

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТИВНОСТЬ ГОРОХА ПО СОДЕРЖАНИЮ БЕЛКА В ЗЕРНЕ
В АГРОЛАНДШАФТАХ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯN.V. Idimeshev, V.I. Kadychegova,
A.N. KadychegovaECOLOGICAL PEA ADAPTIBILITY IN GRAIN PROTEIN CONTENT
IN AGROLANDSCAPES OF THE KHAKAS REPUBLIC

Идимешев Н.В. – асп. каф. агрономии Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан. E-mail: idimeshev.nik@mail.ru

Кадычегова В.И. – канд. с.-х. наук, доц. каф. агрономии Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан. E-mail: kadychegov@mail.ru

Кадычегова А.Н. – канд. с.-х. наук, доц. каф. прикладной информатики, математики и естественнонаучных дисциплин Хакасского технического института – филиала Сибирского федерального университета, г. Абакан. E-mail: azot-kad@yandex.ru

Idimeshev N.V. – Post-Graduate Student, Chair of Agronomy, N.F. Katanov Khakass State University, Abakan. E-mail: idimeshev.nik@mail.ru

Kadychegova V.I. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy, N.F. Katanov Khakass State University, Abakan. E-mail: kadychegov@mail.ru

Kadychegova A.N. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Applied Informatics, Mathematics and Natural Science Disciplines, Khakass Technical Institute – Branch of Siberian Federal University, Abakan. E-mail: azot-kad@yandex.ru

В статье представлены результаты экологического сортоиспытания 17 сортов гороха, проведенного в 2016–2017 гг. в трех пунктах, расположенных в лесостепной (пункт «Таштып»), степной (пункт «Шира») и сухостепной (пункт «Зелёное») зонах Республики Хакасия. Трехфакторный дисперсионный анализ позволил установить долю влияния факторов изменчивости (год, пункт, сорт) на накопление белка в зерне 17 сортов гороха. Фактор «год» на 27 % определял проявление признака. В целом по опыту содержание белка в зерне гороха было в 2016 г. – 25,2 % и 2017 г. – 26,04 %. Фактор «пункт» на 22 % способствовал накоплению белка в зерне. За два года исследования в пункте «Шира» среднее содержание белка отмечено в пределах 24,93 %, в пункте «Зелёное» – 26,12 % и пункте «Таштып» – 25,85 %. Сортные различия только на 9 % определяли формирование признака. Сорта Радомир, Яхонт, Омский 18, Агроинтел 2, Буслай и Крепыш в целом по опыту имели среднее содержание белка в зерне около 26 %. Однако наиболее высокое его содержание отмечено по сорту Руслан (27,63 %). Взаимодействие «генотип × среда» было достоверно на 5 % уровне значимости, и соответственно возможен расчет параметров адаптивности по методике S.A. Eberhart et W.A. Russell (1966). Параметры адаптивности рассчитаны различными методами. На основании расчетов коэффициентов вариации можно констатировать, что этот признак стабилен по годам и пунктам выращивания.

Отмечены различия между сортами по показателю Нот. Наиболее высоким гомеостазом по содержанию белка в зерне выделились сорта Ямал 2 (Нот = 3071,48), Агроинтел 2 (Нот = 2069,55), Ямальский (Нот = 1973,08), Кемчуг (Нот = 1837,50). Результаты расчета параметров экологической пластичности позволили распределить сорта по группам больше или меньше 1, а также равно 1. В группу $b_i > 1$ включены сорта Шрек ($b_i = 2,60$), Спартак ($b_i = 1,72$), Руслан ($b_i = 1,68$), Алтайский универсальный ($b_i = 1,65$). Данные сорта требуют более высокого уровня агротехники. У сортов Радомир и Томос b_i находится в пределах 1, соответственно требования сорта к условиям среды и условиям выращивания в опыте соответствовали. Наибольшая стабильность по содержанию белка в зерне (σ^2_d) была у сортов Руслан ($\sigma^2_d = 0,09$), Ямал 2 ($\sigma^2_d = 0,29$) и Кемчуг ($\sigma^2_d = 0,32$).

Ключевые слова: горох, белок, лесостепь, степь, сухая степь, параметры адаптивности, экологическое сортоиспытание.

In the study the results of ecological variety trial of 17 pea varieties undertaken in the three points located in the forest-steppe (point "Tashtyp"), steppe ("Shira") and dry-steppe (point "Zelenoe") zones of the Khakas Republic in 2016–2017 are presented. The three-way analysis of variance has allowed establishing the share of the influence of variability factors (year, point, variety) on protein deposition in grain of 17 pea varieties. In total

from the experiment the protein content in pea grain was 25.2 % in 2016 and 26.04 % in 2017. "Point" factor promoted protein deposition in grain by 22 %. During two years of research the average protein content was registered within 24.93 % in the point of "Shira", 26.12 % in the point "Zelenoe" and 25.85 % in the point "Tashtyp". Varietal differences determined the symptom forming only by 9 %. From experiment varieties Radomir, Yakhont, Omsky 18, Agroiintel 2, Buslay and Krepysch had the average protein content in grain about 26 % in total. However, its highest content was noticed in the variety Ruslan (27.63 %). The genotype-environment interaction was in control by 5 % level of significance and correspondingly it was possible to calculate the adaptability parameters by the method of S.A. Eberhart and W.A. Russell (1966). The adaptability parameters were calculated by different methods. On the basis of the calculation of variation coefficients it can be stated that this symptom is stable in years and points of cultivation. The differences between varieties of the symptom Hom were marked. The highest homeostasis by protein content in grain was determined in the varieties Yamal 2 (Hom = 3071.48), Agroiintel 2 (Hom = 2069.55), Yamal (Hom = 1973.08), Kemchug (Hom = 1837.50). The results of the calculation of ecological plasticity parameters allowed dividing varieties into groups of more or less than 1, and also equaling to 1. Varieties Shrek (bi = 2.60), Spartak (bi = 1.72), Ruslan (bi = 1.68), Altai universal (bi = 1.65) were included to the group (bi > 1). These varieties demand higher cultural practices. Bi of varieties Radomir and Thomas is at the range of 1, therefore variety requirements to environment conditions and growth environment in experiment were corresponding. The highest stability (σ^2_d) by protein content in grain was in varieties Ruslan ($\sigma^2_d = 0.09$), Yamal 2 ($\sigma^2_d = 0.29$) and Kemchug ($\sigma^2_d = 0.32$).

Keywords: pea, protein, forest-steppe, steppe, dry-steppe, parameters of adaptability, ecological variety trial.

Введение. А.Н. Зеленов с соавторами отмечали, что «главным, а подчас основным, критерием допуска новых сортов к возделыванию, как на региональном, так и на федеральном уровнях, является урожайность. Если бы были установлены барьеры по показателям качества и устойчивости к критическим биотическим и абиотическим стрессорам, сортов было бы меньше, но они соответствовали бы назначению культуры» [1].

Н.А. Коробова с соавторами считают, что «создание и внедрение в производство новых, высокоурожайных и технологичных сортов должно вестись с оглядкой на их адаптационные возможности» [2].

На примере зерновых культур А.Н. Халипский установил, что «... экологическое единство возможно путем создания сортов с экологической пластично-

стью и стабильностью по таким признакам, как устойчивость к разным биотическим и абиотическим стрессам, прежде всего, к засухе, недостатку элементов питания, воздействию вредных организмов (сорные растения, вредители и болезни). Такие сорта, не отличаясь высоким потенциалом урожайности, способны обеспечить оптимальный ее уровень в зонах с недостатком влаги, тепла, относительно низкого агротехнического фона» [3]. Это относится и к культуре гороха посевного и полевого.

Ф.М. Стрижова и В.М. Стрижов пишут, «что для получения более разносторонней информации об адаптивных свойствах изучаемого материала испытание следует проводить в течение ряда лет в нескольких экологических точках, существенно различающихся по условиям внешней среды. Для более объективной оценки результатов испытания целесообразно применять одновременно несколько разных методов, отличающихся применяемыми подходами, методами расчета и анализа параметров, характеризующих адаптивные свойства изучаемого материала» [4].

Цель исследования: изучение экологической адаптивности гороха по содержанию белка в зерне в агроландшафтах Республики Хакассия.

Материалы и методы исследования. Использованы результаты экологического сортоиспытания 17 сортов гороха, проведенного в 2016 и 2017 гг. в трех пунктах, расположенных в лесостепной (пункт «Таштып»), степной (пункт «Шира») и сухостепной (пункт «Зеленое») зонах Республики Хакассия.

Степная зона расположена на обыкновенных и южных среднетяжелых черноземах с нейтральной реакцией почвенной среды. Средняя сумма осадков в зоне степи находится в пределах 397 мм. В сухой степи средняя сумма осадков составляет около 303 мм. Основными почвами зоны являются каштановые и темно-каштановые почвы. Лесостепная зона характеризуется умеренно континентальным, относительно более увлажненным климатом. Средняя сумма осадков выпадает в пределах 443 мм. В лесостепной зоне, наряду с серыми лесными и дерновыми почвами, формируются черноземы оподзоленные, выщелоченные и обыкновенные. Черноземы лесостепной территории являются лучшими по уровню плодородия, имеют более высокие, по сравнению с другими почвами, запасы гумуса.

В экологическом сортоиспытании площадь учетной делянки – 3 м². Повторность – четырехкратная. Предшественник – пшеница.

Содержание белка в зерне гороха определялось ФГБУ ГСАС «Хакасская». Статистическая обработка результатов исследования проводилась методом дисперсионного анализа по методике в изложении Б.А. Доспехова [5], с помощью компьютерной программы FieldExpert1.3 pro (свидетельство о государ-

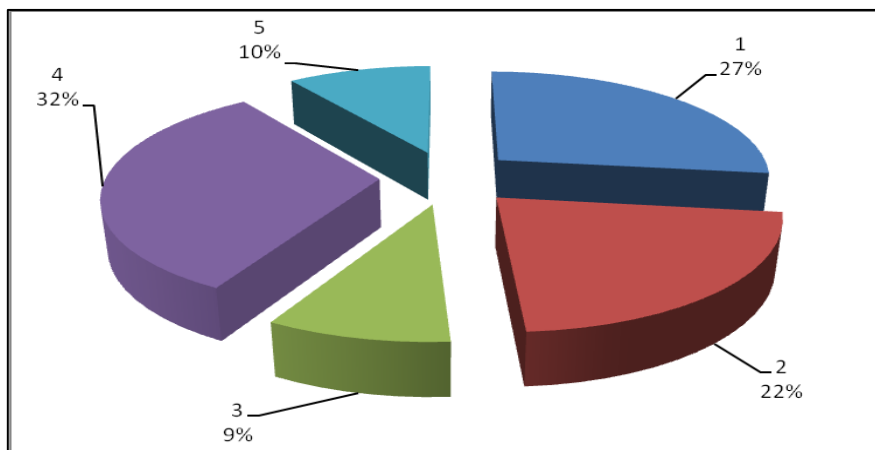
ственной регистрации № 9455), согласно методическим рекомендациям О.И. Акимовой [6].

Показатель гомеостатичности рассчитан по В.В. Хангильдину [7], параметры экологической пластичности – по методике Эберхарта и Расселла (S.A. Eberhart, W.A. Russell) [8].

Результаты исследования и их обсуждение. Трехфакторный дисперсионный анализ позволил

установить долю влияния факторов изменчивости (год, пункт, сорт и их взаимодействий) на накопление белка в зерне 17 сортов гороха (рис.).

Фактор «год» на 27 % определял проявление признака. В целом по опыту содержание белка в зерне гороха было: в 2016 г. – 25,2 % и 2017 г. – 26,04 % (НСР 05 = 0,58) (табл. 1).



Вклад факторов в изменчивость содержания белка в зернах гороха, %:
1 – год; 2 – пункт; 3 – сорт; 4 – год × пункт; 5 – другие взаимодействия

Таблица 1

Содержание белка в зерне гороха в агроландшафтах Хакасии, %

Сорт	2016			2017			Среднее
	Пункт						
	Шира	Зеленое	Таштып	Шира	Зеленое	Таштып	
Кемчуг	24,81	24,73	24,37	24,50	26,67	24,89	25,00
Радомир	25,96	26,80	26,80	25,64	29,61	26,14	26,82
Аннушка	24,75	26,54	26,17	23,10	24,31	28,14	25,50
Яхонт	24,64	27,90	26,90	25,25	27,71	27,05	26,57
Ямальский	25,09	25,17	24,02	23,60	25,52	24,99	24,73
Руслан	27,45	26,83	26,53	25,79	30,30	28,90	27,63
Алтайский универсальный	23,53	23,45	24,00	24,69	28,26	26,52	25,08
Оптимус	24,60	22,67	22,90	25,14	25,08	27,10	24,58
Спартак	24,91	24,79	23,09	25,42	27,87	28,64	25,79
Омский 18	26,29	26,28	26,04	26,66	28,86	26,95	26,85
Агроинтел 2	25,24	25,19	26,57	26,43	27,31	26,06	26,13
Сарыял	24,23	23,75	24,28	24,41	26,65	24,46	24,63
Шрек	26,25	26,76	20,35	21,24	29,13	25,79	24,92
Ямал 2	25,19	24,53	25,19	24,32	25,29	24,19	24,79
Томас	25,18	22,94	22,69	24,00	24,44	27,21	24,41
Буслай	26,65	25,19	29,41	22,94	26,30	25,95	26,07
Крепыш	26,91	25,45	27,01	22,75	26,08	29,62	26,30
Среднее	25,39	25,23	25,08	24,46	27,02	26,62	–
<i>Ij</i>	-0,24	-0,40	-0,56	-1,17	1,39	0,99	–

Примечание. НСР₀₅: «главных эффектов» – 0,58 %; «парных взаимодействий» – 1,00 %.

Фактор «пункт» на 22 % способствовал накоплению белка в зерне. За два года исследования в пункте «Шира» среднее содержание белка отмечено в пределах 24,93 %, в пункте «Зеленое» – 26,12 % и пункте «Таштып» – 25,85 %. В пункте «Зеленое» более благоприятные условия для накопления белка в зерне гороха (см. табл. 1).

Сортовые различия только на 9 % определяли формирование показателя. Так, усредненный показатель содержания белка в зерне (два года, три пункта) позволил установить, что различия между минимальным и максимальным значениями по содержанию белка в зерне находились в пределах 20,35–30,3 %. Сорта Радомир, Яхонт, Омский 18, Агроинтел 2, Буслай и Крепыш в целом по опыту

имели средний показатель содержания белка в зерне более 26 %. Однако наиболее высокое содержание белка отмечено по сорту Руслан (27,63 %).

Следует выделить, что доминирующее влияние на накопление белка в зерне оказывало взаимодействие «год × пункт», которое составило 32 % вклада в общую изменчивость признака. Так, например, в пункте «Зеленое» среднее содержание белка в зерне в 2017 г. было наиболее высоким, в сравнении с пунктами «Шира» и «Таштып», а 2016 г. – наиболее низким.

Взаимодействие «генотип × среда» достоверно на 5 % уровне значимости, и соответственно возможен расчет параметров адаптивности (табл. 2).

Таблица 2

Параметры адаптивности гороха по содержанию белка в зерне

Сорт	Обобщенное среднее, %	V, %	Ном	bi	σ^2_d
Кемчуг	25,00	3,37	1837,50	0,69	0,32
Радомир	26,82	5,37	1219,63	1,00	1,39
Аннушка	25,50	7,07	878,83	0,66	3,54
Яхонт	26,57	5,01	1307,83	0,70	1,63
Ямальский	24,73	3,02	1973,08	0,58	0,29
Руслан	27,63	6,06	1122,94	1,68	0,09
Алтайский универсальный	25,08	7,68	795,89	1,65	1,37
Оптимус	24,58	6,66	901,88	0,88	2,42
Спартак	25,79	8,07	782,30	1,72	1,87
Омский 18	26,85	3,86	1716,06	0,82	0,54
Агроинтел 2	26,13	3,14	2069,55	0,33	0,71
Сарыал	24,63	4,15	1444,37	0,74	0,65
Шрек	24,92	13,67	446,77	2,60	6,39
Ямал 2	24,79	1,99	3071,48	0,09	0,29
Томас	24,41	6,79	876,25	0,97	2,30
Буслай	26,07	8,07	790,49	0,46	5,28
Крепыш	26,30	8,55	752,03	1,44	3,82

На основании расчетов коэффициентов вариации по содержанию белка в зерне можно констатировать, что этот показатель стабилен по годам и пунктам выращивания. У 16 сортов V был низким (до 10 %) и только у сорта Шрек – средним (10–20 %).

Отмечены различия между сортами и по показателю Ном. Наиболее высоким гомеостазом по содержанию белка в зерне выделились сорта Ямал 2 (Ном = 3071,48), Агроинтел 2 (Ном = 2069,55), Ямальский (Ном = 1973,08), Кемчуг (Ном = 1837,50) (табл. 2).

Результаты расчета параметров экологической пластичности и стабильности по методике Эберхарта и Рассела (S.A. Eberhart et W.A. Russell) (1966) представлены в таблице 2. На основе индексов ус-

ловий среды (Ij) (см. табл. 2), можно дать характеристику комплексу факторов конкретных лет возделывания культуры. Наиболее благоприятные условия для накопления белка в 2017 г. были в пункте «Зеленое» и худшие – в пункте «Шира».

По величине bi сорта распределились по группам больше или меньше 1, а также равными 1. В группу (bi > 1) включены сорта Шрек (bi = 2,60), Спартак (bi = 1,72), Руслан (bi = 1,68), Алтайский универсальный (bi = 1,65). Данные сорта требуют более высокого уровня агротехники. Как пример, можно привести сорт Шрек, который при повышении уровня содержания белка в зерне в целом по опыту на 1 % увеличивали свой на 2,6 %.

У сортов Радомир и Томос b1 находится в пределах 1, соответственно требования сорта к условиям среды и условия выращивания в опыте соответствовали.

Наибольшая стабильность по содержанию белка в зерне (σ^2_d) была у сортов Руслан ($\sigma^2_d = 0,09$), Ямал 2 ($\sigma^2_d = 0,29$) и Кемчуг ($\sigma^2_d = 0,32$).

Оценку различий по стабильности σ^2_d сорта можно получить с помощью F-критерия. В нашем примере $F_{05} = 5,8$. Сорта, для которых $\sigma^2_d(1) / \sigma^2_d(2) > 5,8$, существенно различаются по стабильности, при $\sigma^2_d(1) / \sigma^2_d(2) < 5,8$ – различия не существенны.

Так, например, достоверные различия по стабильности были между сортом Руслан и сортами Радомир, Аннушка, Яхонт, Алтайский универсальный, Оптимус, Спартак, Омский 18, Агроинтел 2, Сарыал, Шрек, Томас, Буслай и Крепыш.

Выводы. По результатам экологического испытания выделились сортообразцы:

- по высокой пластичности – Руслан, Алтайский универсальный, Спартак, Шрек и Крепыш;
- стабильности – Ямал 2 и Руслан;
- гомеостатичности – Ямал 2, Агроинтел 2, Кемчуг.

Полученные результаты следует учитывать при выборе сорта с учетом их реакции на изменение условий выращивания.

Литература

1. Зеленов А.Н., Кондыков И.В., Уваров В.Н. Вавиловские принципы в селекции гороха XXI века // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 4. – С. 19–27.
2. Коробова Н.А., Козлов А.А., Коробов А.П. и др. Экологическая пластичность и урожайность различных морфотипов гороха // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 3 (59). – С. 50–52.
3. Халипский А.Н. Стратегия селекции полевых культур в Восточной Сибири // Вестн. КрасГАУ. – 2008. – № 4. – С. 61–66.
4. Стрижова Ф.М., Стрижов В.М. Оценка адаптивных свойств яровой пшеницы по качеству зерна с использованием математика – статистических методов // Аграрная наука – сельскому хозяйству: мат-лы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. – Кн. 2. – С. 3–6.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
6. Акимова О.И., Акимов Д.Н. Использование статистических методов обработки опытных данных при выполнении студенческих научных работ // Вестн. ХГУ. – 2016 – № 18. – С. 76–78.
7. Хангильдин В.В. Гомеостатичность и структура урожая зерна у сортов яровой пшеницы в условиях Башкирии // Физиологические и биохимические аспекты гетерозиса и гомеостаза растений. – Уфа, 1976. – С. 210–230.
8. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Jorp Sci. – 1966. – V. 6. – № 1. – P. 36–40.

Literatura

1. Zelenov A.N., Kondykov I.V., Uvarov V.N. Vavilovskie principy v selekcii goroha XXI veka // Zernobobovye i krupjanye kul'tury. – 2012. – № 4. – S. 19–27.
2. Korobova N.A., Kozlov A.A., Korobov A.P. i dr. Jekologicheskaja plastichnost' i urozhajnost' razlichnyh morfotipov goroha // Izv. Orenburg. gos. agrar. un-ta. – 2016. – № 3 (59). – S. 50–52.
3. Halipskij A.N. Strategija selekcii polevyh kul'tur v Vostochnoj Sibiri // Vestn. KrasGAU. – 2008. – № 4. – S. 61–66.
4. Strizhova F.M., Strizhov V.M. Ocenka adaptivnyh svojstv jarovoj pshenicy po kachestvu zerna s ispol'zovaniem matematika – statisticheskikh metodov // Agramaja nauka – sel'skomu hozjajstvu: mat-ly IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2009. – Kn. 2. – S. 3–6.
5. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 352 s.
6. Akimova O.I., Akimov D.N. Ispol'zovanie statisticheskikh metodov obrabotki opytnyh dannyh pri vypolnenii studencheskikh nauchnyh rabot // Vestn. HGU. – 2016 – № 18. – S. 76–78.
7. Hangil'din V.V. Gomeostatichnost' i struktura urozhaja zerna u sortov jarovoj pshenicy v uslovijah Bashkirii // Fiziologicheskie i biokhimicheskie aspekty geterozisa i gomeostaza rastenij. – Ufa, 1976. – S. 210–230.
8. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Jorp Sci. – 1966. – V. 6. – № 1. – P. 36–40.