

## Фенотипическая изменчивость показателей пригодности к механизированной уборке образцов чечевицы (*Lens culinaris* L.)

Т. В. Маракаева ✉

Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия

✉ E-mail: [tv.marakaeva@omgau.org](mailto:tv.marakaeva@omgau.org)

**Аннотация.** В статье изложены данные анализа варьирования наиболее важных параметров пригодности к механизированной уборке у коллекционных образцов чечевицы, привезенных из разных ландшафтно-географических регионов. **Цель исследования** – изучение фенотипических особенностей пригодности к механизированной уборке образцов чечевицы, выявление источников, создание исходного материала для селекции культуры в Западной Сибири. **Методы.** Исследовательская работа осуществлялась в полевых и лабораторных условиях южной лесостепи Омской области в течение трех лет (2022–2024 гг.). За вегетационный период в годы проведения исследований в регионе отмечен недостаток по влагообеспеченности, что привело к засушливости климата (ГТК = 0,83...1,21). Опытный участок расположен на лугово-черноземной среднесуглинистой малогумусной среднесуглинистой комковатой почве с нейтральной реакцией среды (рН = 6,5). **Результаты.** У крупносемянной чечевицы преобладало прикорневое полегание растений (65–73 %), мелкосемянной – разваливание куста (66–71 %). Высокая устойчивость агроценозов к полеганию отмечена в 2023 г. (92,5–96,3 %). Коллекционные образцы условно разделены на два типа: с высокой устойчивостью к полеганию (60,1–89,7 %) и низкой (39,9–57,8 %). На степень устойчивости к полеганию сильно воздействуют генотип сорта и условия произрастания (53,4 %). Высокоустойчивые к полеганию образцы отличались слабой физической нагрузкой на стебель (101,4–103,3 мг/см), более высокой длиной стебля (38,5–45,2 см) и высотой прикрепления нижних бобов (17,6–21,8 см), низкой урожайностью (1,2–1,4 т/га). Слабополегающие образцы характеризовались площадью: поперечного среза – 5,22 мм<sup>2</sup>, ксилемы – 2,15 мм<sup>2</sup>, одревесневших элементов – 2,31 мм<sup>2</sup>, склеренхимных тяжей – 33,21 мкм<sup>2</sup>, количество склеренхимных тяжей – 11,23 шт. **Научная новизна.** Проведенная исследовательская работа позволила отобрать перспективные образцы чечевицы, для дальнейшего применения их как источников высокой технологичности при создании новых регионально адаптированных высокопродуктивных сортов культуры.

**Ключевые слова:** чечевица, пригодность к механизированной уборке, устойчивость к полеганию, высота растения, высота прикрепления нижних бобов, урожайность

**Благодарности.** Данное исследование проведено при финансовой поддержке РФФ (соглашение № 24-26-20033 от 12.04.2024 г.).

**Для цитирования:** Маракаева Т. В. Фенотипическая изменчивость показателей пригодности к механизированной уборке образцов чечевицы (*Lens culinaris* L.) // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 10. С. 1266–1276. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-10-1266-1276>.

**Дата поступления статьи:** 21.08.2024, **дата рецензирования:** 17.09.2024, **дата принятия:** 20.09.2024.

## Phenotypic variability of lentil (*Lens culinaris* L.) accessions suitability for mechanical harvesting

T. V. Marakaeva ✉

Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

✉ E-mail: tv.marakaeva@omgau.org

**Abstract.** The article presents the data of the analysis of variations in the most important parameters of suitability for mechanized harvesting in collection accessions of lentils brought from different landscape-geographic regions. The aim of the study is to investigate the phenotypic features of suitability for mechanized harvesting of lentil accessions, identify sources, and create source material for crop selection in Western Siberia. **Methods.** The research work was carried out in the field and laboratory conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region for three years (2022–2024). During the growing season in the years of research, a lack of moisture supply was noted in the region, which led to an arid climate ( $HTC = 0.83 \dots 1.21$ ). The experimental site is located on meadow-chernozem medium-deep low-humus medium loamy lumpy soil with a neutral reaction of the environment ( $pH = 6.5$ ). **Results.** In large-seeded lentils, root lodging of plants was predominant (65–73 %), while in small-seeded lentils, bush collapse (66–71 %). High resistance of agrocenoses to lodging was noted in 2023 (92.5–96.3 %). The collection samples are conventionally divided into two types: with high lodging resistance (60.1–89.7 %) and low (39.9–57.8 %). The degree of lodging resistance is strongly influenced by the genotype of the variety and growing conditions (53.4 %). Samples highly resistant to lodging were characterized by low physical stress on the stem (101.4–103.3 mg/cm), higher stem length (38.5–45.2 cm) and lower bean attachment height (17.6–21.8 cm), and low yield (1.2–1.4 t/ha). The weakly lodging samples were characterized by the following area: cross-section – 5.22 mm<sup>2</sup>, xylem – 2.15 mm<sup>2</sup>, lignified elements – 2.31 mm<sup>2</sup>, sclerenchyma strands – 33.21 μm<sup>2</sup>, the number of sclerenchyma strands – 11.23 pcs. **Scientific novelty.** The conducted research work allowed us to select promising lentil samples for their further use as sources of high technology in the creation of new regionally adapted highly productive varieties of the crop.

**Keywords:** lentils, suitability for mechanical harvesting, lodging resistance, plant height, lower bean attachment height, yield

**Acknowledgement.** This study was conducted with the financial support of the Russian Science Foundation (agreement No. 24-26-20033 dated 12/04/2024).

**For citation:** Marakaeva T. V. Phenotypic variability of lentil (*Lens culinaris* L.) accessions suitability for mechanical harvesting. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (10): 1266–1276. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-10-1266-1276>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 21.08.2024, **date of review:** 17.09.2024, **date of acceptance:** 20.09.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

С увеличением культуры потребления растительного белка и нарастающей популяризации вегетарианских диет чечевица оказывается выгодной альтернативой продуктам питания из мяса среди целевой аудитории во всем мире [1]. Согласно статистике, культура относится к лидерам среди зерновых бобовых по мировым посевным площадям [2]. Чечевица возделывается не менее чем в пятидесяти странах земного шара [3]. По данным ФАО, мировое производство чечевицы в 2023 году превысило 7 млн тонн [4]. К крупнейшим производителям относятся Канада, Индия, Австралия, Турция, США. Перечисленные страны составляют значительную часть в мировом развитии, возделывании и экспорте чечевичного зерна (более 40 тыс. тонн.) [5].

Опираясь на статистические данные Росстата, выясняется, что в Российской Федерации в предыдущий год зафиксирован рекордный за последние шесть лет объем зерна зернобобовых культур (4,6 млн тонн) [6]. Это на 18,8 % (+722,1 тыс. тонн) выше, чем в 2022 году. При этом производство чечевицы увеличилось на 46,4 % (+81,8 тыс. тонн) и составило 257,9 тыс. тонн [7]. Это вызвано расширением ее посевных площадей на 55,4 тыс. га (33,8 %), увеличением урожайности (до 11,9 ц/га), а также резкой интенсификацией экспортных поставок культуры [8].

Среди федеральных округов РФ ведущим поставщиком зерна чечевицы является Сибирский ФО (45,6 % всех посевов). Значительная часть (более 30 тыс. га) всех посевов федерального округа расположены в Омской области [9].

Стоит отметить, что возделываемые в регионе сорта показывают достаточно нестабильную урожайность из года в год. Если проанализировать статистику за последние пять лет, то заметно значительное варьирование данного показателя (9,1–19,5 ц/га) [10]. В связи с тем, что распространенные в Омской области сорта малоприспособлены к сибирским переменчивым агроклиматическим условиям, для них характерен высокий процент полегания растений (до 80 %), низкое расположение (10–13 см), неравномерное созревание и преждевременное растрескивание бобов, сопутствующие сильному осыпанию семян [11]. В конце концов перечисленные недостатки приводят к ощутимому снижению урожайности за счет серьезных потерь при уборке. В связи с тем, что чечевица слабо конкурирует с сорняками и сильно подвержена воздействию гербицидов, разработать оптимальную технологию защиты ее посевов в регионе довольно непросто [12]. Именно по этим причинам сдерживается заинтересованность к чечевице у местных производителей сельскохозяйственной продукции.

Для решения этого вопроса отечественные селекционеры ведут научно-исследовательскую работу по главным векторам селекционного процесса чечевицы с целью создания не только адаптированных к агроклиматическим факторам среды сортов, но также в полной мере отвечающих актуальным производственным требованиям [13]. Такие показатели, как степень ветвистости и полегания, характер ветвления, равномерное созревание, устойчивость к растрескиванию бобов и осыпанию семян, длина стебля и высота расположения нижних бобов на растении считаются наиболее значимыми при селекции чечевицы на пригодность к механизированной уборке [14].

В селекции сельскохозяйственных культур при создании нового исходного материала в первую очередь опираются на собранный генофонд, включающий достаточно большое разнообразие сортов [15], у которых проводят непрерывную оценку изменчивости основных хозяйственно ценных признаков на протяжении долгого периода, начиная еще на начальном этапе селекционного процесса [16].

Созданная в Омском аграрном университете международная коллекция чечевицы характеризуется многообразием образцов определенного экологического и географического происхождения, которые ежегодно оцениваются на наличие необходимых селекционных показателей. В последующем отбираются лучшие образцы, которые в дальнейшей селекции чечевицы применяются как источники ценных признаков [17].

Цель исследований – фенотипирование и отбор уникальных генотипов чечевицы, отличающихся высоким значением основных признаков пригодности к механизированной уборке.

### Методология и методы исследования (Methods)

Практическая часть представленных трехлетних результатов (2022–2024 гг.) выполнена в полевых и лабораторных условиях южной лесостепи Омской области. В период изучения создались контрастные погодные условия. В 2022 году отмечены слабо засушливые условия периода вегетации чечевицы (ГТК = 1,02). Осадки распределялись неравномерно, а основная их часть зафиксирована во второй половине вегетационного периода. Всего в этом году осадков выпало на 30,7 % больше нормы (287,6 мм), а температура воздуха на 2–3 °С превышала среднегодовое значение. В 2023 году сложились достаточно нетипичные для региона погодные условия. Зафиксирован значительный недостаток осадков (85,1 % от нормы), а температура воздуха временами достигала 35–38 °С. Такие показатели привели к засушливости климата (ГТК = 0,83). Выпавшее количество осадков (227 мм) за вегетационный период чечевицы 2024 года (май – август) незначительно превысило среднегодовое значение (103,2 % от нормы), а температура воздуха была близка к норме. В этом году для роста и развития чечевицы сформировались слабо засушливые условия увлажнения (ГТК = 1,21).

Опытные делянки расположены на лугово-черноземной почве, для которой характерно низкое содержание гумуса в верхних горизонтах (3,95 %), мощность пахотного слоя до 45 см, содержание физической глины до 35 %. Структура почвы комковатая, так как содержится более 15 % агрегатов мельче 0,25 мм. Реакция почвы близка к нейтральной (рН = 6,5). Тип сложения – плотный ( $d_v = 1,18$  г/см<sup>3</sup>). В предшествующий год на данном участке высевалась пшеница яровая мягкая. Посев опытных делянок (площадь 1 м<sup>2</sup>) проведен вручную на глубину заделки семян 5 см. Период посева – середина мая.

Исследование фенотипических особенностей варьирования морфологических признаков выполнено на коллекционных образцах тарелочной (крупносемянной) и мелкосемянной чечевицы, созданных в разных почвенно-климатических условиях. При созревании более 75 % бобов на растениях проведена двухэтапная уборка: сбор в снопы и последующее дозревание. В лабораторных условиях у 10 растений каждого коллекционного образца проведен анализ основных показателей пригодности к механизированной уборке: высота растения, степень ветвистости, характер ветвления, высота прикрепления нижнего боба, расстояние от почвы до кончика нижнего боба, степень полегания и степень растрескивания бобов.

Изучение коллекционных образцов чечевицы выполнены по соответствующим методикам. Определена устойчивость растений чечевицы к полеганию в фазы цветения, образование и созревание бобов. Показатель вычислялся как отношение вы-

соты агроценоза к высоте одного растения. Также была рассчитана линейная плотность главного стебля. Для этого определялась масса сухого растения, а полученное значение делилось на длину этого растения. Оценка анатомического строения стебля растений чечевицы выполнена с использованием биологического прямого микроскопа АРСТЕК Е62. Для этого у каждого образца в период созревания культуры отобраны срезы в нижней части стебля в десятикратной повторности. Оценка проведена согласно Методическими указаниями по технике проведения анатомических исследований культурных растений. Математическая обработка полученных результатов осуществлена методом дисперсионного и корреляционного анализов в программе STATISTICA v. 10.0 (StatSoft, Inc., США).

### Результаты (Results)

Пригодность агроценозов зерновых бобовых культур к механизированной уборке считается важным показателем увеличения их урожайности и качества зерна. При низкой технологичности культуры недобор урожая может достигать уровня 70–80 %, а качественные показатели при уборке семян значительно хуже [18]. Низкая устойчивость к полеганию, разваливание куста, низкое прикрепление нижнего боба, высокое осыпание семян характерны

и для значимой зернобобовой культуры чечевицы. Перечисленные недостатки указывают на слабую технологичность культуры, в конечном итоге приводящую к низкой урожайности. Как раз по этой причине товаропроизводители сельскохозяйственной продукции с осторожностью вводят культуру в структуру посевных площадей [19].

Стоит отметить, что не только генотип оказывает влияние на показатели пригодности к механизированной уборке, существенное значение имеют и агроклиматические условия возделывания. Например, сильное полегание растений отмечается в годы избыточно влажные, когда чечевица развивает мощную вегетативную массу. В умеренно влажные и даже засушливые годы полегание также проявляется, но только когда пройдут обильные дожди с ветром в период налива или созревания зерна [20].

В ходе исследований все коллекционные образцы чечевицы по виду полегания распределены на две группы (рис. 1). В первой группе наклон главного стебля отмечен примерно в 10 см от корня. Это так называемое прикорневое полегание. У растений второй группы наблюдался сильное отклонение боковых побегов от главного стебля, то есть разваливание куста.

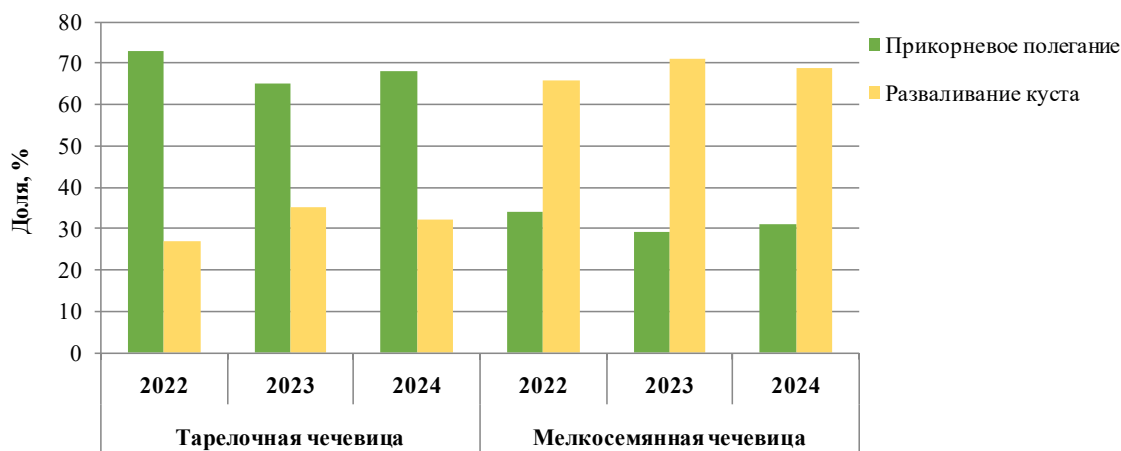


Рис. 1. Распределение коллекционных образцов чечевицы по группам устойчивости к полеганию

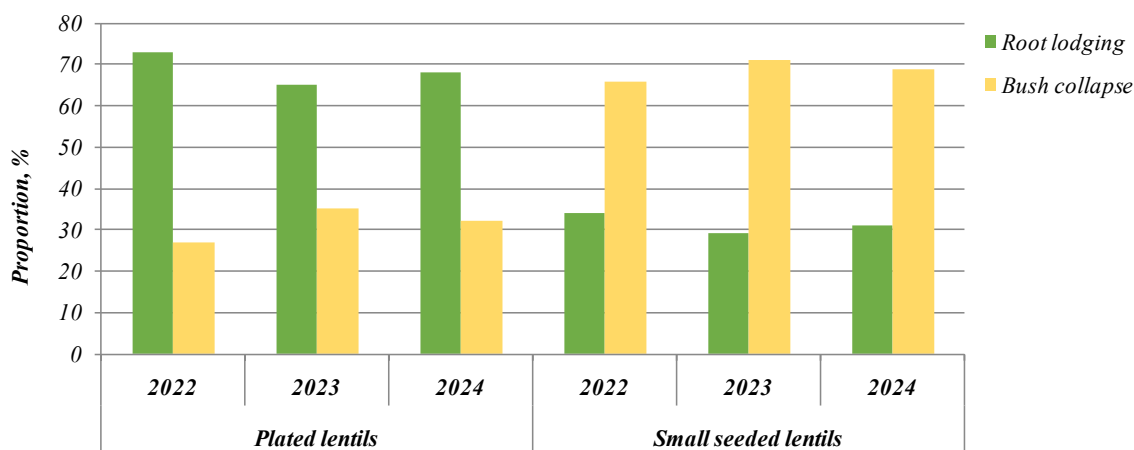


Fig. 1. Distribution of collection samples of lentils by lodging resistance groups

Таблица 1  
Устойчивость агроценозов чечевицы к полеганию, % (2022–2024 гг.)

Тип устойчивости к полеганию	2022	2023	2024	Среднее
<b>Тарелочная чечевица</b>				
С высокой устойчивостью	60,2–78,3	62,2–96,3	60,0–94,4	60,8–89,7
С низкой устойчивостью	31,6–54,3	43,6–59,6	44,5–59,4	39,9–57,8
<b>Мелкосемянная чечевица</b>				
С высокой устойчивостью	57,3–76,4	61,9–92,5	61,1–83,5	60,1–84,1
С низкой устойчивостью	34,8–51,2	50,6–58,4	52,3–59,6	45,9–56,4

Table 1  
Resistance of lentil agrocenoses to lodging, % (2022–2024)

Lodging resistance type	2022	2023	2024	Average
<b>Plated lentils</b>				
With high stability	60.2–78.3	62.2–96.3	60.0–94.4	60.8–89.7
With low stability	31.6–54.3	43.6–59.6	44.5–59.4	39.9–57.8
<b>Small seeded lentils</b>				
With high stability	57.3–76.4	61.9–92.5	61.1–83.5	60.1–84.1
With low stability	34.8–51.2	50.6–58.4	52.3–59.6	45.9–56.4

Таблица 2  
Пригодность к механизированной уборке и продуктивность чечевицы (среднее за 2022–2024 гг.)

Показатель	Тарелочная		Мелкосемянная	
	С высокой устойчивостью	С низкой устойчивостью	С высокой устойчивостью	С низкой устойчивостью
Длина стебля, см	45,2	42,1	38,5	35,4
Высота прикрепления нижних бобов, см	21,8	19,1	17,6	14,9
Число ветвей, шт.	4,1	3,8	3,6	3,5
Надземная биомасса, г	4,3	4,3	4,1	4,1
Уборочный индекс, %	41,2	43,3	39,2	41,3
Линейная плотность главного стебля, мг/см	9,6	10,4	9,2	9,9
Физическая нагрузка на стебель, мг/см	103,3	111,4	101,4	109,5
Число бобов на растении, шт.	27,2	33,9	29,3	36,1
Число семян на растении, шт.	30,4	42,8	31,6	43,8
Масса семян с растения, г	1,83	1,96	1,42	1,55
Масса 1000 семян, г	62,3	62,4	47,6	48,1
Урожайность, т/га	1,4	1,5	1,2	1,3

Table 2  
Lentil harvestability and productivity (average for 2022–2024)

Indicator	Plated lentils		Small seeded lentils	
	With high stability	With low stability	With high stability	With low stability
Stem length, cm	45.2	42.1	38.5	35.4
Height of attachment of lower beans, cm	21.8	19.1	17.6	14.9
Number of branches, pcs.	4.1	3.8	3.6	3.5
Aboveground biomass, g	4.3	4.3	4.1	4.1
Harvest index, %	41.2	43.3	39.2	41.3
Linear density of the main stem, mg/cm	9.6	10.4	9.2	9.9
Physical load on stem, mg/cm	103.3	111.4	101.4	109.5
Number of beans per plant, pcs.	27.2	33.9	29.3	36.1
Number of seeds per plant, pcs.	30.4	42.8	31.6	43.8
Seed weight per plant, g	1.83	1.96	1.42	1.55
Weight of 1000 seeds, g	62.3	62.4	47.6	48.1
Yield, t/ha	1.4	1.5	1.2	1.3

Среди коллекционных образцов крупносемянной (тарелочной) чечевицы преобладало прикорневое полегание растений (65–73 %) в течение всего периода исследований. У мелкосемянных образцов наблюдалась обратная картина, и у большинства растений отмечено разваливание куста (66–71 %).

Единичное полегание растений чечевицы отмечено уже в период от массовой бутонизации до начала цветения. В последующем степень полегания растений равномерно увеличивалась и продолжалась до фазы образования бобов.

Благодаря контрастности погоды вегетационного периода в годы исследований показатель устойчивости растений к полеганию заметно изменялся. Фенологические наблюдения позволили определить два условных типа образцов: с высокой устойчивостью к полеганию 60,8–89,7 % (тарелочная чечевица) и 60,1–84,1 % (мелкосемянная чечевица) и с низкой – 39,9–57,8 % (тарелочная чечевица) и 45,9–56,4 % (мелкосемянная чечевица) (таблица 1).

В связи с засушливостью условий вегетационного периода (ГТК = 0,83) и своевременной уборке в 2023 году отмечено достаточно высокое значение показателя у большинства образцов чечевицы. Диапазон изменчивости показателя в этот год составил 43,6–96,3 % у тарелочной чечевицы и 50,6–92,5 % – мелкосемянной. Из-за схожих климатических условий, в 2024 году значение признака было приближено к результатам предыдущего года и составило 44,5–94,4 % у крупносемянных образцов, 52,3–83,5 % – у мелкосемянных. Обильные осадки в период созревания 2022 года (ГТК = 1,02) отрицательно повлияли на устойчивость к полеганию. Осадки распределялись неравномерно, а основная их часть зафиксирована во второй половине вегетационного периода. Именно в этот год наблюдалось самое сильное полегание агроценозов у всех изученных

образцов как тарелочной чечевицы (31,6–78,3 %), так и мелкосемянной (34,8–76,4 %).

Дисперсионный анализ установил ощутимое влияние взаимодействия генотипа сорта (фактор А) и условий произрастания (фактор В) на фенотипическое проявление устойчивости к полеганию (53,4 %), что подтверждается полученными результатами.

Доля влияния наследственных особенностей сорта на устойчивость к полеганию составила 23,6 % и выражена хозяйственно -ценными признаками, представленными в таблице 2.

Но физической нагрузке на стебель растения наблюдались заметные различия между образцами высокоустойчивыми и низкоустойчивыми. У первых значение показателя было значительно ниже (101,4–103,3 мг/см). К тому же они отличались достаточно высоким растением (38,5–45,2 см) и расположением нижних бобов (17,6–21,8 см). По продуктивности в этой группе образцов наблюдалась абсолютно противоположная ситуация. Значение основных элементов продуктивности, и как следствие урожайности было ниже, чем у сильнополегающих образцов чечевицы на 6–8 %. По остальным исследуемым морфологическим признакам кардинальных отличий не выявлено.

Полученный коэффициент корреляции между устойчивостью к полеганию и линейной плотностью главного стебля ( $r = 0,32 \pm 0,07$ ) определил, что растение чечевицы способно полегать независимо от длины, толщины и плотности последнего.

Для подтверждения этого проведено сравнение анатомического строения поперечных срезов главного стебля слабо- и сильнополегающего растений чечевицы. На рис. 2 представлены полученные результаты.

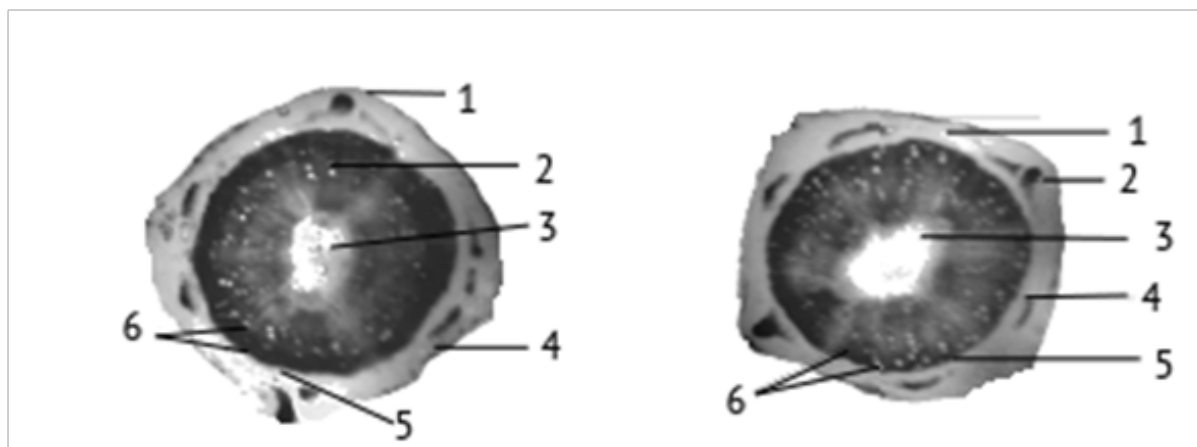


Рис. 2. Анатомическое строение главного стебля слабополегающего (слева) и сильнополегающего (справа) образца чечевицы, 2024 г. (1 – покровная ткань, 2 – ксилема и одревесневшая паренхима, 3 – сердцевина, 4 – флоэма, 5 – тяжи склеренхимы, 6 – проводящие пучки)

Fig. 2. Anatomical structure of the main stem of a weakly lodging (left) and strongly lodging (right) lentil specimen, 2024 (1 – integumentary tissue, 2 – xylem and lignified parenchyma, 3 – pith, 4 – phloem, 5 – sclerenchyma strands, 6 – vascular bundles)

Таблица 3

**Анатомические параметры стебля у образцов чечевицы (среднее за 2022–2024 гг.)**

Параметр	Тарелочная		Мелкосемянная	
	С высокой устойчивостью	С низкой устойчивостью	С высокой устойчивостью	С низкой устойчивостью
Площадь среза, мм <sup>2</sup>	5,22	4,92	4,64	4,36
Площадь ксилемы, мм <sup>2</sup>	2,15	2,07	2,05	1,93
Площадь одревесневших элементов, мм <sup>2</sup>	2,31	2,16	2,19	2,01
Площадь склеренхимных тяжей, мкм <sup>2</sup>	33,21	28,72	31,93	26,73
Количество склеренхимных тяжей, шт.	11,23	9,91	10,4	9,24

Агротехнологии

Table 3

**Anatomical parameters of the stem in lentil samples (average for 2022–2024)**

Parameter	Plated lentils		Small seeded lentils	
	With high stability	With low stability	With high stability	With low stability
Cut area, mm <sup>2</sup>	5.22	4.92	4.64	4.36
Xylem area, mm <sup>2</sup>	2.15	2.07	2.05	1.93
Area of lignified elements, mm <sup>2</sup>	2.31	2.16	2.19	2.01
Area of sclerenchyma strands, μm <sup>2</sup>	33.21	28.72	31.93	26.73
Number of sclerenchyma strands, pcs.	11.23	9.91	10.4	9.24

По типу строения главного стебля чечевица относится к представителям двудольных растений, имеющим систему открытых проводящих пучков, разделенных сердцевинными радиальными лучами (эустела). Стоит отметить, что при проведении анатомической оценке стебля проводящие пучки мало заметны. На самом деле они есть, но сливаются в зоне, образуемой за счет деятельности камбия, т. е. вторичной ксилемы. Поэтому пучковое строение стелы было оценено только по числу и площади склеренхимных тяжей.

В ходе исследований зафиксировано значительное отличие анатомического строения среза стебля слабополегающего растения от сильнополегающего по морфометрическим показателям. Так, у образцов с высокой устойчивостью к полеганию площадь поперечного среза в среднем составила 5,22 мм<sup>2</sup>. Площадь ксилемы и одревесневших элементов – 2,15 мм<sup>2</sup> и 2,31 мм<sup>2</sup> соответственно. Количество склеренхимных тяжей насчитывалось 11,23 шт., а их площадь равна 33,21 мкм<sup>2</sup>. У образцов с низкой устойчивостью к полеганию значение вышеуказанных показателей были ниже в среднем 7–19 % (таблица 3).

Проведенный статистический анализ определил положительную зависимость устойчивости к полеганию от площади тяжей склеренхимы ( $r = 0,57 \pm 0,09$ ).

На основании полученных в ходе проведения исследований результатов отобраны образцы крупносемянной (тарелочной) и мелкосемянной чечевицы, отличившиеся высоким значением хозяйственно ценных и морфо-анатомических показателей пригодности к механизированной уборке (таблица 4).

Выделенные коллекционные образцы планируется включить в дальнейшие ступени процесса селекции чечевицы в регионе.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

1. В течение всего периода исследований среди коллекционных образцов крупносемянной (тарелочной) чечевицы преобладало прикорневое полегание растений (65–73 %), мелкосемянной – разваливание куста (66–71 %).

2. Наибольшая устойчивость агроценозов к полеганию большинства коллекционных образцов отмечена в засушливом 2023 году (ГТК = 0,83) и составила 43,6–96,3 % у тарелочной и 50,6–92,5 % мелкосемянной чечевицы.

3. Изученные коллекционные образцы условно разделены на два типа: с высокой устойчивостью к полеганию 60,8–89,7 % (тарелочная чечевица) и 60,1–84,1 % (мелкосемянная чечевица) и с низкой – 39,9–57,8 % (тарелочная чечевица) и 45,9–56,4 % (мелкосемянная чечевица).

4. Выполненный дисперсионный анализ установил ощутимое влияние совместного взаимодействия генотипа сорта и условий произрастания на фенотипическое проявление устойчивости к полеганию (53,4 %).

5. Коллекционные образцы с высокой устойчивостью к полеганию как крупносемянной, так и мелкосемянной чечевицы отличались значительно слабой физической нагрузкой на стебель (103,3 мг/см и 101,4 мг/см соответственно), наибольшей длиной стебля (45,2 см и 38,5 см соответственно) и достаточно высоким расположением на растении нижних бобов (21,8 см и 17,6 см соответственно).

6. Полученный коэффициент корреляции между устойчивостью к полеганию и линейной плотностью главного стебля ( $r = 0,32 \pm 0,07$ ) определил, что растение чечевицы способно полегать независимо от длины, толщины и плотности последнего.

Характеристика отобранных по результатам исследований образцов чечевицы, (среднее за 2022–2024 гг.)

Образец	Длина стебля, см	Устойчивость к полеганию, %	Высота прикрепления нижних бобов, см	Урожайность, т/га
<b>Тарелочная чечевица</b>				
Аида, стандарт	41,2	53,6	18,4	1,72
Чернушереаса	40,3	84,6	19,2	2,21
Vantage	43,1	82,8	19,4	1,93
Линза	39,2	86,5	21,1	1,85
Шырайлы	39,4	83,5	20,3	1,91
Надежда	45,5	87,4	23,2	2,18
Рауза	38,4	86,4	18,6	2,16
Даная	40,6	85,3	18,8	2,13
НСР <sub>05</sub>	1,2	21,2	0,2	0,12
<b>Мелкосемянная чечевица</b>				
Пикантная, стандарт	27,2	54,3	14,2	1,32
Redcap	45,2	78,6	22,6	1,99
Pardina Linsen	34,6	82,3	19,6	1,86
Крапинка	33,5	80,6	19,8	1,95
Орловская краснозерная	38,6	79,6	18,0	1,92
КДЦ Кермит	33,4	81,4	19,8	1,93
Северная	43,2	80,7	20,3	1,85
Рубиновая	38,6	79,8	19,6	1,84
НСР <sub>05</sub>	4,5	15,4	3,6	0,37

Table 4  
Characteristics of lentil samples selected based on research results (average for 2022–2024)

Sample	Stem length, cm	Lodging resistance, %	Lower bean attachment height, cm	Yield, t/ha
<b>Plated lentils</b>				
<i>Aida, standard</i>	41,2	53,6	18,4	1,72
<i>Chernushereasa</i>	40,3	84,6	19,2	2,21
<i>Vantage</i>	43,1	82,8	19,4	1,93
<i>Linza</i>	39,2	86,5	21,1	1,85
<i>Shyrayly</i>	39,4	83,5	20,3	1,91
<i>Nadezhda</i>	45,5	87,4	23,2	2,18
<i>Rauza</i>	38,4	86,4	18,6	2,16
<i>Danaya</i>	40,6	85,3	18,8	2,13
<i>NSR<sub>05</sub></i>	1,2	21,2	0,2	0,12
<b>Small seeded lentils</b>				
<i>Pikantnaya, standard</i>	27,2	54,3	14,2	1,32
<i>Redcap</i>	45,2	78,6	22,6	1,99
<i>Pardina Linsen</i>	34,6	82,3	19,6	1,86
<i>Krapinka</i>	33,5	80,6	19,8	1,95
<i>Orlovskaya krasnozernaya</i>	38,6	79,6	18,0	1,92
<i>KDTs Kermit</i>	33,4	81,4	19,8	1,93
<i>Severnaya</i>	43,2	80,7	20,3	1,85
<i>Rubynovaya</i>	38,6	79,8	19,6	1,84
<i>NSR<sub>05</sub></i>	4,5	15,4	3,6	0,37

7. Для слабополегающих образцов характерно: площадь поперечного среза – 5,22 мм<sup>2</sup>, ксилемы – 2,15 мм<sup>2</sup>, одревесневших элементов – 2,31 мм<sup>2</sup>, склеренхимных тяжей – 33,21 мкм<sup>2</sup>, количество склеренхимных тяжей – 11,23 шт. Сильнополегающие образцы отличались более низким значением данных показателей: в среднем 7–19 %.

8. Установлена положительная зависимость устойчивости к полеганию от площади тяжелой склеренхимы ( $r = 0,57 \pm 0,09$ ).

9. По результатам исследований отобрано по семь высокопригодных к механизированной уборке образцов тарелочной (крупносемянной) и мелкосемянной чечевицы для дальнейшей селекционной работы в агроэкологический условиях региона.



## 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. Маракаева 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, 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. 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.
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. 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., Авдээний 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, Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия; ORCID 0000-0001-9384-8112, AuthorID 781932.

E-mail: tv.marakaeva@omgau.org

#### References

1. Zotikov V. I., Vilyunov S. D. Present-day breeding of legumes and groat crops in Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021; 25 (4): 381–387. DOI: 10.18699/VJ21.041. (In Russ.)

2. Shikhaliyeva K. B., Abbasov M. A., Rustamov Kh. N. Role of lentil genepool (*Lens Culinaris Medik.*) from legume collection in the solution of breeding problems in Azerbaijan. *Legumes and Groat Crops*. 2018; 2 (26): 36–43. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10013. (In Russ.)

3. Zotikov V. I., Polukhin A. A., Gryadunova N. V. et al. Development of production of leguminous and groat crops in Russia based on the use of selection achievements. *Legumes and Groat Crops*. 2020; 4 (36): 5–17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198. (In Russ.)

4. Marakaeva T. V., Gorbacheva T. V. Prospects for the development of lentil production in the Omsk region. *The Second International Forum “Leguminous crops, a developing trend in Russia”*. Omsk, 2018. Pp. 123–126. (In Russ.)

5. Zaytsev S. A., Rozhkov P. Yu., Mironov I. V. Testing lentils of domestic selection under various growing conditions. *Vavilov Readings – 2022: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 135th anniversary of the birth of Academician N. I. Vavilov*. Saratov: “Amirit” LLC, 2022. Pp. 98–103. (In Russ.)

6. Ikonnikov A. V. Seed productivity of promising collection samples of lentils. *The role of young scientists in the innovative development of agriculture: proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists*. Oryol, 2019. Pp. 67–69. (In Russ.)

7. Dvoryaninov S. A., Sorokina I. Yu., Pimonov K. I. Source material for breeding lentils in Rostov region, Russian Federation. *Resource conservation and adaptability in technologies of crop cultivation and processing of crop production: materials of the international scientific and practical conference*. Persianovskiy, 2019. Pp. 185–196. (In Russ.)

8. Sorokina I. Yu. A Study of lentil samples for the purposes of creating new varieties in the south of Russia. *International Research Journal*. 2022; 1-1 (115): 140–143. DOI: 10.23670/IRJ.2022.115.1.028. (In Russ.)

9. Stasyuk A. I., Leonova I. N., Ponomareva M. L. Phenotypic variability of common wheat (*triticum aestivum L.*) breeding lines on yield components under environmental conditions of western Siberia and Tatarstan. *Agricultural Biology*. 2021; 56 (1): 78–91. DOI: 10.15389/agrobiol.2021.1.78rus. (In Russ.)

10. Kazhdub N., Marakaeva T., Kuzmina S. 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; 15 (5): 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; 449–457. DOI: 10.1007/978-3-030-93155-1\_49.

12. Vishnyakova M. A., Aleksandrova T. G., Buravtseva T. V. Species diversity of the VIR collection of grain legume genetic resources and its use in domestic breeding. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019; 180 (2): 109–123. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-109-123. (In Russ.)

13. Marakaeva T. V. 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; 24 (01): 86–97. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-86-97. (In Russ.)

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; 12: 628439. DOI: 10.3389/fpls.2021.628439.

15. Pominov A. V. World collection of VIR – the starting material for selection of lentil in the conditions of lower Volga area of the Russian Federation. *Vavilov Readings – 2019: collection of articles of the International*

*Scientific and Practical Conference dedicated to the 132nd anniversary of the birth of Academician N. I. Vavilov.* Saratov, 2019; 100–103. (In Russ.)

16. Krylova E. A., Khlestkina E. K., Burlyayeva M. O., Vishnyakova M. A. Determinate growth habit of grain legumes: role in domestication and selection, genetic control. *Ecological Genetics*. 2020; 18 (1): 43–58. DOI: 10.17816/ecogen16141. (In Russ.)

17. Nogaev V. O. Leguminous crops on the world market. *The Contribution of Young Scientists to the Innovative Development of the Russian Agro-Industrial Complex: collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference of young scientists*. Penza, 2020; 74–76. (In Russ.)

18. Kulentsan A. L., Marchuk A. L. Study and analysis the effect of the efficiency of production of grain and leguminous crops. *Sinergiya Nauk*. 2019; 42: 113–122. (In Russ.)

19. Voziyan V. I., Yakobutsa M. D., Avedeniy L. P. Breeding achievements in creating new varieties of leguminous crops in the scientific research institute of field crops “Selection” of the Republic of Moldova. *Legumes and Groat Crops*. 2019; 3 (31): 42–46. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11112. (In Russ.)

20. Gridneva E. E., Kaliakparova G. Sh. Lentils are a valuable leguminous crop for Kazakhstan. *Problems of AgriMarket*. 2019; 2: 160–166. (In Russ.)

**Authors' information:**

**Tatyana V. Marakaeva**, candidate of agricultural sciences, associate professor, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia; ORCID 0000-0001-9384-8112, AuthorID 781932. *E-mail: tv.marakaeva@omgau.org*