

ГЕНЕТИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СВЕРХКРУПНОЗЕРНОСТИ ГРЕЧИХИ

Н.Н. ФЕСЕНКО, кандидат биологических наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЕЛ

E-mail: ivanfesenko@rambler.ru

Крупнозерность является желательным признаком при производстве крупы из гречихи. Пределы ее повышения, очевидно, ограничены, но точно не известны. Для изучения свойств сверхкрупнозерности у гречихи было проведено самоопыление самофертильных крупнозерных растений из популяции гибридного происхождения (крупнозерный сорт Троянда × гомостилия Гд1), с дальнейшим ранжированием по размеру семян и анализом потомств. В начале созревания с отобранных растений были удалены побеги с семенами, которые использовались в качестве частично аутбредного контроля (Гд1 без изоляции склонна к перекрестному опылению). Оставшиеся побеги на этих растениях обрывали до бутонов и изолировали. 226 самоопыленных растений были разделены на 6 групп по массе 1000 зерен (M_{1000}): 1) $M_{1000} < 30$ г (14 растений), 2) $M_{1000} = 30-34,9$ г (44 растения), 3) $M_{1000} = 35-39,5$ г (72 растения), 4) $M_{1000} = 40-44,9$ г (38 растений), 5) $M_{1000} = 45-49,9$ г (34 растения), 6) $M_{1000} > 50$ г (24 растения). Семена, собранные с растений в пределах каждой группы, были смешаны: получено 6 популяций для последующего анализа. По признаку «масса сухого растения» степень инбредной депрессии практически не зависела от варианта опыта, в то время, как по числу и массе плодов с растения снижение величины признака сильнее проявилось у наиболее крупноплодных вариантов. В нашем эксперименте явная граница по M_{1000} , пересечение которой приводит к резкому снижению зерновой продуктивности растения, прошла при превышении показателя 40 г. В практической селекции этот показатель значительно ниже. Существенная зависимость инбредной депрессии по M_{1000} от величины этого признака свидетельствует о сильной зависимости проявления сверхкрупнозерности от гетерозиготности по генам, определяющим изменчивость этого признака.

Ключевые слова: гречиха, крупнозерность, зерновая продуктивность растения.

Для цитирования: Фесенко Н.Н. Генетико-физиологические особенности сверхкрупнозерности гречихи. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):90-94. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-90-94

GENETIC AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF EXTRA-LARGE GRAIN IN BUCKWHEAT

N.N. Fesenko

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, OREL

Abstract: *Large grain is a desirable feature for the production of buckwheat groats. The possibility of its increase is obviously limited, but not known precisely. To study the inheritance of extra-large grain in buckwheat, we carried out self-pollination of self-fertile large-grain plants from a population of hybrid origin (large-grain variety Troyanda × homostyly HL1), with further ranking by seed size and analysis of the progeny. At the beginning of ripening, shoots with seeds were cut off from the selected plants: the cross-pollinated seeds were used as a control. Other shoots on these plants were isolated after removing of both all open flowers and developing seeds.*

226 the self-pollinated plants were divided into 6 groups according to the weight of 1000 seeds (M_{1000}): 1) $M_{1000} < 30$ g (14 plants), 2) $M_{1000} = 30-34.9$ g (44 plants), 3) $M_{1000} = 35- 39.5$ g (72 plants), 4) $M_{1000}=40-44.9$ g (38 plants), 5) $M_{1000}=45-49.9$ g (34 plants), 6) $M_{1000}> 50$ g (24 plants). Seeds collected from plants within each group were mixed: 6 populations for the analysis were obtained. For the trait “dry plant weight,” the degree of inbreeding depression did not depend on the experimental variant, while for the number and weight of fruits per plant, the decrease in the values of the traits was more significant in the largest-grain variants. In our experiment, the limit of the weight of 1000 seeds, exceeding which leads to a sharp decrease in the grain productivity of the plant, is at 40 g. In practical breeding, this value is much lower. The significant dependence of inbreeding depression for M_{1000} on the value of this trait indicates a strong dependence of the manifestation of extra-large grain size on heterozygosity for genes that determine the variability of this trait.

Keywords: buckwheat, large grain, grain productivity of a plant.

Введение

Родина гречихи обыкновенной – горные районы южного Китая [1]. В восточную Европу это растение попало по шелковому пути [1] или вместе с миграцией кочевников, о чем свидетельствуют некоторые ее местные названия (поганка, татарка). Скорее всего, поток генов гречихи с востока происходил неоднократно, что обусловило ее заметное разнообразие в Европе. В России эта культура адаптировалась к длинному летнему дню (потеряла фоточувствительность) [2], и короткому лету (скороспелость), вошла в рацион жителей и возделывалась много сотен лет [3]. За это время здесь сформировался скороспелый и мелкозерный генофонд, сохраняющий гетерогенность по основным признакам, включая размер зерна. Об этом свидетельствует успех селекционной работы в начале 20 века в Орловском регионе, когда путем многолетнего массового отбора и более раннего посева была получена более мощная (среднеспелая) и более крупнозерная (масса 1000 была повышена с 20 до 25 г) популяция – сорт с претенциозным названием Богатырь [4]. Этот сорт надолго стал стандартом во многих регионах России.

Крупнозерность является желательным признаком при производстве крупы. Пределы ее повышения, очевидно, ограничены, но точно не известны. Наиболее крупнозерный на данный момент сорт Троянда имеет массу 1000 семян более 35 г [5]. Дальнейшее увеличение данного показателя может ограничиваться особенностями генетического контроля сверхкрупнозерности, а также физиологическими особенностями крупнозерных форм с различной величиной данного признака.

Для изучения наследования сверхкрупнозерности у гречихи нами были получены самоопыляющиеся (гомостильные) варианты крупнозерных растений. Было проведено массовое самоопыление самофертильных крупнозерных растений, с дальнейшим ранжированием по размеру плодов и анализом потомств. Продолжить эту работу не удалось из-за сильной инбредной депрессии полученных линий. Однако полученные результаты, при сопоставлении с результатами многолетней селекции крупнозерных сортов гречихи в России, могут служить хорошим фундаментом для понимания проблемы. Результаты этого эксперимента и их анализ представлены в статье.

Материал и методы

Исходная популяция была получена из гибридной популяции, полученной от скрещивания гомостильной формы Ф.Е. Замяткина (1971) и крупноплодного сорта Троянда путем многократных индивидуальных отборов на крупноплодность и гомостилию цветка. В начале созревания с отобранных растений были обрезаны отцветающие побеги с семенами, которые использовались в качестве контроля (семена, завязавшиеся от частичного перекрестного опыления, около 30%, характерного для гомостильной формы Гд1). Более молодые побеги на этих растениях обрывали до бутонов и изолировали капроновыми изоляторами. 226 самоопыленных растений были разделены на 6 групп в соответствии с массой 1000 зерен (M_{1000}): 1) $M_{1000} < 30$ г (14 растений), 2) $M_{1000} = 30-34,9$ г (44 растения), 3) $M_{1000}=35-39,5$ г (72 растения), 4) $M_{1000}=40-44,9$ г (38 растений), 5) $M_{1000}=45-49,9$ г (34

растения), 6) $M_{1000} > 50$ г (24 растения). Семена, собранные с растений в пределах каждой группы, были смешаны с целью получения 6 популяций для последующего анализа.

Эти инбредные популяции были выращены в полевых условиях рядом с контролем. Уровень инбредной депрессии оценивали как снижение величины признака по сравнению с частично аутбредным контролем.

Результаты

Уровень инбредной депрессии по массе сухого растения составил в среднем 43,7%, и практически не зависел от варианта опыта. Снижение значений признаков «числу плодов с растения» и «массе плодов с растения» составило в среднем 57,1% и 64,8%, соответственно, и существенно зависело от уровня крупнозерности растений (табл. 1).

Таблица 1

Анализ самоопыленных потомств по признакам «масса сухого растения», «число семян на растении», и «масса семян с растения» в пределах групп гибридных растений, различающихся по M_{1000}

Фенотипические классы по M_{1000} , г	n	Масса сухого растения, г	Число семян на растении	Масса семян с растения, г
		$X \pm m$	$X \pm m$	$X \pm m$
<30	14	31,1±4,4	20,5±5,2	0,56±0,14
30,0 - 34,9	44	25,3±7,1	16,3±4,9	0,50±0,16
35,0 - 39,9	72	27,2±6,4	16,5±4,7	0,48±0,13
40,0 - 44,9	38	29,9±3,0	7,7±3,7	0,23±0,10
45,0 - 49,9	34	20,3±3,9	6,8± 2,0	0,24±0,07
>50	24	30,7±6,3	6,3±2,5	0,25±0,10
Контроль (частичное перекрестное опыление)	226	48,7±7,7	28,8±5,3	1,07±0,20

По массе 1000 плодов уровень инбредной депрессии составил в среднем 20,4%, причем чем крупнее семена, тем сильнее снижалась M_{1000} в первом поколении самоопыления (табл. 2).

Таблица 2

Инбредная депрессия (ИД) по массе 1000 зерен (M_{1000}) в зависимости от фракции гибридной популяции

M_{1000} , г	n	I_0	I_1	ИД, %
		X	X	
<30	14	29,2	27,1	7,2
30,0 - 34,9	44	34,8	29,2	16,1
35,0 - 39,9	72	38,3	30,3	20,9
40,0 - 44,9	38	42,4	32,4	23,6
45,0 - 49,9	34	46,0	34,4	25,2
>50	24	51,9	36,7	29,3
Контроль	226	35,3	36,5	-3,4

Однако ранжирование по этому признаку в I_0 и I_1 совпадало. Другими словами, результативность отбора по массе 1000 плодов находилась в прямой зависимости от его интенсивности, и наиболее крупные плоды были получены в потомстве растений с наиболее крупными плодами. В то же время наблюдалось общее снижение крупности плодов инбредных потомств, по сравнению с родительскими растениями. Таким образом, сверхкрупнозерность у гречихи сильно зависит от гетерозиготности по определенным генам.

Обсуждение

История создания гречихи с массой 1000 зерен, существенно превышающей 30 г, включает несколько эпизодов. Так, в середине 1940-х годов появились полиплоиды обычной гречихи с крупным зерном [6], но этот тип растения не закрепился на полях из-за

пониженной озерненности. Тетраплоиды гречихи обыкновенной можно рассматривать как новый искусственный генетический вид, т.к. они не скрещиваются с диплоидными растениями своего вида. Это свойство тетраплоидов было использовано для разработки метода экранной изоляции, для чего был создан тетраплоидный сорт Крылатая [7].

Крупнозерная форма Н.Н. Петелиной возникла как бы ниоткуда, хотя начало карьеры селекционера по гречихе обычно сопровождалось посевом образцов коллекции ВИР. Какой-то из этих образцов мог быть гетерогенным по крупнозерности, что осталось незамеченным. Н.Н. Петелина очень быстро создала крупнозерный сорт [8]. Следовательно, этот морфотип наследуется просто и эволюционно отработан как культурный тип растения, а не новая мутация. Теперь в коллекции ВИР представлены крупнозерные сорта Н.Н. Петелиной, что делает бессмысленным поиск этого типа растения в экзотических образцах, имея ввиду возможность их переопыления. Этот крупнозерный сортотип имеет свои особенности, которые свойственны всем крупнозерным сортам этого типа. Все они отличаются относительной скороспелостью. По-видимому, это связано с тем, что обычный отбор на высокую озерненность крупнозерных растений приводит здесь к появлению экземпляров с очень высокой аттрагирующей способностью плодов, поэтому с началом массового цветения и плодообразования налив плодов автоматически блокирует процессы вегетативного роста. Новые побеги и цветки не формируются, т.е. происходит процесс физиологической детерминации развития.

Хотя этот физиологический механизм у различных растений в крупнозерных сортах обычно выражен в разной степени (ведет себя как количественный признак), тем не менее, такая детерминация развития накладывает ограничения на потолок максимального урожая. Вероятно, по этой причине этот тип крупнозерности не получил распространения в Китае и Непале, странах, где наличие этого типа гречихи документировано [9-10]. В этих странах основным продуктом из гречихи является мука и изделия из нее (лапша и др.). Кроме того, в Китае это основная страховая культура после обычных на восточном побережье локальных катастрофических наводнений, вызванных тайфунами с Тихого океана [10]: мелкозерность здесь гарантирует возможность засеять большую площадь при ограниченном количестве семян. Хотя для производства крупы (основной способ использования гречихи в России) крупнозерность является желательным признаком.

Наши успешные попытки отбора внутри гибридной крупнозерной популяции (донор крупнозерности – сорт Троянда) показали, что этот крупнозерный генотип способен не только повысить популяционный уровень массы 1000 семян выше 30 г, но и превзойти этот показатель у отдельных растений в 1,5-2 раза. Но при самоопылении таких сверхкрупнозерных растений наблюдается сильная инбредная депрессия как по массе 1000 семян, так и по урожаю с растения. Эти полученные нами результаты хорошо согласуются с данными по наследованию массы 1000 семян А.Н. Соболева [11], который показал, что в максимальную величину этого признака велик вклад взаимодействия гетерозигот с гетерозиготами, т.е. фактически максимальной гетерозиготности.

В нашем эксперименте явная граница по сверхкрупнозерности, пересечение которой приводит к резкому снижению зерновой продуктивности растения, прошла при превышении показателя 40 г по массе 1000 выполненных плодов. Реально в практической селекции этот показатель значительно ниже. Самый крупнозерный сорт Троянда изначально имел массу 1000 зерен около 38 г. У более урожайных крупнозерных сортов этот показатель на 3-5 г ниже [5].

Заключение

Крупнозерность у гречихи обыкновенной определяет некоторые физиологические особенности растений, связанные с их зерновой продуктивностью. Верхний предел массы 1000 семян, превышение которого ведет к резкому снижению числа семян на растении (также как и массы семян с растения), в нашем опыте составил около 40 г. Наиболее крупнозерные сорта имеют массу 1000 зерен на несколько граммов ниже. Поскольку уровень инбредной депрессии по признаку М 1000 существенно зависит от величины этого признака,

можно заключить, что высокие уровни крупнозерности у гречихи определяются гетерозиготностью по многим генам, участвующим в контроле изменчивости этого признака.

Литература

1. Ohnishi O. Discovery of new *Fagopyrum* species and its implication for the studies of evolution of *Fagopyrum* and of the origin of cultivated buckwheat // Proc. 6th Int. Symp. on Buckwheat. Japan, 1995. – P. 175-190.
2. Фесенко Н.Н., Романова О.И., Мартыненко Г.Е., Фунатзуки Х. Экологическая изменчивость архитектуры российских и японских сортов гречихи // Аграрная Россия. – 2002. – №1. – С. 68-72.
3. Ключевский В.О. Краткое пособие по русской истории. М.: Рассвет, 1992. –192 с.
4. Пульман И.А. Сорта гречихи селекции 1934 года // Соц. стр-во ЦЧО. – 1934. – №3-4. – С. 35-37.
5. Кадырова Ф.З. К итогам селекции гречихи в Татарском НИИ сельского хозяйства // Зерновые культуры. М. – 1983. – №2. – С. 29-32.
6. Сахаров В.В., Фролова С.С., Мансурова В.В. Создание высокоплодовой тетраплоидной гречихи (*F. esculentum* M.) // Труды ДАН СССР. Хабаровск. – 1944. – Т. 44. – № 6. – С. 243-254.
7. Неттевич Э.Д., Фесенко Н.В. Биологический метод изоляции обыкновенной гречихи // Селекция и семеноводство. – 1964. – №2. – С. 41-45.
8. Петелина Н.Н. О новом сорте гречихи Краснострелецкая // Труды ВНИИЗБК. – 1968. – Т.2. – С. 251-257.
9. Rajbhandary B.P. Catalogue of indigenous Nepalese buckwheat. Nepal, Kathmandu. 1995. –45 p.
10. Lin R.F. Buckwheat in East Asia: China // Status reports on genetic resources of buckwheat. Malaysia, 1999. – P. 1-30.
11. Соболев А.Н. Наследование массы 1000 зерен у гречихи. Тезисы докладов 5 съезда ВОГиС. – Т.4, 4.2., Москва, 1987. – С. 171-172.

References

1. Ohnishi O. Discovery of new *Fagopyrum* species and its implication for the studies of evolution of *Fagopyrum* and of the origin of cultivated buckwheat // Proc. 6th Int. Symp. on Buckwheat. Japan, 1995. – P. 175-190.
2. Fesenko N.N., Romanova O.I., Martynenko G.E., Funatsuki H. Ecological variability of the architectonics of Russian and Japanese buckwheat varieties // *Agrarnaya Rossiya*. – 2002. – no.1. – Pp. 68-72. (in Russian)
3. Klyuchevskiy V.O. A short guide to Russian history. M.: Rassvet, 1992. – 192 p. (in Russian)
4. Pulman I.A. Buckwheat varieties bred in 1934 // *Sots. str-vo CChO*. – 1934. – no. 3-4. – Pp. 35-37. (in Russian)
5. Kadyrova F.Z. To the results of buckwheat breeding in the Tatar Research Institute of Agriculture // *Zernovye kultury*. Moscow. – 1983. – no.2. – Pp. 29-32. (in Russian)
6. Sakharov V.V., Frolova S.S., Mansurova V.V. Creation of highly fertile tetraploid buckwheat (*F. esculentum* M.) // *Trudy DAN USSR*. Khabarovsk. – 1944. – V. 44. – no. 6. – Pp. 243-254. (in Russian)
7. Nettevich E.D., Fesenko N.V. Biological method for isolating common buckwheat // *Seleksiya i semenovodstvo*. – 1964. – no.2. – Pp. 41-45. (in Russian)
8. Petelina N.N. About the new buckwheat variety *Krasnostreletskaia* // *Trudy VNIIZBK*. – 1968. – V.2. – Pp. 251-257. (in Russian)
9. Rajbhandary B.P. Catalogue of indigenous Nepalese buckwheat. Nepal, Kathmandu, 1995. – 45 p.
10. Lin R.F. Buckwheat in East Asia: China // *Status reports on genetic resources of buckwheat*. Malaysia, 1999. – Pp. 1-30.
11. Sobolev A.N. Inheritance of thousand seeds weight in buckwheat. *Tezisy dokladov 5 s'ezda VOGiS*. – V.4, 4.2., Moscow, 1987. – Pp. 171-172. (in Russian)