранжирования; расчет стандартных статистических характеристик.

В связи с необходимостью сведения в один показатель ценности разнородных критериев селекционных объектов, предложен способ замены абсолютных исходных значений признаков на относительные балловые критерии. Результирующий сводный индекс представляет собой интегральную селекционную оценку исследуемого образца и количественно отображает относительную важность объекта в рассматриваемой выборке. Полученные значения ранжируются, располагая объекты в порядке степени их удовлетворения целям селекции [14]. На рисунках 6-7 приведены результаты расчета индексов интегральной селекционной ценности по данным структурного анализа гибридов яровой тритикале F_1 - F_2 .

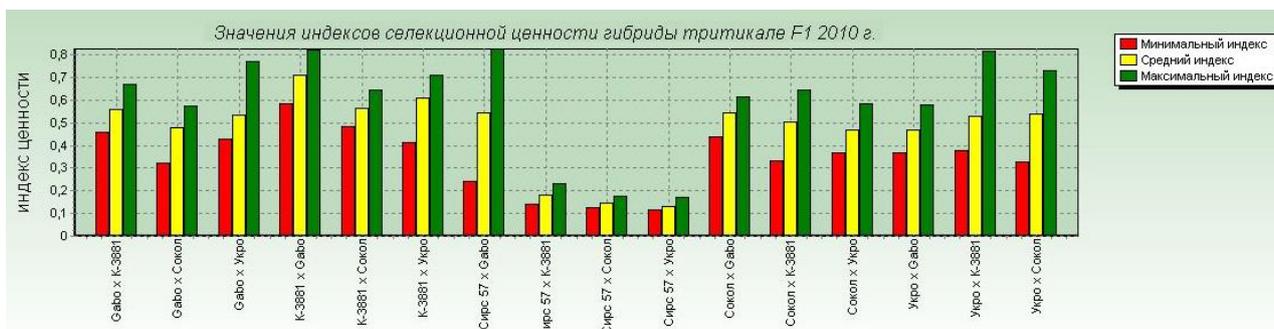


Рис.6. Значения индексов селекционной ценности для гибридов F_1 .

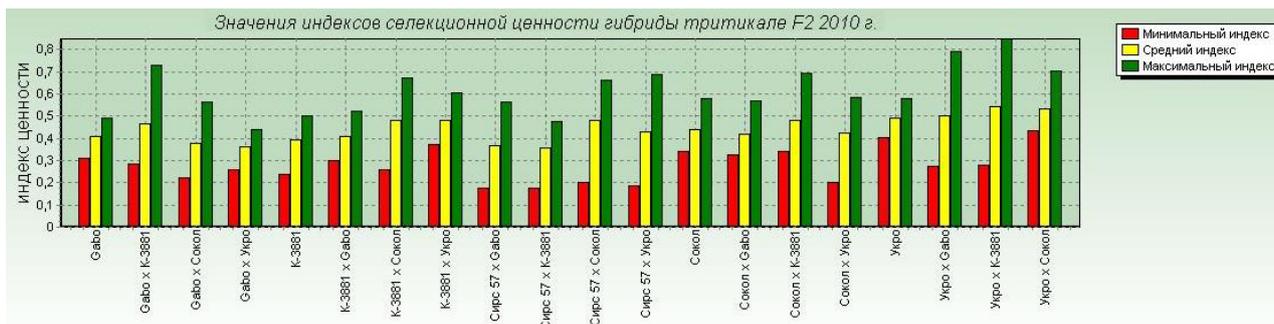


Рис.7. Значения индексов селекционной ценности для гибридов F_2 .

В интегральную селекционную оценку вошли 12 хозяйственно ценных признаков. На диаграммах представлены максимальный, минимальный и средний по повторностям индексы для каждого изучаемого гибрида и их родительских форм.

Программа статистического анализа R. В программе реализованы следующие процедуры: разведочный анализ данных (расчет базовых статистических показателей, проверка на нормальность распределения, график квантилей, диаграмма размахов, гистограмма, график плотности распределения); корреляционный анализ данных (корреляционная матрица, диаграмма рассеяния); метод главных компонент (матрицы и графики счетов и нагрузок, диаграмма главных компонент, проекции на компоненты); кластерный анализ данных (дендрограмма, график коэффициентов слияния, график кластеров в пространстве главных компонент, проверка устойчивости кластеров); дисперсионный анализ данных (анализ дисперсий и средних многофакторных моделей, проверка адекватности модели, критерий Тьюки для разности средних, график плотности остатков, групповая диаграмма размахов) (рис. 8).

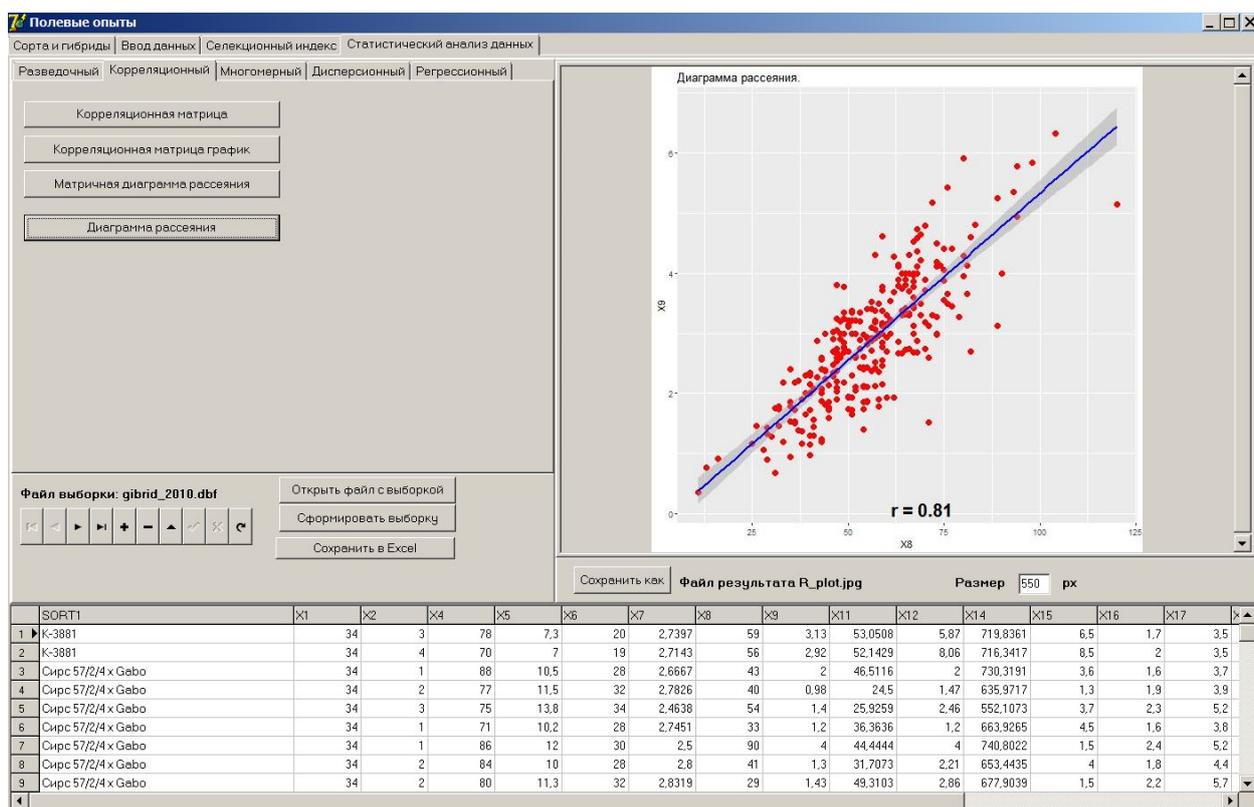


Рис. 8. Программный интерфейс для расчета статистических параметров.

Результаты статистических расчетов выводятся в текстовом или графическом виде.

Выводы. При помощи разработанного программно-алгоритмического комплекса из исходного материала выделены ценные в селекционном плане образцы яровой тритикале, адаптированные для возделывания в Западно-Сибирском регионе. Таким образом, применение программного комплекса позволяет повысить точность подбора родительских пар, конкретизировать направление селекционного процесса, выполнить дифференцирование исследуемых сортов по реакции на условия возделывания и получить оценку селекционной ценности изучаемых образцов по комплексу признаков. За счёт сокращения сроков и снижения затрат на выведения новых сортов повысится эффективность селекционного процесса зерновых культур.

Работа поддержана бюджетным проектом СФНЦА РАН № 0778-2019-0001.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алейников А.Ф., Чешкова А.Ф., Гребенникова И.Г., Стёпочкин П.И., Потанин В.Г., Чанышев Д.И. Применение программно-алгоритмического комплекса для информационной поддержки селекции зерновых культур: методические указания. Новосибирск, 2017. 48 с.
- [2] Диаллельный анализ селекции сельскохозяйственных культур: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ Российская Федерация / Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И., Гребенникова И.Г. № 2011613440; опубл. 25.04.2011.
- [3] Анализ экологической пластичности сельскохозяйственных культур: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ Российская Федерация / Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И., Гребенникова И.Г., Чешкова А.Ф. № 2013611494; опубл. 22.01.2013.

- [4] Интегральная селекционная оценка сельскохозяйственных культур: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ Российская Федерация / Чешкова А. Ф., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И., Гребенникова И.Г. № 2013661141; опубл. 29.11.2013.
- [5] Полевые опыты. Регистрация и оценка селекционного материала сельскохозяйственных культур. Версия 2.0: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ Российская Федерация / Чешкова А. Ф., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И. № 2017613267; опубл. 29.03.2017.
- [6] Цильке Р.А., Присяжная Л.П. Методика оценки исходного материала по комбинационной способности в диаллельных скрещиваниях. Новосибирск, 1979. 29 с.
- [7] Цильке Р.А., Присяжная Л.П. Методика диаллельного анализа исходного материала по количественным признакам. Новосибирск, 1979. 13 с.
- [8] Гребенникова И.Г., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И. Диаллельный анализ числа колосков в колосе яровой тритикале // Сибирский вестник с.-х. науки. 2011. № 7,8. С. 77-85.
- [9] Grebennikova I.G., Aleynikov A.F., Stepochkin P.I. Diallel analysis of the number of spikelets per spike in spring triticale // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2011. Т. 17. № 6. С. 755-759.
- [10] Гребенникова И.Г., Алейников А.Ф., Степочкин П.И. Диаллельный анализ длины колоса у яровой тритикале // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2010. № 12. С. 103-109.
- [11] 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.
- [12] Удачин Р.А. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // Селекция и семеноводство. 1990. № 5. С. 2-6.
- [13] Гребенникова И.Г., Алейников А.Ф., Степочкин П.И. Анализ экологической пластичности тритикале // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2013. № 3. С. 101-106.
- [14] Чешкова А.Ф., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И., Гребенникова И.Г. Компьютерная программа «Интегральная селекционная оценка сельскохозяйственных культур» // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 12. С. 69-71.