

8. Министерство Национальной Экономики Республики Казахстан Комитет по Статистике. – <http://stat.gov.kz>. – Дата обращения 22.02.2019.
9. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – <http://www.belstat.gov.by/>. – Дата обращения 28.02.2019.
10. Федеральная служба государственной статистики. – <http://www.gks.ru>. – Дата обращения 20.02.2019.
11. Федотов В.А., Гончаров С.В., Савенков В.П. Рапс России. – М.: Агролига России, 2008. – 336 с.
12. Федотов В.А., Гончаров С.В., Столяров О.В. и др. Соя в России / Под ред. В.А. Федотова, С.В. Гончарова. – М.: Агролига России, 2013. – 431 с.

*Статья поступила в редакцию 15.05.2019 г.*

**Goncharov S.V., Dolgikh L.A. Analysis of essential oil crops market trends** // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 132. – P. 120-125.

The analysis of an oil crop seed market development in Russia and ex-USSR countries for 30 years was made in relation with speed of a breeding innovation adaptation. Economics and statistics analysis, abstract-logical, regression, graphic and expert analysis were used as the methods. There has been a radical increase in oilseed acreage, as well as gross yields due to shortened crop seed lifecycle, differentiation of their end use, and the growing demand over the last 30 years. Commercial prospects for seed market have released up for non-resident seed companies which have come in with adapted hybrids and services, advanced agricultural technologies, production systems due to many reasons like oilseed demand growth and insufficient seed supply by domestic breeding organizations. The analysis of Russian, Ukrainian, Belarusian and Kazakh State Registries allowed to identify main breeding innovations: hybrid systems, a herbicide tolerance and a high oleic oilseed. Development of agricultural innovations leads to the re-shaping of growing technology market as bundled offer of integrated solutions, high value seeds, crop protection products and digital approaches.

**Key words:** *oilseeds; seed market; seed lifecycle; varieties; hybrids; breeding; production technologies; herbicide tolerance; high oleic hybrids*

УДК 633.18:631.523:631.527.5

DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.17

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ОБРАЗЦАМИ РИСА ПРИ ПОДБОРЕ ПАР ДЛЯ ГИБРИДИЗАЦИИ**

**Юлия Константиновна Гончарова, Евгений Михайлович Харитонов,  
Надежда Ивановна Гапишко, Анжелика Анатольевна Якунина**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт риса»

Россия, 350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3

ООО «Аратай» Сколково,

Россия, г. Москва, тер. Сколково Инновационного Центра, ул. Нобеля, д. 7

E-mail: [yuliya\\_goncharova\\_20@mail.ru](mailto:yuliya_goncharova_20@mail.ru)

Сорта отечественной селекции изучали на четырех фонах минерального питания для анализа вариабельности 24 признаков. При использовании дискриминантного анализа закладка опыта, обеспечивающая широкое варьирование признака позволяет более достоверно оценить генетические дистанции между образцами и оценивать не только морфологические признаки, но и реакцию сорта на изменение среды. В результате исследования выделены комбинации с максимальными расстояниями между родительскими формами, которые характеризуются повышенной вероятностью гетерозиса по ряду признаков.

**Ключевые слова:** *сорт; рис; признаки; гибридизация; образец*

### Введение

Во многих исследованиях для оценки генетических расстояний между образцами используют различные варианты кластерного или регрессионного анализов, несмотря на то, что дискриминантный анализ позволяет получить больше информации [1 – 4]. Например, выявить признаки, определяющие максимальные различия между сортами, выявить оптимальные пары для гибридизации на основании генетических расстояний между сортами и полиморфизм по комплексу признаков внутри сорта, разработать генетические паспорта сортов. Паспортизация сортов риса подразумевает несколько важных аспектов, которые могут свести на нет результаты исследования [5 – 7]. Прежде всего, это вариабельность признаков сортов в зависимости от условий среды, так как без учета этого признака паспорт сорта будет применим только при выращивании его в строго контролируемых условиях. Для выявления размаха варьирования признаков используют стрессовые фоны: засоление, засуха, высокие и низкие температуры, различные уровни минерального питания, в значительной мере изменяющие как урожайность, так и эффективность фотосинтеза [8, 11, 12]. Целью работы было изучение вариабельности признаков отечественных сортов риса в зависимости от условий среды для оценки генетических расстояний между образцами риса при подборе пар для гибридизации.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования стали тридцать семь сортов отечественной селекции из коллекции ВНИИ риса, их изучали на четырех фонах (6 лизиметр – контроль  $N_{120}P_{60}K_{60}$  200 растений/м<sup>2</sup>; 5 – низкий уровень минерального питания  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ; 7 – засоление в фазу кущения (концентрация соли 0,35%); 4 – загущение – 400 растений/м<sup>2</sup>,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ .) для изучения вариабельности признаков сорта в зависимости от условий среды. Образцы риса изучали по комплексу из двадцати четырех признаков, представленных в таблице 1, в анализ брали 10 растений сорта каждого варианта.

### Результаты и обсуждение

Результаты дисперсионного анализа показали достоверность различий условий среды в лизиметрическом опыте и сортов по комплексу изучаемых признаков. Размах варьирования признаков у сортов риса был значительным по всем характеристикам, однако признаки, характеризующие продуктивность, имели его максимальные значения. Максимальная масса главной метелки была у растений 7 лизиметра, которые характеризовались сниженным количеством продуктивных стеблей. Стандартизированные коэффициенты дискриминантных функций указывают на признаки, определяющие максимальные различия между сортами (табл. 1). Анализ стандартизированных коэффициентов дискриминантных функций показал, что основной вклад в межсортные различия вносят признаки: высота растения, длина флага и признаки продуктивности.

Таблица 1

**Стандартизированные коэффициенты дискриминантных функций**

| Признаки            | Дискр. 1     | Дискр 2 | Дискр 3 | Дискр. 4 |
|---------------------|--------------|---------|---------|----------|
| 1                   | 2            | 3       | 4       | 5        |
| Высота растения, см | <b>0,71</b>  | 0,49    | 0,35    | -0,68    |
| Длина метелки, см   | 0,37         | -1,18   | -0,11   | 0,70     |
| Длина флага, см     | <b>-0,54</b> | -0,68   | 0,04    | -0,24    |
| ширина флага, см    | -0,37        | -0,05   | -0,60   | 0,47     |

Продолжение таблицы 1

| 1                                     | 2            | 3     | 4     | 5     |
|---------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|
| Длина язычка флага, см                | -0,07        | 0,12  | 0,28  | 0,31  |
| Длина язычка 1-го листа, см           | -0,30        | -0,07 | 0,33  | -0,44 |
| Длина язычка 2-го листа, см           | -0,30        | -0,07 | 0,10  | 0,24  |
| Выход метелки, см                     | <b>0,82</b>  | 0,46  | 0,09  | 0,36  |
| Расстояние от флага до 1-го листа, см | 0,06         | 0,43  | -0,15 | -0,28 |
| Длина от 1-го до 2-го листа, см       | 0,01         | 0,24  | -0,14 | 0,10  |
| Длина 1-го листа, см                  | -0,29        | 0,28  | 0,39  | -0,16 |
| Длина 2-го листа, см                  | 0,23         | -0,12 | 0,16  | -0,21 |
| Ширина 1-го листа, см                 | -0,47        | 0,38  | -0,21 | 0,22  |
| Ширина 2-го листа, см                 | 0,32         | -0,07 | 0,42  | 0,29  |
| Высота прикрепления колоска, см       | 0,14         | 0,01  | 0,24  | -0,18 |
| Масса главной метелки, г              | <b>-0,67</b> | 0,66  | -0,28 | -1,05 |
| Масса зерна главной метелки, г        | -0,26        | 0,09  | -0,04 | 0,30  |
| Кол-во пустых, шт.                    | <b>-0,60</b> | 0,33  | -0,58 | -0,25 |
| Масса мякины, г                       | 0,11         | 0,03  | 0,05  | 0,22  |
| Масса 1000 зерен, г                   | -0,12        | 0,07  | 0,22  | 0,26  |
| Кол-во выполненных колосков, шт.      | <b>1,14</b>  | -2,30 | 2,43  | 2,25  |
| Всего колосков, шт.                   | <b>-0,62</b> | 1,93  | -1,38 | -1,11 |
| Пустозерность, %                      | 0,27         | -0,79 | 1,21  | 1,25  |
| Плотность метелки, шт./см             | 0,09         | -0,25 | 0,23  | 0,09  |
| Соб. зн.                              | 6,84         | 4,15  | 1,55  | 1,40  |
| Кум. доля                             | 0,45         | 0,72  | 0,82  | 0,91  |

Дискр. – дискриминантная функция

Достоверно образцы разделяют по комплексу признаков 16 дискриминантных функций. В таблице 2 приведены квадраты расстояний Махаланобиса между образцами риса, характеризующие генетическую дистанцию по комплексу изучаемых признаков. Крупнозерные сорта Крепыш, Капелька, Казачок-4, Анаит и длиннозерный сорт Ивушка могут быть источниками признаков продуктивности для отечественных сортов риса. К аналогичным результатам пришли ученые Китая, проводя отбор по «сосущей силе образца», имеется в виду увеличение размеров аттрагирующих органов (зерновки).

Таблица 2

## Квадраты расстояний Махаланобиса между образцами риса

| Сорт     | Смуглянка | Станичный | Снежинка | Крепыш | Орион | Олимп |
|----------|-----------|-----------|----------|--------|-------|-------|
| 1        | 2         | 3         | 4        | 5      | 6     | 7     |
| Аполлон  | 17,50     | 7,21      | 35,51    | 78,38  | 11,27 | 11,16 |
| Полевик  | 7,11      | 14,27     | 24,38    | 58,85  | 10,40 | 13,88 |
| Гагат    | 22,95     | 35,28     | 44,61    | 73,78  | 32,86 | 44,15 |
| Кумир    | 16,42     | 14,91     | 34,41    | 82,05  | 9,64  | 10,38 |
| Капелька | 35,63     | 57,65     | 46,48    | 24,50  | 58,94 | 58,41 |
| Атлант   | 10,73     | 6,15      | 21,25    | 75,50  | 12,54 | 13,18 |
| Ивушка   | 25,76     | 36,23     | 31,34    | 70,48  | 46,54 | 53,64 |
| Исток    | 4,61      | 10,34     | 15,59    | 67,80  | 8,96  | 7,76  |
| Рапан    | 5,20      | 13,80     | 22,73    | 65,92  | 8,27  | 12,83 |
| Флагман  | 3,77      | 11,13     | 16,12    | 71,42  | 7,50  | 8,87  |
| Анаит    | 22,81     | 42,49     | 38,58    | 55,05  | 44,91 | 46,11 |
| Партнер  | 4,08      | 17,14     | 21,21    | 52,48  | 14,35 | 15,17 |
| Злата    | 6,30      | 21,35     | 14,49    | 53,87  | 15,21 | 20,86 |

Продолжение таблицы 2

| 1          | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Кураж      | 21,53 | 24,36 | 43,83 | 60,17 | 29,15 | 31,62 |
| Казачок 4  | 27,30 | 40,45 | 37,38 | 41,28 | 49,46 | 56,31 |
| Мавр       | 23,93 | 27,02 | 35,19 | 92,08 | 26,50 | 38,31 |
| Шарм       | 11,87 | 23,46 | 18,30 | 62,77 | 23,98 | 33,20 |
| Фаворит    | 5,27  | 13,88 | 22,70 | 67,14 | 9,97  | 12,92 |
| Привольный | 3,69  | 11,64 | 15,24 | 67,94 | 8,77  | 6,85  |
| Каприз     | 8,50  | 7,62  | 17,00 | 76,87 | 5,56  | 5,99  |
| Гамма      | 2,42  | 8,19  | 13,85 | 64,87 | 7,81  | 11,28 |
| Паритет    | 9,77  | 8,94  | 21,13 | 58,89 | 8,50  | 10,10 |
| Наташа     | 13,00 | 21,10 | 25,26 | 72,26 | 24,76 | 32,75 |
| Дождик     | 12,53 | 23,69 | 21,28 | 60,35 | 17,44 | 17,59 |
| Визит      | 7,74  | 11,21 | 30,19 | 71,26 | 12,00 | 11,66 |
| Соната     | 3,62  | 13,25 | 13,16 | 60,76 | 12,87 | 11,69 |
| Сонет      | 9,10  | 10,10 | 31,39 | 61,42 | 12,73 | 15,59 |
| Диамант    | 2,27  | 13,31 | 17,78 | 66,26 | 11,64 | 13,99 |
| Виктория   | 10,75 | 24,78 | 28,21 | 78,57 | 21,28 | 22,71 |
| Южный      | 12,20 | 9,93  | 26,01 | 68,96 | 8,59  | 4,96  |
| Ласточка   | 7,83  | 14,89 | 22,82 | 66,09 | 11,34 | 12,12 |
| Станичный  | 14,13 | 0,00  | 23,92 | 77,15 | 9,15  | 11,56 |
| Снежинка   | 14,26 | 23,92 | 0,00  | 75,00 | 25,54 | 25,54 |
| Крепыш     | 60,81 | 77,15 | 75,00 | 0,00  | 78,09 | 81,47 |

Расстояния Махалонобиса от сорта Крепыш до других отечественных сортов варьировало от 24,5 условных единиц (до сорта Капелька), до 92 у.е. до сорта Мавр. У сортов Капелька, Анаит и Казачок-4 размах варьирования был меньше от 17, 62 (между сортами Казачок-4 и Капелька до 66,9 (Капелька и Мавр). Минимальные генетические расстояния, не превышающие 3 у.е. отмечены между сортами: Флагман и Патриот, Гамма 1,87; Олимп и Южный 1,21. Также генетически близки сорта Исток, Рапан, Флагман, Привольный 4, что говорит о низкой вероятности гетерозисного эффекта при их гибридизации. Признаки, дифференцирующие все сорта и отдельные группы сортов не идентичны, так, генетические различия длиннозерных сортов связаны с признаками: количество выполненных колосков, масса главной метелки, выход метелки, высота растения. Аналогичные признаки дифференцируют крупнозерные сорта. Для других групп, в дополнение к перечисленным признакам, характерны различия по количеству пустых колосков, выходу метелки, длине флага. Комбинации с максимальными расстояниями между родительскими формами характеризуются повышенной вероятностью гетерозиса по ряду признаков [9, 10].

Закладка опыта, обеспечивающая широкое варьирование признака позволяет более достоверно оценить генетические дистанции между образцами и оценивать не только морфологические признаки, но и реакцию сорта на изменение среды.

### Выводы

1. При использовании дискриминантного анализа для оценки генетических расстояний между образцами риса при подборе пар для гибридизации закладка опыта, обеспечивающая широкое варьирование признака, позволяет более достоверно оценить генетические дистанции между образцами и оценивать не только морфологические признаки, но и реакцию сорта на изменение среды.

2. В результате исследования выделены комбинации с максимальными расстояниями между родительскими формами, которые характеризуются повышенной вероятностью гетерозиса по ряду признаков.

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 19-16-00064*

### Список литературы

1. Гончарова Ю.К., Гронин В.В., Литвинова Е.В., Очкас Н.А., Тарасов Я.В. Локализация и маркирование генов, определяющих количественные признаки у образцов риса // Наука Кубани. – 2009. – № 3. – С. 54–58.
2. Гончарова Ю.К. Генетика признаков, определяющих содержание пигментов у риса // Вестник РАСХН. – 2010. – С. 45–47.
3. Драгавцев В.А. Эколого-генетическая организация количественных признаков растений и теория селекционных индексов // Экологическая генетика культурных растений. – Краснодар: ВНИИ риса. – 2012. – С. 31–50.
4. Очкас Н.А. Оценка и группировка селекционного материала по элементам структуры урожайности: Дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. – Краснодар, 2017. – 177 с.
5. Тюрин В.В., Морев И.А., Волчков Ю.А. Дискриминантный анализ в селекционно-генетических исследованиях: практикум. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2003. – 24 с.
6. Тюрин В.В., Щеглов С.Н. Дискриминантный анализ в биологии: монография. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2015. – 126 с.
7. Уджуху А.Ч., Очкас Н.А., Бобко Н.М., Вожегова Р.А. Озимая пшеница в рисовых севооборотах Краснодарского края // Рисоводство. – 2003. – № 3. – С. 96.
8. Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К. Гетерозис у риса проблемы и перспективы. Краснодар. – 2016. – 150 с.
9. Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К. О генетико-физиологических механизмах солеустойчивости у риса (*Oryza sativa* L.) // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – № 3. – С. 3–11.
10. Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К., Иванов А.Н. Применение кластерного анализа для разделения сортов по реакции на изменение условий среды // Вестник РАСХН. – 2014. – № 6. – С. 32–35.
11. Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К., Иванов А.Н. Совершенствование методов оценки селекционного материала // Доклады РАСХН. – 2014. – № 4. – С. 8–3.
12. Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К., Малюченко Е.А., Очкас Н.А., Бруяко В.Н., Бушман Н.Ю. Перспективные направления селекции на адаптивность к стрессам и повышение экологичности производства риса в РФ // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 60. – С. 314–320.

*Статья поступила в редакцию 29.05.2019 г.*

**Goncharova Yu.K., Kharitonov E.M., Gapishko N.I., Yakynina A.A. Discriminant analysis use for validation of genetic distance between the samples of rice in case of a pair selection for hybridization // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 132. – P. 125-129.**

The varieties of a domestic breeding were studied against the four backgrounds of an inorganic nutrition for the analysis of the variability of 24 attributes. When discriminant analysis uses, the experience tab, which provides a wide variation of the trait, makes it possible to validate more reliably the genetic distance between the samples and evaluate not only morphological traits, but also the variety's response to changes in the environment. As a result of the study, the combinations with the maximum distance between the parental forms are distinguished, which are characterized by an increased probability of heterosis in a number of ways.

**Key words:** variety, rice, traits, hybridization, sample, discriminant analysis, genetic distance