

8. Borodin D.B. Vliyanie fitoimmunomodulyatorov na ustoychivost k bioticheskim faktoram i produktivnost gorokha i pshenitsy: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk / Orlovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. – Orel, 2009.

9. Borodin D.B. Vliyanie fitoimmunomodulyatorov na produktivnost gorokha i pshenitsy // Innovatsionnyy potentsial molodykh uchenykh – APK Orlovskoy oblasti / Materialy Regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov, posvyashchennoy 35-letiyu Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Ministerstvo selskogo khozyaystva RF, Orlovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet; redkollegiya: Parakhin N.V. – Orel, 2010. – S. 73-75.

10. Pavlovskaya N.E., Gagarina I.N., Borodin D.B., Gorkova I.V., Borzenkova G.A. Biotekhnologiya sozdaniya ekologicheskii bezopasnykh sredstv zashchity rasteniy ot bolezney i vrediteley // Trudy Mezhdunarodnogo foruma po problemam nauki, tekhniki i obrazovaniya. – 2010. – S. 151-153.

11. Pavlovskaya N.E., Borodin D.B. Vliyanie biologicheskii aktivnykh veshchestv na an-

tioksidantnuyu sistemu gorokha // Zashchita i karantin rasteniy. – 2009. – № 8. – S. 42.

12. Pavlovskaya N.E., Borodin D.B. Vliyanie biologicheskii aktivnykh veshchestv, poluchennykh na osnove prirodnnykh istochnikov, na rost i razvitie gorokha // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2008. – T. 12. – № 3. – S. 18-20.

13. Pavlovskaya N.E., Borodin D.B., Yushkova E.I. Vliyanie guminovogo kompleksa vermikomposta na fermenty antioksidantnoy sistemy gorokha // Agrokimiya. – 2010. – № 12. – S. 46-51.

14. Pavlovskaya N.E., Gorkova I.V., Gagarina I.N., Borodin D.B., Borzenkova G.A. Sredstvo dlya predposevnoy obrabotki semyan gorokha. Patent na izobretenie RUS 2463759 03.05.2011.

15. Yushkova E.I., Pavlovskaya N.E., Borodin D.B. Ispytanie vliyaniya malykh doz preparata guminovogo kompleksa na fotosinteticheskuyu deyatel'nost gorokha i pshenitsy // Organizatsiya i regulyatsiya fiziologo-biokhimicheskikh protsessov / Mezhhregionalnyy sbornik nauchnykh rabot. Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, kafedra fiziologii i biokhimii kletki. – Voronezh, 2011. – S. 214-216.



УДК 633.11

С.Б. Лепехов  
S.B. Lepekhov

## ОЦЕНКА ДИВЕРГЕНЦИИ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ С ПОМОЩЬЮ ЕВКЛИДОВА РАССТОЯНИЯ И ЕЁ ВЗАИМОСВЯЗИ С УРОЖАЙНОСТЬЮ

### DIVERGENCE OF SPRING SOFT WHEAT MORPHOBIOLOGICAL TRAITS BASED ON EUCLIDEAN DISTANCE AND ITS CORRELATIONS WITH YIELD

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница, селекция, урожайность, евклидово расстояние, элементы структуры урожая, подбор пар для скрещивания, высота растения, озерненность главного колоса.

В основе успешных селекционных программ лежит изучение генетического разнообразия, которое оценивается с помощью различных методов. Рассматриваются генетическая дивергенция и взаимосвязь между морфобиологическими различиями сортов и различиями в их урожайности. В 2013-2016 гг. в Алтайском НИИСХ (Барнаул) были изучены евклидовы расстояния и сопряжённость шести морфобиологических признаков (высота растения, количество стерильных колосков, озерненность главного колоса, уборочный индекс, продолжительность периода всходы-колошение и урожайность) у 31 генотипа яровой мягкой пшеницы. Различия сортов по рассматриваемым при-

знакам стабильно проявлялись каждый год. Обнаружена значимая положительная корреляция между урожайностью и высотой растения, а также озерненностью главного колоса. Коэффициент корреляции между евклидовым расстоянием совокупности изучаемых признаков и квадратом разности урожайности был низким и варьировал от 0,07 до 0,41. Рассмотренные морфобиологические признаки в небольшой степени объясняют различия сортов по урожайности.

**Keywords:** spring soft wheat, plant breeding, yield, Euclidean distance, yield formula, choosing parental pairs for crossing, plant height, kernel number per spike.

Genetic diversity is the basis for successful breeding programs and can be evaluated by different methods. This paper discusses genetic divergence and correlation between morphobiological

yielding capacity differences of varieties. From 2013 to 2016, thirty one spring bread wheat genotypes grown in the Altai Research Institute of Agriculture, Barnaul, were evaluated for Euclidean distance and correlations of six morphobiological traits: plant height, number of sterile spikelets per spike, kernel number per spike, harvest index, days to heading and yield. The differences of varieties regarding the

studied traits appeared every year. Grain yield showed moderate significant positive correlation with plant height and kernel number per spike. Euclidean distance of complex traits showed low but significant correlation with square of yield difference (0.07-0.41). The studied morphobiological traits in some ways explain the yield differences of the varieties.

**Лепехов Сергей Борисович**, к.с.-х.н., с.н.с., лаб. селекции мягкой пшеницы, Алтайский НИИ сельского хозяйства, г. Барнаул. E-mail: sergei.lepehov@yandex.ru.

**Lepekhov Sergey Borisovich**, Cand. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Soft Spring Wheat Selective Breeding, Altai Research Institute of Agriculture, Barnaul. E-mail: sergei.lepehov@yandex.ru.

### Введение

Исходный материал в селекции растений зачастую анализируется по отдельным признакам. Многомерный анализ мог бы стать альтернативой традиционным методам, так как он объединяет несколько переменных, как правило, фенотипических значений признаков, в один анализ [1]. Этот метод позволяет производить предварительную оценку сортообразцов из коллекционного питомника в большом количестве и подбирать пары для гибридизации [2]. Многомерный анализ более эффективен, чем метод подбора пар по эколого-географическому принципу [3].

Иерархический кластерный анализ является хорошим инструментом для изучения генетического разнообразия в коллекциях [4]. Идентификация сортов и селекционных линий в кластерном анализе даёт возможность выделить генотипы, сбалансированные по количественным признакам [5], которые в последующем целесообразно использовать в качестве источников комплекса ценных признаков в гибридизации [6]. Скрещивания сортов, принадлежащих к разным кластерам, приводят к возникновению популяций с большим выходом адаптированных селекционно-ценных форм, чем внутрикластерные [7, 8].

В основе кластерного анализа лежит расчёт евклидовых расстояний между генотипами. А.В. Смиряев, С.П. Мартынов, О.В. Толстова определяли генетическое несходство родительских сортов с помощью евклидова расстояния (E) в пространстве признаков [9]. Чем больше различия признаков у двух родительских форм, тем, как предполагается, менее сходен их аллельный состав, что отражается в увеличении E [10], и тем выше вероятность возникновения трансгрессий в потомстве [11].

**Цель** исследования – оценка несходства сортов и линий яровой мягкой пшеницы по комплексу морфобиологических признаков при помощи евклидова расстояния и выяс-

нение взаимосвязи между морфотипом и урожайностью.

### Материалы и методы исследования

Материалом исследования являлся 31 сортообразец яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения и групп спелости. Эксперимент проведён в 2013-2016 гг. на опытном поле Алтайского НИИСХ. Посев осуществляли сеялкой ССФК-7 во второй декаде мая по зерновому предшественнику на делянках 10 м<sup>2</sup> в двукратной повторности с нормой высева 500 зёрен/м<sup>2</sup>. Размещение делянок систематическое. Уборку осуществляли комбайном Сампо 130. Анализировали 20-25 растений на 1 повторность, по тем признакам, различия между которыми ежегодно проявлялись у сортов: высота растения (ВР), количество стерильных колосков в колосе (КСтК), озернённость главного колоса (ОзГК), коэффициент хозяйственного использования фотосинтеза ( $K_{хоз}$ ) и продолжительность периода всходы-колошение (Всх-Кол). Для снижения влияния единиц измерения признаков, а также их вариации, проводили нормирование данных.

### Результаты исследований и их обсуждение

Рассматриваемые признаки сопряжены с урожайностью, в основном в средней степени. Каждый год коэффициенты корреляции зерновой продуктивности с количеством стерильных колосков в колосе, с  $K_{хоз}$  и с продолжительностью периода всходы-колошение варьировали вплоть до смены знака на противоположный (табл. 1). Признаком, статистически значимо связанным с урожайностью в трёх из четырёх лет, являлась высота растения.

Евклидово расстояние по рассматриваемым признакам варьировало от 2,3 у пары Алтайская 75 – Сибирский альянс до 11,2 у пары Степная волна – Саратовская 72 при среднем значении 6,1. Десять самых близ-

ких и самых отдалённых по комплексу признаков пар сортов представлены в таблицах 2 и 3. Расчёт евклидовых расстояний позволил выявить нетипичные по сочетанию признаков генотипы в данном наборе, к ним относятся: Алтайская 70, Саратовская 72, Лютесценс 259 и Лютесценс 53/95-98-1. Последние две линии представляют интерес для селекции, поскольку характеризуются значимой прибавкой урожайности к стандарту в два года из четырёх.

Парные комбинации скрещивания, в которых хорошо адаптированные к местным условиям родительские сорта обладают максимальной генетической дивергенцией, представляют ценность в рекомбинационной селекции. Используя такие критерии, можно ожидать успех в следующих скрещиваниях: Степная нива × Ершовская 34, Степная нива × Кинельская отрада, Степная нива × Фитон 42, Алтайская степная × Лютесценс 53/95-98-1, Челябинка юбилейная × Фитон 42, Кинельская отрада × Лютесценс 53/95-98-1, Лютесценс 53/95-98-1 × Фитон 42.

Исходя из наличия статистически значимой корреляции между рассматриваемыми признаками и урожайностью, можно ожидать, что сорта, минимально различающиеся между собой по комплексу признаков, будут характеризоваться близкими значениями урожайности, а сорта с максимальной величиной евклидова расстояния будут иметь существенные различия по зерновой продуктивности. В первом случае нами установлено 11 достоверных различий из 40, во втором – 15 из 40 (табл. 2, 3).

Таблица 1

*Коэффициенты корреляции морфобиологических признаков яровой мягкой пшеницы с урожайностью в 2013-2016 гг. (критическое значение коэффициента корреляции = 0,36)*

Признаки	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
ВР	0,43	0,56	0,65	0,17
КСтК	-0,39	-0,11	0,37	-0,15
ОзГК	0,66	0,55	0,28	0,20
$K_{хоз}$	0,03	-0,11	-0,22	0,47
Всх-Кол	0,24	0,43	0,28	-0,23

Таблица 2

*Евклидово расстояние максимально близких пар сортов в пространстве 5 признаков и абсолютная разность их урожайности*

Пары сортов	Е	Урожайность, т/га			
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Сиб. альянс – Алт. 75	2,3	0,34	0,15	0,15	0,09
Алт. 110 – Алт. степная	2,4	0,25	0,15	<b>0,34</b>	<b>0,29</b>
Сиб. альянс – Алт. 530	2,7	0,13	0,16	0,01	0,15
Алт. степная – Омская 36	2,8	<b>0,46</b>	0,07	0,02	<b>0,34</b>
Воевода – Ершовская 34	2,9	0,35	0,07	0,02	0,03
Алт. степная – Сар. 68	3,0	0,04	<b>0,39</b>	0,22	0,12
Алт. 530 – Алт. степная	3,2	<b>0,59</b>	<b>0,38</b>	0,25	<b>0,26</b>
Сиб. альянс – Алт. степная	3,2	<b>0,72</b>	0,21	0,24	<b>0,41</b>
Алт. 110 – Сиб. альянс	3,2	<b>0,47</b>	0,07	0,10	0,12
Алт. степная – Омская краса	3,2	0,11	0,26	0,23	0,13
НСР <sub>05</sub>	-	0,43	0,38	0,28	0,23

Примечание. Сиб. – Сибирский, Алт. – Алтайская, Сар. – Саратовская.

Таблица 3

*Евклидово расстояние максимально отдалённых пар сортов в пространстве 5 признаков и абсолютная разность их урожайности*

Пары сортов	Е	Урожайность, т/га			
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Сар. 72 – Лют. 259	9,8	0,36	0,20	0,06	0,01
Сар. 72 – Кинельская краса	9,9	0,02	0,20	<b>0,34</b>	0,12
Сар. 72 – Лют. 53/95-98-1	9,9	<b>0,76</b>	<b>0,53</b>	0,16	<b>0,30</b>
Алт. 70 – Лют. 53/95-98-1	10,0	<b>2,10</b>	<b>0,40</b>	0,05	0,19
Лют. 259 – Тул. золотистая	10,3	0,07	0,08	0,21	0,10
Сар. 72 – Алт. 105	10,4	0,12	<b>0,40</b>	0,07	0,13
Сар. 70 – Степная нива	10,6	0,36	<b>0,51</b>	<b>0,54</b>	0,18
Лют. 259 – Лют. 53/95-98-1	10,7	0,40	<b>0,73</b>	0,10	<b>0,29</b>
Сар. 72 – Степная нива	11,0	0,23	<b>0,38</b>	<b>0,62</b>	<b>0,27</b>
Сар. 72 – Степная волна	11,2	<b>0,94</b>	0,12	0,26	0,13
НСР <sub>05</sub>	-	0,43	0,38	0,28	0,23

Примечание. Лют. – Лютесценс, Тул. – Тулайковская.

Коэффициент корреляции между евклидовым расстоянием совокупности изучаемых признаков и квадратом разности урожайности по всем 465 возможным сочетаниям пар сортов в 2013-2016 гг. составил 0,41; 0,29; 0,26 и 0,07 соответственно, что значимо в первых трёх случаях при  $p < 0,001$ . Таким образом, комплекс морфобиологических признаков, включённых в анализ, чаще всего в слабой степени связан с различиями сортов по урожайности. Отчасти данный факт можно объяснить разнонаправленной корреляцией рассматриваемых признаков с урожайностью, что в отдельные годы может вести к выравниванию морфологически отличающихся сортов по зерновой продуктивности.

В то же время коэффициенты корреляции евклидовых расстояний пар сортов по морфобиологическим признакам в разные годы исследований были всегда значимы при  $p < 0,001$  и варьировали от 0,30 до 0,52, то есть находились на уровне средних. Различия по урожайности между морфологически близкими генотипами могут быть объяснены разнообразием по другим признакам, не включённым в анализ, а также значительным влиянием условий среды на варьирование всех рассматриваемых показателей. В литературе имеются сведения об обнаружении положительных трансгрессий при скрещивании даже очень близкого в морфобиологическом плане материала [4].

### Заключение

Оценка несходства сортообразцов яровой мягкой пшеницы при помощи евклидова расстояния показала, что в исследуемом наборе имеется разнообразие среди генотипов по комплексу морфобиологических признаков. Различия между сортами по совокупности данных признаков (высота растения, количество стерильных колосков, озернённость главного колоса, коэффициент хозяйственного использования фотосинтеза и длительность периода всхожести) относительно стабильно проявляются каждый год, но они в малой степени связаны с аналогичными различиями в урожайности. За однотипностью основных признаков, изучаемых в коллекционном питомнике, может скрываться разнообразие по прочим признакам, которые не учитываются в анализе, но могут вносить вклад в урожайность.

### Библиографический список

1. Bertan I., Carvalho F.I.F., Oliveira A.C. Parental selection strategies in plant breeding programs // *Journal of Crop Science and Bi-*

*otechnology.* – 2007. – Vol.10 (4). – P. 211-222.

2. Чекалин Н.М. Основные направления селекции зернобобовых культур // *Сельскохозяйственная биология.* – 1979. – Т. XIV. – № 6. – С. 395-704.

3. Bhatt G.M. Comparison of various methods of selecting parents for hybridization in common bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Australian Journal of Agricultural Research.* – 1973. – Vol. 24 (4). – P. 457-464.

4. Peeters J.P., Martinelli J.A. Hierarchical cluster analysis as a tool to manage variation in germplasm collections // *Theoretical and Applied Genetics.* – 1989. – Vol. 78 (1). – P. 42-48.

5. Тищенко В.Н., Ищенко А.Г., Дубенец Н.В. Идентификация сортов и селекционных линий озимой пшеницы в кластерном анализе по сбалансированности количественных признаков в адаптивной селекции // *Вестник Курганской ГСХА.* – 2016. – № 1 (17). – С. 41-44.

6. Ali Y., Atta B.M., Akhter J., Monneveux P., Lateef Z. Genetic variability, association and diversity studies in wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm // *Pakistan Journal of Botany.* – 2008. – Vol. 40 (5). – P. 2087-2097.

7. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Формирование ассоциаций генов, контролирующих общий гомеостаз и элементы продуктивности твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) // *Вавиловский журнал генетики и селекции.* – 2015. – Т. 19. – № 3. – С. 323-332.

8. Русанов И.А., Павлюк Н.Т., Ващенко Т.Г., Голева Г.Г. Нейронная сеть как способ классификации исходного материала озимой пшеницы // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета.* – 2010. – № 3. – С. 27-31.

9. Смиряев А.В., Мартынов С.П., Толстова О.В. Прогноз гетерозиса и сравнение гетерозиготности гибридов  $F_1$  самоопылителей с помощью евклидова расстояния // *Известия ТСХА.* – 1999. – Вып. 3. – С. 51-57.

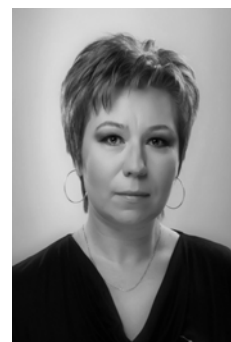
10. Joshi B.K., Mudwari A., Bhatta M.R., Ferrara G.O. Genetic diversity in Nepalese wheat cultivars based on agromorphological traits and coefficients of parentage // *Nep. Agric. Res. J.* – 2004. – Vol. 5. – P. 7-17.

11. Hoque M.N., Rahman L. Estimation of Euclidian distance for different morphophysiological characters in some wild and cultivars rice genotypes (*Oryza sativa* L.) // *Pak. Sci.* – 2006. – Vol. 7. – P. 77-79.



References

1. Bertan I., Carvalho F.I.F., Oliveira A.C. Parental selection strategies in plant breeding programs // Journal of Crop Science and Biotechnology. – 2007. – Vol.10 (4). – P. 211-222.
2. Chekalin N.M. Osnovnye napravleniya selektsii zernobobovykh kultur // Selskokhozyaystvennaya biologiya. – 1979. – T. XIV. – № 6. – S. 395-704.
3. Bhatt G.M. Comparison of various methods of selecting parents for hybridization in common bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // Australian Journal of Agricultural Research. – 1973. – Vol. 24 (4). – P. 457-464.
4. Peeters J.P., Martinelli J.A. Hierarchical cluster analysis as a tool to manage variation in germplasm collections // Theoretical and Applied Genetics. – 1989. – Vol. 78 (1). – P. 42-48.
5. Tishchenko V.N., Ishchenko A.G., Dubenets N.V. Identifikatsiya sortov i selektsionnykh liniy ozimoy pshenitsy v klaster-nom analize po sbalansirovannosti kolichestvennykh priznakov v adaptivnoy selektsii // Vestnik Kurganskoy GSKhA. – 2016. – № 1 (17). – S. 41-44.
6. Ali Y., Atta B.M., Akhter J., Monneveux P., Lateef Z. Genetic variability, association and diversity studies in wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm // Pakistan Journal of Botany. – 2008. – Vol. 40 (5). – P. 2087-2097.
7. Malchikov P.N., Myasnikova M.G. Formirovaniye assotsiatsiy genov, kontroliruyushchikh obshchiy gomeostaz i elementy produktivnosti tverdoy pshenitsy (*Triticum durum* Desf.) // Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – 2015. – T. 19. – № 3. – S. 323-332.
8. Rusanov I.A., Pavlyuk N.T., Vashchenko T.G., Goleva G.G. Neyronnaya set kak sposob klassifikatsii iskhodnogo materiala ozimoy pshenitsy // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 3. – S. 27-31.
9. Smiryayev A.V., Martynov S.P., Tolstova O.V. Prognoz geterozisa i sravnenie geterozigotnosti gibridov F1 samoopyliteley s pomoshchyu evklidova rasstoyaniya // Izvestiya TSKhA. – 1999. – Vyp. 3. – S. 51-57.
10. Joshi B.K., Mudwari A., Bhatta M.R., Ferrara G.O. Genetic diversity in Nepalese wheat cultivars based on agromorphological traits and coefficients of parentage // Nep. Agric. Res. J. – 2004. – Vol. 5. – P. 7-17.
11. Hoque M.N., Rahman L. Estimation of Euclidian distance for different morphophysiological characters in some wild and cultivars rice genotypes (*Oryza sativa* L.) // Pak. Sci. – 2006. – Vol. 7. – P. 77-79.



УДК 664.788 / 664.668.9

**Г.Н. Панкратов, Р.Х. Кандроков, С.Н. Коломиец**  
**G.N. Pankratov, R.Kh. Kandrov, S.N. Kolomiets**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ  
 С ПОВЫШЕННОЙ АМИЛОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ**

**PROCESSING PROPERTIES OF TRITICALE GRAIN WITH INCREASED AMYLOLYTIC ACTIVITY**

**Ключевые слова:** зерно тритикале, амилолитическая активность, выход и качество муки, число падения, зольность, белизна, хлебопекарные свойства.

**Keywords:** triticale grain, amylolytic activity, flour yield and quality, falling number, ash content, whiteness, baking properties.