

Фенотипическая изменчивость селекционных линий чечевицы (*Lens culinaris* L.) по элементам семенной продуктивности в экологических условиях Омской области

Т. В. Маракаева ✉

Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия

✉ E-mail: tv.marakaeva@omgau.org

Аннотация. В статье приведены результаты изучения основных элементов семенной продуктивности (число и масса семян с растения, масса 1000 семян) у 15 селекционных линий чечевицы поколений F₆₋₇, полученных от межвидовых скрещиваний сортов Аида (Россия), Веховская (Россия), Восточная (Россия) и Шырайлы (Казахстан). **Цель исследования** – изучить фенотипическую изменчивость селекционных линий чечевицы по элементам структуры урожая и отобрать ценные генотипы в качестве источников продуктивности для создания адаптированных к условиям региона сортов. **Методы.** Фенотипирование селекционного материала проведено в полевых и лабораторных условиях 2020–2022 гг. на учебно-опытном поле Омского государственного аграрного университета. В период изучения сложились очень засушливые климатические условия в 2020 г. (ГТК = 0,62) и 2021 г. (ГТК = 0,68), слабозасушливые – в 2022 г. (ГТК = 1,02). Почва опытного участка – лугово-черноземная среднесуглинистая (45 см) малогумусная (3,95 % гумуса) среднесуглинистая (35 % физической глины) с реакцией почвенного раствора, близкой к нейтральной (рН = 6,5). Предшественник – яровая мягкая пшеница. **Результаты.** В итоге установлено, что из 15 линий только 11 показывают стабильную семенную продуктивность в любых погодных условиях и относятся к интенсивному типу возделывания, а 4 характеризуются как нестабильные и полунтенсивного типа. На изменчивость числа семян с растения значительное влияние оказывает генотипические особенности селекционной линии (42,8 %). Фенотипическая изменчивость массы семян с растения обусловлена условиями произрастания сельскохозяйственной культуры (40,3 %), а массы 1000 семян — взаимодействием двух факторов одновременно (57,0 %). Методом анализа главных компонент изученные селекционные линии разделены на три основных кластера по типу стабильности и интенсивности. **Научная новизна.** На основании проведенных исследований были отобраны ценные генотипы, которые будут использованы в качестве источников семенной продуктивности при дальнейшей селекции и создании новых адаптированных высокоурожайных сортов чечевицы регионе.

Ключевые слова: *Lens culinaris*, чечевица, линия, элементы продуктивности, экологическая пластичность.


Для цитирования: Маракаева Т. В. Фенотипическая изменчивость селекционных линий чечевицы (*Lens culinaris* L.) по элементам семенной продуктивности в экологических условиях Омской области // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 01. С. 86–97. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-86-97.

Дата поступления статьи: 13.06.2023, **дата рецензирования:** 10.07.2023, **дата принятия:** 01.08.2023.

Phenotypic variability of breeding lines of lentils (*Lens culinaris* L.) according to the elements of seed productivity in the ecological conditions of the Omsk region

T. V. Marakaeva 

Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

 E-mail: tv.marakaeva@omgau.org

Abstract. The article presents the results of studying the main elements of seed productivity (number and weight of seeds per plant, weight of 1000 seeds) in 15 breeding lines of F6-7 generations of lentils obtained from interspecific crossings of varieties Aida (Russia), Vekhovskaya (Russia), Vostochnaya (Russia) and Shyrayly (Kazakhstan). **The purpose** of the study is to study the phenotypic variability of lentil breeding lines according to the elements of the crop structure and select valuable genotypes as sources of productivity to create varieties adapted to the conditions of the region. **Methods.** Phenotyping of the breeding material was carried out in the field and laboratory conditions in 2020–2022 at the training and experimental field of the Omsk State Agrarian University. During the study period, very dry climatic conditions developed in 2020 (HTC = 0.62) and 2021 (HTC = 0.68), slightly dry – in 2022 (HTC=1.02). The soil of the experimental plot is meadow-chernozem, medium-thick (45 cm), low-humus (3.95 % of humus), medium loamy (35 % of physical clay) with a soil solution reaction close to neutral (pH = 6.5). The predecessor is spring soft wheat. **Results.** As a result, it was found that out of 15 lines, only 11 show stable seed productivity in all weather conditions and belong to the intensive type of cultivation, and 4 are characterized as unstable and semi-intensive type. The variability of the number of seeds per plant is significantly affected by the genotypic features of the breeding line (42.8 %). The phenotypic variability of the weight of seeds per plant is due to the conditions of growth of the agricultural crop (40.3 %), and the weight of 1000 seeds is due to the interaction of two factors simultaneously (57.0 %). By the method of principal component analysis, the studied breeding lines are divided into three main clusters according to the type of stability and intensity. **Scientific novelty.** Based on the research, valuable genotypes were selected that will be used as sources of seed productivity in further breeding and the creation of new adapted, high-yielding varieties of lentils in the region.

Keywords: *Lens culinaris*, lentil, line, productivity elements, ecological plasticity.

For citation: Marakaeva T. V. Fenotipicheskaya izmenchivost' selektsionnykh liniy chechevitsy (*Lens culinaris* L.) po elementam semenno-y produktivnosti v ekologicheskikh usloviyakh Omskoy oblasti [Phenotypic variability of breeding lines of lentils (*Lens culinaris* L.) according to the elements of seed productivity in the ecological conditions of the Omsk region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2024. Vol. 24, No. 01. Pp. 86–97. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-86-97. (In Russian.)

Date of paper submission: 13.06.2023, **date of review:** 10.07.2023, **date of acceptance:** 01.08.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Чечевица благодаря значительному содержанию легкоусвояемого белка считается ценной продовольственной культурой, составляющей основу питания многих доисторических цивилизаций [1, с. 382]. Культура уникальна своим биохимическим составом (например, по содержанию железа ей нет равных) и может составлять основу повседневного рациона человека. По питательности чечевица сравнима с хлебом и крупами. В ее составе мало жира, поэтому она популярна среди спортсменов и тех, кто следит за фигурой, вегетарианцев (разрешается употреблять в пищу во время поста). В состав белка чечевицы входят почти все незаменимые аминокислоты (например, лецитин), а также витамины группы В. Именно поэтому она реко-

мендована в лечебном и детском питании [2, с. 38]. Особо ценное свойство культуры в том, что она не накапливает в себе никаких вредных или токсичных элементов (нитратов, радионуклидов и пр.). В связи с этим в какой бы части земного шара ее ни выращивали, она все равно считается экологически чистым продуктом [3, с. 5].

Помимо высокого потребительского достоинства, чечевица имеет и большое агротехническое значение и считается лучшим предшественником для многих сельскохозяйственных культур, так как обогащает почву азотом, углеродом и органическими веществами. Поэтому введение этой культуры в систему посевных площадей актуально и рентабельно в эпоху современного органического сельского хозяйства [4, с. 124].

Сейчас чечевица является одной из самых распространенных возделываемых зернобобовых культур. Ее выращивают более чем в 50 странах мира. Мировой лидер по посевным площадям – Канада. Кроме нее, основными производителями чечевичного зерна считаются Индия и Турция [5, с. 100]. В Российской Федерации выращивание чечевицы является важной частью посевного и зернового комплекса, поскольку при этом решается проблема обеспечения населения высококачественными продуктами питания, а животных – кормами [6, с. 68]. На сегодняшний день Россия входит в тройку лидеров по производству зерна чечевицы [7, с. 187]. Сибирский федеральный округ – основной производитель зерна в России (62,5 тыс. га – 45,6 % всех посевов), при этом до 20 % посевных площадей культуры приходится на Омскую область (более 25 тыс. га) [8, с. 142]. За последние пять лет в стране резко возросла урожайность, а соответственно, и валовой сбор зерна [9, с. 78]. Но несмотря на тенденцию повышения урожайности, отмечается значительное ее варьирование по годам. В целом по стране за пять лет отмечены существенные колебания урожайности чечевицы: 9,1–19,5 ц/га [10, с. 1921].

К тому же возросший интерес производителей сельскохозяйственной продукции сдерживается тем, что районированные в регионе сорта чечевицы не отвечают производственным требованиям. Они менее конкурентоспособные, малоурожайные и низкотехнологичные [11, с. 451]. Это связано с биологическими особенностями культуры: тонкостебельность и сильная ветвистость вызывают полегание растений. Сочетание этих признаков с низким прикреплением первых бобов, неравномерным созреванием, растрескиванием бобов и осыпанием семян приводит к ощутимым потерям урожая во время уборки. В растениеводстве общеизвестны слабая конкурентоспособность по отношению к сорной растительности и низкая толерантность к гербицидам чечевицы, что затрудняет разработку оптимальной технологии возделывания культуры в регионе [12, с. 111].

Решением этой проблемы является создание сортов нового поколения, адаптированных к биотическим и абиотическим факторам среды и максимально соответствующих запросам современного сельскохозяйственного производства [13, с. 3]. В последнее десятилетие отечественные селекционеры уделяют большое внимание изучению чечевицы, а основными векторами селекции выбирают высокую и стабильную продуктивность, засухоустойчивость и технологичность. Их целью является создание красnoseмянных сортов с высокой семенной продуктивностью, равномерным созреванием, устойчивых к растрескиванию бобов и осыпанию семян в сочетании с товарной ценностью (крупными светлыми, не буреющими при варке и длитель-

ном хранении семенами с высоким содержанием белка) [14].

Наиболее распространенным методом создания нового исходного селекционного материала является гибридизация между различными сортами и подвидами, простые и сложные скрещивания с использованием форм, обладающих хозяйственно ценными признаками [15, с. 101].

Основой улучшения имеющихся сортов является генотип сорта. В современной науке достигнут значительный прогресс в изучении хозяйственно-ценных признаков чечевицы на уровне генотипа. Однако реализация генетического потенциала сельскохозяйственных культур в значительной степени зависит от факторов внешней среды. В связи с этим на определенных этапах селекционного процесса необходимо проводить оценку фенотипической пластичности и адаптивности полученных новых форм в экологических условиях исследования [16, с. 43].

В Омском ГАУ для расширения генетического разнообразия чечевицы сформирована признаковая коллекция, включающая образцы различных эколого-географических групп. Ежегодно проводится изучение коллекционных образцов по важнейшим качественным и количественным признакам, выделяются генетические источники и доноры хозяйственно ценных признаков и свойств. В результате внутривидовой гибридизации и дальнейшего отбора созданы селекционные линии с комплексом хозяйственно ценных признаков [17, с. 75].

Цель исследований – изучить фенотипическую изменчивость селекционных линий чечевицы по элементам структуры урожая и отобрать ценные генотипы в качестве источников продуктивности для создания адаптированных к условиям региона сортов.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследовательская работа выполнялась в полевых условиях Омской области (2020–2022 гг.). В последние годы в регионе отмечается тенденция повышения среднесуточной температуры воздуха. Сумма активных температур (выше 10 °С) за вегетационный период в 2020 г. составила 2045 °С, 2021 г. – 2238 °С, 2022 г. – 2488 °С. Осадков в 2020 г. выпало 155,3 мм (70,6 % от нормы), в 2021 г. – 166,0 мм (75,4 % от нормы), в 2022 г. – 287,6 мм (130,72 % от нормы). Гидротермический коэффициент, характеризующий обеспеченность растений влагой, указывает на очень засушливые условия в 2020 г. (ГТК = 0,62) и 2021 г. (ГТК = 0,68), слабозасушливые – в 2022г. (ГТК = 1,02). Почва опытного участка лугово-черноземная среднесуглинистая (45 см) малогумусная (3,95 % гумуса) среднесуглинистая (35 % физической глины) с реакцией почвенного раствора, близкой к нейтральной (рН = 6,5). Структурное состояние почвы хорошее (содержание агрегатов 0,25–10 мм после сухого посева – 71 %), комковатая (агрегаты мельче 0,25 мм – 15 %), тип

сложения – плотная ($d_v = 1,18 \text{ г/см}^3$) Предшественник – яровая мягкая пшеница. В опыте использовали ручной посев во второй декаде мая, площадь делянки – 5 м^2 , без повторностей, расстояние между рядками – 25 см , растениями – 15 см , размещение делянок – систематическое, глубина заделки семян – 5 см . Исследования проводили на 15 селекционных линиях чечевицы поколений F_{6-7} , полученных от скрещивания сортов Аида (Россия), Веховская (Россия), Восточная (Россия) и Шырайлы (Казахстан). Линии отобраны по комплексу хозяйственно ценных признаков в поколения F_{3-5} и размножены до поколений F_{6-7} . Уборка проведена вручную при созревании 75% бобов на растении в снопы для дальнейшего дозаривания. Структурный анализ выполнен в лабораторных условиях у 20 растений каждой селекционной линии по основным элементам семенной продуктивности: число семян с растения, масса семян с растения, масса 1000 семян. Фенологические наблюдения и учеты проведены в соответствии с действующими методическими указаниями по изучению коллекции зерновых бобовых культур. Статистическая обработка полученных результатов полевых и лабораторных исследований проведена по методике Б. А. Доспехова и состояла из нахождения минимальных (\min), максимальных (\max) и средних значений (M) признака, стандартной ошибки средней ($\pm SEM$). Достоверность различий признаков оценивали по общепринятой методике по наименьшей существенной разности при уровне значимости 5% (HSP_{05}) с использованием прикладных статистических программ MS Excel 2016. Параметры экологической пластичности селекционных линий определены согласно действующей методике Р. А. Удачина и А. П. Головченко. Двухфакторный дисперсионный анализ проведен в программе STATISTICA v. 10.0 (StatSoft, Inc., США), анализ методом главных компонент – в программе PAST v. 3.15.

Результаты (Results)

Территория Сибирского федерального округа считается зоной рискованного земледелия. Все чаще наблюдаются экстремально теплые зимы, повышение температуры воздуха, летние засухи или же, наоборот, слишком частые дожди. Все это приводит к глобальному изменению климата и увеличивает риск производителей к возделыванию сельскохозяйственных культур [18, с. 117].

Чечевица наиболее продуктивна при ее выращивании в условиях умеренно теплой погоды, средней за период вегетации температуре воздуха $15\text{--}18 \text{ }^\circ\text{C}$ и сумме осадков за период от всходов до созревания $100\text{--}180 \text{ мм}$ [19, с. 44]. Погодные условия периода вегетации в годы исследований (2020–2022) были различными и отличались от среднесезонных. Подходящие условия периода образования бобов в 2021 г. благоприятно отразились на завязывании

семян. Поэтому именно в этот год отмечено наибольшее число семян с растения у всех селекционных линий чечевицы ($40\text{--}106$ шт.). В среднем данный показатель составил $57,4$ шт. (таблица 1). Наибольшее значение отмечено у линий, полученных от скрещивания Восточная (Россия) \times Шырайлы (Казахстан) № 12 (106 шт.), № 14 (80 шт.), и № 15 (80 шт.). В последующие годы погодные условия ухудшились за счет обильного количества осадков. Крайне неблагоприятными условия сложились в 2022 г. Обильные осадки ($287,6 \text{ мм}$) негативно повлияли на вегетацию чечевицы, что привело к снижению числа семян с растения до $32,80 \text{ г}$ (в среднем). Наиболее продуктивными в этом году оказались селекционные линии, полученные от скрещивания Аида (Россия) \times Веховская (Россия) № 3 ($49,0$ шт.) и Восточная (Россия) \times Шырайлы (Казахстан) № 15 ($46,0$ шт.).

Еще одним важным показателем при селекции чечевицы на высокую продуктивность является масса семян с растения. Многие ученые утверждают, что семенная продуктивность сельскохозяйственных культур определяется именно массой семян с одного растения, поэтому данный показатель является важнейшим хозяйственно ценным признаком. По данным Н. Корсакова, количество бобов на одном растении также является относительным показателем при характеристике его продуктивности и применяется в пределах образцов с одинаковой величиной семян, так как масса 1000 семян и число семян в бобе имеют широкий диапазон варьирования. Поэтому во всех других случаях при определении продуктивности растения пользуются показателем массы семян с одного растения [20, с. 163]. Засушливые условия второй половины вегетационного периода 2020 г. благоприятно сказались на созревании растений, а в итоге урожайности в целом. У исследуемых селекционных линий значение показателя изменялось в пределах $1,95\text{--}5,06 \text{ г}$. Среднее значение данного показателя составило $3,87 \text{ г}$. Наибольшее значение отмечено у линии, полученной от скрещивания Восточная (Россия) \times Шырайлы (Казахстан) № 14 ($5,06 \text{ г}$), и линии, отобранной из комбинации скрещивания Аида (Россия) \times Веховская (Россия) № 3 ($4,84 \text{ г}$). Негативно на признаке сказались условия произрастания 2022 г., так как в этом году отмечено обильное количество осадков в период формирования семян (конец июля – август). Из-за этого семя часто бывает невыполненное, деформированное и поврежденное болезнями, что отрицательно сказывается на его качестве. В связи с этим происходит снижение продуктивности одного растения и урожайности в целом [15, с. 103]. В 2022 г. наблюдалось резкое снижение массы семян с растения вдвое у всех селекционных линий (в среднем $1,56 \text{ г}$), а у некоторых линий значение показателя не превысило $1,0 \text{ г}$. (№ 5 – $0,93 \text{ г}$, № 8 – $0,92 \text{ г}$).

Таблица 1

Элементы продуктивности селекционных линий чечевицы (2020–2022 гг.)

Биология и биотехнологии

№ линии	Семенная продуктивность								
	Число семян с растения, шт.			Масса семян с растения, г			Масса 1000 семян, г		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Аида (Россия) × Веховская (Россия)									
1	54,0	73,0	28,0	3,71	3,80	1,12	70,2	64,2	34,2
2	44,0	47,0	37,0	3,43	2,29	2,35	66,3	55,4	64,4
3	53,0	53,0	49,0	4,84	2,58	2,24	79,6	77,4	60,6
4	41,0	53,0	44,0	4,81	3,52	2,56	82,7	59,8	58,2
5	41,0	50,0	20,0	3,55	2,28	0,93	76,0	64,2	50,2
6	64,0	69,0	30,0	4,33	3,41	1,84	65,7	58,6	48,6
7	28,0	40,0	31,0	4,74	1,61	1,85	49,9	59,6	64,1
Восточная (Россия) × Шырайлы (Казахстан)									
8	37,0	42,0	33,0	4,26	3,09	0,92	70,6	61,0	50,3
9	51,0	67,0	37,0	4,47	4,20	1,41	77,4	57,0	48,5
10	48,0	90,0	24,00	3,69	2,44	1,63	68,3	59,4	48,7
11	29,0	53,0	21,0	2,32	1,90	1,28	78,0	66,4	42,3
12	54,0	106,0	22,0	3,74	2,72	1,56	75,5	61,6	48,5
13	32,0	23,0	27,0	1,95	1,34	1,33	65,6	52,6	44,8
14	51,0	80,0	43,0	5,06	4,70	1,21	82,1	65,2	32,6
15	51,0	80,0	46,0	3,70	2,53	1,11	83,3	71,8	64,2
Среднее	49,5	57,4	32,0	3,87	2,83	1,56	72,3	60,2	50,6
НСР ₀₅	1,60	1,80	2,40	1,40	1,30	1,10	3,70	4,70	2,70

Table 1

Productivity elements of lentil breeding lines (2020–2022)

Line No.	Seed productivity								
	Number of seeds per plant, pcs.			Weight of seeds per plant, g			Weight of 1000 seeds, g		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Aida (Russia) × Vekhovskaya (Russia)									
1	54.0	73.0	28.0	3.71	3.80	1.12	70.2	64.2	34.2
2	44.0	47.0	37.0	3.43	2.29	2.35	66.3	55.4	64.4
3	53.0	53.0	49.0	4.84	2.58	2.24	79.6	77.4	60.6
4	41.0	53.0	44.0	4.81	3.52	2.56	82.7	59.8	58.2
5	41.0	50.0	20.0	3.55	2.28	0.93	76.0	64.2	50.2
6	64.0	69.0	30.0	4.33	3.41	1.84	65.7	58.6	48.6
7	28.0	40.0	31.0	4.74	1.61	1.85	49.9	59.6	64.1
Vostochnaya (Russia) × Shyrayly (Kazakhstan)									
8	37.0	42.0	33.0	4.26	3.09	0.92	70.6	61.0	50.3
9	51.0	67.0	37.0	4.47	4.20	1.41	77.4	57.0	48.5
10	48.0	90.0	24.00	3.69	2.44	1.63	68.3	59.4	48.7
11	29.0	53.0	21.0	2.32	1.90	1.28	78.0	66.4	42.3
12	54.0	106.0	22.0	3.74	2.72	1.56	75.5	61.6	48.5
13	32.0	23.0	27.0	1.95	1.34	1.33	65.6	52.6	44.8
14	51.0	80.0	43.0	5.06	4.70	1.21	82.1	65.2	32.6
15	51.0	80.0	46.0	3.70	2.53	1.11	83.3	71.8	64.2
Average value	49.5	57.4	32.0	3.87	2.83	1.56	72.3	60.2	50.6
LSD ₀₅	1.60	1.80	2.40	1.40	1.30	1.10	3.70	4.70	2.70

Показателем крупности и выполненности семян в воздушно-сухом состоянии является масса 1000 зерен. В период недостатка влаги семена на растениях развиваются щуплыми и легковесными, а при избытке отмечается полегание растений чечевицы и, следовательно, поражение семян болезнями и

вредителями [13]. Чем выше масса 1000 семян, тем больше в них запас питательных веществ, и такие семена дают более здоровые растения [8, с. 143]. Для получения сортов с оптимальной массой 1000 семян (для чечевицы 65–85 г) селекционеры проводят отбор генотипов, которые на фоне изменчивых

погодных условий стабильно формируют крупное, выполненное зерно [3, с. 5]. Благоприятное влияние на растения чечевицы в период вызревания оказали засушливые условия 2020 г. Значение показателя изменялось в границах 49,9–83,3 г. В среднем данный показатель составил 72,3 г. Наибольшее значение отмечено у линий, полученных от скрещивания Восточная (Россия) × Шырайлы (Казахстан) № 14 (82,1 г), и № 15 (83,3 г). Из-за ливневых дождей во второй половине вегетации неблагоприятные условия сложились в 2022 г., что привело к снижению массы 1000 семян до 50,6 г (в среднем). Но несмотря на плохие климатические условия произрастания в этом году, отмечены селекционные формы, показавшие достаточно высокий уровень признака: № 2 (64,4 г) и № 15 (64,2 г).

При создании адаптированных сортов любой сельскохозяйственной культуры необходимо знать экологическую пластичность и стабильность, которые позволят в дальнейшем рекомендовать оптимальные климатические условия для возделывания и активного внедрения в производство созданных сортов [5, с. 99]. Когда говорят об экологически устойчивом сорте в агрономическом отношении, подразумевают его способность формировать относительно стабильную по годам урожайность в благоприятных и неблагоприятных условиях возделывания. Чем шире диапазон приспособляемости, тем выше его экологическая пластичность. На основе полученных данных возможно правильно сориентироваться в подборе созданных сортов для определенной зоны возделывания [4, с. 125].

Оценкой экологической пластичности и пригодности сортов при возделывании в определенных почвенно-климатических условиях занимались многие авторы. В связи с этим данные исследования чечевицы весьма актуальны, а в нестабильных экологических условиях Омской области особенно в связи со спецификой климата [1, с. 382].

Для определения экологической пластичности селекционных форм применяют несколько научных методик [11, с. 451]. Самая распространенная – разработанная S. Eberhart и W. Russel в интерпретации В. А. Зыкина. Недостаток этой методики состоит в длительной оценке большого набора генотипов. Для ускорения селекционного процесса продолжительность исследования очень важна. Поэтому в последнее время стали применять методику, разработанную Р. А. Удачным и А. П. Головченко, которая позволяет провести изучение в более короткие сроки [20, с. 163].

Согласно этой методике, оценку экологической пластичности селекционных линий чечевицы провели по базисной составляющей семенной продуктивности, являющейся основой урожайности, – массе семян с растения. Расчет индекса интенсивности (И), индекса стабильности (ИС) и устойчивости индекса стабильности (У) позволил рассмотреть тенденцию формирования пластичности в целом еще на стадии начальной селекции культуры и классифицировать линии по степени отзывчивости на экологические условия произрастания (интенсивность и адаптивность) (таблица 2).

Таблица 2

Параметры экологической пластичности селекционных линий чечевицы (2020–2022 гг.)

№ линии	И, %	У, %	ИС			Тип
			2020	2021	2022	
Аида (Россия) × Веховская (Россия)						
1	73,2	17,2	7,60	7,84	7,75	Ин/С
2	95,2	12,5	6,96	5,17	4,12	Ин/С
3	40,2	–42,4	9,04	4,58	1,93	П-Ин/НС
4	84,2	18,6	8,76	9,61	8,16	Ин/С
5	76,2	–66,2	13,4	8,07	2,33	Ин/НС
6	91,5	16,8	8,30	8,60	6,98	Ин/С
7	33,5	–67,7	9,21	5,53	3,53	П-Ин/НС
Восточная (Россия) × Шырайлы (Казахстан)						
8	120,8	40,2	9,07	8,29	6,15	Ин/С
9	109,8	47,2	9,39	8,91	8,02	Ин/С
10	102,5	43,2	10,5	9,46	9,17	Ин/С
11	40,2	–19,2	9,84	5,93	3,91	П-Ин/НС
12	30,5	15,1	9,88	6,76	6,68	П-Ин/С
13	81,9	–76,1	10,5	5,44	1,39	Ин/НС
14	139,1	58,4	9,83	9,16	9,66	Ин/С
15	95,2	18,2	9,26	8,76	7,92	Ин/С

Примечание. И – индекс интенсивности, У – устойчивость индекса стабильности, ИС – индекс стабильности, Ин – интенсивный, П-Ин – полунтенсивный, С – стабильный, НС – нестабильный.

Table 2
Parameters of ecological plasticity of lentil breeding lines (2020–2022)

Line No	I, %	R, %	SI			Type
			2020	2021	2022	
<i>Aida (Russia) × Vekhovskaya (Russia)</i>						
1	73,2	17,2	7,60	7,84	7,75	In/S
2	95,2	12,5	6,96	5,17	4,12	In/S
3	40,2	-42,4	9,04	4,58	1,93	S-In/US
4	84,2	18,6	8,76	9,61	8,16	In/S
5	76,2	-66,2	13,4	8,07	2,33	In/US
6	91,5	16,8	8,30	8,60	6,98	In/S
7	33,5	-67,7	9,21	5,53	3,53	S-In/US
<i>Vostochnaya (Russia) × Shyrayly (Kazakhstan)</i>						
8	120,8	40,2	9,07	8,29	6,15	In/S
9	109,8	47,2	9,39	8,91	8,02	In/S
10	102,5	43,2	10,5	9,46	9,17	In/S
11	40,2	-19,2	9,84	5,93	3,91	S-In/US
12	30,5	15,1	9,88	6,76	6,68	S-In/S
13	81,9	-76,1	10,5	5,44	1,39	In/US
14	139,1	58,4	9,83	9,16	9,66	In/S
15	95,2	18,2	9,26	8,76	7,92	In/S

Note. I – intensity index, R – resilience, SI – stability index, In – intensive, S-In – semi-intensive, S – stable, US – unstable.

За три года исследований для 15 селекционных линий чечевицы рассчитан индекс стабильности, указывающий на способность селекционной формы реализовывать продуктивный потенциал независимо от изменяющихся условий произрастания. Согласно методике Р. А. Удачина и А. П. Головаченко, наиболее приспособленными к колеблющимся экологическим факторам считаются формы с наибольшим индексом стабильности. В итоге установлено, что 11 генотипов относятся к группе сортов интенсивного типа, 4 – полуинтенсивного. Из 15 линий только 11 показывают стабильную семенную продуктивность в любых погодных условиях, а 4 характеризуются как нестабильные.

Для определения доли влияния генотипических особенностей культуры и экологических условий на реверсирование элементов семенной продуктивности в годы научных исследований проведен двухфакторный дисперсионный анализ (таблица 3).

Результаты выполненного дисперсионного анализа влияния генотипа линии, условий произрастания и их совместного взаимодействия на фенотипическое проявление показателей семенной продуктивности показал, что на изменчивость числа семян с растения значительное влияние оказывают генотипические особенности селекционной линии (42,8 %). Фенотипическая изменчивость массы семян с растения обусловлена условиями произрастания сельскохозяйственной культуры (40,3 %), а массы 1000 семян – взаимодействием двух факторов одновременно (57,0 %). Стоит отметить, что фактор «генотип × условия произрастания» оказали

достаточное влияние на варьирование признаков семенной продуктивности (35,9–57,0 %).

Для проведения объективной комплексной оценки полученного селекционного материала применены методы многомерной статистики, которые позволяют разделить исходное множество объектов на группы путем попарного сравнения по выбранным критериям. На основании полученных параметров экологической пластичности изученные селекционные линии разделены на три основных кластера методом анализа главных компонент. Первый кластер объединил 5 линий интенсивного и полуинтенсивного типа, для которых характерен отрицательный коэффициент устойчивости (У), свидетельствующий о нестабильной продуктивности селекционной формы. Во второй и третий кластер вошли линии интенсивного и полуинтенсивного типа со стабильной продуктивностью по годам (3 и 6 соответственно). Отличия между этими кластерами состоят в значениях индекса стабильности (ИС) и его устойчивости (У): в кластере № 2 более высокие показатели, чем в кластере № 3. Одна стабильная линия интенсивного типа не вошла не в один из кластеров (рис. 1).

С опорой на проведенные исследования и полученные результаты было отобрано семь селекционных линий интенсивного и полуинтенсивного типов, показавших высокую стабильную продуктивность на протяжении трех лет (таблица 4).

Выделенные селекционные линии будут включены в последующие этапы селекционного процесса чечевицы в регионе.

Результаты дисперсионного анализа элементов продуктивности селекционных линий чечевицы

Признак, параметр / источник вариации	Генотип	Условия произрастания	Генотип × условия произрастания	Ошибка
Число семян с растения:				
<i>df</i>	14	2	28	43,0
<i>MS</i>	238,4	1273,6	104,6	
<i>F</i>	2,42	14,20	4,46	
вклад, %	42,8	21,4	35,9	
Масса семян с растения:				
<i>df</i>	14	2	28	1,43
<i>MS</i>	1,09	20,7	41,2	
<i>F</i>	2,59	47,7	4,15	
вклад, %	22,1	40,3	37,6	
Масса 1000 семян:				
<i>df</i>	14	2	28	28,0
<i>MS</i>	87,8	1830,8	68,4	
<i>F</i>	1,28	26,7	5,45	
вклад, %	17,6	25,4	57,0	

Примечание. *df* – число степеней свободы, *MS* – средний квадрат, *F* – критерий Фишера. Для каждой линии $n = 10$, четырехкратная повторность.

* Вклад фактора статистически значим при $p < 0,001$.

Table 3

Results of dispersion analysis of productivity elements of lentil breeding lines

Feature, parameter / source of variation	Genotype	Growing conditions	Genotype × growing conditions	Error
Number of seeds per plant:				
<i>df</i>	14	2	28	43.0
<i>MS</i>	238.4	1273.6	104.6	
<i>F</i>	2.42	14.20	4.46	
contribution, %	42.8	21.4	35.9	
Weight of seeds per plant:				
<i>df</i>	14	2	28	1.43
<i>MS</i>	1.09	20.7	41.2	
<i>F</i>	2.59	47.7	4.15	
contribution, %	22.1	40.3	37.6	
Weight of 1000 seeds:				
<i>df</i>	14	2	28	28.0
<i>MS</i>	87.8	1830.8	68.4	
<i>F</i>	1.28	26.7	5.45	
contribution, %	17.6	25.4	57.0	

Note. *df* is the number of degrees of freedom, *MS* is the mean square, *F* is the Fisher criterion. For each line $n = 10$, 4-fold repetition.

* The contribution of the factor is statistically significant at $p < 0.001$.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Благоприятные условия для роста и развития чечевицы сложились в 2021 г. В этот год отмечено наибольшее значение основных элементов семенной продуктивности у всех селекционных линий чечевицы: числа семян с растения (40,0–106,0 шт.), массы семян с растения (1,95–5,06 г), массы 1000 семян (49,9–83,3 г).

2. Определение индекса стабильности, показывающего способность селекционной формы реализовывать продуктивный потенциал независимо от изменяющихся условий произрастания, позволил разделить селекционный материал на типы: интенсивный (11 шт.) и полунтенсивный (4 шт.). Из 15

линий только 11 показывают стабильную семенную продуктивность в любых погодных условиях, а 4 характеризуются как нестабильные.

3. Дисперсионный анализ показал, что на изменчивость числа семян с растения значительное влияние оказывают генотипические особенности селекционной линии (42,8 %), массы семян с растения – условия произрастания сельскохозяйственной культуры (40,3%), а массы 1000 семян – взаимодействием двух факторов одновременно (57,0 %). Стоит отметить, что фактор «генотип × условия произрастания» оказал достаточное влияние на варьирование признаков семенной продуктивности (35,9–57,0 %).

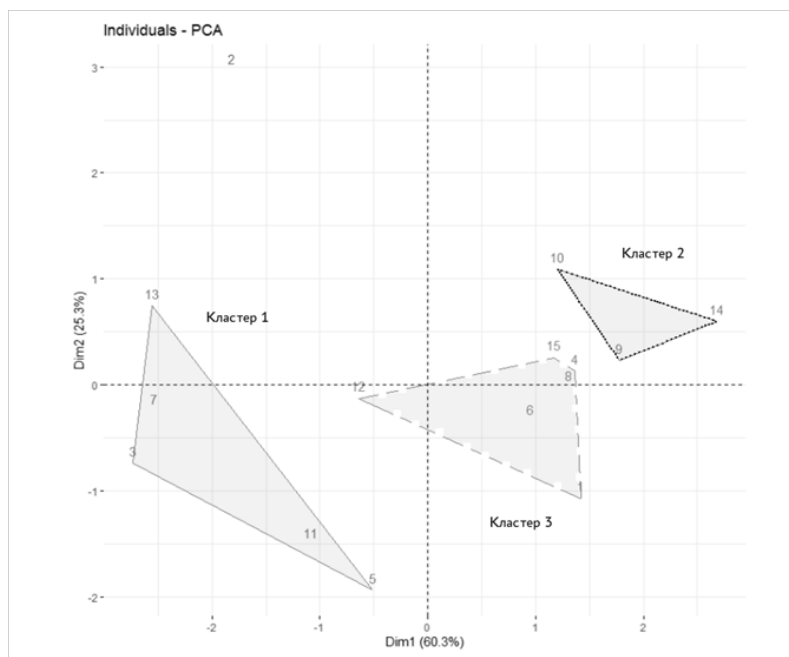


Рис. 1. Кластеризация методом главных компонент селекционных линий чечевицы

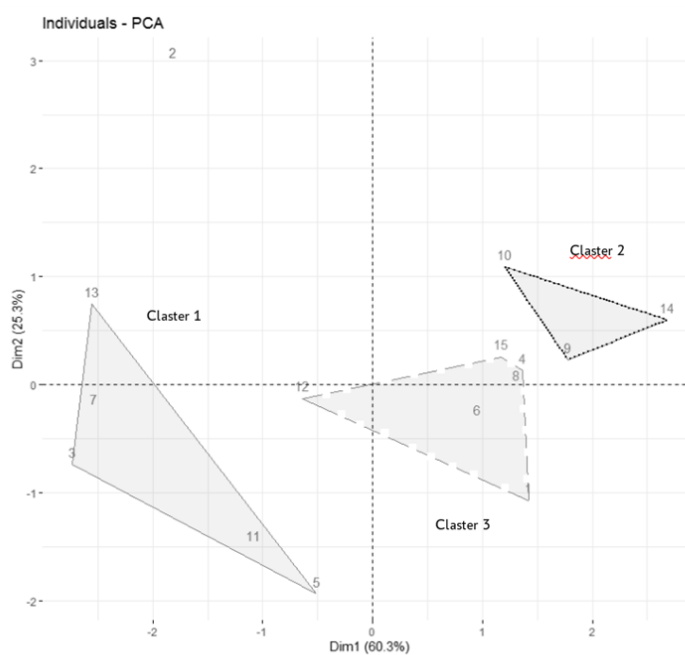


Fig. 1. Principal component clustering of lentil breeding lines

Таблица 4
Характеристика селекционных линий, отобранных по результатам экологической пластичности (2020–2022 гг.)

№ линии	Семенная продуктивность, $M \pm SEM$		
	Число семян с растения, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
1	$51,6 \pm 0,971$	$2,91 \pm 0,192$	$56,1 \pm 0,932$
6	$54,3 \pm 1,03$	$3,23 \pm 0,161$	$57,2 \pm 0,931$
10	$54,1 \pm 1,01$	$2,55 \pm 0,132$	$58,5 \pm 0,941$
12	$60,7 \pm 1,41$	$2,61 \pm 0,143$	$61,5 \pm 0,983$
14	$58,0 \pm 1,10$	$3,64 \pm 0,184$	$59,7 \pm 0,962$
15	$59,0 \pm 1,11$	$2,47 \pm 0,121$	$72,9 \pm 1,07$

Characteristics of breeding lines selected based on the results of ecological plasticity (2020–2022)

Line No	Seed productivity, $M \pm SEM$		
	Number of seeds per plant, pcs.	Weight of seeds per plant, g	Weight of 1000 seeds, g
1	51.6 ± 0.971	2.91 ± 0.192	56.1 ± 0.932
6	54.3 ± 1.03	3.23 ± 0.161	57.2 ± 0.931
10	54.1 ± 1.01	2.55 ± 0.132	58.5 ± 0.941
12	60.7 ± 1.41	2.61 ± 0.143	61.5 ± 0.983
14	58.0 ± 1.10	3.64 ± 0.184	59.7 ± 0.962
15	59.0 ± 1.11	2.47 ± 0.121	72.9 ± 1.07

4. Кластерный анализ методом главных компонент определил три основные группы (кластера), различающихся по типу стабильности и интенсивности. Первый кластер объединил 5 селекционных линий интенсивного и полунинтенсивного типа, показавших нестабильную семенную продуктивность на протяжении трех лет изучения. Во второй и третий кластеры вошли линии интенсивного и полунинтенсивного типа со стабильной продуктивностью по годам (3 и 6 соответственно). Отличия между

этим кластерами состоят в значениях индекса стабильности (ИС) и его устойчивости (У): в кластере № 2 более высокие показатели, чем в кластере № 3. Одна стабильная линия интенсивного типа не вошла не в один из кластеров (рис. 1).

5. По результатам исследований выделено шесть стабильных генотипов интенсивного и полунинтенсивного типов для дальнейшей селекционной работы в агроэкологических условиях региона (№ 1, 6, 10, 12, 14, 15).

Библиографический список

1. Зотиков В. И., Вилунов С. Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 381–387. DOI: 10.18699/VJ21.041.
2. Шихалиева К. Б., Аббасов М. А., Рустамов Х. Н. [и др.] Роль генофонда чечевицы (*Lens culinaris* Medik.) из коллекции зернобобовых культур в решении задач селекции в Азербайджане // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 2 (26). С. 36–43. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10013.
3. Зотиков В. И., Полухин А. А., Грядунова Н. В. [и др.] Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 4 (36). С. 5–17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198.
4. Мараксаева Т. В., Горбачева Т. В. Перспектива развития производства чечевицы в Омской области // Второй Международный форум «Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России». Омск, 2018. С. 123–126.
5. Зайцев С. А., Рожков П. Ю., Миронов И. В. Испытание чечевицы отечественной селекции в различных условиях выращивания // Вавиловские чтения – 2022: сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова. Саратов: ООО «Амирит», 2022. С. 98–103.
6. Иконников А. В. Семенная продуктивность перспективных коллекционных образцов чечевицы // Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Орел, 2019. С. 67–69.
7. Дворянинов С. А., Сорокина И. Ю., Пимонов К. И. Исходный материал для селекции чечевицы в условиях Ростовской области РФ // Ресурсосбережение и адаптивность в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и переработки продукции растениеводства: материалы международной научно-практической конференции. Персиановский, 2019. С. 185–196.
8. Сорокина И. Ю. Изучение коллекционных образцов чечевицы для создания новых сортов в условиях Юга России // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 1-1 (115). С. 140–143. DOI: 10.23670/IRJ.2022.115.1.028.
9. Стасюк А. И., Леонова И. Н., Пономарева М. Л. [и др.] Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 78–91. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.78rus.
10. Kazydub N., Marakayeva T., Kuzmina S. et al. Chemical composition of seeds and green beans of common bean varieties, bred in Omsk State Agrarian University under conditions of southern forest-steppe zone of Western Siberia // Agronomy Research. 2017. Vol. 15. No. 5. Pp. 1918–1927. DOI: 10.15159/AR.17.065.
11. Polukhin A. A., Zotikov V. I., Zelenov A. A. et al. Potential for Growth of Legume Production in the Orel Region // Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security: Conference proceedings. Switzerland, 2022. Pp. 449–457. DOI: 10.1007/978-3-030-93155-1_49.

12. Вишнякова М. А., Александрова Т. Г., Буравцева Т. В. [и др.] Видовое разнообразие коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР и его использование в отечественной селекции (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180. № 2. С. 109–123. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-109-123.
13. Маракаева Т. В. Исходный материал для селекции чечевицы в Омской области [Электронный ресурс] // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2019. № 2 (17). Article number 3. URL: <https://e-journal.omgau.ru/images/issues/2019/2/00723.pdf> (дата обращения: 23.06.2023).
14. Liber M., Oliveira H. R., Maia A. T., Duarte I. The History of Lentil (*Lens culinaris* subsp. *culinaris*) Domestication and Spread as Revealed by Genotyping-by-Sequencing of Wild and Landrace Accessions // *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. No. APR. Article number 628439. DOI: 10.3389/fpls.2021.628439.
15. Поминов А. В. Мировая коллекция ВИР – исходный материал для селекции чечевицы в условиях нижнего Поволжья РФ // Вавиловские чтения – 2019: международная научно-практическая конференция, посвященная 132-й годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова. Саратов, 2019. С. 100–103.
16. Крылова Е. А., Хлесткина Е. К., Бурляева М. О., Вишнякова М. А. Детерминантный характер роста зернобобовых культур: роль в доместикации и селекции, генетический контроль // *Экологическая генетика*. 2020. Т. 18. № 1. С. 43–58. DOI: 10.17816/ecogen16141.
17. Ногаев В. О. Зернобобовые культуры на мировом рынке // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Пенза, 2020. С. 74–76
18. Куленцан А. Л., Марчук А. Л. Исследование и анализ влияния эффективности производства зерновых и зернобобовых культур // *Синергия Наук*. 2019. № 42. С. 113–122.
19. Возиян В. И., Якобуца М. Д., Авдэний Л. П. Селекционные достижения в создании новых сортов зернобобовых культур в НИИПК «Селекция» Республики Молдова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. № 3 (31). С. 42–46. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11112.
20. Гриднева Е. Е., Калиакпарова Г. Ш. Чечевица – ценная зернобобовая культура для Казахстана // *Проблемы аграрника*. 2019. № 2. С. 160–166.

Об авторах:

Татьяна Владимировна Маракаева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ORCID 0000-0001-9384-8112, AuthorID 781932; +7 950 339-63-34, tv.marakaeva@omgau.org
Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия

References

1. Zotikov V. I., Vilyunov S. D. Sovremennaya selektsiya zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii [Modern selection of leguminous and cereal crops in Russia] // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021. Vol. 25. No. 4. Pp. 381–387. DOI: 10.18699/VJ21.041. (In Russian.)
2. Shikhalieva K. B., Abbasov M. A., Rustamov Kh. N. Rol' genofonda chechevitsy (*Lens culinaris* Medik.) iz kollektzii zernobobovykh kul'tur v reshenii zadach selektsii v Azerbaydzhanе [The role of the gene pool of lentils (*Lens culinaris* Medik.) from the collection of leguminous crops in solving the problems of breeding in Azerbaijan] // *Legumes and groat crops*. 2018. No. 2 (26). Pp. 36–43. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10013. (In Russian.)
3. Zotikov V. I., Polukhin A. A., Gryadunova N. V. et al. Razvitie proizvodstva zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii na osnove ispol'zovaniya selektsionnykh dostizheniy [Development of the production of leguminous and cereal crops in Russia based on the use of breeding achievements] // *Legumes and groat crops*. 2020. No. 4 (36). Pp. 5–17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198. (In Russian.)
4. Marakaeva T. V., Gorbacheva T. V. Perspektiva razvitiya proizvodstva chechevitsy v Omskoy oblasti [Prospects for the development of lentil production in the Omsk region] // *Vtoroy Mezhdunarodnyy forum "Zernobobovye kul'tury, razvivayushcheysya napravlenie v Rossii"*. Omsk, 2018. Pp. 123–126. (In Russian.)
5. Zaytsev S. A., Rozhkov P. Yu., Mironov I. V. Ispytanie chechevitsy otechestvennoy selektsii v razlichnykh usloviyakh vyrashchivaniya [Testing lentils of domestic selection in various growing conditions] // *Vavilovskie chteniya – 2022: Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 135-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N. I. Vavilova*. Saratov: OOO "Amirit", 2022. Pp. 98–103. (In Russian.)
6. Ikonnikov A. V. Semennaya produktivnost' perspektivnykh kollekttsionnykh obraztsov chechevitsy [Seed productivity of promising collection samples of lentils] // *Rol' molodykh uchenykh v innovatsionnom razvitii sel'skogo khozyaystva: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov*. Oryol, 2019. Pp. 67–69. (In Russian.)
7. Dvoryaninov S. A., Sorokina I. Yu., Pimonov K. I. Iskhodnyy material dlya selektsii chechevitsy v usloviyakh Rostovskoy oblasti RF [Initial material for breeding lentils in the conditions of the Rostov region of the Rus-

sian Federation] // Resursosberezhenie i adaptivnost' v tekhnologiyakh vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i pererabotki produktsii rasteniyevodstva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Persianovskiy, 2019. Pp. 185–196. (In Russian.)

8. Sorokina I. Yu. Izuchenie kolleksiionnykh obraztsov chechevitsy dlya sozdaniya novykh sortov v usloviyakh Yuga Rossii [The study of collection samples of lentils to create new varieties in the conditions of the South of Russia] // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2022. No 1-1 (115). Pp. 140–143. DOI: 10.23670/IRJ.2022.115.1.028. (In Russian.)

9. Stasyuk A. I., Leonova I. N., Ponomareva M. L. Fenotipicheskaya izmenchivost' selektsionnykh liniy myagkoy pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) po elementam struktury urozhaya v ekologicheskikh usloviyakh Zapadnoy Sibiri i Tatarstana [Phenotypic Variability of Breeding Lines of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) by Elements of Yield Structure in Ecological Conditions of Western Siberia and Tatarstan] // Agricultural Biology. 2021. Vol. 56. No. 1. Pp. 78–91. DOI: 10.15389/agrobiol.2021.1.78rus. (In Russian.)

10. Kazydub N., Marakaeva T., Kuzmina S. Chemical composition of seeds and green beans of common bean varieties, breded in Omsk State Agrarian University under conditions of southern forest-steppe zone of Western Siberia // Agronomy Research. 2017. Vol. 15. No. 5. Pp. 1918–1927. DOI: 10.15159/AR.17.065.

11. Polukhin A. A., Zotikov V. I., Zelenov A. A. Potential for Growth of Legume Production in the Orel Region // Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security: Conference proceedings. Switzerland, 2022. Pp. 449–457. DOI: 10.1007/978-3-030-93155-1_49.

12. Vishnyakova M. A., Aleksandrova T. G., Buravtseva T. V. Vidovoe raznoobrazie kolleksii geneticheskikh resursov zernobobovykh VIR i ego ispol'zovanie v otechestvennoy selektsii (obzor) [Species diversity of the VIR collection of leguminous genetic resources and its use in domestic breeding (review)] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. Vol. 180. No. 2. Pp. 109–123. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-109-123. (In Russian.)

13. Marakaeva T. V. Iskhodnyy material dlya selektsii chechevitsy v Omskoy oblasti [Source material for breeding lentils in the Omsk region] [e-resource] // Elektronnyy nauchno-metodicheskiy zhurnal Omskogo GAU. 2019. No. 2 (17). Article number 3. URL: <https://e-journal.omgau.ru/images/issues/2019/2/00723.pdf> (date of reference: 23.06.2023). (In Russian.)

14. Liber M., Oliveira H. R., Maia A. T., Duarte I. The History of Lentil (*Lens culinaris* subsp. *culinaris*) Domestication and Spread as Revealed by Genotyping-by-Sequencing of Wild and Landrace Accessions // Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12ю No. APR. Article number 628439. DOI: 10.3389/fpls.2021.628439.

15. Pominov A. V. Mirovaya kollektsiya VIR – iskhodnyy material dlya selektsii chechevitsy v usloviyakh nizhnego Povolzh'ya RF [The VIR world collection is the source material for breeding lentils in the conditions of the lower Volga region of the Russian Federation] // Vavilovskie chteniya – 2019: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 132-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N. I. Vavilova. Saratov, 2019. Pp. 100–103. (In Russian.)

16. Krylova E. A., Khlestkina E. K., Burlyaeva M. O., Vishnyakova M. A. Determinantnyy kharakter rosta zernobobovykh kul'tur: rol' v domestikatsii i selektsii, geneticheskii kontrol' [The determinant nature of the growth of leguminous crops: the role in domestication and selection, genetic control] // Ecological Genetics. 2020. Vol. 18. No. 1. Pp. 43–58. DOI: 10.17816/ecogen16141. (In Russian.)

17. Nogaev V. O. Zernobobovye kul'tury na mirovom rynke [Leguminous crops on the world market] // Vklad molodykh uchenykh v innovatsionnoe razvitie APK Rossii: sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh. Penza, 2020. Pp. 74–76. (In Russian.)

18. Kulentsan A. L., Marchuk A. L. Issledovanie i analiz vliyaniya effektivnosti proizvodstva zernovykh i zernobobovykh kul'tur [Research and analysis of the impact of the efficiency of production of grain and leguminous crops] // Sinergiya Nauk. 2019. No. 42. Pp. 113–122. (In Russian.)

19. Voziyan V. I., Yakobutsa M. D., Avedeniy L. P. Seleksiionnye dostizheniya v sozdanii novykh sortov zernobobovykh kul'tur v NIIPK “Selektsiya” respubliki Moldova [Breeding achievements in the creation of new varieties of leguminous crops in the Scientific Research Institute for Pedagogical Research “Selektsia” of the Republic of Moldova] // Legumes and groat crops. 2019. No. 3 (31). Pp. 42–46. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11112. (In Russian.)

20. Gridneva E. E., Kaliakparova G. Sh. Chechevitsa – tsennaya zernobobovaya kul'tura dlya Kazakhstana [Lentils are a valuable leguminous crop for Kazakhstan] // Problemy agrorynka. 2019. No. 2. Pp. 160–166. (In Russian.)

Authors' information:

Tatyana V. Marakaeva, candidate of agricultural sciences, associate professor, ORCID 0000-0001-9384-8112, AuthorID 781932; +7 950 339-63-34, tv.marakaeva@omgau.org
Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia