

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ ПРИГОДНОСТИ К МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКЕ
СРЕДИ СОРТООБРАЗЦОВ ЧЕЧЕВИЦЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ

Т. В. Маракаева

Реферат. Использование молекулярно-генетических методов в селекции значительно сокращает время создания высокотехнологичных сортов. Цель исследований – выявление KASP (Competitive Allele Specific PCR)-маркеров, ассоциированных с генами признаков пригодности к механизированной уборке в коллекционном и селекционном материале чечевицы, а также эффективных SNP (Single Nucleotide Polymorphism)-локусов для маркер-ориентированной селекции в условиях Западной Сибири. Работу выполняли в 2022–2024 годы в Омской области. Изучали коллекцию из 84 отечественных образцов чечевицы с использованием общепринятых селекционных методик. Проводили анализ признаков пригодности к механизированной уборке и идентификацию локусов, ассоциированных с этими признаками методом KASP по девяти маркерам. Доля образцов с благоприятным аллелем степени облиственности в зависимости от группы по географическому происхождению составляла 11,6...25,0%, ветвистости – 12,5...44,1%, высоты прикрепления бобов – 48,1...62,5%, темпа роста – 8,1...37,6%, нерастрескиваемости бобов – 23,2...75,0%, высоты растения – 5,4...37,5%). Влияние ветвистости и облиственности (LcRBContig00050 и LcRBContig00065) на устойчивость к полеганию, выраженное в уменьшении вегетативной массы растения, статистически значимо и составляет 10...30%. Наличие благоприятного аллеля маркера скорости роста (LcRBContig00079 и LcRBContig00158) достоверно увеличивает прирост растений на ранних этапах на 0,35...0,91 см. KASP-маркеры LcRBContig01123 и LcRBContig0534 связаны с увеличением высоты растения на 2...8 см, прикрепления бобов – на 1...4 см. Ассоциированный с нерастрескиваемостью бобов SNP (LcRBContig00067) позволяет увеличить долю нерастрескивающихся бобов в период созревания чечевицы до 90%. В результате исследований отобраны перспективные линии чечевицы питомника КСИ омской селекции, которые превосходят стандарт по технологичности – Л 18-20, Л 12-20, Л 03-20.

Ключевые слова: тарелочная чечевица (*Lens culinaris*), коллекционный образец, пригодность к механизированной уборке, KASP-маркеры.

Введение. Сегодня рынок сельскохозяйственной продукции предлагает достаточно широкий ассортимент российских сортов чечевицы. Однако в связи со значительной изменчивостью климата, выраженной в неравномерности осадков, нестабильности температуры и влажности воздуха, для сибирских регионов актуальным выступает создание сортов чечевицы с высоким уровнем пригодности к механизированной уборке в условиях конкретного региона [1]. Из-за довольно сильной подверженности погодным условиям признаки технологичности очень изменчивы [2]. Первостепенными параметрами, по которым определяют пригодность любого сорта чечевицы к механизированной уборке, считаются высота растения, высота расположения нижних бобов и устойчивость к полеганию [3]. Наличие значительного генетического полиморфизма сортов чечевицы по вышеуказанным показателям может быть задействовано при получении высокотехнологичных сортов сибирской селекции [4]. Широкое применение при генотипировании сельскохозяйственных культур получила технология KASP (Kompetitive Allele-Specific PCR). Эта платформа спроектирована для расширения возможностей метода SNP-типирования на основе чипов [5]. При этом отмечают повышение производительности и эффективности в области исследования генотипических особенностей чечевицы, а также сокращение материально-финансовых затрат [6]. Применение технологии KASP при генетических исследованиях чечевицы позволяет выявить генотипы, обладающие комбинацией полезных аллелей, которые в

последующем возможно включить в программу скрещиваний [7].

Цель исследований – идентификация генов, контролирующих признаки пригодности к механизированной уборке у российских сортов чечевицы.

Условия, материалы и методы. Коллекцию сортообразцов чечевицы оценивали в течение трех вегетационных сезонов (2022–2024 годы) на территории Учебно-опытного хозяйства Омского государственного аграрного университета имени П. А. Столыпина (г. Омск). Исследовали 84 российских образца чечевицы различного географического происхождения (см. рис. 1).

В качестве стандарта был взят среднеранний сорт Аида (оригинатор – Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур (ВНИИЗБК, г. Орел). Посев сортообразцов коллекционного питомника проводили сеялкой ССФК-7 во второй декаде мая на делянках с учетной площадью 1 м². Норма высева – 1,2 млн всхожих семян на 1 га. Повторность в опыте четырехкратная. Размещение делянок систематическое. Участок расположен на лугово-черноземной среднесуглинистой малогумусовой среднесуглинистой почве. По результатам агрохимического анализа она характеризуется следующими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) составляет 3,95%, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 154 мг/кг и 236 мг/кг, кислотность почвы близка к нейтральной (рН_{сол.} 6,5), сумма обменных катионов Ca²⁺ и Mg²⁺ (по ГОСТ 26423-85) – соответственно 15,8 и 5,7 ммоль/100 г.

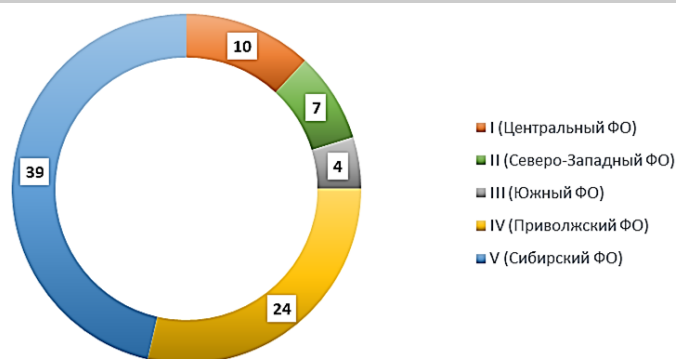


Рис. 1 – Распределение изученных сортов чечевицы по географическим группам происхождения

За последние пять лет в Омской области отмечены существенные изменения погодных условий. Из-за неравномерности выпадения осадков в большинстве муниципальных районов региона все чаще стали отмечать засухи и засушливую погоду в период посевной кампании, а в уборку – переувлажнение. Агроарии южной зоны области почти каждое лето сталкиваются с почвенной засухой. Зимы становятся мягче, весна наступает раньше, сезон осенних сельскохозяйственных работ переносится на более поздний период, а вегетационный период увеличивается [8]. Зарегистрированные погодные явления в рассматриваемые годы служат этому доказательством. За вегетационный период чечевицы установлено превышение суммы активных температур ($t \geq 10^\circ\text{C}$) над климатической нормой (2173°C) на 315°C в 2022 году, 2023 год – на 310°C , 2024 год – на 275°C . По объему осадков также отмечено превышение над нормой на 30,7% в 2022 году (287,6 мм), на 3,2% – в 2024 году, а в 2023 году зафиксирован недобор осадков на 8,5% в сравнении со среднемноголетним значением (187,2 мм). В конечном итоге в 2022 и 2024 годы сформировались слабо засушливые условия ($\text{ГТК}=1,02$ и $\text{ГТК}=1,21$ соответственно) и очень засушливые в 2023 году ($\text{ГТК}=0,75$) [9].

Исследования проводили в полевых и лабораторных условиях по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [10] и методическим указаниям ВИР по изучению зернобобовых культур [11].

Для выполнения генотипирования были отобраны свежие листья растений чечевицы на тридцатый день после посева. Генетические исследования образцов чечевицы выполнены методом KASP по девяти маркерам, связанным с признаками, определяющими пригодность к машинной уборке.

Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием дисперсионного анализа и описательной статистики [12], а также пакетов прикладных программ Microsoft Excel и SPSS PASW Statistics 20.0. Достоверность различий между сравниваемыми группами оценивали с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Анализ полученных в результате генотипирования данных нескольких географических групп сортов чечевицы выявил генетические отличия по частоте встречаемости SNP-локусов, которые определяют признаки технологичности (табл. 1). KASP-маркер, отвечающий за степень облиственности растения, идентифицирован у 25,0% образцов первой группы (Центральный федеральный округ (ФО), 13,5% – второй (Северо-Западный ФО), 11,6% – третьей (Южный ФО), 15,0% – четвертой (Приволжский ФО) и 16,7% – пятой (Сибирский ФО). Маркеры, сцепленные с генами степени ветвистости и высоты расположения бобов зафиксированы среди образцов всех групп. Доля образцов с «благоприятным аллелем» этих признаков составила 12,5...44,4% и 48,1...62,5% соответственно.

Таблица 1 – Основные KASP-маркеры, ассоциированные с генами пригодности к механизированной уборке чечевицы

KASP ID	Признак	Доля образцов с «благоприятным аллелем», %				
		I*	II	III	IV	V
LcRBContig00050	степень облиственности	25,0	13,5	11,6	15,0	16,7
LcRBContig00065	степень ветвистости	12,5	21,6	37,7	44,4	23,9
LcRBContig00079	темп роста	12,5	8,1	17,4	37,6	12,7
LcRBContig00158	темп роста	25,0	16,2	20,3	42,3	20,5
LcRBContig00534	высота расположения бобов	62,5	32,4	49,3	53,8	48,1
LcRBContig00133	характер ветвления	37,5	10,8	26,1	14,9	24,8
LcRBContig00805	характер ветвления	50,0	29,7	40,6	29,1	40,1
LcRBContig01123	высота растения	37,5	5,4	43,5	22,3	28,8
LcRBContig00067	нерастрескиваемость бобов	75,0	37,8	23,2	27,2	45,3

*I – сорта образцы из Центрального ФО; II – из Северо-Западного ФО; III – из Южного ФО; IV – из Приволжского ФО; V – из Сибирского ФО

Доля образцов с «благоприятным аллелем», контролирующим темп роста растения чечевицы, варьировала от 8,1 до 37,6% в зависимости от группы происхождения. Основными источниками неадаптивности бобов могут служить образцы селекции Центрального федерального округа (75,0%), некоторые образцы омской и алтайской селекции (45,3%), а также образцы из Ленинградской области (37,8%). Маркеры, сцепленные с геном высоты растения, вносящим

значительный вклад в пригодность к механизированной уборке зафиксирован у образцов всех изученных групп. Доля образцов с «благоприятным аллелем» этого признака составила 5,4...37,5%.

Фенологическая оценка пяти групп сортообразцов в полевых и лабораторных условиях помогла установить влияние конкретных генов на проявление признаков, определяющих пригодность к механизированной уборке (табл. 2).

Таблица 2 – Вклад KASP-маркеров в фенотипическое проявление признаков пригодности к механизированной уборке, 2022–2024 годы

KASP ID	Благоприятный аллель	Год	Критерий Стьюдента (p)	R ² , %	SNP-эффект
Степень облиственности, %					
LcRBContig00050	A/G	2022	0,014	8,21	-13,7
		2023	0,10	5,13	-10,7
		2024	0,017	10,82	-14,5
Степень ветвистости, балл					
LcRBContig00065	A/G	2022	0,011	5,81	-0,41
		2023	0,82	1,11	-0,01
		2024	0,031	8,93	-0,52
Темп роста, см/сут.					
LcRBContig00079	A/G	2022	0,038	5,46	0,54
		2023	0,021	6,62	0,41
		2024	0,051	7,81	2,55
LcRBContig00158	A/M	2022	0,015	5,11	0,61
		2023	0,018	7,31	0,46
		2024	0,028	4,82	0,71
Высота расположения бобов, см					
LcRBContig00534	A/G	2022	0,05	5,22	1,72
		2023	0,10	2,85	0,30
		2024	0,011	6,44	3,48
Характер ветвления, балл					
LcRBContig00133	A/G	2022	0,015	4,82	1,58
		2023	0,025	5,73	1,18
		2024	0,016	6,81	1,74
LcRBContig00805	A/G	2022	0,034	8,49	0,42
		2023	0,027	5,83	0,29
		2024	0,021	6,53	1,65
Высота растения, см					
LcRBContig01123	A/G	2022	0,68	2,34	1,77
		2023	0,093	4,91	6,70
		2024	0,018	7,74	7,95
Неадаптивность бобов, %					
LcRBContig00067	A/G	2022	0,018	8,31	4,16
		2023	0,030	6,45	3,31
		2024	0,001	10,91	4,78

Статистическая обработка полученных результатов выявила, что все гены, идентифицированные с использованием технологии KASP, внесли определенный вклад в пригодность растений чечевицы к механизированной уборке в течение всего периода изучения. Для признака степень облиственности растения выявлен один SNP (LcRBContig00050) с фенотипической дисперсией облиственности по маркеру LcRBContig00050 5,21...6,83%.

Наличие благоприятных аллелей LcRBContig00050 и LcRBContig00065 уменьшает

вегетативную массу растения на 10...30% вследствие снижения степени ветвистости и облиственности, тем самым увеличивая устойчивость к полеганию агрофитотеноза чечевицы в пределах 15...20%. Для признака темп роста выявлено два SNP (LcRBContig00079 и LcRBContig00158) с долей фенотипической изменчивости, объясняемой структурой популяции 4,82...7,81%. Благоприятный аллель этих маркеров статистически значимо ускоряет среднесуточный прирост растения на 0,35...0,91 см на ранних этапах развития.

Высота растения играет ключевую роль при механизированной уборке чечевицы и влияет на результаты полученного урожая. Наличие SNP LcRBContig01123 значительно увеличивает этот показатель (на 2...8 см). На высоту расположения нижних бобов благоприятно оказывает влияние SNP LcRBContig0534, повышая ее на 1...4 см, что положительно сказывается на снижении производственных потерь зерна. Нерастрескиваемость бобов в период созревания входит в категорию важных показателей технологичности, для которого в ходе исследований также установлен ассоциированный SNP (LcRBContig00067). Положительный эффект этого маркера заключается в увеличении доли нерастрескиваемых бобов до 90%.

В результате исследований отобраны

наиболее перспективные селекционные линии чечевицы Омского ГАУ (табл. 3). У всех отобранных линий в генотипе присутствуют желательные аллели генов, отвечающих за высоту растения (LcRBContig01123), высоту прикрепления нижних бобов (LcRBContig0534), характер ветвления (LcRBContig00133 и LcRBContig00805) и нерастрескиваемость бобов (LcRBContig00067). В нестабильных климатических условиях Омской области у выделенных селекционных линий питомника КСИ высота растений была больше 43 см, высота расположения нижних бобов – выше 23 см, средняя степень облиственности – 45...48%, степень ветвистости – слабая, среднесуточный прирост – 0,72...0,80 см/сут., характер ветвления по всему стеблю – оптимальный, нерастрескиваемость бобов – высокая (85...90%).

Таблица 3 – Характеристика перспективных линий чечевицы КСИ, выделенных с использованием KASP-маркеров (в среднем за 2022–2024 годы)

Признак	Аида, стандарт	Л 18-20	Л 12-20	Л 03-20	НСР ₀₅
Высота растения, см	31,6	45,2	43,7	45,1	8,61
Высота расположения бобов, см	18,4	23,1	26,1	25,4	2,06
Степень ветвистости, балл	3*	3*	3*	3*	-
Степень облиственности, %	54	46	45	48	3,58
Темп роста, см/сут.	0,69	0,76	0,80	0,72	0,12
Характер ветвления, балл	7**	7**	7**	7**	-
Нерастрескиваемость бобов, %	73	88	85	90	9,74

*слабая степень ветвистости (1...4 ветви)

**характер ветвления по всему стеблю

Выводы. По результатам генотипирования с использованием технологии KASP по девяти маркерам, сопряженным с признаками пригодности к механизированной уборке доля образцов чечевицы с наличием благоприятного аллеля по степени облиственности растений в зависимости от географического происхождения составляла 11,6...25,0%, по степени ветвистости – 12,5...44,1%, по высоте расположения бобов – 48,1...62,5%, по темпу роста растения чечевицы – 8,1...37,6%, по нерастрескиваемости бобов – 23,2...75,0%, по высоте растения – 5,4...37,5%.

Наличие благоприятных аллелей маркеров темпа роста (LcRBContig00079 и LcRBContig00158) статистически достоверно увеличивает среднесуточный прирост растения на начальных стадиях развития на 0,35...0,91 см.

Существенный вклад в увеличение высоты растения на 2...8 см и расположения нижних бобов на 1...4 см вносили KASP-маркеры LcRBContig01123 и LcRBContig0534. Ассоциированный с нерастрескиваемостью бобов SNP (LcRBContig00067) позволяет повысить величину этого показателя в период созревания чечевицы до 90%.

На основе KASP-маркеров отобраны перспективные линии чечевицы питомника КСИ селекции Омского ГАУ с набором генов пригодности к механизированной уборке, которые достоверно превосходят стандарт по технологичности – Л 18-20, Л 12-20, Л 03-20.

Сведения о финансировании. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-20033, <https://rscf.ru/project/24-26-20033/>

Литература

1. Быкова В. А. Производство зерновых и зернобобовых культур в Сибирском федеральном округе в контексте обеспечения продовольственной безопасности // Продовольственная политика и безопасность. 2023. Т. 10. № 3. С. 471–482. doi: 10.18334/ppib.10.3.118249.
2. 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.
3. Технологический потенциал зернобобовых культур / Д. П. Волков, О. С. Башинская, С. А. Зайцев и др. // АгроЭкоИнфо. 2023. № 3 (57). URL: https://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_305.pdf (дата обращения: 10.03.2025). doi: 10.51419/202133305.
4. Видовое разнообразие коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР и его использование в отечественной селекции (обзор) / М. А. Вишнякова, Т. Г. Александрова, Т. В. Буравцева и др. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180. № 2. С. 109–123. doi: 10.30901/2227–8834–2019–2– 109–123.
5. KASP-IEva: an intelligent typing evaluation model for KASP primers / X. Chen, L. Huang, J. Fan, et al. // Frontiers in Plant Science. 2024. Vol. 14. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1293599/full> (дата обращения: 10.03.2025). doi: 10.3389/fpls.2023.1293599.
6. Identification of stable lentil genotypes through genotype by environment interactions on yield potential in Morocco / A. Baggar, A. Safi, F. Gaboun, et al. // Plant Science Today. 2022. URL: <https://horizonpublishing.com/>

journals/index.php/PST/article/view/1814/1649 (дата обращения: 15.03.2025). doi: 10.14719/pst.1814.

7. RNA-Seq analysis and development of SSR and KASP markers in lentil (*Lens culinaris* Medikus subsp. *culinaris*) / D. Wang, N. Li, X. Wang, et al. // The Crop Journal. 2020. Vol. 8, No. 6. P. 953-965. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214514120300763> (дата обращения: 10.03.2025). doi: 10.1016/j.cj.2020.04.007.

8. Аксенова Ю. В., Шмидт А. Г. Оценка природно-ресурсного потенциала сельскохозяйственной территории Омской области // Российская сельскохозяйственная наука. 2024. № 3. С. 8–14. doi: 10.31857/S2500262724030021.

9. Маракаева Т. В. Оценка образцов тарелочной чечевицы по хозяйственно-биологическим показателям // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 4(76). С. 49-55. doi: 10.12737/2073-0462-2024-49-55.

10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. 2019. Вып. 1. 329 с. URL: <https://gossortrf.ru/publication/metodiki-po-ksi.php> (дата обращения: 23.03.2025).

11. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / сост. Н. И. Корсаков, О. П. Адамова, В. И. Буданова и др.; ВАСХНИЛ, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. Л.: ВИР, 1975. 59 с.

12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е, стереотип., перепеч. с 5-го изд. М.: Альянс, 2014. 352 с.

Сведения об авторе:

Маракаева Татьяна Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, e-mail: tv.marakaeva@omgau.org
Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Омск, Россия.

IDENTIFICATION OF SUITABILITY GENES TO MECHANICAL HARVESTING AMONG DOMESTIC LENTIL VARIETIES T. V. Marakaeva

Abstract. The use of molecular genetic methods in lentil breeding significantly reduces the time required to develop high-tech varieties. The aim of this study was to identify CASP (Competitive Allele Specific PCR) markers associated with genes encoding mechanical harvesting suitability traits in lentil collection and breeding material, as well as effective SNP (Single Nucleotide Polymorphism) loci for marker-assisted selection in Western Siberia. The study was conducted from 2022 to 2024 in Omsk region. A collection of 84 domestic lentil accessions was studied using generally accepted breeding methods. Analysis of the traits for mechanical harvesting suitability and identification of the loci associated with these traits were carried out using CASP method for nine markers. The proportion of samples with a favorable allele of the degree of foliage depending on group by geographical origin was 11.6...25.0%, branching - 12.5...44.1%, pod attachment height - 48.1...62.5%, growth rate - 8.1...37.6%, pod desquamation - 23.2...75.0%, plant height - 5.4...37.5%. The effect of branching and foliage (LcRBContig00050 and LcRBContig00065) on lodging resistance, expressed as a decrease in vegetative plant mass, is statistically significant and amounts to 10...30%. The presence of a favorable allele of growth rate markers (LcRBContig00079 and LcRBContig00158) significantly increases plant growth in the early stages by 0.35-0.91 cm. CASP markers LcRBContig01123 and LcRBContig0534 are associated with an increase in plant height by 2-8 cm and bean attachment by 1-4 cm. An SNP associated with bean non-dehiscence (LcRBContig00067) allows for an increase in the proportion of non-dehiscence beans during lentil maturation to 90%. As a result of the research, promising lentil lines from KSI nursery, selected in Omsk, which exceed the standard in terms of technological effectiveness, were selected – L 18-20, L 12-20, L 03-20.

Key words: plate lentil (*Lens culinaris*), collection accession, suitability for mechanical harvesting, CASP markers.

References

1. Bykova VA. [Production of grain and leguminous crops in Siberian Federal District in the context of food security]. *Prodo-volstvennaya politika i bezopasnost*. 2023; Vol.10. 3. 471-482 p. doi: 10.18334/ppib.10.3.118249.
2. Zotikov VI, Vilyunov SD. [Modern breeding of leguminous and cereal crops in Russia]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*. 2021; Vol.25. 4. 381-387 p. doi: 10.18699/VJ21.041.
3. Volkov DP, Bashinskaya OS, Zaytsev SA. Technological potential of grain leguminous crops. [Internet]. *AgroEkoInfo*. 2023; 3 (57). [cited 2025, March 10]. Available from: https://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_305.pdf. doi: 10.51419/202133305.
4. Vishnyakova MA, Aleksandrova TG, Buravtseva TV. [Species diversity of VIR legume genetic resources collection and its use in domestic breeding (review)]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*. 2019; Vol.180. 2. 109-123 p. doi: 10.30901/2227-8834-2019-2-109-123.
5. Chen X, Huang L, Fan J. KASP-IEva: an intelligent typing evaluation model for KASP primers. [Internet]. *Frontiers in Plant Science*. 2024; Vol.14. [cited 2025, March 10]. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1293599/full>. doi: 10.3389/fpls.2023.1293599.
6. Baggar A, Safi A, Gaboun F. Identification of stable lentil genotypes through genotype by environment interactions on yield potential in Morocco. [Internet]. *Plant Science Today*. 2022; [cited 2025, March 15]. Available from: <https://horizonpublishing.com/journals/index.php/PST/article/view/1814/1649>. doi: 10.14719/pst.1814.
7. Wang D, Li N, Wang X. RNA-Seq analysis and development of SSR and KASP markers in lentil (*Lens culinaris* Medikus subsp. *culinaris*). [Internet]. *The Crop Journal*. 2020; Vol.8, No.6. 953-965 p. [cited 2025, March 10]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214514120300763>. doi: 10.1016/j.cj.2020.04.007.
8. Aksenova YuV, Shmidt AG. [Assessment of natural resource potential of the agricultural territory of Omsk region]. *Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka*. 2024; 3. 8-14 p. doi: 10.31857/S2500262724030021.
9. Marakaeva TV. [Evaluation of plate lentil samples by economic and biological indicators]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; Vol.19. 4(76). 49-55 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-49-55.
10. Methodology of state variety testing of agricultural crops. [Internet]. State Commission for Variety Testing. 2019; issue 1. 329 p. [cited 2025, March 23]. Available from: <https://gossortrf.ru/publication/metodiki-po-ksi.php>.
11. Korsakov NI, Adamova OP, Budanova VI. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kollektsii zernovykh bobovykh kultur. [Methodological guidelines for studying the grain legumes collection]. VASKhNIL, Vsesoyuz. nauch.-issled. in-t rastenievodstva im.N.I.Vavilova. Leningrad: VIR. 1975; 59 p.
12. Dospikhov BA. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. 6th edition, stereotype, reprinted from 5th edition. Moscow: Alyans. 2014; 352 p.

Author:

Marakaeva Tatyana Vladimirovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agronomy, Breeding and Seed Production Department, e-mail: tv.marakaeva@omgau.org
Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia.