ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ У ЛИСТОЧКОВЫХ И УСАТЫХ ОБРАЗЦОВ ГОРОХА: ИЗМЕНЧИВОСТЬ, ВЗАИМОСВЯЗИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ

А.Р. Ашиев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

К.Н. Хабибуллин, агроном лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, kira1992k@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4136-1649;

М.В. Скулова, агроном лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, e-mail: povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Для отбора высокопродуктивных генотипов гороха большое значение имеет знание закономерностей формирования продуктивности растений, зависящие от сочетания элементов структуры. Целью данной работы явилось изучение вариабельности элементов структуры урожая, выявление связей между ними, изучение влияния элементов структуры урожая на семенную продуктивность растения у коллекционных образцов гороха, имеющих разный тип листа. Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Ростовская область, г. Зерноград) на экспериментальных полях лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур в 2017–2018 гг. Объектами исследований были 58 листочковых и 69 усатых образцов различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИГРП им. Н.И. Вавилова и образцы, созданные в других научно-исследовательских учреждениях России и зарубежья.

Исследования по изучению изменчивости и взаимосвязей элементов продуктивности растений образцов коллекции гороха, имеющих листочковый и усатый тип листа, показали, что наиболее вариабельными признаками являются количество и масса семян с растения. Выявлены различия во взаимосвязях между листочковыми и усатыми образцами. Отсутствие влияния высоты растений и расположения нижнего боба на продуктивность растения позволяет вести селекцию гороха на короткостебельность и высокое прикрепление нижнего боба у образцов с разными типами листа без снижения урожайности зерна.

Ключевые слова: горох, образец, семенная продуктивность, тип листа, вариация, корреляция.

YIELD STRUCTURE ELEMENTS OF LEAFY AND LEAFLESS PEA SAMPLES: VARIABILITY, CORRELATION AND PROSPECTS OF THEIR USE IN THE BREEDING PROCESS

A.R. Ashiev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of legumes breeding and seed-growing, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

K.N. Khabibullin, agronomist the laboratory of legumes breeding and seed-growing, kira1992k@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4136-1649;

M.V. Skulova, agronomist the laboratory of legumes breeding and seed-growing, povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

To select highly productive peas genotypes it is essential to know the patterns of plant productivity, depending on the combination of structural elements. The purpose of this work was to study the variability of yield structure elements, to identify the correlation between them, and to study the influence of yield structure elements on seed productivity in collection samples of peas with different types of leaf. The studies were conducted on the experimental fields of the laboratory of legumes breeding and seed-growing of the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy" (Rostov region, Zernograd) in 2017–2018. The objects of research were 58 leafy and 69 leafless samples of various ecological and geographical origin from the world collection of the All-Russian Research Institute named after N.I. Vavilov and samples identified by other research institutions in Russia and abroad. The studies on the variability and correlation of the yield elements of leafy and leafless pea samples have shown that 'number of kernels per plant' and 'kernel weight per plant' are most variable traits. There has been identified the difference in interconnection among leafy and leafless samples. No-effect of plant height and lower nod location on productivity allows breeding short-stem pea samples and samples with high attachment of a lower nod of both pea types without reducing their productivity.

Keywords: peas, sample, seed productivity, leafy type, variation, correlation.

Введение. Горох – основная зернобобовая культура в нашей стране. В России за последние годы площади посева под горохом возросли с 941,7 тыс. га в 2015 году до 1 434,7 тыс. га в 2018 г. со средней урожайностью зерна 2,1 т/га (ЕМИСС государственная статистика).

Широкое распространение гороха обусловлено высоким содержанием протеина в зерне (в среднем 20–27%), балансом его аминокислотного состава, хорошим вкусом и усвояемостью, а также достаточным потенциальным урожаем практически во всех зонах возделывания (Давлетов, 2008).

В настоящее время необходимы сорта не только с потенциальной продуктивностью 4–5 т/га, но и технологичные, пригодные для уборки прямым комбайнированием (Васякин, диссертация в виде научного доклада доктора с.-х. наук, 2003).

Возделывание гороха из-за биологических особенностей культуры (полегание стебля, слабая устойчивость к засухе, повреждаемость болезнями и вредителями) связано с технологическими трудностями. Достижения селекции изменили архитектуру новых сортов гороха. Созданы сорта с неосыпающимися се-

менами, усатым типом листа, детерминантным стеблем, которые значительно повысили технологичность сортов (Щетинин, диссертация канд. с.-х. наук, 2008).

По экспериментальным данным Hedley C.L., у листовых сортов потеря зерна вследствие полегания растений достигает 50, а иногда 75–80%. Снизить потери урожая от полегания позволяет использование сортов гороха с усатым типом листа. Это дает им большие преимущества перед обычными листовыми формами в реализации генетического потенциала продуктивности в агроценозе и повышает технологичность возделывания (Hedley, 1983).

Сорта гороха с листьями усатого морфотипа интересны, прежде всего, неполегающим стеблем с формированием микроклимата с улучшенным освещением, аэрацией и общим фитосанитарным состоянием (Чекрыгин, 1978; Дебелый и др., 1986; Вербицкий и др., 1998). Однако исследования показывают, что потенциал семенной продуктивности сортов усатого морфотипа ниже, несмотря на высокую урожайность, чем у сортов с обычными листьями (Хангильдин, 1982).

Успешному выведению сортов с планируемыми признаками и свойствами способствуют разработанные принципы подбора родительских пар, вовлекаемых в скрещивания, типы скрещиваний, методы работы с гибридными популяциями (Шевченко, 1980).

Для отбора высокопродуктивных генотипов большое значение имеет знание закономерностей формирования продуктивности растений. Это относится и к гороху, у которого продуктивность растений в большой степени зависит от сочетания элементов структуры. Для гороха основными элементами структуры урожая являются масса семян с растения, масса 1000 семян, количество бобов и семян. Урожайность семян в конечном итоге складывается из количества растений и их продуктивности (Дебелый и др., 1986).

Целью данной работы явилось изучение вариативности элементов структуры урожая, выявление связей между ними, изучение влияния элементов структуры урожая на семенную продуктивность растений у коллекционных образцов гороха, имеющих разный тип листа.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Ростовская область, г. Зерноград), на опытных полях лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур в 2017–2018 гг. в соответствии с Методическими указаниями ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (1975), Методикой полевого опыта Б. А. Доспехова (1985).

Посев коллекции проводили сеялкой ССФК-7 с шириной междурядий 15 см. Делянки семирядковые. Учетная площадь делянки – 5 м². Повторность – двукратная.

Объектами исследований были 58 листовых и 69 усатых образцов различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИГРР им. Н. И. Вавилова и образцы, созданные в других научно-исследовательских учреждениях России и зарубежья.

Для статистической обработки полученных экспериментальных данных использовали пакет прикладных программ для Excel (Agstat).

В 2017 г. погодно-климатические условия для гороха оказались благоприятными. Апрель характеризовался избыточным увлажнением – 57,3 мм (превышение среднемесячных на 34,2%) на фоне средних температур 10,1 °С. Май был достаточно влажным (69,7 мм – 135,9% от среднемесячных), средняя температура воздуха 15,9 °С, что на 0,5 °С ниже среднемесячных данных. Температура воздуха в июне незначительно превышала (на 0,3 °С, или на 1,4%) среднемесячный показатель (20,5 °С). Выпавшие осадки 88,6 мм (124,3% от нормы) позволили сформировать гидротермический режим с достаточным увлажнением.

В 2018 г. погодно-климатические условия для вегетации гороха сложились крайне неблагоприятно. Метеоусловия апреля характеризовались дефицитом влаги и повышенными температурами. Количество осадков апреля составило 9 мм, что значительно ниже среднемесячного показателя (42,7 мм). Температура воздуха в мае значительно (на 2,7 °С) превышала среднемесячные данные (16,5 °С). Выпавшие осадки в количестве 12,7 мм (при среднемесячных 51,3 мм) сформировали условия с недостаточным увлажнением. В июне температура воздуха составила 23,9 °С, превысив среднемесячный показатель на 3,4 °С. Количество осадков, выпавших в июне, составило 4,2 мм, что значительно ниже среднемесячного показателя (71,3 мм).

В целом, погодные условия 2017–2018 гг. были контрастными и дали возможность объективно оценить изучаемые образцы.

Результаты и их обсуждение. Каждый из показателей, влияющих на семенную продуктивность растений (количество продуктивных узлов, бобов на продуктивном узле, озерненность боба и масса 1000 семян), характеризовался различным варьированием (табл. 1).

1. Показатели элементов структуры урожая гороха и их вариация (2017–2018 гг.) 1. Indexes of pea yield structure elements and their variations (2017–2018)

Показатель	Тип листа	2017 г.		2018 г.	
		$x_{cp} \pm Sx_{cp}$	Vc%	$x_{cp} \pm Sx_{cp}$	Vc%
Высота растений, см	лист.	65,7±0,9	17,4	43,6±0,8	16,7
	усат.	63,4±0,8	16,8	42,8±0,6	18,4
Высота прикрепления нижнего боба, см	лист.	44,6±0,7	16,3	43,6±0,8	17,2
	усат.	45,3±0,7	15,9	42,8±0,6	16,5
Число продуктивных узлов, шт.	лист.	4,2±0,10	20,1	2,0±0,07	28,2
	усат.	4,4±0,10	18,1	1,8±0,06	26,4
Число продуктивных бобов, шт.	лист.	7,0±0,23	26,7	2,6±0,10	32,1
	усат.	7,5±0,18	20,3	2,5±0,08	27,4
Количество семян в бобе, шт.	лист.	4,2±0,07	13,2	3,6±0,08	18,6
	усат.	4,3±0,08	16,4	3,8±0,09	19,4
Количество семян с растения, шт.	лист.	29,3±1,07	29,8	9,7±0,48	40,5
	усат.	31,8±0,97	25,4	9,3±0,31	27,6
Масса 1000 семян, г	лист.	207,9±3,92	15,3	229,3±4,04	14,3
	усат.	204,9±4,17	16,9	226,6±3,36	12,3
Масса семян с растения, г	лист.	6,0±0,22	29,1	2,2±0,10	37,3
	усат.	6,4±0,18	23,0	2,1±0,06	25,0

Изучение изменчивости у сортов с разным типом листа показало высокую степень варибельности элементов структуры урожая. Большая варибельность в целом наблюдалась в менее благоприятном 2018 г. Анализируя показатель варибельности между группами морфотипов отметили, что большей изменчивостью обладали листочковые образцы. Максимальная изменчивость признака (40,5%) наблюдалась 2018 г. по количеству семян с растения у листочковых сортов. Анализ массы семян с растения показал сильное варьирование у коллекционных образцов: 23,0% у усатых форм и 29,1% у листочковых в 2017 г.; 25,0% у усатых и 37,3% у листочковых в 2018 г. Наименьшая

варибельность наблюдалась по массе 1000 семян и количеству семян в бобе.

В наших исследованиях высокие значения коэффициента вариации имели количество и масса семян с растения и проводить отборы только по данным признакам на высокую урожайность семян сложно. Поэтому в селекционной работе нужно учитывать весь комплекс признаков (количество продуктивных узлов, бобов, семян с растения, крупность семян).

Для эффективного отбора и оценки селекционного материала гороха необходимо знание взаимосвязей между продуктивностью растения и отдельными элементами структуры урожая (табл. 2).

2. Корреляции между элементами структуры урожая и другими морфо-биологическими признаками у сортов гороха различных морфотипов

2. Correlation between yield structure elements and other morphobiological traits of pea varieties of various morphotypes

Показатель	Тип листа	Высота растений	Высота прикрепления нижнего боба	Число узлов	Число бобов	Количество семян в бобе	Количество семян на растении	Масса 1000 семян
Высота прикрепления нижнего боба	лист. усат.	0,30* 0,33*						
Число узлов	лист. усат.	0,12* 0,34*	0,06** -0,01					
Число бобов	лист. усат.	0,17* -0,02	0,10* -0,04**	0,37* 0,33*				
Количество семян в бобе	лист. усат.	0,04** 0,30*	-0,02 0,02	0,16* -0,06**	0,01 -0,32*			
Количество семян на растении	лист. усат.	0,10* 0,17*	0,05** -0,03	0,41* 0,26*	0,85* 0,64*	0,45* 0,41*		
Масса 1000 семян	лист. усат.	-0,04** -0,03	0,07** 0,09*	-0,17* -0,09*	-0,34* 0,03	-0,33* -0,35*	-0,42* -0,18*	
Масса семян с растения	лист. усат.	0,06** 0,17*	0,08* 0,06	0,37* 0,23*	0,68* 0,64*	0,42* 0,08*	0,81* 0,71*	0,08* 0,44*

Значимо: * – при $p=0,05$; ** – при $p=0,01$.

Для сортов с листочковым типом листа сильная положительная корреляция установлена между признаками: количество семян на растении и число бобов (+0,85), масса семян с растения и количество семян на растении (+0,81). Масса семян с растения в средней степени зависела от числа продуктивных бобов (+0,68), количества семян в бобе (+0,42), числа узлов (+0,37), высоты прикрепления нижнего боба (+0,33).

У сортов усатого морфотипа тесная положительная связь отмечена между количеством семян на растении и массой семян с одного растения (+0,71). На массу семян с растения среднее влияние оказывают число бобов (+0,64), масса 1000 семян (+0,44).

Обратная средняя корреляция установлена у листочковых образцов между массой 1000 семян и количеством семян на растении (-0,42), числом бобов (-0,34) и количеством семян в бобе (-0,33); у образцов с усатым типом листа – между количеством семян в бобе и массой 1000 семян (-0,35) и числом бобов (-0,32).

Так, выявлены взаимосвязи, различающиеся между группами листочковых и усатых морфотипов. Следует выделить корреляционные связи массы семян с растения с количеством семян в бобе и массой 1000 семян у образцов с разными типами листа. Так, количество семян в бобе влияет на семенную продуктивность у листочковых образцов в средней степени (0,42), а у усатых она отсутствует (0,08). В то же время крупность семян у усатых образцов влияет в средней степени на семенную продуктивность (0,44), при отсутствии влияния у листочковых (0,08). Крупность семян

в большей степени зависит от количества семян на растении и числа бобов у листочковых (-0,42 и -0,34), чем у усатых форм (-0,18 и 0,03 соответственно).

Отмечено отсутствие влияния высоты растений и расположения нижнего боба на продуктивность растения, что позволяет вести селекцию гороха на короткостебельность и высокое прикрепление нижнего боба у образцов с разными типами листа без снижения урожайности зерна.

Выводы. Исследования по изучению изменчивости и взаимосвязей элементов продуктивности растений образцов коллекции гороха, имеющих листочковый и усатый тип листа, показали, что наиболее изменчивыми признаками являются количество семян с растения и масса семян с растения.

Выявлены различия в корреляционных связях у образцов с разными типами листа.

Для сортов с листочковым типом листа сильная положительная корреляция установлена между признаками: количество семян на растении и число бобов, масса семян с растения и количество семян на растении.

У сортов усатого морфотипа тесная положительная связь отмечена между количеством семян на растении и массой семян с одного растения.

Отсутствие влияния высоты растений и расположения нижнего боба на продуктивность растения позволяет вести селекцию гороха на короткостебельность и высокое прикрепление нижнего боба у образцов с разными типами листа без снижения урожайности зерна.

Библиографические ссылки

1. Вербицкий Н.М., Ольховатов П.М., Чмых Н.И. О продуктивности обычных и мутантных форм гороха // Вестник РАСХН. 1998. № 1. С. 52–53.
2. Давлетов Ф.А. Селекция неосыпающихся сортов гороха в условиях Южного Урала // Уфа, 2008. 236 с.
3. Дебелый Г.А., Князькова С.Р., Бежанидзе О.И. Селекционное значение форм гороха с различными типами листа и стебля // Селекция зерновых культур на стабильность урожайности, иммунитет и качество зерна в Нечерноземной зоне. М., 1986. С. 56–66.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) // 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Хангильдин В.В. Селекционная ценность форм гороха с новыми типами листа // Науч.-техн. бюл. ВСГИ. Одесса, 1982. № 4 (46). С. 36–39.
6. Чекрыгин П.М. Селекция высокопродуктивных сортов гороха с усатым типом листьев // Селекция и семеноводство. Киев, 1978. Вып. 63. С. 52–54.
7. Шевченко А.М. Наследование признака неосыпаемости семян гороха при гибридизации // Селекция и семеноводство. Киев, 1980. Вып. 44. С. 37–41.
8. Hedley C.L. Designing an improved pea crop plant // Perspectives for peas and lupins as protein crops. 1983. V. 8. P. 52–58.
9. ЕМИСС государственная статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.fedstat.ru/>

References

1. Verbickij N.M., Ol'hovатов P.M., CHmyh N.I. O produktivnosti obychnyh i mutantnyh form goroha [On the productivity of ordinary and mutant forms of peas] // Vestnik RASKHN. 1998. № 1. S. 52–53.
2. Davletov F.A. Selekcija neosypayushchihsya sortov goroha v usloviyah YUzhnogo Urals [Breeding of nonshattering pea varieties in the South Urals] // Ufa, 2008. 236 s.
3. Debelyj G.A., Knyaz'kova S.R., Bezhanidze O.I. Selekcionnoe znachenie form go-roha s razlichnymi tipami lista i steblya [The breeding value of pea forms with different types of leaf and stem] // Selekcija zernovyh kul'tur na stabil'nost' urozhajnosti, immunitet i kachestvo zerna v Nechernozemnoj zone. M., 1986. S. 56–66.
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basis of statistic processing of study results)]. 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
5. Hangil'din V.V. Selekcionnaya cennost' form goroha s novymi tipami lista [The breeding value of pea forms with new leaf types] // Nauch.-tekhn. byul. VSGI. Odessa, 1982. № 4 (46). S. 36–39.
6. CHekrygin P.M. Selekcija vysokoproduktivnyh sortov goroha s usatym tipom list'ev [Breeding of highly productive leafless pea varieties] // Selekcija i semenovodstvo. Kiev, 1978. Vyp. 63. S. 52–54.
7. Shevchenko A.M. Nasledovanie priznaka neosypaemosti semyan goroha pri gi-bridizacii [Inheritance of the trait 'nonshattering pea type' during hybridization] // Selekcija i semenovodstvo. Kiev, 1980. Vyp. 44. S. 37–41.
8. Hedley C.L. Designing an improved pea crop plant // Perspectives for peas and lupins as protein crops. 1983. V. 8. P. 52–58.
9. EMISS gosudarstvennaya statistika [EMISS State Statistics] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://www.fedstat.ru/>

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.