

DOI: 10.33775/1684-2464-2020-48-3-95-101
УДК 633.111.1:577.2

Д.С. Миков,
В.В. Тюрин, д-р биол. наук,
Р.О. Давоян, д-р биол. наук,
Э.Р. Давоян, канд. биол. наук,
Ю.С. Зубанова,
Д.М. Болдаков
г. Краснодар, Россия

ОЦЕНКА ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ГЕНЕТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ *AEGILOPS SPELTOIDES* ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ

Исследования проводили в 2017 и 2018 годах в отделе биотехнологии ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» с целью отбора наиболее продуктивных интрогрессивных линий с генетическим материалом *Ae. speltoides* для дальнейшего их использования в селекционном процессе. Посев производили на опытном участке отдела биотехнологии с помощью селекционной шестирядной сеялки, размер делянки составлял 1х1,30 метра. Уборку опытных делянок для подсчёта показателей продуктивности проводили вручную с помощью рамки, площадью 1 м². Комплекс признаков продуктивности, в который входили: высота растений, длина колоса, количество колосков, количество зерен в колосе, масса зерна с колоса, масса 1000 зерен, масса зерна с 1 м², количество продуктивных колосьев с 1 м² изучен с помощью статистических методов. Для отбора лучших линий был проведен дискриминантный анализ, создана селекционная модель и проведен кластерный анализ, результатом которого является рисунок – иерархический дендрит. В соответствии с алгоритмом программы StatSoft STATISTICA 12 был выбран уровень разрезания дендрита в 60 усл. ед. при котором выделяется два кластера. В первый из них вошли линии 5053, 5047, 4909, 5041, 4915, сорт Краснодарская 99 и селекционная модель. Во второй кластер включены линии 4897, 4867, 4849, 4879 и сорт Аврора. Таким образом, линии 4909, 4915, 5041, и 5047 5053 обладают наибольшей продуктивностью и рекомендуются к использованию в дальнейшем селекционном процессе.

Ключевые слова: пшеница, интрогрессивные линии, признаки продуктивности, дискриминантный анализ, селекционная модель.

EVALUATION OF INTROGRESSION WHEAT LINES WITH GENETIC MATERIAL FROM *AEGILOPS SPELTOIDES* ON PRODUCTIVITY TRAITS

The research was carried out in 2017 and 2018 in the Department of Biotechnology of the “National center of grain named after P.P. Lukyanenko” in order to select the most productive introgressive lines with the genetic material of *Ae. speltoides* for their further use in the breeding process. Sowing was carried out on the experimental plot of the biotechnology department using a selection six-row seeder, the size of the plot was 1x1.30 meters. The harvesting of experimental plots for calculating productivity indicators was carried out manually using a frame with an area of 1 m². Statistical methods were used to study a complex of productivity indicators, which included: plant height, spike length, number of spikelets, number of grains per spike, grain weight per spike, 1000 grain weight, grain weight from 1m², number of productive spikes from 1m². To select the best lines, a discriminant analysis was carried out, a breeding model was created and a cluster analysis was carried out, the result of which was a picture of hierarchical dendrite. In accordance with the algorithm of the StatSoft STATISTICA 12 program, a dendrite cutting level of 60 conv. units was selected. Two clusters were allocated. The first of them included lines 5053, 5047, 4909, 5041, 4915, Krasnodarskaya 99 variety and a selection model. The second cluster included lines 4897, 4867, 4849, 4879 and the Aurora variety. Thus, lines 4909, 4915, 5041, and 5047 5053 have the highest productivity and are recommended for use in the further breeding process.

Key words: wheat, introgression lines, productivity traits, discriminant analysis, breeding model.

Введение

Использование генофонда диких сородичей в селекции является одним из способов расширения генетического разнообразия мягкой пшеницы [11, 13, 14]. Диплоидный вид *Ae. speltoides* (2n = 14, SS) генетически близок и содержит геном S, который гомеологичен геному В мягкой пшеницы *T. aestivum* (2n = 42, BBAAADD) [3]. От этого вида в настоящее время переданы гены устойчивости к таким болезням, как бурая и стеблевая ржавчины, гены-супрессоры системы Ph [12, 15, 16, 17].

Для облегчения передачи генетического материала от *Ae. speltoides* в мягкую пшеницу можно использовать синтетические формы, которые выполняют роль «генетического мостика». Для этой роли в 1980-х годах в лаборатории цитогенетики КНИИСХа была создана геномно-замещенная форма Авродес (BBAASS). На её основе были получены интрогрессивные линии мягкой пшеницы, отличающиеся устойчивостью к болезням и высоким содержанием белка [3].

Для вовлечения интрогрессивных линий в селекционный процесс они должны быть цитологически стабильными и иметь определенный набор хозяйственно-ценных признаков. По данным исследователей к 2018 году транслокации от *Ae. speltoides* с эффективными генами устойчивости практически не используются в коммерческих сортах [7, 8, 18]. Это связано с тем, что зачастую в состав таких транслокаций входят гены, обуславливающие снижение урожайности. Наиболее ярким примером является транслокация 2B/2S#2, в состав которой входят гены устойчивости к бурой и стеблевой ржавчинам *Lr35* и *Sr39* [17]. Решение проблемы возможно за счёт удаления чужеродного фрагмента, несущего гены, детерминирующие понижение продуктивности [15]. Другим способом является получение новых транслокаций, в состав которых будут входить только гены, положительно влияющие на проявление хозяйственно-ценных признаков.

В изучаемых интрогрессивных линиях установлено наличие транслокаций от вида *Ae. speltoides*, высокое содержание белка и клейковины, хорошая хлебопекарная оценка, устойчивость к болезням а также наличие *Rht*-генов [5, 6]. Для дальнейшего вовлечения этих линий в селекционный процесс было необходимо провести их оценку по признакам продуктивности.

Цель исследования

Изучить интрогрессивные линии мягкой пшеницы с генетическим материалом *Ae. speltoides* по признакам продуктивности с помощью статистических методов анализа для отбора наиболее перспективных и их вовлечения в дальнейший селекционный процесс.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили 9 интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *Ae. speltoides* из коллекции отде-

ла биотехнологии НЦЗ им. П.П. Лукьяненко (4849, 4867, 4879, 4897, 4909, 4915, 5041, 5047, 5053), сорта Аврора (сорт-реципиент) и Краснодарская 99 (сорт-тестер). Линии получены путём беккроссирования гибридов F_1 Авродес/Аврора сортами Аврора и Безостая 1.

Посев проводили на опытном участке отдела биотехнологии с помощью селекционной шестирядной сеялки, размер делянки составлял 1x1,30 метра. Уборку опытных делянок для подсчёта показателей продуктивности проводили вручную с помощью рамки, площадью 1 м². Предшественником по всем полевым опытам являлся черный пар. Почвы опытных полей – сверхмощные малогумусные западнокавказские черноземы. Содержание гумуса в пахотном слое 3,2 – 3,6%. Среднегодовая температура в 2017 – 2018 годах составляла +14,3 °С, среднегодовое количество осадков – 627,1 мм.

Учету подлежали следующие признаки: высота растения, см; длина колоса, см; количество колосков в колосе, штук; число зерен в колосе, штук; масса зерна с колоса, г; масса 1000 зерен, г; масса зерна с 1 м², г; число продуктивных колосьев, штук.

Статистическую обработку данных и все расчёты проводили с использованием программы StatSoft STATISTICA 12.

Результаты и обсуждение

Оценку признаков в селекционном материале проводили в течении двух лет (2017 и 2018 гг.). Характер генотипических различий устанавливали путем сравнения средних признаков с вычислением наименьшей существенной разности (HCP_{05}).

Линии оценивали по двум группам признаков: морфо-биологическим и входящим в структуру урожая. В таблице 1 представлена характеристика линий по таким морфо-биологическим признакам, как высота растений, длина колоса, число колосков в колосе и число зёрен в колосе.

Таблица 1. Характеристика интрогрессивных линий по некоторым морфо-биологическим признакам, 2017 – 2018 гг.

Линия	Высота растения, см	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт	Число зёрен в колосе, шт
4849	100,75	10,88	21,50	45,50
4867	93,50	9,13	21,50	39,00
4879	108,25	9,25	22,50	47,50
4897	94,38	9,25	21,00	51,63
4909	95,50	10,63	20,00	50,63
4915	94,38	9,13	22,00	53,25
5041	93,00	9,00	22,00	56,38
5047	102,75	9,94	23,00	52,50
5053	102,88	9,75	23,00	50,50
Аврора (ст)	114,63	10,25	20,50	42,75
Кр99 (ст)	89,63	9,63	21,50	43,00
HCP_{05}	1,20	0,4	1,26	8,84

Наивысшим и наименьшим значением признака «высота растения» обладают стандартные сорта Аврора и Краснодарская 99 (114,63 см и 89,63 см соответственно). Для длины колоса наименьшими оказались значения для линий 4867, 5041 и 4915, которые отличаются от значения Краснодарской 99, в то время как линия 4849 обладает наибольшим значением признака (10,88 см). По средним значениям числа колосков в колосе линии 5047 и 5053 превышают значение стандартных сортов. В ходе

анализа средних значений количества зерен в колосе выделяются линии 4915, 5041 и 5047.

Наибольший интерес для практического использования полученных линий представляет их продуктивность. В таблице 2 представлены значения таких признаков, как масса зерна с колоса, масса 1000 зёрен, масса зерна с 1 м² и число продуктивных колосьев с 1 м², которые являются основными компонентами урожайности.

Таблица 2. Средние значения признаков – компонент продуктивности в линиях и сортах мягкой пшеницы, 2017 – 2018 гг.

Генотип	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с 1 м ² , г	Количество продуктивных колосьев на 1 м ² , шт
4849	2,09	46,86	406,00	205,16
4867	1,35	35,00	339,38	248,14
4879	1,45	31,60	467,50	351,29
4897	2,40	45,45	453,38	211,92
4909	2,03	42,09	670,88	345,95
4915	2,12	40,77	775,00	383,52
5041	2,29	41,47	746,88	352,78
5047	2,17	41,41	694,38	315,78
5053	1,83	37,39	610,63	342,37
Аврора (ст)	1,40	35,26	333,13	250,90
Кр99 (ст)	1,77	43,35	794,38	455,81
НСР ₀₅	0,5	3,46	19,6	59,9

Среднее значение массы зерна с колоса было у линий 4897 и 5041, что достоверно превышает показатель стандартного сорта Краснодарская 99. Линия 4849 имеет наивысшее значение признака массы тысячи зёрен (46,86 г). Линия 4915 наряду с сортом Краснодарская 99 обладают самым высоким показателем массы зерна с 1 м² 775 г и 794,38 г соответственно. Сравнивая средние значения такого важного показателя урожайности как количество продуктивных колосьев на 1 м², выделяются линии 4879, 4909, 4915, 5041, 5047, 5053, значения которых превышают таковой у сорта-реципиента Аврора. Наивысшим показателем признака обладает стандартный сорт Краснодарская 99 со значением 455,81.

Исходя из полученных выше результатов, выбрать лучшую линию или группу линий по отдельным признакам не представляется возможным. В данной ситуации единственно возможным подходом является системный анализ изменчивости признаков

продуктивности, основанный на учете значений признаков и системе их связей. В этом случае открывается возможность перехода от отдельных признаков учтенного комплекса к новым показателям, которые называются интегральными. Эта процедура осуществляется в рамках дискриминантного анализа [1, 2].

В результате проведения дискриминантного анализа было выделено десять дискриминантных функций, разделяющих сравниваемые группы. Информативность функций различна и отражена в проценте учета дисперсии комплекса признаков каждой конкретной функцией и значении статистики λ -Уилкса [10].

Исходя из данных таблицы 3 видно, что первая и вторая дискриминантные функции учли подавляющую долю исходной изменчивости – 95 %. Об успешном разделении групп свидетельствует нулевая вероятность гипотезы об отсутствии межгрупповых различий.

Таблица 3. Основные статистики дискриминантного анализа интрогрессивных линий пшеницы

Дискриминантная функция	Процент учета дисперсии	Лямбда Уилкса	Хи-квадрат	Степени свободы	Уровень значимости
1	73,0	0,0000002	525,1333	80	0,000000
2	22,0	0,000038	340,8166	63	0,000000

Решение задачи выбора лучших линий может быть основано на подходе, разработанном для оценки признаков продуктивности семей растительных гибридов [9]. Суть метода следующая: в пространство дискриминантных вводится новый объект с заранее заданными свойствами. В определенном смысле его можно назвать селекционной моделью, близость к которой и будет являться критерием выбора лучших групп.

В нашем случае в качестве параметров модели были выбраны следующие значения учетных при-

знаков (табл. 4). В модель были включены минимальные значения высоты растения и длины колоса. Основание для данного выбора – наличие отрицательных корреляций этих показателей с основными признаками, определяющими продуктивность растений. Остальные признаки (количество колосков, число зерен в колосе, масса зерна с колоса, масса 1000 зерен, масса зерна с 1 м², число продуктивных колосьев) вошли в модель с максимальными значениями, полученными в рамках эксперимента.

Таблица 4. Основные статистические значения признаков – компонент продуктивности и параметры селекционной модели

Признак	Статистические показатели			Параметры модели
	Среднее	Minimum	Maximum	
Высота растения, см	100,6	89,0	117,0	89,0
Длина колоса, см	9,7	9,0	11,0	9,0
Количество колосков в колосе	21,6	20,0	24,0	24,0
Число зерен в колосе	47,5	30,0	61,0	61,0
Масса зерна с колоса, г	1,8	0,6	2,8	2,8
Масса 1000 зерен, г	39,5	27,6	49,0	49,0
Масса зерна с 1 м ²	562,5	300,0	800,0	800,0
Число продуктивных колосьев	320,4	182,0	488,0	488,0

Процедура внедрения селекционной модели в пространство дискриминантных функций основана на решении уравнений, соответствующих каждой из двух информативных функций. Каждое из искомым уравнений представляет собой результат умножения коэффициентов на значения признаков, включенных

в модель с добавлением константы. В результате решения уравнений, соответствующих первой и второй дискриминантных функций, получаются два числа, которые и являются координатами точки модели. Распределение центроидов линий, сортов и точки селекционной модели представлено на рисунке 1.

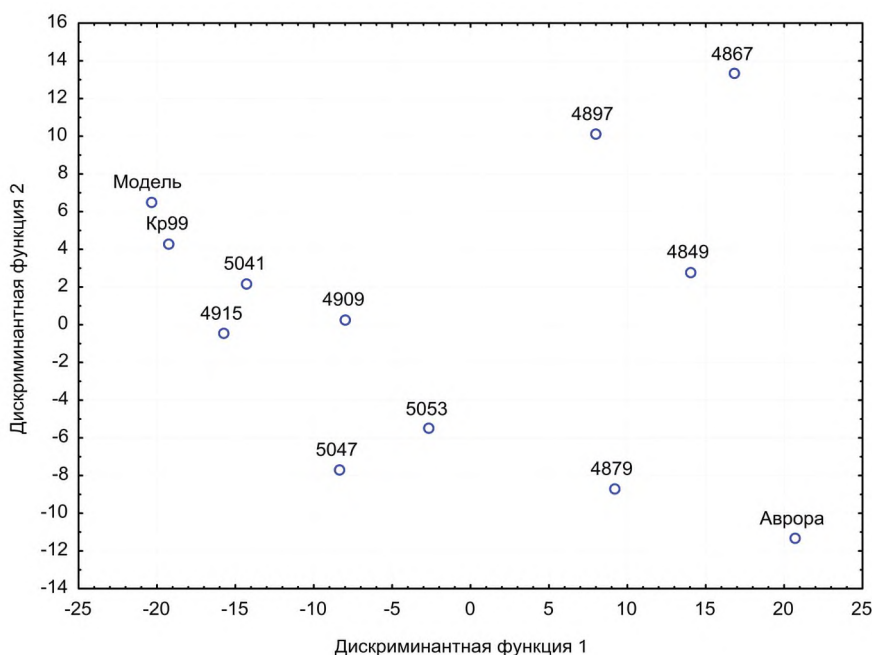


Рисунок 1. Распределение центроидов групповых генотипов и точки селекционной модели в пространстве дискриминантных функций

Анализ рисунка позволяет сделать некоторые заключения:

– точка модели находится на некотором отдалении от распределения центров линий и сортов, что отвечает понятию «модель» стремление к которой и является целью селекции;

– наблюдается разная приближенность генотипов к модели, что, очевидно, и будет являться ос-

нованием для отбора лучших из них по комплексу признаков продуктивности.

Оценить степень близости генотипов к модели можно путем вычисления евклидовых дистанций, представляющих собой расстояния между точками на плоскости. С этой целью был выполнен кластерный анализ. Его результат представлен на рисунке 2.

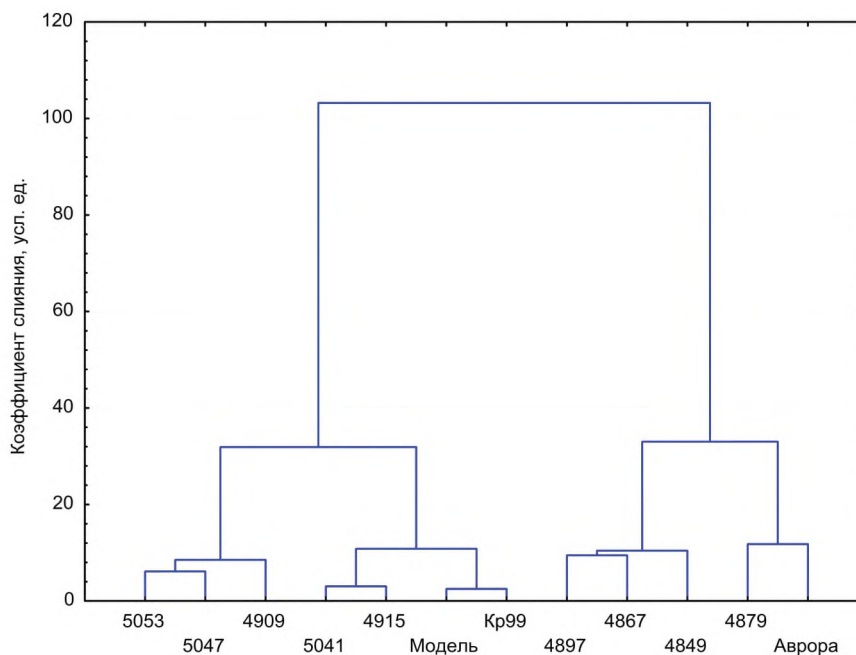


Рисунок 2. Дендрограмма кластерного анализа групповых генотипов и точки селекционной модели в пространстве дискриминантных функций

Основным результатом кластерного анализа является рисунок – иерархический дендрит, на котором степень сходства между объектами обозначена линиями разного уровня. Разрезание дендрита по большим расстояниям высокого уровня позволяет разделить множество объектов на группы сходных между собой, именуемых кластерами.

В нашем случае в соответствии с алгоритмом программы StatSoft STATISTICA 12 выбран уровень разрезания в 60 усл. ед. При этом выделяется два кластера. В первый из них вошли линии 5053, 5047, 4909, 5041, 4915, сорт Краснодарская 99 и селекционная модель. Во второй кластер включены линии 4897, 4867, 4849, 4879 и сорт Аврора.

Таким образом, в результате анализа комплекса признаков продуктивности к перспективным линиям следует отнести: 4909, 4915, 5041, 5047 и 5053.

Выводы

Сравнение средних значений признаков выявило противоречивость оценок: линии, являющиеся лучшими по одним признакам, не являлись таковыми по признакам другим, что являлось аргументом к переходу к построению интегральных показателей продуктивности в рамках дискриминантного анализа.

С использованием оригинальной методики, основанной на сравнении распределения линий с селекционной моделью, были отобраны линии 4909, 4915, 5041, 5047 и 5053, обладающими повышенными значениями комплекса признаков продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. / Айвазян, С.А., Бухштабер, В.М., Енюков, И.С., Мешалкин, Л.Д. : Финансы и статистика. – 1989. – 607 с.
2. Аренс, Х., Многомерный дискриминантный анализ / Аренс Х., Лейтер Ю.М.: Финансы и статистика. – 1985. – 230 с.
3. Гончаров, Н.П. Сравнительная генетика пшениц и их сородичей / Н.П. Гончаров. – Новосибирск: Гео, 2012. – 523 с.
4. Давоян, Р.О. Использование генофонда дикорастущих сородичей в улучшении мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) : дис. ... д-ра биол. наук : 06.01.05 / Р. О. Давоян. – Краснодар, 2006. – 320 с.

5. Давоян, Р.О. Использование синтетической формы авродес для передачи устойчивости к листовой ржавчине от *Aegilops speltoides* Мягкой пшенице / Р.О. Давоян, И.В. Бебякина, Э.Р. Давоян, Д.С. Миков, Е.Д. Бадаева, И.Г. Адонина, Е.А. Салина, А.С. Зинченко, Ю.С. Зубанова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – Т. 21. – № 6. – С. 663 – 670.
6. Давоян, Э.Р. Изучение аллельных вариантов генов короткостебельности у интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом от *Triticum miguschovae* и Авродес / Э.Р. Давоян, Р.О. Давоян, Д.С. Миков, Ю.С. Зубанова, Г.И. Карлов, М.Г. Дивашук, А.А. Кочешкова, А.Г. Черноок // Рисоводство. – 2017. – № 4 (37). – С. 11 – 16.
7. Леонова, И.Н. Влияние чужеродного генетического материала на проявление хозяйственно важных признаков мягкой пшеницы (*T. aestivum* L.) / И.Н. Леонова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22. – № 3. – С. 321 – 328.
8. Тюнин, В.А. и др. Характеристика вирулентности популяций *Puccinia triticina* и перспективы использования генов *Lr24*, *Lr25*, *LrSp* в селекции яровой мягкой пшеницы на Южном Урале / В.А. Тюнин, Е.Р. Шрейдер, Е.И. Гуляева, Е.Л. Шайдаук // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – Т. 21. – № 5. – С. 523 – 529.
9. Тюнин, В.В. Принцип апостериорной минимизации эффекта модификационной изменчивости на примере оценки продуктивности в семейной селекции белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) / В.В. Тюнин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2008. – № 14. – С. 118 – 121.
10. Тюнин, В.В. Дискриминантный анализ в биологии / Тюнин В.В., Щеглов С.Н. – Краснодар, 2015. – 126 с.
11. Чикида, Н.Н., Максимов И.В., Давоян Р.О. Перспективы использования разногеномных видов эгилопсов (диких родичей пшеницы) для расширения генетического потенциала продовольственной пшеницы / Н.Н. Чикида, И.В. Максимов, Р.О. Давоян // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2011. – Т. 6. – № 1.
12. Dvorak, J. Discovery and mapping of wheat *Ph1* suppressors / J. Dvorak, K. R. Deal, M. C. Luo // Genetics. – 2006. – Vol. 174. – No. 1. – P. 17 – 27.
13. Jiang, J. Recent advances in alien gene transfer in wheat / J. Jiang, B. Friebe, B.S. Gill // Euphytica. – 1994. – P. 199 – 212.
14. Kazi, A.G. Biotic stress and crop improvement: a wheat focus around novel strategies / A.G. Kazi, A. Rasheed, A. Mujeeb-Kazi // In: K. Hakem, P. Ahmad, M. Ozturk (Eds.). Crop Improvement. Boston: Springer. – 2013. – P. 239 – 267.
15. Mago, R. Development of wheat lines carrying stem rust resistance gene *Sr39* with reduced *Aegilops speltoides* chromatin and simple PCR markers for marker-assisted selection / R. Mago et al. // Theoretical and Applied Genetics. – 2009. – Vol. 119. – No. 8. – P. 1441 – 1450.
16. McIntosh, R.A. Catalogue of gene symbols for wheat / R.A. McIntosh, Y. Yamazaki, J. Dubovsky, J. Rogers, C. Morris, R. Appels, X.C. Xia – 2013. Available at: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes>.
17. Singh, R.P. Current status, likely migration and strategies to mitigate the threat to wheat production from race Ug99 (TTKS) of stem rust pathogen / R.P. Singh et al. // CAB reviews: perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources. – 2006. – Vol. 1. – No. 54. – P. 1 – 13.
18. Tomar, S. M. S. Wheat rusts in India: resistance breeding and gene deployment-a review / S. M. S. Tomar, S. K. Singh, M. Sivasamy // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. – 2014. – Т. 74. – V. 2. – P. 129 – 156.

REFERENCES

1. Ayvazyan, S.A. Applied statistics: Classification and dimension reduction. / Ayvazyan, S.A., Buchstaber, V.M., Enyukov, I.S., Meshalkin, L.D.: Finance and statistics. – 1989. – 607 p.
2. Arens, H., Multivariate discriminant analysis / Arens H., Leiter Y. – M.: Finance and statistics. – 1985. – 230 p.
3. Goncharov, N.P. Comparative genetics of wheat and their congeners / N.P. Goncharov. – Novosibirsk: Geo, 2012. – 523 p.
4. Davoyan, R.O. Use of the gene pool of wild-growing relatives in the improvement of common wheat (*Triticum aestivum* L.): dis. ... Dr.of biol. Sciences: 06.01.05 / R.O.Davoyan. – Krasnodar, 2006. – 320 p.
5. Davoyan, R.O. The use of a synthetic form of avrodes to transfer leaf rust resistance from *Aegilops speltoides* Soft wheat / R.O. Davoyan, I. V. Bebyakina, E.R. Davoyan, D.S. Mikov, E. D. Badaeva, I. G. Adonina, E.A. Salina, A.S. Zinchenko, Yu.S. Zubanova // Vavilov Journal of Genetics and Breeding – 2017. – Т. 21. – No. 6. – P. 663 – 670.
6. Davoyan, E.R. Study of allelic variants of short-stemmed genes in introgressive lines of common wheat with genetic material from *Triticum miguschovae* and Avrodes / E.R. Davoyan, R.O. Davoyan, D.S. Mikov, Yu.S. Zubanov, G.I. Karlov, M.G. Divashuk, A.A. Kocheshkova, A.G. Chernook // Rice growing. – 2017. – No. 4 (37). – P. 11 – 16.
7. Leonova, I.N. Influence of alien genetic material on the manifestation of economically important traits of common wheat (*T. aestivum* L.) / I.N. Leonova // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – Т. 22. – No. 3. – P. 321 – 328.
8. Tyunin, V.A. et al. Characteristics of the virulence of the *Puccinia triticina* populations and the prospects for the use of the *Lr24*, *Lr25*, *LrSp* genes in the breeding of spring soft wheat in the South Urals / V.A. Tyunin, E.R. Shreider, E.I. Gulyaeva, E.L. Shaydayuk // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2017. – Т. 21. – No. 5. – P. 523 – 529.
9. Tyurin, V.V. Principle of a posteriori minimization of the effect of modification variability on the example of productivity assessment in family breeding of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) / V.V. Tyurin // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2008. – No. 14. – P. 118 – 121.
10. Tyurin, V.V. Discriminant analysis in biology / Tyurin V.V., Shcheglov S.N. – Krasnodar, 2015. – 126 p.

11. Chikida, N.N., Maksimov I.V., Davoyan R.O. Prospects for the use of heterogeneous species of *Aegilops* (wild relatives of wheat) to expand the genetic potential of food wheat / N.N. Chikida, I. V. Maksimov, R O. Davoyan // Health is the basis of human potential: problems and ways to solve them. – 2011. – V. 6. – No. 1.
12. Dvořák, J. Discovery and mapping of wheat *Ph1* suppressors / J. Dvořák, K. R. Deal, M. C. Luo // Genetics. – 2006. – Vol. 174. – No. 1. – P. 17 – 27.
13. Jiang, J. Recent advances in alien gene transfer in wheat / J. Jiang, B. Friebe, B.S. Gill // Euphytica. – 1994. – P. 199 – 212.
14. Kazi, A.G. Biotic stress and crop improvement: a wheat focus around novel strategies / A.G. Kazi, A. Rasheed, A. Mujeeb-Kazi // In: K. Hakem, P. Ahmad, M. Ozturk (Eds.). Crop Improvement. Boston: Springer. – 2013. – P. 239 – 267.
15. Mago, R. Development of wheat lines carrying stem rust resistance gene *Sr39* with reduced *Aegilops speltoides* chromatin and simple PCR markers for marker-assisted selection / R. Mago et al. // Theoretical and Applied Genetics. – 2009. – Vol. 119. – No. 8. – P. 1441 – 1450.
16. McIntosh, R.A. Catalogue of gene symbols for wheat / R.A. McIntosh, Y. Yamazaki, J. Dubovsky, J. Rogers, C. Morris, R. Appels, X.C. Xia – 2013. Available at: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes>.
17. Singh, R.P. Current status, likely migration and strategies to mitigate the threat to wheat production from race Ug99 (TTKS) of stem rust pathogen / R.P. Singh et al. // CAB reviews: perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources. – 2006. – Vol. 1. – No. 54. – P. 1 – 13.
18. Tomar, S.M.S. Wheat rusts in India: resistance breeding and gene deployment-a review / S.M.S. Tomar, S.K. Singh, M. Sivasamy // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. – 2014. – T. 74. – V. 2. – P. 129 – 156.

Дмитрий Сергеевич Миков

Научн. сотр. отдела биотехнологии
E-mail: d.mikov@kniish.ru

Dmitry S. Mikov

Researcher, department of biotechnology,
E-mail: d.mikov@kniish.ru

Румик Оганесович Давоян

Зав. отделом биотехнологии
E-mail: davoyanro@mail.ru

Rumic O. Davoyan

Head of the department of biotechnology
E-mail: davoyanro@mail.ru

Эдвард Румикович Давоян

Вед. научн. сотр. отдела
биотехнологии
E-mail: davayan@rambler.ru

Edward R. Davoyan

Leading researcher of the department
of biotechnology
E-mail: davayan@rambler.ru

Юлия Сергеевна Зубанова

Научн. сотр. отдела биотехнологии
E-mail: iula-86_86@mail.ru

Julia S. Zubanova

Researcher of the department of biotechnology
E-mail: iula-86_86@mail.ru

Дмитрий Максимович Болдаков

Мл. научн. сотр. отдела биотехнологии
E-mail: boldakov.dm@mail.ru

Dmitry M. Boldakov

Junior researcher of the department of biotechnology
E-mail: boldakov.dm@mail.ru

Все: ФГБНУ «Национальный центр зерна
им. П. П. Лукьяненко»
350012, Россия, г. Краснодар,
Центральная Усадьба КНИИСХ,
350012, Россия, г. Краснодар,
E-mail: kniish@kniish.ru

All: National Grain Center named
after P. P. Lukyanenko
Krasnodar, Russia, 350012,
Central Manor of KNIISKH,
E-mail: kniish@kniish.ru

Владислав Викторович Тюрин

Проф. кафедры генетики, микробиологии
и биохимии биологического факультета
E-mail: tvv61@inbox.ru
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
университет»,
350040, Россия, г. Краснодар,
ул. Ставропольская, 149

Vladislav V. Tyurin

Professor of the department of genetics, microbiology
and biochemistry of biology faculty
E-mail: tvv61@inbox.ru
FSBEI of Higher Education «Kuban State University»
149 Stavropolskaya st., Krasnodar,
Russia, 350040