

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ
СЕМЯОБРАЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ *PISUM SATIVUM L.*****Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д.**

Реферат. Представлены результаты исследований по выявлению особенностей формирования структуры семенной продуктивности у новых генотипов гороха с беспергаментными бобами. Селекция сортов Кабан, Фрегат, Велес и образец КТ-6489 с новым признаком была направлена на увеличение числа бобов и семян на растение. Увеличение семенной продуктивности сопровождалось снижением массы 1000 семян и повышением выполненности бобов. Различия в вариабельности изученных признаков семенной продуктивности свидетельствуют о генотипических особенностях по реакции на воздействие условий среды. Обоснована селекционная ценность признака «продуктивность семяобразования» и его наследственный характер. Использование в селекции источников с высокой семяобразующей способностью способствовало увеличению доли семян от заложённых семязачатков на растении. У сортов с лучильными бобами значения данного признака в зависимости от условий среды менялись в пределах 54,4-70,9 %. В новых селекционных разработках эти показатели удалось существенно увеличить до 81,8-91,0 %. Статистическим анализом доказана достоверность и значимость генотипической дифференциации признака в меняющихся условиях среды. Установлен высокий значимый эффект генотипа с долей влияния 83,7 % на изменчивость продуктивности семяобразования. Влияние среды и взаимодействия факторов «генотип x среда» на признак оценивалось слабым воздействием (3,61 и 3,94 %). Наличие в исследуемой группе образцов стабильных генотипов вытекает из выявленного преимущества дисперсии генотипов над дисперсией взаимодействия «генотип-среда». Выделен образец КТ-6489 со слабой изменчивостью продуктивности семяобразования (1,6%) с колебаниями по годам 84,0-86,7 %.

Ключевые слова: горох посевной, генотип, беспергаментные бобы, продуктивность семяобразования, изменчивость.

Введение. Генеративная сфера гороха *Pisum sativum L.* характеризуется ярусным расположением соцветий, цветков, бобов, развивающихся из пазушных побегов на узлах и закладывающиеся поочередно по мере нарастания верхушечного конуса растений [1]. На одном растении гороха может формироваться до 150 цветков [2]. Потенциал растений современных сортов в среднем составляет 83 семязачатка [3]. Реализация потенциала семенной продуктивности может ограничиться гибелью завязей, стерильностью семязачатков. Даже при самых благоприятных условиях генетически обусловленный потенциал плод-и семяобразования у современных растений гороха реализуются лишь на 68 и 64 % соответственно, в условиях агроценоза, приближенному к производственному, эти показатели существенно снижаются [4]. Асинхронность развития и стерильность семязачатков на растениях гороха обусловлена обострением конкуренции на разновозрастных узлах при ограниченном обеспечении ассимилятами, а также расположением их в завязи [5, 6]. При создании высокоурожайных сортов Н.Е. Новикова (2002) предлагает использовать источники с продуктивностью семяобразования 70-72 % и массой 1000 семян 195-225 г. В генофонде *Pisum sativum L.* нами выявлен образец МС-1Д к-8853 (ВИР) с беспергаментными бобами, у которого доля семян от числа семязачатков в зависимости от условий года достигала 88,5-100 % [7]. Данный образец наряду с другими

аналогичными донорами с беспергаментными бобами был включен в селекционную программу, на основе которых создан исходный материал с устойчивостью к раскрыванию бобов [8, 9]. Генетический контроль признака обусловлен двумя генами *p* и *v*, которые в рецессивном состоянии определяют нарушение образования лигнинового слоя эндокарпа [10, 11, 12]. В процессе селекции при отборе растений в качестве маркерных признаков использовали число бобов и семян на растении, семязачатков и семян в бобе, которые определяют структуру семенной продуктивности генотипа. В настоящей работе рассмотрены результаты использования в качестве селекционного признака продуктивность семяобразования - долю семян от числа семязачатков. Данная проблема представляет актуальность для дальнейшего совершенствования направления селекции гороха.

Условия, материалы и методы исследований. Исследования проводились на опытном поле Татарского НИИСХ, расположенном в Предкамской зоне Республики Татарстан.

Трехлетний этап исследований охватывал годы, сильно различающиеся по метеорологическим условиям в период вегетации гороха. Данные таблицы 1 показывают, что наиболее засушливые условия складывались в 2014 и 2016 гг. с ГТК, соответственно, 0,58 и 0,53. Формирование репродуктивной зоны проходило, в основном,

под воздействием дефицита влаги и повышенного температурного режима. Период цветения 2014-го и образования бобов и семян 2015-го года характеризовались избыточным увлажнением. Неравномерное распределение гидротермических параметров погодных условий по фазам вегетации растений гороха также негативно повлияло на формирование потенциала сортов.

В исследовании были включены сорта селекции ТатНИИСХ различных морфотипов. В 2014-2016 гг. в конкурсном изучении сравнивались новые селекционные достижения с беспергаментными бобами (Кабан, Фрегат, Велес, КТ-6489) с ранее созданными сортами с луцильными бобами Ватан и Венец. За исключением листочковых сортов Кабан и Венец, генотипы характеризовались усатым типом листа.

Питомник высевался с густотой 130 всхожих семян на 1 м², учетная площадь делянок – 20 м². Для анализа были использованы растения с четырех постоянных площадок, заложенных на несмежных рядках двух повторностей. На растениях учитывали число бобов, семязачатков, семян, число семязачатков и семян в бобе, массу 1000 семян. Дисперсионный, вариационный анализы проведены по Б.А. Доспехову (1985).

Анализ и обсуждение результатов исследования. Уровень формирования и реализации потенциала элементов семенной продуктивности генотипов определялся их реакцией на воздействие факторов среды. Средние значения числа бобов и семян на растении показывают, что в процессе селекции удалось увеличить данные показатели у новых генотипов с беспергаментными бобами. Из представленной таблицы 2 наглядно видно, что данные параметры у сорта Ватан и Венец с луцильными бобами имели низкие значения. Реализация высокого потенциала числа семязачатков в бобе и на растении у

данных генотипов снизилась, в результате их стерильности число семян уменьшилось. Увеличение числа семян в бобе и на растении у новых беспергаментных сортов сопровождалось закономерным снижением крупности семян.

Анализ изменчивости рассмотренных показателей по годам свидетельствует о генотипических особенностях реакции на воздействие условий среды. Полученные данные указывают на высокую стабильность массы 1000 семян у изученных сортов (рис.1). Коэффициент вариации данного признака у большинства из них отмечен на низком уровне (CV=2,1-4,9 %). Лишь у образца КТ-6489 наблюдалась тенденция увеличения колебания значений по годам (CV=8,2 %).

Признаки «число бобов, семязачатков и семян на растение» были подвержены наибольшему колебаниям под воздействием факторов среды в зависимости от генотипических особенностей. Слабую изменчивость по числу бобов на растении проявили сорта Венец, Ватан Кабан и КТ-6489, коэффициент вариации признака у данных генотипов колебался в пределах 5,4-6,9 %. У сортов Фрегат и Велес изменчивость числа бобов на растении характеризовалась средним уровнем.

Наибольшей вариабельности под воздействием условий среды были подвержены признаки «число семязачатков и семян на растение». Высокие значения коэффициентов вариабельности этих признаков у сортов с усатым типом листа свидетельствуют о сильной зависимости реализации потенциала от условий среды (CV=20,8-24,3 и 21,3-25,3 %). Максимальной изменчивостью числа семязачатков и семян на растении характеризовался сорт Фрегат. У листочковых сортов значения признака по годам колебались в меньшей степени. Параметры коэффициентов вариабельности числа семязачатков и семян на растении у

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент (ГТК) по фазам развития гороха в годы

Фаза развития растений	2014	2015	2016
Посев-всходы	0,93	1,36	0,22
Всходы-начало цветения	0,21	0,77	0,89
Цветение	1,50	0	0,08
Конец цветения-созревание	0,56	1,98	0,32
Всходы-созревание	0,58	1,09	0,53

Таблица 2 – Формирование структуры семенной продуктивности растений у различных

Сорт	В среднем на растении, шт.			В среднем в бобе, шт.		Масса 1000 семян, г
	бобов	семя-зачатков	семян	семя-зачатков	семян	
Ватан	3,4	17,0	11,4	5,0	3,4	260,7
Венец	3,2	16,8	11,0	5,3	3,2	261,7
Кабан	4,3	16,3	13,9	3,8	3,2	217,1
Фрегат	4,0	17,7	15,4	4,4	4,0	186,9
Велес	3,8	19,2	16,0	5,1	4,3	192,0
КТ-6489	4,4	18,1	15,5	4,1	3,5	197,9

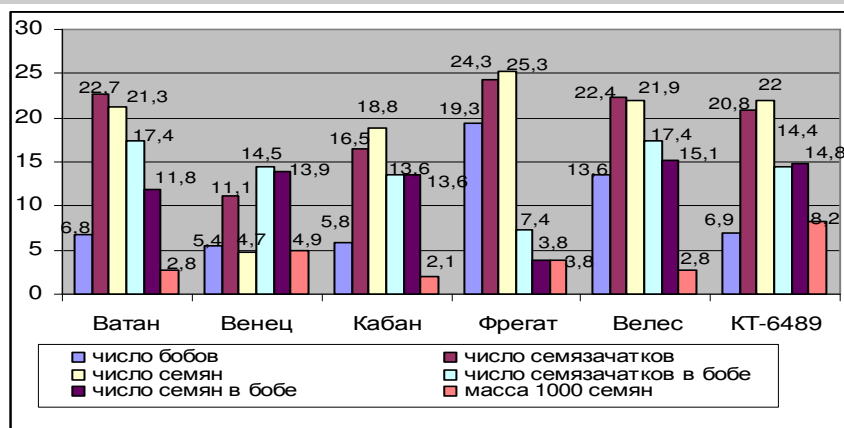


Рисунок – Изменчивость структуры семенной продуктивности сортов гороха по годам, CV, %

Таблица 3 –Продуктивность семяобразования у сортов гороха по годам, %

Сорт	2014	2015	2016	Среднее	V, %
луцильные бобы					
Ватан	70,9	66,3	64,3	67,2	5,0
Венец	67,9	54,4	61,5	61,3	11,0
беспергаментные бобы					
Кабан	87,7	81,8	83,1	84,2	3,7
Фрегат	86,4	85,7	91,0	87,7	3,3
КТ-6489	86,0	84,0	86,7	85,6	1,6
КТ-6502	86,3	82,3	81,8	83,5	3,0
НСР фактор А				3,01	
Фактор В				2,13	
Взаим. АВ				5,22	
Р, %				2,36	

Таблица 4 – Доля вклада факторов в изменчивость продуктивности семяобразования

Источник варьирования	F _{факт.}	F _{st} P=0,95	mS	Доля влияния факторов, %
Генотип	108,571	2,4	1479,8	83,7
Среда	11,715	3,2	159,7	3,61
Взаимодействие «генотип x среда»	2,558	2,0	34,9	3,94

сорта Кабан указывают на среднюю степень изменчивости (CV=16,5 и 18,8 %). Сорт Венец выделился высокой стабильностью числа семян на растении в меняющихся условиях среды (CV=4,7 %).

Изменчивость числа семязачтков и семян в бобе у большинства из них проявилась в средней степени, за исключением сорта Фрегат. У данного генотипа эти признаки оставались весьма стабильными по годам, коэффициент вариации составил, соответственно, 7,4 и 3,8 %.

В целом у листовковых сортов Венец и Кабан пределы колебания уровня коэффициента вариации изученных признаков составили, соответственно, 4,7-14,5 % и 2,1-18,8 %. У генотипов с усатым типом листа размах изменчивости признаков структуры семенной продуктивности отмечен в более широких пределах (2,8-25,3 %) с максимальным значением у сорта Фрегат. Из

изученных признаков наиболее стабильным признаком у всех генотипов является масса 1000 семян.

Конечный результат формирования репродуктивных органов гороха – число семян – представляет долю от заложенных на растении семязачтков и определяет продуктивность семяобразования в процентах. Данный параметр служит интегральным показателем, отражающим генотипические особенности в реализации потенциала семязачтков на растении у сортов с луцильными бобами в среднем за годы исследований составили 61,3 и 67,2 %, по годам они варьировали в пределах 54,4-70,9 % (табл. 3). У сортов с тонкой створкой боба продуктивность семяобразования была значительно выше, по годам значения варьировали от 81,8 до 91,0 %. Лучшим показателем характеризовался сорт Фрегат, у

которого среднее значение признака составило 87,7 %.

Анализ продуктивности семяобразования в наших исследованиях наглядно свидетельствует о высокой стабильности признака у генотипов по годам. Значения коэффициента вариабельности у сортов с лучильными бобами варьировали в пределах 5,0-11,0 %. У новых беспергаментных генотипов отмечена очень высокая стабильность по годам (CV=1,6-3,7 %). Результаты статистического анализа продуктивности семяобразования указывают на достоверность полученных данных и доказывают значимость различий признака по генотипам и по годам. Двухфакторным дисперсионным анализом установлено, что высокий значимый эффект на изменчивость продуктивности семяобразования оказывает генотип, доля влияния его достигала 83,7 % (табл. 4). Среда и взаимодействие факторов «генотип x среда» на признак оказывали слабое действие, доля влияния их оценивалось, соответственно, 3,61 и 3,94 %. Преимущество дисперсии генотипов ($mS=1479,8$) над дисперсией взаимодействия «генотип-среда» ($mS=34,9$) указывает, что в исследуемой группе образцов имеются

стабильные генотипы. Максимальной стабильностью продуктивности семяобразования выделился образец КТ-6489, у которого значения признака под воздействием условий среды менялись в пределах 84,0-86,7 % (CV=1,6%).

Представленные данные подтверждают наследственный характер показателя продуктивности семяобразования, определяемой долей семян на растении от числа семязачатков. Наряду с элементами продуктивности растений семяобразующая способность генотипов может представлять селекционную ценность.

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о резерве повышения продуктивности семяобразования гороха путем снижения стерильности семязачатков за счет внедрения мелкосемянных генотипов с выполненными бобами.

При создании новых генотипов гороха с беспергаментными бобами в качестве одного из селекционных признаков использована «продуктивность семяобразования». Значения признака в зависимости от генотипических особенностей и воздействием условий среды варьировали в пределах 81,8-91,0 %.

Литература.

1. Макашева Р.Х. Культурная флора СССР. Зерновые бобовые культуры. Ч. 1. Горох. – Ленинград, «Колос», Ленинградское отделение, 1979. – 324 С.
2. Ахундова В.А. Морфогенез и особенности потенциальной и реальной продуктивности однолетних бобовых растений // Материалы IV Международной научно-практической конф.: интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений. – Ульяновск, 2002. – Т. 1. – С. 209-211
3. Панарина В.И. Эндо-экзогенные факторы регуляции плодо- и семяобразования у современных сортов гороха. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. к.с.-х.н. – Орел, 2011. – 23 с.
4. Панарина В.И., Амелин А.В. О влиянии погодных условий, ценотического взаимодействия и морфотипа растений на потенциальное и реальное плодо- семяобразование современных сортов гороха // Вестник ОрелГау. 2010. – №3. – С. 21-25.
5. Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование роли морфотипа растений в формировании урожайности сортов. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. д.с.-х.н. – Орел, – 2002. – 46 С.
6. Полозов Г.Ю., Фадеев Е.А., Шурхаева К.Д. Факторный анализ выполненности бобов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) // Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях//Сб. научных материалов. – Орел, – 2008.–С. 389-395.
7. Шурхаева К.Д. Оценка генофонда гороха и перспективы его селекционного использования в условиях Среднего Поволжья: Дис.на соиск. уч. ст. к.с.х.н. – Казань, 2011.
8. Фадеев Е.А. Селекционная ценность исходного материала гороха (*Pisum sativum* L.) с различной морфологией листа и боба: Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. к.с.-х.н. – Казань, – 2014. – 23 с.
9. Фадеева А.Н., Фадеев Е.А. Направления селекции гороха на устойчивость к осыпанию //Материалы Всероссийской научно-практической конф. «Повышение АПК в современных условиях», посв. 95-летию со дня основания ТатНИИСХ. – Казань, Центр иннов. технологий, 2015. - С. 312-320
10. Reid, J.B., & Ross, J.J. Mendel's genes: toward a full molecular characterization. *Genetics*, 2011, 189(1). p. 3-6
11. Sinjushin A. Mutation Genetics of Pea (*Pisum sativum* L.): What Is Done and What Is Left to Do. *Ratar.Povrt.* 50:2 (2013) p.36-43
12. Ellis T.H.N., Hofer J.I., Timmerman-Vaughan G.M., Coyne C.J., Hellens R.P. Mendel, 150 years on. *Trends in Plant Science*, 2011, 16. P.590–596.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Изд-во Колос, 1985. - 351 с.

Сведения об авторах:

Фадеева Александра Николаевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Шурхаева Ксения Дмитриевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник e-mail: tatniva@mail.ru
Татарский НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия.

EFFICIENCY OF GRAIN FORMATION PRODUCTIVITY USE OF *PISUM SATIVUM* L. SELECTION

Fadeeva A.N., Shurkhaeva K.D.

Abstract. The results of investigations on revealing the features of the structure formation of seed productivity in new genotypes of peas with non-permeable beans are presented. Selection of Kaban, Fregat, Veles varieties and sample KT-6489 with a new trait was aimed at increasing the number of beans and seeds per plant. The increase in seed productivity was accompanied by a decrease in the mass of 1000 seeds and an increase in the performance of beans. Differences in the variability of the examined signs of seed productivity testify to the genotypic characteristics of the reaction to the effect of environmental conditions. The selection value of the “productivity of seed formation” and its hereditary character is grounded. The use of sources with a high seed-forming ability in breeding has contributed to an increase in the proportion of seeds from planted ovules on the plant. In the varieties with soft beans, the values of this feature, depending on environmental conditions, varied within the range 54.4-70.9%. In new breeding developments, these figures were significantly increased to 81.8-91.0%. Statistical analysis proved the reliability and significance of genotypic differentiation of the trait in changing environmental conditions. A high significant effect of the genotype with a share of 83.7% on the variability of seed production was established. The influence of the environment and the interaction of the factors “genotype x environment” on the trait was assessed by a weak impact (3.61 and 3.94%). The presence of stable genotypes in the study group results from the revealed advantage of variance of genotypes over the variance of the “genotype-environment” interaction. A sample of KT-6489 with a weak variability in seed production (1.6%) with variations by years 84.0-86.7% was isolated.

Key words: pea, genotype, non-permeable beans, productivity of seed formation, variability.

References

1. Makasheva R.Kh. *Kulturnaya flora SSSR. Zernovye bobovye kultury. Ch. 1. Gorokh.* [Cultural flora of the USSR. Cereal legumes. Part 1. Peas]. Leningrad, “Kolos”, Leningradskoe otdelenie, 1979. P. 324.
2. Akhundova V.A. *Morfogenez i osobennosti potentsialnoy i realnoy produktivnosti odnoletnikh bobovykh rasteniy. // Materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf.: introduktsiya netraditsionnykh i redkikh selskokhozyaystvennykh rasteniy.* (Morphogenesis and features of the potential and real productivity of annual leguminous plants. // Proceedings of IV International scientific and practical conference: Introduction of Unconventional and Rare Agricultural Plants). – Ulyanovsk. – 2002. – Vol. 1. – P. 209-211
3. Panarina V.I. *Endo-ekzogennye faktory regulyatsii plodo- i semyaobrazovaniya u sovremennykh sortov gorokha. Avtoref. diss. na soisk. uch. st. k.s.-kh.n.* (Endo-exogenous factors of regulation of fruit and seed formation in modern varieties of peas. Author’s abstract of dissertation for a degree of Ph.D. of Agricultural sciences). Orel. – 2011. – P. 23.
4. Panarina V.I., Amelin A.V. On the influence of weather conditions, coordination interaction and plant morphotype on the potential and real fruit production of modern varieties of pea. [O vliyaniy pogodnykh usloviy, tsenoticheskogo vzaimodeystviya i morfotipa rasteniy na potentsialnoe i realnoe plodo- semyaobrazovanie sovremennykh sortov gorokha]. // *Vestnik OrelGau. – The Herald of Orel SAU.* - №3. 2010. – P. 21-25.
5. Novikova N.E. *Fiziologicheskoe obosnovanie roli morfotipa rasteniy v formirovani urozhaynosti sortov. Avtoref. diss. na soisk. uch. st. d.s.-kh.n.* (Physiological substantiation of the role of morphotype of plants in the formation of yields of varieties. Author’s abstract of dissertation for a degree of Ph.D. of Technical sciences). Orel. – 2002. – P. 46.
6. Polozov G.Yu., Fadeev E.A., Shurkhaeva K.D. *Faktornyy analiz vypolnennosti bobov gorokha posevnoy (Pisum sativum L.). // Povyshenie ustoychivosti proizvodstva selskokhozyaystvennykh kultur v sovremennykh usloviyakh. // Sb. nauchnykh materialov.* (Factor analysis of the performance of pea seeds (*Pisum sativum* L.). // Increase of the stability of agricultural crops production in modern conditions. // Collection of scientific proceedings). – Orel. – 2008. – P. 389-395
7. Shurkhaeva K.D. *Otsenka genofonda gorokha i perspektivy ego selektsionnogo ispolzovaniya v usloviyakh Srednego Povolzhya. Dis.na soisk. uch. st. k.s.kh.n.* (Evaluation of peas the genepool and prospects for its selection use in the Middle Volga region: dissertation for a degree of Ph.D. of Agricultural sciences). 2011.
8. Fadeev E.A. *Selektsionnaya tsenost iskhodnogo materiala gorokha (Pisum sativum L.) s razlichnoy morfologiyey lista i boba: Avtoref. diss. na soisk. uch. st. k.s.-kh.n.* (The selection value of the initial pea material (*Pisum sativum* L.) with different leaf and bean morphology: dissertation for a degree of Ph.D. of Agricultural sciences). Kazan. – 2014. – P. 23.
9. Fadeeva A.N., Fadeev E.A. *Napravleniya selektsii gorokha na ustoychivost k osypaniyu. // Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konf. “Povyshenie APK v sovremennykh usloviyakh”, posv. 95-letiyu so dnya osnovaniya TatNIISKh.* (Directions of peas selection for resistance to shattering. // Proceedings of Russian Scientific and Practical Conference “Increasing the argoindustrial complex in modern conditions”, dedicated to the 95th anniversary of the founding of TatNIISKh). – Kazan, Tsentr innov. tekhnologiy, 2015. - P. 312-320
10. Reid, J.B., & Ross, J.J. Mendel's genes: toward a full molecular characterization. *Genetics*, 2011, 189(1). p. 3-6
11. Sinjushin A. *Mutation Genetics of Pea (Pisum sativum L.): What Is Done and What Is Left to Do.* *Ratar.Povt.* 50:2 (2013) p.36-43
12. Ellis T.H.N., Hofer J.I., Timmerman-Vaughan G.M., Coyne C.J., Hellens R.P. Mendel, 150 years on. *Trends in Plant Science*, 2011, 16. P.590-596.
13. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta.* [Field experience methodology]. - M. Izd-vo Kolos; 1985. – P. 351.

Authors:

Fadeeva Aleksandra Nikolaevna – Ph.D. of Biological Sciences, Leading Researcher
 Shurkhaeva Kseniya Dmitrievna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Senior Researcher, e-mail: tatniva@mail.ru
 Tatar Research Institute of Agriculture - a separate structural subdivision of Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Russia.