

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ГОРОХА ПОСЕВНОГО: ОЦЕНКА ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

И.Ю. КУЗНЕЦОВ, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0002-7849-5897, E-mail: kuznecov_igor74@mail.ru

А.М. ДМИТРИЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0003-1596-7372, E-mail: dmitriev-bgau@mail.ru

Ф.Ф. АВСАХОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0003-3929-1637, E-mail: firdavis.avsakhov@mail.ru

Р.Р. АЛИМГАФАРОВ, кандидат сельскохозяйственных наук
E-mail: rail.alimgafarov@mail.ru

Н.Ю. РОДИОНОВ, аспирант, E-mail: hpfire@yandex.ru

БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, Г. УФА

Аннотация. Горох посевной (*Pisum sativum* L.) является ценной зернобобовой культурой, однако имеет недостатки в виде невысокого адаптивного потенциала. Целью исследования являлось изучение экологической пластичности и стабильности коллекционных сортообразцов гороха посевного в условиях Республики Башкортостан. Объектом изучения были 11 сортообразцов гороха посевного отечественной и зарубежной селекции. В качестве стандарта использовался сорт Памяти Хангильдина. Опыты проводили в 2021-2024 гг. на полях учебно-научного центра Башкирского ГАУ. Расчет (по методике S.A. Eberhart and V.A. Rusell, 1981) показал, что наиболее благоприятным для возделывания гороха посевного был 2023 г. (с индексом среды 0,51). Вычисление коэффициента линейной регрессии (b_i) показало, что большей отзывчивостью ($b_i > 1$) на улучшение условий среды обладали сортообразцы: Памяти Хангильдина (St), Мелкосемянный 2, К-5962 (Португалия), И 0141092 (Тюмень) и Норд. Наибольшей отзывчивостью в опыте отмечен сортообразец И 0141092 (Тюмень) имеющий $b_i = 4,4$. Наиболее стрессоустойчивым в опыте был сортообразец К-8718 (Англия) с показателем (-0,56). Выявлено, что наиболее стабильными сортообразцами по классификации (Р.А. Удачин, 1990) являются Transcovcasicum с коэффициентом 73,8%, К-8718 (Англия) – 85,5%, Аксайский усатый 55-66,4% и Чимшинский ранний – 61,38%.

Ключевые слова: горох посевной, селекция, экологическая пластичность, стабильность сорта, генетическая гибкость, индекс среды.

Для цитирования: Кузнецов И.Ю., Дмитриев А.М., Авсахов Ф.Ф., Алимгафаров Р.Р., Родионов Н.Ю. Адаптивный потенциал коллекционных сортообразцов гороха посевного: оценка пластичности и стабильности в условиях Республики Башкортостан. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):17-26 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-17-26

ADAPTIVE POTENTIAL OF COLLECTION SAMPLES OF FIELD PEA: ASSESSMENT OF PLASTICITY AND STABILITY IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

I.Yu. Kuznetsov, A.M. Dmitriev, F.F. Avsakhov, R.R. Alimgafarov, N.Yu. Rodionov

BASHKIR STATE AGRARIAN UNIVERSITY, Ufa

Abstract: Field pea (*Pisum sativum* L.) is a valuable grain legume crop, but has disadvantages in the form of low adaptive potential. The aim of the study was to investigate the

ecological plasticity and stability of collection samples of field pea in the conditions of the Republic of Bashkortostan. The object of study was 11 collection samples and lines of field peas of domestic and foreign breeding. The Hangildin Memory variety was used as the standard. The experiments were conducted in 2021-2024 on the fields of the Bashkir State Agrarian University Educational and Scientific Center. Calculation (according to the S.A. methodology Eberhart and B.A. Rusell, 1981) showed that 2023 was the most favorable year for the cultivation of seeded peas (with an environment index of 0.51). The calculation of the linear regression coefficient (b_i) showed that the cultivars of Hangildina Memory – St., Melkosemyanny 2, K-5962 (Port-Tugalia), and 0141092 (Tyumen) and Nord had greater responsiveness ($b_i > 1$) to improving environmental conditions. The highest responsiveness in the experiment was noted by the varietal type I 0141092 (Tyumen) with $b_i = 4.4$. The most stress-resistant in the experiment was the varietal type K-8718 (England) with an index of (-0.56). It was revealed that the most stable cultivars according to classification (R.A. Udachin, 1990) are Trancovcasicum with a coefficient of 73.8%, K-8718 (England) - 85.5%, Aksai usatii 55 – 66.4% and Chishminsky early – 61.38%.

Keywords: seed peas, breeding, ecological plasticity, variety stability, genetic flexibility, environment index.

Введение

Основной зернобобовой культурой в условиях Республики Башкортостан является горох посевной, удельный вес которого в структуре посевных площадей в отдельных сельскохозяйственных предприятиях достигает 9%. Однако, урожайность этой культуры резко колеблется по годам [1]. Увеличение удельного веса зернобобовых культур в структуре посевных площадей позволяет снизить затраты на производство кормов и повысить их качество, что непосредственно влияет на увеличение животноводческой продукции [2].

Одной из актуальных проблем в растениеводстве на современном этапе является создание экологически устойчивых сортов (форм средней интенсивности), способных давать пусть невысокую, но стабильную урожайность применительно к любым условиям [3]. На формирование того или иного уровня урожайности в различных природно-климатических условиях существенное влияние оказывается механизмом генотип-средового взаимодействия. Данное взаимодействие выражается в смене рангов продуктивности в наборе, сортов при их испытании в разные годы в одном пункте природно-климатической зоны [4]. Все это формирует новую цель современной селекции гороха посевного – создание высокопродуктивных сортов с устойчивостью к комплексу стрессовых факторов. Создание и внедрение в производство таких сортов обеспечит наиболее полную реализацию их генетического потенциала и, в конечном счете, отразится на росте и стабильности урожайности [5, 6].

Бавровский С.В. и Яловик Л.И. (2023) считают оптимальным сорт с высокой общей адаптивной способностью, обеспечивающей максимальный урожай как в благоприятных, так и в неблагоприятных условиях среды [7]. По мнению Nitika Sandhuhu and others (2019) большинство признаков, необходимых для повышения урожайности в неблагоприятных условиях, чрезвычайно сложны по своей природе. Раскрытие ключевых регуляторов (QTL/генов), связанных с урожайностью зерна и адаптивностью, и объединение генов в генетическом фоне высокоурожайных мега-сортов с использованием маркеров, связанных с признаками, обеспечит продовольственную безопасность в будущем. Современные технологии переработки и другие факторы постоянно повышают требования к создаваемым сортам [8].

В результате сложного взаимодействия «генотип-среда» формируется технология возделывания гороха посевного. Потенциал сортов может реализовываться только в определённых благоприятных условиях среды. Для того чтобы оценить степень влияния изменения условий выращивания на различные морфотипы необходимо провести сравнительный анализ по экологической адаптивности и пластичности, стрессоустойчивости [9]. Общепринятой мерой адаптивного потенциала сорта служит уровень его средней величины признака в различных по времени и месту условиях его возделывания [10, 11]. С процессом эволюционирования и усложнения генотипа гороха ослабевают адаптивные

способности культуры, выражающиеся в показателе устойчивости и селекционной ценности образцов, индексе стабильности, селекционной ценности и увеличивается размах варьирования урожайности [12, 13].

По данным Л.Г. Белявской и др. (2018), в свете современных тенденций селекционной работы, существенная роль при создании новых генотипов зернобобовых культур должна отводиться оценке параметров экологической пластичности и стабильности сорта, что дает представление об его отзывчивости на улучшение или ухудшение условий возделывания. При этом, под экологической пластичностью понимают среднюю реакцию сорта на изменение условий среды, а под стабильностью – отклонение эмпирических данных в каждом условии среды от этой средней реакции. При оценке сортов акцент целесообразно сделать на стабильности урожая при среднем его уровне с учетом реальных производственных условий [14, 15].

Обзор проведенных исследований по изучению адаптивного потенциала, экологической пластичности и стабильности на горохе посевном показывает высокий интерес к данной проблеме. Возникает необходимость проведения комплексных исследований с имеющимися сортообразцами гороха посевного коллекционного материала Башкирского ГАУ.

Цель исследований – изучение экологической пластичности и стабильности по урожайности одиннадцати сортообразцов гороха посевного в условиях учебно-научного центра Башкирского ГАУ. В задачи исследований входило: проведение расчета экологической пластичности; проведение расчета стрессоустойчивости и генетической гибкости; определение стабильности урожайности гороха посевного; проведение расчета коэффициента интенсивности и степени устойчивости индекса стабильности.

Материалы, представленные в статье, получены в рамках реализации стратегического проекта «Ускоренная селекция и воспроизводство сельскохозяйственных культур с заданными хозяйственно полезными признаками» ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ по программе стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Материалы и методы

Полевые опыты проводились в 2021-2024 годах на опытных полях учебно-научного центра Башкирского государственного аграрного университета. Опыты закладывались на выщелоченном черноземе тяжелосуглинистого механического состава, с содержанием гумуса – 10,28%, фосфора – 0,18%, азота – 0,45% и калия – 1,18%, рН солевой вытяжки 5,9-6,1. Агротехника в опытах – общепринятая для зоны. Предшественник – чистый пар.

Объект изучения – сортообразцы гороха посевного: Памяти Хангильдина – St., Аксайский усатый 55, Чишминский ранний, И 0141090 (Тюмень), Мелкосемянный 2, Transcaasicum, К-5962 (Португалия), К-8718 (Англия), И 0141092 (Тюмень), К-2786 (Германия), Норд.

Климат Республики Башкортостан характеризуется умеренно-теплым летом и холодной продолжительной зимой. Безморозный период – 97-125 дней. Последние заморозки бывают в начале июня, первые осенние – в конце августа. Годовое количество осадков составляет около 400-500 мм, в том числе в период вегетации – 130-178 мм. Сумма биологически активных температур (выше +10°C) за вегетационный период равна 1815-2209°C. В целом погодные условия за период опытной работы были в определенной степени не благоприятными. Из четырех лет по влагообеспеченности растений гороха посевного острозасушливыми был 2021 г., засушливым – 2022 г., полувлажным – 2023 и 2024 гг.

Посев опытных делянок проводили в оптимальные сроки с площадью питания растений 20x5 см на пятирядковых делянках ручной селекционной сеялкой РС-1. Площадь делянок 10 м², повторность четырехкратная. Уход за посевами – общепринятый для зоны. Опытную работу с горохом посевным проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989), математическую обработку результатов исследований – по методике Б.А. Доспехова (2014). Расчеты показателей экологической пластичности и стабильности изучаемых сортообразцов гороха посевного проводились по трем методикам – А.А. Rossielle и J. Hemblin (1981), S.A. Eberhart

Результаты и обсуждение

В селекции растений одной из самых важных и сложных задач является повышение урожайности с сохранением качественных показателей. Это обусловлено тем, что селекция гороха посевного направлена на сочетание в одном генотипе большого количества ценных признаков, таких как количество бобов на растении, количество семян с растения, количество семян в бобе и масса 1000 семян. Показатели урожайности изучаемых сортообразцов гороха посевного представлены в таблице 1.

Таблица 1

Урожайность сортообразцов гороха посевного, т/га

№	Название сортообразца	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1	Памяти Хангильдина – St.	0,74	0,68	0,91	0,93
2	Аксайский усатый 55	0,52	0,57	0,52	0,44
3	Чишминский ранний	0,62	0,71	0,57	0,57
4	И 0141090 (Тюмень)	0,58	0,62	0,37	0,52
5	Мелкосемянный 2	1,02	0,56	1,12	1,14
6	Trancovcasicum	0,51	0,54	0,61	0,59
7	К-5962 (Португалия)	0,87	1,22	1,41	1,03
8	К-8718 (Англия)	0,29	0,32	0,31	0,35
9	И 0141092 (Тюмень)	0,71	0,66	1,22	0,94
10	К-2786 (Германия)	0,83	0,98	0,69	0,86
11	Норд	0,92	1,37	1,13	1,15
12	НСР ₀₅	0,07	0,09	0,11	0,05

В условиях 2021-2024 гг. изучаемые сортообразцы гороха формировали различную урожайность зерна – от 0,29 т/га до 1,41 т/га. Наиболее высокоурожайными в опыте были растения гороха сортообразца К-5962 (Португалия) и сортообразца Норд, составив соответственно 0,87-1,41 т/га и 0,92-1,37 т/га, превысив стандарт на 17,5-51,6% и 24,3-47,3% соответственно. Хорошие результаты по урожайности зерна обеспечил сортообразец Мелкосемянный 2 (0,66-1,12 т/га). Наименьшие показатели по формированию урожайности зерна гороха в опыте были получены с использованием сортообразца гороха посевного К-8718 (Англия) – 0,29-0,35 т/га.

Под экологической пластичностью понимается приспособленность сорта к различным улучшениям почвенных, погодных и хозяйственных условий. Для расчета экологической пластичности были проведены расчеты средней урожайности по изучаемым сортообразцам, индекса условий среды и коэффициента линейной регрессии (b_i) (табл. 2).

Полученные показатели индекса условий среды (I_j) по методике S.A. Eberhart and В.А. Rusell (2005) указывают на то, что наименее благоприятным годом для возделывания различных сортообразцов гороха посевного был 2021 год ($I_j = - 0,63$), менее благоприятным 2022 год ($I_j = - 0,08$). При отрицательном значении индекса среды сортообразцы не имели достаточных возможностей для демонстрации адаптивного потенциала.

Благоприятным был 2024 год (I_j был положительным и равен 0,19), наиболее благоприятным стал 2023 г. ($I_j = 0,51$).

Расчет экологической пластичности сортообразцов гороха посевного

№	Название сортообразца	Средняя урожайность по сортообразцам, ц/га				$\sum Y_i$	Y_i	b_i
		2021	2022	2023	2024			
1	Памяти Хангильдина – St.	7,41	6,82	9,14	9,26	32,63	8,16	1,83
2	Аксайский усатый 55	5,17	5,73	5,21	4,41	20,52	5,13	-0,23
3	Чишминский ранний	6,22	7,12	5,67	5,73	24,74	6,19	-0,63
4	И 0141090 (Тюмень)	5,84	6,15	3,69	5,24	20,92	5,23	-1,78
5	Мелкосемянный 2	10,21	5,64	11,21	11,4	38,46	9,62	1,54
6	Transovcasicum	5,11	5,42	6,13	5,94	22,6	5,65	0,94
7	К-5962 (Португалия)	8,74	12,15	14,13	10,3	45,32	11,33	4,02
8	К-8718 (Англия)	2,91	3,17	3,14	3,47	12,69	3,17	0,29
9	И 0141092 (Тюмень)	7,11	6,56	12,18	9,4	35,25	8,81	4,40
10	К-2786 (Германия)	8,28	9,81	6,94	8,56	33,59	8,40	-1,07
11	Норд	9,21	13,72	11,34	11,47	45,74	11,44	1,69
	$\sum Y_j$	76,21	82,29	88,78	85,18	332,46	7,56	
	Y_j	6,93	7,48	8,07	7,74			
	I_j	-0,63	-0,08	0,51	0,19			

Примечание: $\sum Y_i$ – сумма урожайности по годам; Y_i – средняя урожайность за годы исследований; I_j – индекс условий среды (характеризует изменчивость погодных условий за данный год исследований); b_i – коэффициент линейной регрессии (отражает реакцию сорта на изменение условий выращивания)

С целью определения реакции на улучшение условий среды для каждого сортообразца нами были вычислены коэффициенты линейной регрессии (b_i), показавшие различную экологическую пластичность сортообразцов. Показатель $b_i < 1$ показывает слабую реакцию сортообразца на улучшение условий среды. В группу с данным показателем b_i вошли сортообразцы: Аксайский усатый 55, Чишминский ранний, И 0141090 (Тюмень), К-2786 (Германия). При $b_i = 1$ у сортообразцов имеется полное соответствие условиям выращивания и их изменениям. Этому соответствовал только один сортообразец Transovcasicum. При $b_i = 0$ сортообразцы не реагируют на изменения в среде и к этому показателю в опытах был более близок сортообразец К-8718 (Англия). Чем больше $b_i > 1$, тем большей отзывчивостью на улучшение условий среды обладает изучаемый сортообразец. В группу с данным показателем b_i вошли сортообразцы: Памяти Хангильдина – St., Мелкосемянный 2, К-5962 (Португалия), И 0141092 (Тюмень) и Норд. Наибольшей отзывчивостью в опыте отмечен сортообразец И 0141092 (Тюмень) имеющий $b_i = 4,4$.

Показатель степени устойчивости сортообразцов к неблагоприятным факторам среды (стрессоустойчивость) был рассчитан по уравнению А. А. Rosielle, J. Hamblin (1981). Он определяется по интервалу между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$). Этот показатель имеет отрицательные значения, поэтому меньшая разница между минимальной и максимальной урожайностью и характеризует стрессоустойчивость сорта для различных условий среды. Данные по расчету стрессоустойчивости и генетической гибкости сортообразцов гороха посевного представлены в таблице 3.

**Расчет стрессоустойчивости и генетической гибкости
сортообразцов гороха посевного (2021-2024 гг.)**

№	Название сортообразца	Урожайность, ц/га		Стрессо- устойчивость	Генетическая гибкость
		min	max		
1	Памяти Хангильдина – St.	6,82	9,26	-2,44	8,04
2	Аксайский усатый 55	4,41	5,73	-1,32	5,07
3	Чишминский ранний	5,67	7,12	-1,45	6,395
4	И 0141090 (Тюмень)	3,69	6,15	-2,46	4,92
5	Мелкосемянный 2	5,64	11,4	-5,76	8,52
6	Transovcasicum	5,11	6,13	-1,02	5,62
7	К-5962 (Португалия)	8,74	14,13	-5,39	11,435
8	К-8718 (Англия)	2,91	3,47	-0,56	3,19
9	И 0141092 (Тюмень)	6,56	12,18	-5,62	9,37
10	К-2786 (Германия)	6,94	9,81	-2,87	8,375
11	Норд	9,21	13,72	-4,51	11,465

Из таблицы 3 видно, что наиболее стрессоустойчивым в опыте был сортообразец К-8718 (Англия) с показателем (-0,56). В группу с интервалом от 1 до 2 вошли сортообразцы: Аксайский усатый 55 (-1,32), Чишминский ранний (-1,45) и Transovcasicum (-1,02). Три сортообразца попали в диапазон с показателями от 2 до 3: Памяти Хангильдина – St. (-2,44), И 0141090 (Тюмень) (-2,46) и К-2786 (Германия) (-2,87). Наименее стрессоустойчивыми в опыте стали сортообразцы: К-5962 (Португалия) (-5,76), И 0141092 (Тюмень) (-5,39) и Норд (-4,51).

Генетическая гибкость определяет реакцию сорта на условия выращивания, высокое значение которого определяет степень соответствия между урожайностью сортообразцов и факторами среды (Децына и др., 2020). При расчёте генетической гибкости $((Y_{\min} + Y_{\max})/2)$ используют компенсаторную способность, представляющую из себя среднюю урожайность в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях. Наиболее высокие показатели отмечены у сортов гороха посевного Норд – 11,46 и К-5962 (Португалия) – 11,43.

Экологическая стабильность (σ^2) определяется как способность сортообразцов сохранять постоянство признаков при изменяющихся условиях выращивания. Для вычисления показателя стабильности по урожайности нами были рассчитаны данные по теоретической урожайности сортообразцов гороха (табл. 4). По представленной формуле были вычислены теоретические урожаи для каждого сорта в отдельности: $Y_{ij} = x_i + b_i \times I_j$, где x_i – средняя урожайность i-сорта за годы испытаний, ц/га (т.е. значение x_i равно значению Y_i); b_{ij} – произведение коэффициента регрессии i-го сорта на индекс условий среды.

Таблица 4

Теоретическая урожайность сортообразцов гороха посевного, ц/га

№	Название сортообразца	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1	Памяти Хангильдина – St.	7,01	6,68	10,08	9,60
2	Аксайский усатый 55	5,32	5,75	5,09	4,37
3	Чишминский ранний	6,62	7,17	5,34	5,61
4	И 0141090 (Тюмень)	6,95	6,28	2,78	4,91
5	Мелкосемянный 2	9,24	5,52	12,01	11,69
6	Transovcasicum	4,52	5,35	6,61	6,12
7	К-5962 (Португалия)	6,22	11,85	16,20	11,05
8	К-8718 (Англия)	2,73	3,15	3,29	3,52
9	И 0141092 (Тюмень)	4,35	6,23	14,45	10,23
10	К-2786 (Германия)	8,95	9,89	6,39	8,36
11	Норд	8,15	13,59	12,21	11,79

Теоретическая урожайность сортов образцов гороха посевного в опытах составила от 2,73 ц/га до 16,20 ц/га. Наибольшую теоретическую урожайность по годам пользования имели 2 сорта образца – К-5962 (Португалия) и Норд. После проведения расчета значений экологической стабильности (σd^2) изучаемых сортов образцов было выявлено, что наиболее стабильными из них являлись Аксайский усатый 55 и К-8718 (Англия), среднее квадратичное отклонение которых составляет 0,02 и 0,03 соответственно (табл. 5).

Таблица 5

Стабильность урожайности сортов образцов гороха посевного

№	Название сорта образца	Отклонение фактической урожайности от теоретической				$\Sigma \sigma_{ij}^2$	σd^2
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.		
1	Памяти Хангильдина – St.	0,40	0,14	-0,94	-0,34	1,19	0,59
2	Аксайский усатый 55	-0,15	-0,02	0,12	0,04	0,04	0,02
3	Чишминский ранний	-0,40	-0,05	0,33	0,12	0,28	0,14
4	И 0141090 (Тюмень)	-1,11	-0,13	0,91	0,33	2,21	1,10
5	Мелкосемянный 2	0,97	0,12	-0,80	-0,29	1,67	0,84
6	Transcasicum	0,59	0,07	-0,48	-0,18	0,62	0,31
7	К-5962 (Португалия)	2,52	0,30	-2,07	-0,75	11,31	5,65
8	К-8718 (Англия)	0,18	0,02	-0,15	-0,05	0,06	0,03
9	И 0141092 (Тюмень)	2,76	0,33	-2,27	-0,83	13,57	6,79
10	К-2786 (Германия)	-0,67	-0,08	0,55	0,20	0,81	0,40
11	Норд	1,06	0,13	-0,87	-0,32	2,00	1,00

Хорошей генетической гибкостью зарекомендовали себя 3 сорта образца: Чишминский ранний – 0,14, Transcasicum – 0,31 и К-2786 (Германия) – 0,40. Наименьшая генетическая гибкость в опыте отмечена у сортов образцов К-5962 (Португалия) и И 0141092 (Тюмень).

Согласно методике Р.А. Удачина (1990) сорта подразделяются на интенсивные, полунтенсивные и экстенсивные. В основу входит определение коэффициента интенсивности (И), который показывает отклик генотипа на улучшение условий выращивания, чем выше показатель, тем больше пластичность сорта. С целью определения данного коэффициента нами для начала вносились данные по урожайности сортов образцов за выбранный период и вычислялись их средние значения (табл. 6).

Таблица 6

Урожайность сортов образцов гороха посевного и их средние значения, ц/га

№	Название сорта образца	Урожайность сорта, ц/га X				X1	X2	X1 общ	X2 общ	X ср.
		2021	2022	2023	2024					
1	Памяти Хангильдина – St.	7,41	6,82	9,14	9,26	32,63	76,1	332,4	332,4	7,5
2	Аксайский усатый 55	5,17	5,73	5,21	4,41	20,52	82,29			
3	Чишминский ранний	6,22	7,12	5,67	5,73	24,74	88,78			
4	И 0141090 (Тюмень)	5,84	6,15	3,69	5,24	20,92	85,18			
5	Мелкосемянный 2	10,21	5,64	11,21	11,4	38,46				
6	Transcasicum	5,11	5,42	6,13	5,94	22,6				
7	К-5962 (Португалия)	8,74	12,15	14,13	10,3	45,32				
8	К-8718 Англия	2,91	3,17	3,14	3,47	12,69				
9	И 0141092 (Тюмень)	7,11	6,56	12,18	9,4	35,25				
10	К-2786 Германия	8,28	9,81	6,94	8,56	33,59				
11	Норд	9,21	13,72	11,34	11,47	45,74				

Примечание: X1 – урожайность по сортам образцам, X2 – урожайность по годам

В таблице 7 приведены рассчитанные коэффициенты интенсивности и степень устойчивости индекса стабильности сортообразцов гороха посевного. Согласно классификации сортов по степени устойчивости индекса стабильности, сортообразцы можно условно поделить на высокостабильные, стабильные и нестабильные.

Таблица 7

Коэффициент интенсивности и степень устойчивости индекса стабильности сортообразцов гороха посевного

№	Название сортообразца	Коэффициент интенсивности (И), %	Показатель устойчивости индекса стабильности (коэффициент У), %
1	Памяти Хангильдина – St.	32,53	38,05
2	Аксайский усатый 55	17,60	66,40
3	Чишминский ранний	19,33	61,38
4	И 0141090 (Тюмень)	32,80	40,38
5	Мелкосемянный 2	76,80	-31,49
6	Transovcasicum	13,60	73,87
7	К-5962 (Португалия)	71,87	-40,14
8	К-8718 (Англия)	7,47	85,50
9	И 0141092 (Тюмень)	74,93	-53,92
10	К-2786 (Германия)	38,27	26,26
11	Норд	60,13	47,35

Анализ таблицы 7 позволяет отнести к интенсивным сортообразцы Мелкосемянный 2 (76,8%), К-5962 (Португалия) – 71,9%, И 0141092 (Тюмень) – 74,9 и Норд (60,1%). Данные сортообразцы можно рекомендовать в производстве для хозяйств, где поддерживается высокий уровень агрофона, а также для выращивания в природно-климатических зонах, которые отличаются сравнительно благоприятным комплексом абиотических факторов. К полунтенсивным – Памяти Хангильдина – St. (32,5%), И 0141090 (Тюмень) – 32,8% и К-2786 (Германия) – 38,3%. Остальные сортообразцы в опыте характеризуются как экстенсивные. При расчете коэффициента У выявлено, что наиболее стабильными сортообразцами являются Transovcasicum с коэффициентом 73,8 %, К-8718 (Англия) – 85,5%, Аксайский усатый 55 – 66,4% и Чишминский ранний – 61,38%. К нестабильным относятся Памяти Хангильдина (ст) (38,05%), И 0141090 (Тюмень) (40,4%), Норд (47,35%) и К-2786 (Германия) – 26,3%. Данные, полученные по сортообразцам И 0141092 (Тюмень), К-5962 (Португалия) и Мелкосемянный 2, с отрицательными значениями следует считать статистически недостоверными.

Заключение

Таким образом, наиболее благоприятным для возделывания гороха посевного был 2023 г. (с индексом 0,51). Вычисление коэффициента линейной регрессии (b_i) показало, что большей отзывчивостью ($b_i > 1$) на улучшение условий среды обладали сортообразцы: Памяти Хангильдина., Мелкосемянный 2, К-5962 (Португалия), И 0141092 (Тюмень) и Норд. Наибольшей отзывчивостью в опыте отмечен сортообразец И 0141092 (Тюмень) имеющий $b_i = 4,4$. Наиболее стрессоустойчивым в опыте был сортообразец К-8718 (Англия) с показателем (-0,56). В группу с интервалом от 1 до 2 вошли сортообразцы Аксайский усатый 55 (-1,32), Чишминский ранний (-1,45) и Transovcasicum (-1,02). Наиболее высокие показатели генетической гибкости отмечены у сортов гороха посевного Норд – 11,46 и К-5962 (Португалия) – 11,43. Выявлено, что наиболее стабильными сортообразцами по классификации являются Transovcasicum с коэффициентом 73,8%, К-8718 (Англия) – 85,5%, Аксайский усатый 55 – 66,4% и Чишминский ранний – 61,38%.

Финансирование: исследование выполнено в рамках программы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «ПРИОРИТЕТ 2030» (Национальный проект «Наука и университет»).

Литература

1. Шакирзянова М. Экологическая пластичность и стабильность перспективных линий гороха. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – 16(4). – С. 42-46. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-42-46.
2. Mutation and variability studies in M2 generation of field pea (*Pisum sativum*) under foot hills of Manipur / T. H. Napolian, M. S. Jeberson, M. Kumar, N. B. Singh, K. S. Shashidhar & P. H. R. Sharma. // International Journal of Chemical Studies. – 2019. – Vol. 7 (1). – P. 754-758. DOI: 10.18805/LR-5079.
3. Децина А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Расчет параметров экологической пластичности и стабильности сортов масличного подсолнечника, выведенных во ВНИИМК // Масличные культуры. - 2020. - Выпуск 3 (183). – С. 31-38. DOI: 10.25230/2412–608X–2020–3–183–31–38.
4. Драгавцев В.А., Драгавцева И.А., Ефимова И.Л., Кузнецова А.П., Моренец А.С. К экспериментальному подтверждению гипотезы об эколого-генетической природе феномена «взаимодействие генотипа и окружающей среды» у древесных растений. // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т.53. – № 1. – С. 151-156. DOI: 10.15389/агробиология.2018.1.151.
5. Сапега В.А., Турсумбекова G.Sh Продуктивность и адаптивность сортов гороха в условиях подтайги Северного Зауралья. // Аграрный вестник Урала. - 2023. Т. 23. - № 8. – С. 24-36. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-24-36.
6. Грядунова Н.В., Зотиков В.И., Стебаков В.А., Задорин А.М. Развитие приоритетных направлений научных исследований по селекции зернобобовых культур в России за 2021-2025 годы. Зернобобовые и крупяные культуры. - 2025. - № 4(56). – С.5-21 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-5-21
7. Бавровский С.В., Яловик Л.И. Продуктивный и адаптивный потенциал современных сортов гороха в условиях юга Псковской области. // Молочнохозяйственный вестник. - 2023. - № 3 (51). – С. 22-34. DOI: 10.52231/2225-4269-2023-3-22.
8. Sandhuhu N., Yadaw R., Chaudhary B., Prasai H., Iftekharuddaula K., Venkateshwarlu C., Annamalai A., Xangsayasane P., Battan K., Ram M., Cruz M., Pablico P., Maturan P., Raman K., Catolos M., Kumar A. Evaluating the Performance of Rice Genotypes for Improving Yield and Adaptability Under Direct Seeded Aerobic Cultivation Conditions // Front. Plant Sci. Sec. Plant Breeding. 15 February 2019. Volume 10 – 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00159>.
9. Шурхаева К.Д., Хуснутдинова А.Т., Абросимова Т.Н., Фадеева А.Н. Реализация адаптивного потенциала перспективных образцов гороха. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. – 2023. – Т. 2. - № 2 (6). – С. 21-28. DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-2-21-28.
10. Исмаилова М.М. Адаптивный потенциал сортов гороха посевного в южной зоне РД. // Проблемы развития АПК региона. – 2020. – № 3 (43). – С. 48-54. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2020.3.48.
11. Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д. Адаптивные свойства сортов гороха селекции Татарского НИИСХ. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – №4(40). – С.5-14. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-5-14.
12. Kozhukhova E.V., Baykalova L.P., Savinich E.A. Adaptability of new varieties of seed peas in the Krasnoyarsk forest-steppe // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 548 (2020) 042031. Sci. – Published online: 01 September 2020/DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/4/042018>.
13. Лихачёва Л.И., Москалёв А.В. Изучение параметров адаптивности различных морфотипов гороха в условиях Среднего Урала. // Зернобобовые и крупяные культуры - 2023. - № 2 (46). – С. 19-27. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-19-27.
14. Belyavskaya L.G., Belyavsky Yu.V., Diyanova A.A. Assessment of environmental stability and plasticity of soybean varieties // Legumes and cereal crops. 2018. No. 4. Pp. 42-48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.

15. Gainullina K.P., Slinkina A.A. Microsatellite analysis of pea variety samples with contrasting protein content in seeds / *Biomika*, 2024, Vol. 16, No. 2, Pp. 188–194. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2024-10.

References

1. Shakirzyanova M. Ecological plasticity and stability of prospective pea lines. *Vestnik of Kazan state agrarin university*. 2022, no.16(4), pp. 42-46. DOI:10.12737/2073-0462-2022-42-46.
2. Nepolian T. H., Jeberson M. S., Kumar M., Singh N. B., Shashidhar K. S. & Sharma P. H. R. Mutation and variability studies in M2 generation of field pea (*Pisum sativum*) under foot hills of Manipur. *International Journal of Chemical Studies*. 2019, Vol. 7 (1), pp. 754-758. DOI: 10.18805/LR-5079.
3. Decyna A.A., Illarionova I.V., Shcherbinina V.O. Calculation of parameters of ecological plasticity and stability of oilseed sunflower varieties bred at VNIIMK. *Oilseed crops*. 2020, Issue. 3 (183), pp. 31-38. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-31-38.
4. Dragavtsev V.A., Dragavtseva I.A., Efimova I.L., Kuznetsova A.P., Morenets A.S. Towards experimental confirmation of the hypothesis about the ecological and genetic nature of the phenomenon of "genotype - environment interaction" in woody plants. *Agricultural Biology*. 2018, Vol. 53, no.1, pp. 151–156. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.151.
5. Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh. Productivity and adaptability of pea varieties in the subtaiga conditions of the northern Trans-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023, vol. 23, No. 8, pp. 24–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-24-36.
6. Gryadunova N.V., Zotikov V.I., Stebakov V.A., Zadorin A.M. Development of priority areas of scientific research on the breeding of grain legumes in Russia for 2021-2025. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2025, no. 4(56), pp.5-21, DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-5-21
7. Bavrovsky S.V., Yalovik L.I. Productive and adaptive potential of modern pea varieties in the southern Pskov region. *Dairy farming bulletin*. 2023, no. 3 (51), pp. 22-34. DOI: 10.52231/2225-4269_2023_3_22.
8. Sandhuhu N., Yadaw R., Chaudhary B., Prasai H., Iftekharuddaula K., Venkateshwarlu C., Annamalai A., Xangsayasane P., Battan K., Ram M., Cruz M., Pablico P., Maturan P., Raman K., Catolos M., Kumar A. Evaluating the Performance of Rice Genotypes for Improving Yield and Adaptability Under Direct Seeded Aerobic Cultivation Conditions. *Front. Plant Sci. Sec. Plant Breeding*. 15 February 2019. Volume 10 – 2019. [https://doi.org/ 10.3389/fpls.2019.00159](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00159).
9. Shurkhaeva K.D., Khusnutdinova A.T., Abrosimova T.N., Fadeeva A.N. Realization of the adaptive potential of promising mountain samples. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. *Agricultural sciences*. 2023, Vol. 2, no. 2 (6), pp. 21-28. DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-2-21-28.
10. Ismailova M.M. Adaptive potential of seed pea varieties in the southern zone of the Republic of Dagestan. *Problems of agro-industrial complex development in the region*. 2020, No. 3 (43), pp. 48-54. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2020.3.48.
11. Fadeeva A.N., Shurkhaeva K.D. Adaptive properties of mountain varieties of the Tatar Research Institute of Agriculture. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021, no. 4 (40), pp. 5-14. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-5-14.
12. Kozukhova E.V., Baykalova L.P., Savinich E.A. Adaptability of new varieties of seed peas in the Krasnodar forest-steppe. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 548 (2020) 042031. Sci. – Published online: 01 September 2020/DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/4/042018> .
13. Likhacheva L.I., Moskalev A.V. Study of adaptive parameters of various morphotypes of peas in the conditions of the Middle Urals. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023, no. 2 (46), pp. 19-27. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-19-27 .
14. Belyavskaya L.G., Belyavsky Yu.V., Diyanova A.A. Assessment of environmental stability and plasticity of soybean varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018, no. 4, pp. 42–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.
15. Gainullina K.P., Slinkina A.A. Microsatellite analysis of pea variety samples with contrasting protein content in seeds. *Biomika*, 2024, Vol. 16, no. 2, pp. 188–194. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2024-10.