

3. Kogel-Knabner I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter // *Soil Biology and Biochemistry*. 2002. V. 34. P. 139–162.

4. Larionova A.A., Zolotareva B.N., Kvitkina A.K., Kudayarov V.N., Kolyagin Y.G., Kaganov V.V. Composition of structural fragments and the mineralization rate of organic matter in zonal soils // *Eurasian Soil Science*. 2015. V. 48. № 10. P. 1110–1119.

5. Orlov D.S. *Soil chemistry*. Rotterdam: Balkema Publishers, 1992. 390 p.

6. Semenov V.M., Ivannikova L.A., Kuznetsova T.V., Semenova N.A. The role of plant biomass in the formation of the active pool of soil organic matter // *Eurasian Soil Science*. 2004. V. 37. № 11. P. 1196–1204.

7. Zhang D., Hui D., Luo Y., Zhou G. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors // *J. of Plant Ecology*. 2008. V. 1. P. 85–93.

УДК [574+575+581.48]:635.621.8

Эколого-генетический анализ морфометрических признаков семени *Cucurbita pepo* var. *giramontia* Duch.

© 2017. В. Ф. Хлебников, д. с-х. н., профессор,
Н. В. Смурова, преподаватель,

Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко,
3300, Приднестровье, г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 128,
e-mail: v-khl@yandex.ru, natava.smurova@yandex.ru

Объектами исследования являлись 5 родительских форм кабачка овощного *Cucurbita pepo* var. *giramontia* Duch. и 20 гибридов F₁, созданных в НИЛ «Биоинформатика» ПГУ, близких по скороспелости, но различающихся по размеру семян. Предмет исследований – изменчивость морфометрических признаков (масса, длина, ширина и толщина) семени в градиенте условий репродукции (7 лет). Для характеристики изменчивости условий вегетации семенников использовали индексы среды, рассчитанные по массе семени. Генетический анализ изменчивости и наследования признаков провели с использованием экспериментального материала, полученного по схеме полного диаллельного скрещивания (5×5). Изменчивость морфометрических признаков семян в исследованиях, проведенных в 2005–2012 гг., определяют, в первую очередь, гидротермические условия года репродукции вследствие ротации посевов на участках одного поля, генотипические факторы и характер взаимодействия «генотип-среда». Регрессионный анализ выявил достаточно очевидную роль генотипа. Наибольшей отзывчивостью на условия года репродукции характеризуются масса и ширина семени. По длине семени отмечается незначительная реакция исследуемых форм на условия года репродукции. В различных экологических условиях гидротермальный коэффициент (ГТК = 1,31 и 0,92) репродуцирования семян выявлено однонаправленное доминирование ширины семени. За большее выражение признака отвечают доминантные гены. Однако при недостаточном увлажнении отмечена тенденция к уменьшению на 0,73 размерности блока генов, детерминирующих ширину семени, по сравнению с таковым при высоком увлажнении, при этом наблюдается увеличение аддитивности генов. Показано, что широко используемый на практике приём калибровки семян по линейным размерам (для кабачка по ширине семени), в свете полученных данных требует уточнений в связи с экологическими условиями года их репродукции, особенностями генотипа и характера взаимодействия «генотип × среда».

Ключевые слова: семя, морфометрический признак, кабачок овощной, индекс среды, генетический анализ.

Ecologic and genetic analysis of morphometric features of seeds of *Cucurbita pepo* var. *giramontia* Duch.

V. F. Khlebnikov, N. V. Smurova,
Pridnestrovian State University n. a. T.G. Shevchenko,
128, St. 25 October, Tiraspol, Transnistria, 3300,
e-mail: v-khl@yandex.ru, natava.smurova@yandex.ru

Five parental forms of squash *Cucurbita pepo* var. *Giramontia* Duch. and 20 hybrids F₁ created in the research laboratory of Bioinformatics of SPSU, similar in precocity, but differing in the size of seeds are considered in the research. The variability of morphometric signs (weight, length, width and thickness of a seed) of seeds in a gradient of reproduction conditions

(7 years) was put in the limelight. To characterize the variability of seed bearers vegetation conditions, environment indexes calculated by “the mass of a seed” were used. The genetic analysis of variability and inheritance of signs was carried out with the use of the experimental material received according to the scheme of the complete diallelic crossing (5 x 5). The aim of the work was to research ecologic and genetic behavior of morphometric signs of a squash seed for the purposes of selection, seed-growing and technological tasks. Variability of morphometric signs of seeds in the research conducted in 2005–2012 showed, first of all, hydrothermal conditions of a reproduction year by rotation of crops on the sites of one field, genotypical factors, and interaction of the type “genotype-environment”. The regression analysis adequately revealed the role of genotype in the change of a slope angle. The most responsive to conditions of a reproduction year of characterizes were weight and width of a seed. The length of a seed only slightly reacts to the conditions of a reproduction year. In various environmental conditions (the hydrothermal coefficient = 1.31 and 0.92) of seeds reproductions was revealed the unidirectional dominance of such a characteristics as seed width. Dominant genes are responsible for a more considerable expression of the feature. However at poor humidification the tendency of decreasing by 0.73 of the genes block determining seed width dimensions, in comparison with the results in conditions of high humidification. At the same time increase in genes additivity was observed. It was shown that the widely used in practice sorting (calibration) of seeds according to the linear dimensions (as for squash, seed width calibration), requires specifications according to ecological conditions of their reproduction year, genotype specifics, and the character of interaction “genotype – environment”.

Keywords: seed, morphometric feature, squash, environmental index, genetic analysis.

Одним из фундаментальных свойств семян является свойство изменчивости [1]. Изменчивость семян является необходимым условием адаптивной стратегии организмов. У дикорастущих растений их изменчивость обычно выше, чем у культурных растений, а у перекрёстноопыляемых – выше, чем у самоопыляющихся видов. Изменчивость семян проявляется по морфологическим, физиологическим, генетическим и иным признакам. Характер проявления изменчивости зависит, в основном, от способа распространения, размера зародыша, структуры, текстуры и цвета семенных покровов, а также от формы и размера самого семени [2].

Изменчивость семян в культуре является фактором, усложняющим прецизионное осуществление основных технологических приёмов: посев, уход, уборка урожая и др. Поэтому в практике стремятся уменьшить изменчивость семян культурных растений и добиться их выравнивания по морфологическим и физиологическим свойствам. Однако у большинства видов сельскохозяйственных растений в той или иной степени она продолжает быть выраженной [3–4]. Вследствие этого предпосевное сортирование семян является обязательным элементом современных аграрных технологий.

Известно, что продуктивность растений тесно зависит от массы семян [5]. Однако сортировка семян по этому признаку не технологична. Поэтому в производстве широко используются способы отбора высококачественных семян путём сортирования с помощью решёт по линейным морфометрическим признакам [6]. Сегодня нет теории, которая обосновывает подходы к выделению фракций семян по этим признакам. Прямая или косвенная связь между морфометри-

ческими и агрономическими признаками семян имеет сложный характер и зависит от порядка взаимодействия между элементами, её составляющими [7].

Исходя из этих положений, задачей работы явилось изучение эколого-генетического поведения морфометрических признаков семени кабачка овощного для решения селекционных, семеноводческих и технологических задач.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись 5 родительских форм кабачка овощного *Cucurbita pepo* var. *giramontia* Duch. и 20 гибридов F₁, созданных в НИЛ «Биоинформатика» ПГУ, близких по скороспелости (раннеспелые – 19/84, 48/20, 5Б; скороспелые – 166/5, 98/20), но различающихся по размеру семян.

Исследования проводили в 2005–2012 гг. на экспериментальном поле НИЛ «Биоинформатика» ПГУ им. Т. Г. Шевченко, расположенном в пойме р. Днестр. В настоящее время участок отделён от реки Днестр насыпной дамбой и представляет собой ровную поверхность. Почва участка – чернозём обыкновенный, среднemocный, тяжелосуглинистый.

Морфометрические признаки (масса, длина, ширина и толщина семени) определяли в выборке из 100 шт. семян каждого образца. Массу измеряли с помощью торсионных весов ВТ-500 с точностью до 0,001 г, а линейные размеры – с помощью микроскопа МБС-10 с точностью до 0,1 мм.

Индексы среды определяли по показателю «масса семени» по формуле Eberhart и Russel [8]:

$$I_y = [(\sum_y Y_{iy}/y) - (\sum_i \sum_y Y_{iy}/yn)],$$

где Y_{ij} – значение массы семени i -той родительской формы в j -том году; v – количество родительских форм; n – число лет исследований. По совокупности индексов характеризовали условия вегетации семенников: если $I_i = 0$, то условия благоприятные, если $I_i < 0$ – неблагоприятные.

Генетический анализ изменчивости и наследования признаков провели с использованием экспериментального материала, полученного по схеме полного диаллельного скрещивания (5×5) [8].

Результаты исследований

Морфологические признаки являются одним из основных показателей состояния семян. Их изменчивость в исследованиях, проведённых в 2005–2012 гг., определяет, в первую очередь, гидротермические условия года репродукции вследствие ротации посевов на участках одного поля, генотипические факторы и характер взаимодействия «генотип-среда».

Индексы среды (I_c), в которых выращивались исследуемые генотипы, изменялись от -27,69 до 13,48. Среди них 2005, 2006, 2010–2012 гг. были благоприятными для формирования семян ($I_c = 3,11–13,48$) а 2008–2009 гг. – неблагоприятными ($I_c = -27,69– -9,12$).

Угол наклона линий регрессии на рисунке отражает отзывчивость морфометрических признаков семян исследуемых форм на условия вегетации семенников. Роль генотипа на изменение угла наклона достаточно очевидна. Так, ширина семян форм 19/84, 98/5 незначительно зависит от условий года репродукции. Напротив, форма 166/5 характеризуется большой отзывчивостью ширины семени на условия репродукции.

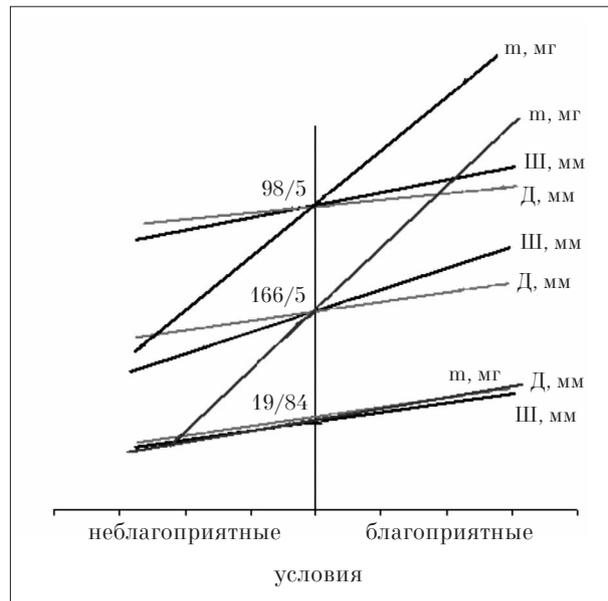


Рис. Линии регрессии морфометрических признаков семени на изменение условий репродукции

По длине семени отмечается незначительная реакция исследуемых форм на условия года репродукции.

Наиболее отзывчива на условия года репродукции масса семени форм 98/5 и 166/5.

Исключением является форма 19/84, у которой линии регрессии исследуемых морфометрических признаков семени совпадают. Это свидетельствует о высокой интегрированности признаков.

Таким образом, исследуемые генотипы по морфометрическим признакам дифференцируются различно в зависимости от условий вегетации. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа позволили выявить существенные различия изменчивости исследуемых морфометрических признаков семян от генотипических и экологических факторов (табл. 1).

Таблица 1

Влияние факторов (%) на изменчивость морфометрических признаков семян кабачка

Признак	Исследуемые факторы	2005–2012 гг.	Условия вегетации	
			благоприятные	неблагоприятные
Длина	1	24,7	30,4	96,8
	2	23,8	22,6	0,0
	3	35,1	44,1	0,4
Ширина	1	11,0	7,0	94,3
	2	22,6	25,3	3,9
	3	57,4	57,0	0,2
Масса	1	13,9	28,5	3,4
	2	26,0	2,5	76,3
	3	53,5	60,6	16,9

Примечание: 1 – влияние генотипа; 2 – влияние среды; 3 – взаимодействие «генотип × среда».

Таблица 2

Изменение генетических параметров ширины семени кабачка

Показатели	Сущность	ГТК	
		1,31	0,92
D	Аддитивность действия генов	0,12	0,50
F	Направленность доминирования	0,14	0,54
H ₁	Положительные эффекты генов	0,57	0,71
H ₂	Отрицательные эффекты генов	0,39	0,11
h ₂	Алгебраическая сумма доминантных эффектов гетерозисных локусов	0,87	0,16
H ₁ /D	Средняя степень доминантности в каждом локусе	2,15	1,18
h ² /H ₂	Количество блоков доминантных генов контролирующих признак	2,23	1,50
E	Средовая вариация	0,08	0,14
H ²	Наследуемость в широком смысле слова	0,69	0,69
h ²	Наследуемость в узком смысле слова	0,32	0,63
r _[(V_r+W_r): x]	Коэффициент регрессии между средним значением признака у родителей и уровнем доминантности (W _r +V _r)	-0,78	-0,70

Установлено, что длина семени в неблагоприятных условиях определяется, в первую очередь, влиянием генотипа, а в благоприятных условиях наблюдается приблизительно равное влияние генотипа, среды и их взаимодействия. Ширина семени также в неблагоприятных условиях определяется генотипом, а в благоприятных – влияние генотипа резко снижено, но при этом значительно возрастает влияние взаимодействия генотипа и среды.

Масса семени в неблагоприятных условиях определяется действием факторов среды, а в благоприятных условиях – взаимодействием генотипа и среды.

Ранее было показано [9], что вариационные кривые морфометрических признаков семян у образцов, исходных для исследуемых форм, подчиняются закону нормального распределения. Корреляционные связи между ними изменяются от слабых до средних в зависимости от генотипа, что позволяет предположить возможность независимого их наследования [10].

Исходя из значимости признака «ширина семени» для решения технологических задач растениеводства генетический анализ был проведён по данным, полученным в различных экологических условиях (табл. 2).

Главным типом внутрислокусных взаимодействий, контролирующих ширину семени в условиях высокой увлажнённости, является сверхдоминирование ($\sqrt{H_1/D} > 1$).

В различных экологических условиях (гидротермический коэффициент = 1,31 и 0,92) репродуцирования семян выявлено однонаправленное доминирование. За большее

выражение признака отвечают доминантные гены. Однако при недостаточном увлажнении отмечена тенденция к уменьшению на 0,73 размерности блока генов, детерминирующих ширину семени, по сравнению с таковым при высоком увлажнении. При этом наблюдается увеличение аддитивности генов.

Следовательно, широко используемый на практике приём сортирования (калибровки) семян по линейным размерам (для кабачка по ширине семени) требует уточнений с учётом экологических условий года их репродукции, особенностей генотипа и характера взаимодействия «генотип × среда».

Литература

1. Яблоков А.В., Юсупов А.Г. Эволюционное учение. М.: Высш. шк., 2004. 309 с.
2. Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений. М.: Наука, 1981. 96 с.
3. Хлебников В.Ф. Информационные аспекты использования гетероспермии в растениеводстве // Вестник Приднестровского ГУ. 1997. № 1 (6). С. 83–90.
4. Телебокова Р.Н. Гетероспермия: явление, понятие, место среди прочих типов внутрислокусной изменчивости у четырех видов бобовых трибы Fabae. Москва: МПГУ: Прометей, 2013. 71 с.
5. Макрушина Е.М. Биологическое обоснование нового принципа отбора семян // Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур І цукрових буряків. 2007. С. 129–136.
6. Корн А.М. Поиск новых технологий сортирования семян // Вестник РАСХН. 2008. № 2. С. 15–16.
7. Драгавцев В.А. О путях создания теории селекции и технологий эколого-генетического повышения

продуктивности и урожая растений // Факторы экспериментальной эволюции организмов: сборник научных статей. Киев: Логос, 2013. Т. 12. С. 38–41.

8. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Мн.: Техналогия, 1997. 372 с.

9. Хлебников В.Ф., Смурова Над.В., Смурова Нат.В. Исследование изменчивости морфометрических признаков семян кабачка // Вестник Приднестровского государственного университета. 2011. № 2 (38). С. 90–96.

10. Хлебников В.Ф., Смурова Нат.В., Смурова Над.В. Изменчивость и наследование линейных размеров семени кабачка // Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы. М.: Изд-во ВНИИССОК, 2010. Т. 1. С. 532–538.

References

1. Yablokov A.V., Yusupov A.G. Theory of evolution. M.: Vysshaya shkola, 2004. 309 p. (in Russian).

2. Levina R.E. Reproductive biology of seed plants. M.: Nauka, 1981. 96 p. (in Russian).

3. Khlebnikov V.F. Informational aspects of use of a heterospermy in crop production // Vestnik Pridnestrovskogo GU. 1997. № 1 (6). P. 83–90 (in Russian).

4. Telebokova R.N. Heterospermy: the phenomenon, the concept, the place among other types of intra popula-

tion variability of four types bean Fabae triba. M.: "MSPU" Prometei, 2013. 71 p. (in Russian).

5. Makrushina E.M. Biological justification of the new principle of seeds selection // Zbirnik naukovikh prats Institutu bioenergetichnikh kultur i zukrovikh buryakiv. Kyiv: IBCSB, 2007. P. 129–136 (in Russian).

6. Korn A.M. Searching of new technologies of sorting of seeds // Vestnik RASHN. 2008. № 2. P. 15–16 (in Russian).

7. Dragavtsev V.A. About paths of creation of the theory of selection and technologies of ecologic and genetic increase in efficiency and harvest of plants // Factory eksperimentalnoy evolutsii organismov: sbornik nauchnykh statey. Kyiv: Logos, 2013. Т. 12. P. 38–41 (in Russian).

8. Kilchevsky A.V., Hotyleva L.V. Ecological selection of plants. Minsk: Technalohija, 1997. 372 p. (in Russian).

9. Khlebnikov V.F., Smurova Nad.V., Smurova Nat.V. Research of variability of morphometric features of squash seeds // Vestnik Pridnestrovskogo GU. 2011. № 2 (38). P. 90–96 (in Russian).

10. Hlebnikov V.F., Smurova Nat.V., Smurova Nad.V. Variability and inheritance of size of Cucurbita pepo seeds / Sovremennye tendentsii v selktsii i semenovodstve ovoshchnikh kultur trends in vegetable breeding and seed production. Traditsii i perspektivy. M.: VNISSOK, 2010. Т. 1. P. 532–538 (in Russian).