

Научная статья

УДК 633:522

DOI: 10.30901/2658-6266-2025-4-08



Изменчивость хозяйственно ценных признаков конопли посевной в зависимости от региона возделывания

И.В. Ущаповский, Н.С. Шиманская, В.А. Серков, С.В. Иванова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

Автор, ответственный за переписку: Наталья Сергеевна Шиманская, n.shimanskaya@fnclk.ru

Увеличение посевных площадей под определенной сельскохозяйственной культурой во многом зависит от уровня адаптивного потенциала, которым обладают новые или находящиеся в производстве сорта. Целью данного исследования являлась сравнительная оценка изменчивости хозяйственно ценных признаков сортов конопли посевной среднерусского экотипа – ‘Надежда’, ‘Людмила’, ‘Сурская’, ‘Вера’ – в условиях Среднего Поволжья и Западной части Центрального региона Нечерноземной зоны России. В 2023-2024 годах исследования проводили на экспериментальных полях Федерального научного центра лубяных культур (ФНЦ ЛК) в Пензенской и Смоленской областях. Агроклиматические условия регионов значительно отличались по влагообеспеченности. Сумма активных температур в Пензенской области составила в 2023 году 2397°C, в 2024 – 2234°C, количество осадков 177 мм и 156 мм соответственно. В Смоленской области – сумма активных температур в 2023 году – 2299°C, в 2024 году – 2385°C, количество осадков 236 мм и 358 мм, соответственно. Благоприятные климатические условия двух лет испытаний позволили в значительной мере реализовать сортовой потенциал, проявляющийся в условиях оригинатора. В Смоленской области максимальные показатели высоты растения достигали 191 см, технической длины 162 см, 7,8 г – массы семян с растения. В Пензенской области эти значения доходили до 281 см по высоте, 262 см по технической длине и 18,7 г по массе семян с растения. Изменчивость хозяйственно ценных признаков у всех изучаемых сортов зависела от тепло- и влагообеспеченности растений. В условиях Западной части Центрального региона уровень изменчивости основных хозяйственных признаков был выше, а именно коэффициент вариации достигал 16,2% по высоте растения, 13,9% по технической длине, 27,0% по диаметру стебля. В Среднем Поволжье максимальные значения изменчивости были отмечены по высоте растений 13,6%, технической длине 13,4%, по диаметру стебля 19,8%. Хозяйственно ценные признаки, характеризующие урожайность семян, более изменчивы, чем по соломе: максимальный уровень изменчивости отмечен по массе семян с растения в Пензенской области – 46%, в Смоленской области – 63,9%. Использование методов математического анализа позволило установить, что среди изученных сортов сорт ‘Вера’ обладает высокой пластичностью: коэффициент линейной регрессии на условия среды по Эберхарту и Расселу $b_i = 1,4$; и низкой стабильностью: средневзвешенное значение абсолютных баллов WAASB=54,4; баланс урожайности и стабильности – индекс WAASBY=50,0. Сорт ‘Сурская’ демонстрирует высокую стабильность: WAASB=19,7; WAASBY=52,7. Наиболее продуктивным по урожаю семян в обеих зонах испытания был сорт ‘Вера’.

Ключевые слова: селекция, конопля посевная, безнаркотический сорт, генотип, изменчивость, пластичность, стабильность

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ФНЦ ЛК по теме № FGSS-2024-0002

Для цитирования: Ущаповский И.В., Шиманская Н.С., Серков В.А., Иванова С.В. Изменчивость хозяйственно ценных признаков конопли посевной в зависимости от региона возделывания. *Биотехнология и селекция растений*. 2025;8(4). DOI: 10.30901/2658-6266-2025-4-08

Прозрачность финансовой деятельности: Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы.

© Ущаповский И.В., Шиманская Н.С., Серков В.А., Иванова С.В., 2025

Original article

DOI: 10.30901/2658-6266-2025-4-08

Variability of economically important traits of hemp depending on the region of cultivation

Igor V. Ushchapovsky, Natalia S. Shimanskaya, Valerian A. Serkov, Svetlana V. Ivanova

Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

Corresponding author: Natalia S. Shimanskaya, n.shimanskaya@fnclk.ru

Increasing the area under a given agricultural crop largely depends on the adaptive potential of new cultivars or those in production. The objective of this study was to comparatively assess the variability of economically important traits in hemp cultivars of the Central Russian ecotype ‘Nadezhda’, ‘Lyudmila’, ‘Surskaya’, and ‘Vera’ in the Middle Volga region and the western part of the Central Non-Chernozem Zone of Russia. In 2023-2024, the research was conducted in experimental fields at the Federal Scientific Center for Bast Crops in the Penza and Smolensk regions. The agroclimatic conditions of the regions varied significantly in terms of moisture availability. The sum of active temperatures in the Penza Region was 2397°C in 2023 and 2234°C in 2024, with precipitation of 177 mm and 156 mm, respectively. In the Smolensk Region, the sum of active temperatures was 2299°C in 2023, and 2385°C in 2024, with precipitation of 236 mm and 358 mm, respectively. The favorable climatic conditions during the two years of testing allowed for a significant realization of the cultivars’ potential, as observed under the conditions of the originator. In the Smolensk Region, maximum plant height reached 191 cm, technical length 162 cm, and seed weight per plant was 7.8 g. In the Penza Region, these values reached 281 cm in height, 262 cm in technical length, and 18.7 g in seed weight per plant. Variability of economically important traits in all studied cultivars depended on heat and moisture availability. In the conditions of the western part of the Central region, the level of variability of the main economically important traits was higher, namely, the variation coefficient reached 16.2% for plant height, 13.9% for technical length, and 27.0% for stem diameter. In the Middle Volga region, the maximum variability values were noted at 13.6% for plant height, 13.4% for technical length, and 19.8% for stem diameter. Economically important traits characterizing the generative structure are more variable than vegetative ones: the maximum level of variability was recorded at 46% for seed weight per plant in the Penza Region and 63.9% in the Smolensk Region. Using mathematical analysis methods, it was established that among the studied cultivars ‘Vera’ exhibited high plasticity: the linear regression coefficient for environmental conditions according to Eberhart and Russell (b) was 1.4, and low stability: the weighted average of absolute scores (WAASB) was 54.4; and the yield and stability balance index (WAASBY) was 50.0. Cv. ‘Surskaya’ demonstrated high stability with WAASB=19.7, and WAASBY=52.7, and cv. ‘Vera’ demonstrated the highest seed yield in both test zones.

Keywords: breeding, hemp, non-narcotic cultivar, genotype, variability, plasticity, stability

Acknowledgements: the work was carried out within the framework of the State Assignment to the Federal Scientific Center of Bast Crops in accordance with the Thematic Plan topic No. FGSS-2024-0002

For citation: Ushchapovsky I.V., Shimanskaya N.S., Serkov V.A., Ivanova S.V. Variability of economically important traits of hemp depending on the cultivation region. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2025;8(4). DOI: 10.30901/2658-6266-2025-4-08

Financial transparency: The authors have no financial interest in the presented materials or methods. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work. The journal’s opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employers.

© Ushchapovsky I.V., Shimanskaya N.S., Serkov V.A., Ivanova S.V., 2025

Введение

Конопля посевная или техническая *Cannabis sativa* L. – многоцелевая культура, приспособленная к широкому спектру агроэкологических условий, возделывается во многих странах мира (Vonapartis et al., 2015; Abdollahi et al., 2020; Tsaliki et al., 2021; Pavlovic et al., 2019). Одной из характерных биологических свойств этого вида является широкое фенотипическое разнообразие растений, обусловленное двудомностью и особенностями размножения (Anwar et al., 2006; Petit et al., 2020). Изучение особенностей изменчивости хозяйствственно ценных признаков конопли в различных агроэкологических условиях является актуальным направлением в исследованиях, проводимых на этой культуре (Sraka et al., 2019; Egorova, Kardashevskaya, 2016; Chaisan et al., 2025; Krylova et al., 2024). В литературе отмечено, что при генотипировании конопли путем секвенирования, выявляются значительные генетические различия, как между сортами конопли, так и особями одного сорта (Trubanová et al., 2023; 2025; Mostafaei Dehnavi et al., 2025; Babaee et al., 2024; Alsaleh, Yilmaz, 2025; Amarasinghe et al., 2022; Younas et al., 2024; Shimanskaia et al., 2023). У растений конопли отмечают значительное генотипическое разнообразие в пределах потомства одного отдельного материнского растения, проявляющееся в изменчивости морфометрических признаков растений. Степень варьирования значений основных хозяйствственно ценных признаков определяет тактику отбора наиболее адаптивных перспективных генотипов при создании новых сортов.

Изменчивость растений конопли является основой для селекционного процесса, направленного на увеличение величины и качества урожая, но, одновременно с этим, изменчивость становится проблемой для современного сельскохозяйственного производства, опирающегося на фенотипическую однородность (Vonapartis et al., 2015; Petit et al., 2020; Shimanskaia et al., 2023). Исходя из необходимости ускоренного восстановления отрасли коноплеводства в Российской Федерации, необходимо создавать широкий ассортимент сортов конопли посевной, обладающих комплексом полезных хозяйственных признаков с высокой степенью однородности и адаптивности, что позволит расширить ареал возделывания культуры.

Цель исследований – изучение изменчивости хозяйственно ценных признаков конопли посевной в условиях Среднего Поволжья и Западной части Центрального региона Нечерноземной зоны РФ.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2023-2024 годах на экспериментальных полях Федерального научного центра лубяных культур (ФНЦ ЛК) в Пензенской (Среднее Поволжье) и Смоленской (Западная часть Центрального региона) областях, расположенных на расстоянии более

1500 км и значительно отличающихся по почвенно-климатическим условиям.

Объектами исследований служили четыре сорта технической конопли среднерусского экотипа: ‘Вера’ (районирован для 12 регионов), ‘Людмила’ (для 7-го региона), ‘Надежда’ (12 регионов), ‘Сурская’ (12 регионов). Оригинатором сортов является ФГБНУ ФНЦ ЛК – Обособленное подразделение Пензенский НИИСХ (ОП Пензенский НИИСХ) (Serkov, 2022).

Изучали характеристики основных хозяйствственно ценных признаков: высота растения, техническая длина и диаметр стебля, длина метелки, количество междоузлий, масса семян с растения. Для оценки общей изменчивости признаков (по C_v , %) применяли шкалу уровней изменчивости: очень низкий – меньше 7%; низкий – 7-15%; средний – 15-25%; повышенный – 26-35%; высокий – 36-50%; очень высокий – больше 50% (Mamaev, 1975). Оценку экологической пластичности (b_i) проводили по методу S.A. Eberhart, W.A. Russell (Eberhart, Russell, 1966) в изложении В.А. Зыкина (Zykin et al., 2015). Показатель пластичности – коэффициент регрессии b_i , рассчитывали по формуле (1):

$$b_i = \frac{\sum Y_{ij} I_j}{\sum I_j^2} \quad (1)$$

где: $\sum Y_{ij} I_j$ – сумма произведений урожайности i -го сорта в j -й среде Y_{ij} ($i=1, 2, \dots, v$; $j=1, 2, \dots, n$) на соответствующую величину индекса j -й среды I_j , рассчитываемого по формуле (2):

$$I_i = \frac{\sum Y_{ij}}{v} - \frac{\sum \sum Y_{ij}}{vn} \quad (2)$$

$\sum I_j^2$ – сумма квадратов индексов условий среды.

Генотипическая стабильность сортов была количественно оценена по семенной продуктивности и урожайности соломы с использованием средневзвешенного значения абсолютных оценок из разложения сингулярных значений матрицы наилучших линейных несмещенных предсказаний для эффектов GEI (Genotype by Environment Interaction), сгенерированных индексом линейной модели со смешанными эффектами – WAASB (Weighted Average of Absolute Scores), и индексом превосходства WAASBY (The WAASB by Y Index). Статистический анализ был выполнен с использованием программы R версии 4.5.2 (Olivoto, 2023) пакета «metan» (CRAN, 2025).

WAASB – это индекс стабильности, который объединяет информацию из нескольких значимых AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction, аддитивные основные эффекты и мультипликативное взаимодействие) компонентов (IPCA, Interaction Principal Component Axis, ось главных компонентов взаимодействия), позволяющих оценить, насколько сильно генотип

отклоняется от стабильного в различных средах. Значение WAASB (формула 3) может быть получено из сингулярного разложения матрицы, содержащей наилучшие линейные несмещенные прогнозы (BLUP – Best Linear Unbiased Prediction, наилучший линейный несмешанный прогноз) для эффектов взаимодействия G×E (Genotype by Environment Interaction, взаимодействия "Генотип × Среда"), полученных с использованием линейной модели смешанных эффектов и переменной (Olivoto et al., 2019; Olivoto, Lúcio, 2020; Olivoto, 2023):

$$WAASB_i = \frac{\sum_{k=1}^p |IPCA_{ik} \times EP_k|}{\sum_{k=1}^p EP_k} \quad (3)$$

$IPCA_{ik}$ – баллы i-го генотипа в k-й IPCA;
 EP_k – величина дисперсии k-го PCA для $k = 1, 2, \dots, p$,
 $p = \min(g - 1; e - 1)$.

Индекс WAASBY – индекс превосходства, который позволяет учитывать одновременно продуктивность (GY) и стабильность генотипов (WAASB). Сначала GY и WAASB стандартизуют, получают переменные rG_i и rW_i , варьирующие в диапазоне 0-100. Поскольку наилучшие значения GY – максимальные, а WAASB – минимальные, преобразования выполнены в соответствии со следующими формулами (4, 5):

$$rG_i = \frac{100 - 0}{G_{\max} - G_{\min}} \times (G_i - G_{\max}) + 100 \quad (4)$$

$$rW_i = \frac{0 - 100}{W_{\max} - W_{\min}} \times (W_i - W_{\max}) + 0 \quad (5)$$

Затем продуктивности и стабильности присваиваются веса θ_Y и θ_W соответственно, которые в сумме дают 100%.

Индекс превосходства рассчитывают по формуле (6):

$$WAASBY_i = \frac{(rY_i \times \theta_i) + (rW_i \times \theta_i)}{\theta_y + \theta_w} \quad (6)$$

Высокое числовое значение WAASB_i свидетельствует о нестабильности сорта, а высокие показатели WAASBY_i о превосходстве сорта (Olivoto et al., 2019).

Полевые исследования в Смоленской области проводили на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве с содержанием гумуса 2,0-2,65%, определённым фотометрическим методом (State Register, 2021), обменного фосфора – от 160 до 178 мг/кг почвы, обменного калия – от 104 до 119 мг/кг почвы по Кирсанову (State Register, 2013, 2019), pH 5,5-5,7.

В Пензенской области почвы были представлены черноземом выщелоченным, среднемощным, тяжело-суглинистым с содержанием гумуса 4,2-4,6% по Тюрину, обменного фосфора – 150-165 мг/кг почвы, обменного калия – 160-180 мг/кг почвы по Кирсанову, pH 5,7-6,3.

Технология возделывания – общепринятая для данной технической культуры (Serkov et al., 2011). Способ посева – широкорядный с междурядьями 70 см. Посев проводили в 1-2-й декадах мая. Размещение делянок рандомизированное, повторность четырехкратная.

Фенологические наблюдения и полевые учеты осуществляли в соответствии с методическими указаниями ВАСХНИЛ (Bedak, 1980). Уборку урожая выполняли вручную в первой декаде сентября. Статистическую обработку хозяйственно ценных признаков проводили с помощью Microsoft Excel 2010 (Dospelkhov, 2012).

По данным метеонаблюдений погодные условия вегетационных периодов различались по обеспеченности тепла и влаги как по годам, так и по регионам возделывания (табл. 1).

Таблица 1. Метеорологические данные вегетационного периода по регионам возделывания, 2023-2024 годы

Table 1. Meteorological data for the growing season in cultivation regions, 2023-2024

Место/ Location	Год/ Year	Сумма активных температур, °C/ Sum of active temperatures, °C	Сумма осадков, мм/ Total precipitation, mm	ГТК (по Селянинову)/ HTC (according to Selyaninov, 1928)
Пенза	2023	2397	177	0,7
	2024	2234	156	0,7
	Среднемноголетние*	2250	170	0,7
Смоленск	2023	2299	236	1,1
	2024	2385	313	1,3
	Среднемноголетние **	2070	303	1,4

*по данным Пензенский ЦГМС; **по данным метеорологической станции Рославль/

* – according to Penza Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring;

** – according to the Roslavl meteorological station

Результаты и обсуждение

Период вегетации конопли посевной в Пензенской области характеризовался достаточной теплообеспеченностью и удовлетворительным уровнем влагообеспеченности. Дефицит влаги (гидротермический коэффициент, ГТК 0,7) в годы исследований негативно отразился на величине основных хозяйствственно полезных характеристик урожая. Наиболее сильно отсутствие осадков проявилось в межфазный период «бутонизация-цветение» (ГТК 0,2) и «цветение-массовое созревание семян» (ГТК 0,1-0,4).

В Смоленской области распределение тепла и влаги в период вегетации конопли имело свои особенности. Условия 2023 года отличались неравномерным распределением как тепла, так и влаги на протяжении всего периода вегетации, что послужило причиной увеличения длительности вегетации культуры до 134 суток. Острый дефицит влаги был отмечен в период от «бутонизации» до фазы «массового цветения» (ГТК 0,2). Величина среднесуточной температуры воздуха достигала 17°C, что ниже аналогичных значений в Пензенской области на 4°C. Оптимальные условия формирования всех хозяйствственно ценных признаков сложились в 2024 году, когда обильное выпадение осадков сочеталось со сравнительно высокими среднесуточными температурами воздуха, достигающими значения 21°C (ГТК 1,1-1,3).

Таким образом, основной климатический фактор, определяющий величину хозяйствственно ценных признаков конопли посевной в Пензенской области – низкий уровень влагообеспеченности, в Смоленской области чаще всего – недостаточный уровень теплообеспеченности. Характер агроклиматических условий в годы исследований позволил оценить проявление хозяйственно ценных признаков у изучаемых сортов и выделить перспективные генотипы растений с целью дальнейшего использования в качестве источника исходного материала для селекционного процесса по созданию новых высокопродуктивных сортов, приспособленных к почвенно-климатическим условиям Центрального и Северо-Западного регионов РФ. Сравнительная оценка хозяйствственно ценных признаков изученных сортов конопли посевной выявила зависимость реализации потенциала генотипа от условий окружающей среды.

Почвенно-климатические факторы местоположения оригинара, Пензенской области, позволяют раскрывать сортовой потенциал создаваемых сортов по основным характеристикам урожайности – соломе и семенам. Даже в условиях засушливого года продуктивность была выше, чем в условиях Западной части Центрального региона Нечерноземья, а именно Смоленской области. Однако, востребованность на рынке волокна и масла сырья из конопли высока, поэтому экономическая эффективность производства этой культуры в условиях Нечерноземья

позволяет развивать коноплеводство и в этих регионах. Подтверждением этому служит рассчитанный нами уровень рентабельности (Vasilkova et al., 2022) возделывания конопли посевной, достигающий в Смоленской области 160-219%, в Пензенской области – 200-222%. В связи с этим ключевое значение для освоения в производстве новых сортов является изучение реакций современных сортов конопли на изменение средовых характеристик.

В условиях Среднего Поволжья, где были созданы сорта, низкий и средний уровень изменчивости был характерен для следующих признаков: высота растения (2,5-13,6%), техническая длина стебля (3,4-13,4%), диаметр стебля (5,5-19,8%) и количество междуузлий (3,3-8,5%). В целом, размах варьирования общей высоты растений по годам исследований в 2023 году составил 224-281 см, а в 2024 году – 150-213 см. При достаточном режиме теплообеспеченности и недостаточном увлажнении в условиях 2023 года все сорта сформировали высокорослые растения – от 235 см до 276 см. В 2024 году период засухи был длительнее, что отрицательно отразилось на величине данного показателя у всех сортов, но наиболее сильно это было выражено у сортов ‘Надежда’ и ‘Людмила’. Средняя высота растений у данных сортов была ниже, чем в 2023 году, на 58 см и 71 см, что составило 24,2 и 25,7% соответственно.

В многочисленных работах по сортиспытанию, особенно в материалах Госсорткомиссии, отмечается, что возделывание сортов в условиях, значительно отличающихся от условий селекцентра и первичного семеноводства, приводит к увеличению изменчивости морфометрических показателей растений (Serkov et al., 2024; Younas et al., 2024; Mostafaei Dehnavi et al., 2025; Shimanskaya et al., 2024). В условиях Западной части Центрального региона изменчивость хозяйственно ценных признаков была выше: в диапазоне от 5,4% до 16,2% – по высоте растения, от 2,3% до 13,9% – по технической длине, от 5,7% до 27,0% – по диаметру стебля, от 1,8% до 7,4% – по количеству междуузлий. Полученные результаты согласуются с данными различных исследователей (Babaie et al., 2024; Trubanová et al., 2025; Uschapovsky et al., 2017), которые также отмечают повышенную фенотипическую изменчивость диаметра стебля конопли $C_v > 30\%$.

В благоприятных условиях 2024 года конопля в значительной мере реализовала сортовой потенциал. Для сравнения, в 2023 году максимальная высота растений – 101 см, что ниже значений 2024 года на 90 см или на 52,9%. Данная закономерность отмечена для всех хозяйствственно ценных признаков в разной степени (табл. 2).

Установлено, что у конопли посевной признаки генеративной системы более изменчивы, чем признаки вегетативной. Размах изменчивости показателей длины метелки и массы семян с растения в Пензенской области – от среднего уровня до повышенного и высокого, в Смоленской области – от повышенного до высокого.

Таблица 2. Изменчивость основных хозяйствственно ценных признаков конопли посевной в различных регионах возделывания, 2023-2024 годы

Table 2. Variability of the economically important traits of hemp in different cultivation regions, 2023-2024

Показатель/ Indicator	Сорт/ Cultivar							
	'Надежда'/'Nadezhda'		'Людмила'/'Lyudmila'		'Вера'/'Vera'		'Сурская'/'Surskaya'	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Пензенская область/ Penza Region								
Высота растения	min-max, см	231-244	157-187	260-281	199-213	227-240	183-203	224-246
	среднее, см	239	181	276	205	235	200	241
	коэф. вар., %	2,5	7,4	4,4	2,9	2,5	3,9	13,6
Техническая длина стебля	min-max, см	191-206	130-151	221-262	150-180	178-197	132-157	188-199
	среднее, см	200	142	237	165	186	140	195
	коэф. вар., %	3,4	6,2	7,6	8,3	4,4	8,4	13,4
Длина метелки	min-max, см	33-49	27-42	24-148	31-53	43-51	46-70	29-58
	среднее, см	40	34	37	40	48	56	42
	коэф. вар., %	16,9	19,6	23,3	25,3	7,2	18,5	22,2
Масса семян с растения	min-max, г	6,6-12,2	2,3-5,0	5,2-9,0	1,9-4,3	6,3-18,7	5,6-20,1	4,8-8,8
	среднее, г	9,2	3,6	7,2	3,0	13,5	13,0	6,4
	коэф. вар., %	26,2	32,9	21,7	33,8	45,2	46,0	28,5
Диаметр стебля	min-max, мм	6,2-7,8 8,0-10,1		9,9-11,5	6,7-9,0	8,9-10,1	8,2-9,7	7,6-10,5
	среднее, мм	9,2	6,9	10,9	7,7	9,5	8,8	9,0
	коэф. вар., %	9,5	10,7	6,3	14,4	5,5	7,8	19,8
Кол-во м/уз **	min-max, шт.	10-12	11-12	12-14	12-13	10-11	10-12	10-11
	среднее, см	11,1	11,0	13,0	13,0	10,9	11,0	11,0
	коэф. вар., %	7,3	4,4	4,7	3,9	4,4	8,5	3,3
Смоленская область/ Smolensk Region								
Высота растения	min-max, см	86-97	151-187	94-132	154-191	84-101	144-167	88-101
	среднее, см	89	166	112	176	91	158	92
	коэф. вар., %	5,4	9,2	16,2	8,7	7,9	6,4	6,5
Техническая длина стебля	min-max, см	71-75	129-162	73-88	126-153	66-84	119-137	67-91
	среднее, см	74	141	80	143	72	130	75
	коэф. вар., %	2,3	10,2	8,0	8,5	11,8	6,4	13,9
Длина метелки	min-max, см	14-25	23-27	21-45	29-38	17-22	25-31	11-23
	среднее, см	15	25	32	32	19	28	17
	коэф. вар., %	28,5	7,9	38,5	13,3	11,3	11,0	28,1
Масса семян с растения	min-max, г	3,6-4,1	3,1-7,6	4,8-5,5	1,2-7,8	4,3-4,9	3,6-6,4	3,8-4,9
	среднее, г	3,8	4,5	5,1	4,2	4,5	5,2	4,5
	коэф. вар., %	4,8	46,0	7,0	63,9	5,0	23,7	10,7
Диаметр стебля	min-max, мм	2,3-4,6	6,5-7,7	3,9-6,3	6,9-8,8	4,1-4,7	7,2-8,7	4,0-4,7
	среднее, мм	4,3	6,9	4,7	8,2	4,4	8,0	4,4
	коэф. вар., %	27,0	7,9	23,9	10,3	5,7	9,4	7,8
Кол-во м/уз	min-max, шт.	9-10	10-11	9-10	12-13	9-10	10-12	9-10
	среднее, шт.	9	11	10	12	9	11	9
	коэф. вар., %	1,8	4,7	3,2	4,1	2,6	7,4	3,8

* – коэффициент вариации/ coefficient of variation; ** – количество междуузлий/ number of internodes

Самыми изменчивыми генеративными признаками в Пензенской области являются масса семян с растения (C_v до 46%), в Смоленской – масса семян с растения (до 63,9%) и длина метелки (до 38,5%). Такая тенденция связана с особенностями формирования генеративных органов и обусловлена длиной дня и величиной (поступлением) солнечной радиации. В Пензенской области, где величина фотоактивной радиации значительно больше, растения конопли зацветают раньше и цветут более продолжительное время (Hammami, 2022), что обеспечивает обильное цветение с образованием длинных соцветий и последующим ускоренным формированием полноценных семян. У изучаемых сортов в годы исследований величина метелки изменялась в пределах от 24 см до 70 см (C_v 7,2-28,5%), а масса семян с растения составила 1,9-20,1 г (C_v 21,7-46%). Максимальные показатели семенной продуктивности в оба года исследований были отмечены у сорта ‘Вера’: масса семян с растения в 2023 году варьировала от 6,3 г до 18,7 г, в 2024 году – от 5,6 г до 20,1 г, что практически в два раза выше этих показателей у других изучаемых сортов. Сорт ‘Вера’ в различных агроклиматических условиях продемонстрировал высокую изменчивость признака «масса семян с растения» – 45,2-46,0%. Средние значения по данному признаку не различались по годам и составили 13 г, что свидетельствует об адаптации генотипа к условиям окружающей среды. Вероятнее всего, это может указывать на повышенную засухоустойчивость данного генотипа, что позволяет ему при недостаточном увлажнении реализовывать свой биологический потенциал.

В Смоленской области установлена самая высокая

изменчивость по показателям «длина соцветий» и «масса семян с растения». Очень высокие показатели величины коэффициента вариации для длины соцветий были отмечены у сорта ‘Людмила’ – 38,5%, тогда как у других сортов изменчивость длины соцветий ниже: от 7,9 до 28,1%. Данная тенденция прослеживается и по признаку «масса семян с растения».

На основании экспериментальных данных установлено, что в условиях Пензенской области формируются более высокие показатели основных хозяйствственно ценных признаков изучаемых сортов конопли. В агроклиматических условиях Смоленской области изучаемые сорта конопли в условиях 2024 года показали высокую способность к адаптации, которая проявилась в формировании всех рассматриваемых хозяйствственно ценных признаков, величина которых была сопоставима с результатами, полученными в Пензенской области.

Для выявления достоверности влияния факторов генотипа и региона возделывания на изменчивость изучаемых признаков был проведен двухфакторный дисперсионный анализ. Установлено, что генотип растений оказывал достоверное влияние на варьирование диаметра стебля – доля влияния – 52,8%, массу семян с растения – доля влияния 38,3% и техническую длину стебля – доля влияния 27,3%. Уровень воздействия генотипа различался по годам исследований: в 2023 году его значение достигало 23%, в 2024 году – 53%. Эффект фактора «регион возделывания» в большой степени проявился во влиянии на высоту растений в сложных условиях 2023 года – доля влияния 95,9% и длину метелки – доля влияния 60,8% (рис. 1).

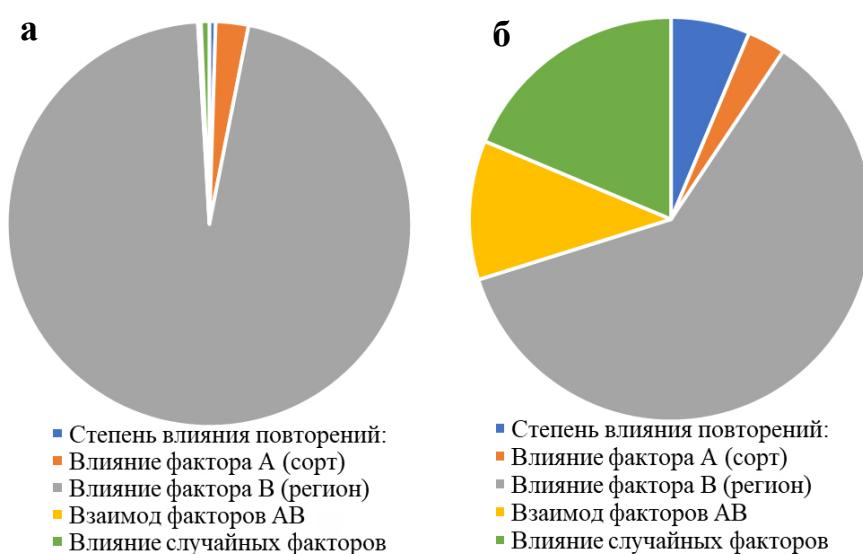


Рис. 1. Степень влияния факторов на показатели длины метелки и высоты растения (2023)
а – степень влияния факторов на высоту растения, б – степень влияния факторов на длину метелки

Fig. 1. The degree of factors' influence on the panicle length and plant height indicators (2023)
a – the degree of factors influence on plant height; b – the degree of factors influence on panicle length

В более благоприятном 2024 году значение данного фактора было ниже: в случае влияния на длину растения – 36,31%, в случае влияния на длину метелки – 45,2%. Таким образом, фактор условий региона возделывания оказал существенное влияние на основные хозяйственно ценные признаки.

Изменчивость показателей высоты растения, длины метелки и массы семян отразились на семенной продуктивности изучаемых сортов конопли: в Пензенской области минимальная масса семян 300 г/100 раст. отмечена у сорта ‘Людмила’, а максимальная 1340 г/100 раст. – у сорта ‘Вера’.

В Смоленской области минимальный показатель 350 г/100 раст. зафиксирован у сорта ‘Сурская’, а максимальный 520 г/100 раст. – у сортов ‘Людмила’ и ‘Вера’.

При сравнении средних показателей урожайности семян каждого сорта в двух регионах за два года испытаний с общей средней величиной можно считать, что сорт ‘Вера’ по продуктивности семян более предпочтителен, а сорт ‘Людмила’ показывает в большинстве случаев показатели ниже общего среднего (рис. 2).

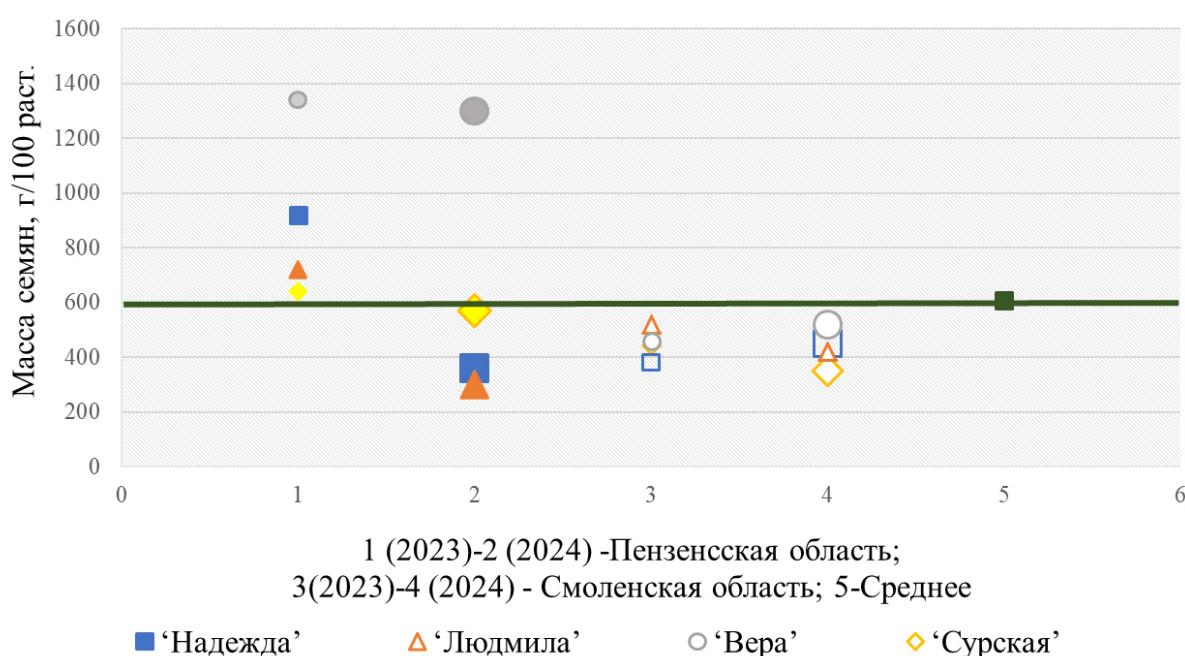


Рис. 2. Семенная продуктивность сортов конопли посевной в различных регионах возделывания

Fig. 2. Seed productivity of hemp cultivars in different cultivation regions

При сравнении средних показателей урожайности соломы каждого сорта в двух регионах за два года испытаний с общей средней величиной можно считать, что сорт ‘Людмила’ для производства волокна более предпочтителен. Сорт ‘Сурская’ показывает невысокие значения по урожайности соломы и самые незначительные отклонения от общего среднего (рис. 3).

Данные, полученные в течение двух лет испытаний в двух географически отдаленных регионах, позволяют оценить экологическую пластичность и стабильность сортов конопли. Анализ стабильности сортов по урожайности семян показал, что максимальная экологическая пластичность характерна для сорта ‘Вера’ ($b_i = 1,4$); умеренная для сортов ‘Людмила’ и ‘Сурская’ ($b_i = 0,9$) и слабая для сорта ‘Надежда’ ($b_i = 0,7$, рис. 4).

Значение коэффициента линейной регрессии (b_i) у сортов ‘Людмила’, ‘Сурская’ и ‘Надежда’ ниже единицы, поэтому они будут слабее реагировать на улучшение

условий возделывания. Метод WAASB (Weighted Average of Absolute Scores), применяемый для оценки стабильности сортов в условиях изменяющегося климата и различных почвенно-климатических условий, подтверждает выводы предыдущих исследований. Данный анализ урожайности соломы и семян позволяет выделить для определенных почвенно-климатических условий сорта, стабильные по урожайности и способные реализовывать потенциал продуктивности при улучшении условий выращивания. На основании расчетов установлено, что сорт ‘Вера’ (WAASB=54,4) отличается высокой отзывчивостью на изменение условий выращивания, обладает значительным потенциалом, имеет низкую стабильность и зависит от условий окружающей среды. Сорт ‘Сурская’, напротив, демонстрирует минимальную зависимость от окружающих условий и высокую стабильность (WAASB=19,7). Сорта ‘Надежда’ (WAASB=33,0) и ‘Людмила’ (WAASB=29,2) сочетают продуктивность

с хорошей стабильностью. Оптимальный баланс урожайности семян и стабильности по комплексному индексу WAASBY отмечен у сорта ‘Сурская’ – 52,7. Зависимость

урожайности соломы у сортов конопли от экологических параметров имеет схожую тенденцию (табл. 3).

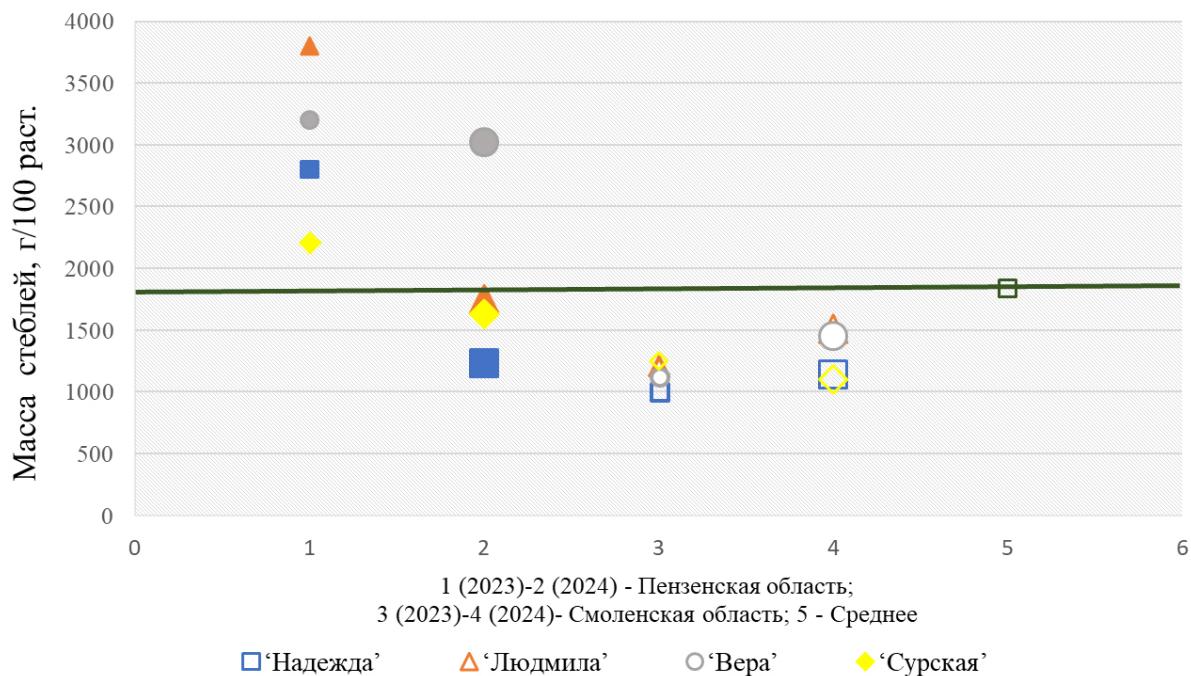


Рис. 3. Продуктивность сортов конопли посевной в различных регионах возделывания (солома)

Fig. 3. Productivity of hemp cultivars in different cultivation regions (straw)

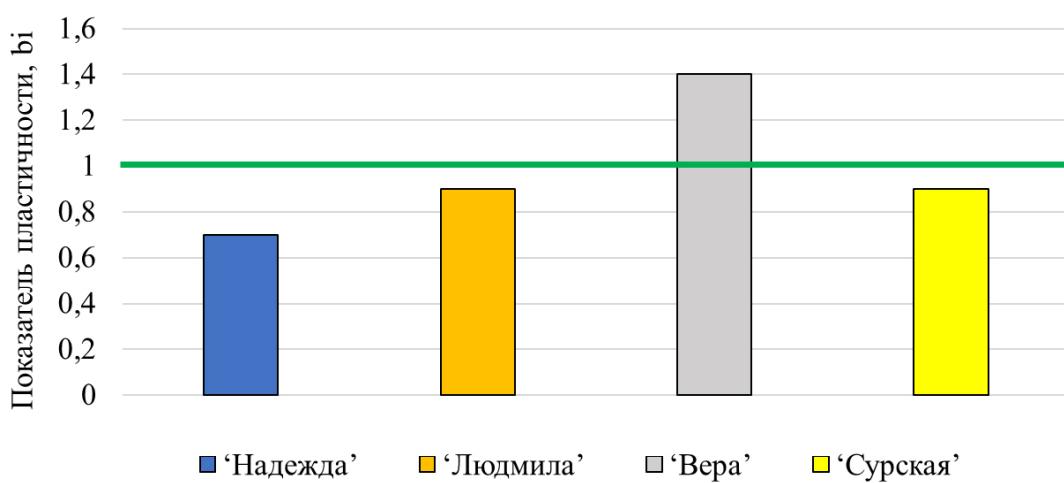


Рис. 4. Показатель пластиичности (b_i)* сортов конопли посевной по семенной продуктивности растений

* $(b_i)>1$ – сорт отзывчивый на условия возделывания; $(b_i)<1$ – реакция сорта на изменения среды слабее по сравнению с другими генотипами; $(b_i)=1$ – полное соответствие сорта условиям возделывания и их изменениям (по V.O. Shcherbinina, 2021).

Fig. 4. Plasticity index (b_i)* of hemp cultivars' plant seed productivity

* $(b_i)>1$ – cultivar is responsive to cultivation conditions; $(b_i)<1$ – cultivar's response to environmental changes is weaker compared to other genotypes; $(b_i)=1$ – cultivar fully complies with cultivation conditions and their changes (according to V.O. Shcherbinina, 2021).

Таблица 3. Значения показателей BLUP, WAASB, WAASBY**Table 3. BLUP, WAASB, and WAASBY indicator values**

Copt/ Cultivar	Среднее значение Y/ Y_mean*	BLUP*	WAASB*	WAASBY*	Ранг_BLUP/ Rank_BLUP*	Ранг_WAASB/ Rank WAASB*	Ранг_WAASBY/ Rank WAASBY*
‘Сурская’	521,6/ 1523,4	-45,7/ -288,8	19,7/ 13,4	52,7/ 55,8	2/4	1/1	1/1
‘Людмила’	496,6/ 2128,1	-147,9/ 255,5	29,2/ 46,3	36,3/ 37,9	4/2	2/4	2/3
‘Вера’	944,38/ 2356,2	265,6/ 478,7	54,4/ 44,9	50,0/ 52,1	1/1	4/3	4/2
‘Надежда’	521,6/ 1413,8	-72,0/ -445,3	33,0/ 27,6	33,5/ 28,4	3/3	3/2	3/4

* – анализ урожайности семян/ анализ урожайности соломы/ – seed yield analysis/ straw yield analysis

Многофакторный анализ продуктивности сортов конопли выявил достоверность различий между влиянием генотипа, влиянием окружающей среды и взаимодействием этих факторов. Доля влияния фактора «регион возделывания» на величину урожая семян конопли максимальна (до 56,7%). На долю влияния фактора «сорт» приходится не более 28%. В то же время взаимодействие факторов «сорт» и «регион возделывания» обуславливают изменчивость урожайности на 14,8%, что может позволить в дальнейшем повысить урожайность сортов конопли за счет их адаптивного потенциала.

На основании полученных данных определено, что сорта конопли посевной, созданные в среднем Поволжье, в агроклиматических условиях Западной части Центрального региона, демонстрируют высокие потенциальные возможности по высоте растения (до 191 см), технической длине стебля (до 162 см) и длине соцветия (до 45 см). Более того, хозяйствственно ценные признаки с широким диапазоном проявили более высокий коэффициент вариации, что указывает на возможность отбора генотипов с широким адаптивным потенциалом. Сорт ‘Вера’ обладает высокой специфической адаптивностью к благоприятным условиям, а сорт ‘Сурская’ – высокой стабильностью. Выявление высокопродуктивных и пластичных сортов имеет основополагающее значение для селекции растений. О важности приспособляемости сортов к окружающим условиям и различное поведение генотипов в различных агроклиматических условиях отмечали в своих трудах Н.И. Вавилов (Vavilov, 1966) и В.С. Пустовойт (Pustovoit, 1966). Полученные нами результаты позволили еще раз подчеркнуть перспективность изучения новых сортов конопли в различных природно-климатических условиях РФ.

Заключение

Изменение хозяйствственно ценных признаков конопли посевной характеризуется разной амплитудой варьирования в зависимости от условий тепло- и влагообеспеченности региона возделывания. Выбор региона возде-

левания необходимо проводить на основе оценки изменчивости в первую очередь генеративных признаков, что в свою очередь демонстрирует степень адаптивности сортов к условиям среды.

В условиях Западной части Центрального региона изменчивость показателей хозяйственно ценных признаков по сравнению со Средним Поволжьем выше, находилась в пределах от 5,4% до 16,2% по высоте растения, от 2,3% до 13,9% по технической длине и от 5,7% до 23,9% по диаметру стебля. Хозяйственно ценные признаки, характеризующие генеративную структуру, оказались более изменчивы, чем вегетативные: максимальный уровень изменчивости отмечен в Пензенской области по массе семян с растения (46%), в Смоленской области – по длине метелки (38,5%) и массе семян с растения (63,9%). Установлено, что сорт ‘Вера’ отличается высокой пластичностью ($b_1 = 1,4$) и имеет низкую стабильность (WAASB=54,4; WAASBY=50,0), а сорт ‘Сурская’, напротив, демонстрирует среднюю пластичность ($b_1 = 0,9$) и высокую стабильность к разнообразным стрессовым факторам (WAASB=19,7; WAASBY=52,7). Комплексное применение математических методов для оценки стабильности и адаптивности позволит определить степень реализации потенциала сортов конопли в различных природно-климатических условиях, что послужит основой для результативной селекции новых адаптивных сортов конопли в связи с глобальными изменениями климата.

References/Литература

- Abdollahi M., Sefidkon F., Calagari M., Mousavi A., Mahomoodally M.F. A comparative study of seed yield and oil composition of four cultivars of hemp (*Cannabis sativa L.*) grown from three regions in northern Iran. *Industrial Crops and Products*. 2020;152:112397. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112397
- Alsaleh A., Yilmaz G. Exploring cannabidiol variations, investigation of genetic diversity, population structure and unveiling male-specific genetic marker in industrial hemp (*Cannabis sativa L.*). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2025;72:797-814. DOI: 10.1007/s10722-024-02015-1
- Amarasinghe P., Pierre C., Moussavi M., Geremew A., Woldesenbet S., Weerasooriya A. The morphological and anatomical variability of the stems of an industrial hemp collection and the properties of its

- fibres. *Heliyon*. 2022;8(4):e09276. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09276
- Anwar F., Latif S., Ashraf M. Analytical characterization of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil from different agro-ecological zones of Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2006;83:323-329. DOI: 10.1007/s11746-006-1207-x
- Babaei M., Nemati H., Arouiee H., Torkamaneh D. Characterization of indigenous populations of cannabis in Iran: a morphological and phenological study. *BMC Plant Biology*. 2024;24(151):1-21. DOI: 10.1186/s12870-024-04841-y
- Bedak G.R. (comp.). Guidelines for conducting field and vegetative experiments with hemp (Metodicheskie ukazaniia po provedeniiu polevykh i vegetatsionnykh optyov s konoplyoi). Moscow: VASKHNIL; 1980. [in Russian] (Методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей / сост. Г.Р. Бедак. Москва: ВАСХНИЛ; 1980).
- Chaisan T., Thobunluerop P., Thongthip N., Rakpenthai A., Puangsir B., Samipak S., Pluempanupat W. Identification of morphological traits affecting high seed yield potential from new hemp germplasm collected in Thailand. *Chilean journal of agricultural research*. 2025;85(1):88-97. DOI: 10.4067/S0718-58392025000100088
- CRAN. The R Project for Statistical Computing. Available from: <https://www.r-project.org/> [accessed Sept. 17, 2025].
- Dospekhov B.A. Methodology of field trial with fundamentals of statistical processing of research results (Metodika polevogo optya s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). Moscow; 2012. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Москва; 2012).
- Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966;6(1):36-40. DOI: 10.2135/cropscl1966.0011183X000600001001x
- Egorova N.N., Kardaševskaya V.E. The structure of the Variability of Morphological Features *Agrostis diluta* Kurcz. *Vestnik of M.K. Ammosov North-Eastern Federal University*. 2016;6(56):5-15. [in Russian] (Егорова Н.Н., Кардашевская В.Е. Структура изменчивости морфологических признаков *Agrostis diluta* Kurcz. *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова*. 2016;6(56):5-15).
- Hammami N., Privé J.-P., Moreau G. Spatiotemporal variability and sensitivity of industrial hemp cultivars under variable field conditions. *European Journal of Agronomy*. 2022;138:126549. DOI: 10.1016/j.eja.2022.126549
- Krylova E.A., Chunikhina O.A., Boyko A.P., Miroshnichenko E.V., Khlestkina E.K., Burlyayeva M.O. Variability of morphological and phenological traits in *Vigna unguiculata* (L.) Walp. accessions contrasting by growth type in different ecological and geographical conditions. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2024;7(2):16-30. [in Russian] (Крылова Е.А., Чуничина О.А., Бойко А.П., Мирошинченко Е.В., Хлесткина Е.К., Бурляева М.О. Изменчивость морфологических и фенологических признаков среди контрастных по типу роста образцов *Vigna unguiculata* (L.) Walp. в разных эколого-географических условиях. *Биотехнология и селекция растений*. 2024;7(2):16-30). DOI: 10.30901/2658-6266-2024-2-07
- Mamaev S.A. Basic principles of the methodology for studying intraspecific variability of woody plants (Osnovnye printsipy metodiki issledovaniia vnutrividovoi izmenchivosti drevesnykh rastenii). In: *Individual and eco-geographical variability of plants = Individualnaia i ekologo-geograficheskaiia izmenchivost rastenii*. Sverdlovsk: Ural Scientific Center of the USSR Academy of Sciences; 1975. p.3-14. [in Russian] (Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений. В кн.: *Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений*. Свердловск: УНЦ АН СССР; 1975. С.3-14).
- Mostafaei Dehnavi M., Damerum A., Taheri S., Ebadi A., Panahi S., Hodgin G., Brandley B., Salami S.A., Taylor G. Population genomics of a natural *Cannabis sativa* L. collection from Iran identifies novel genetic loci for flowering time, morphology, sex and chemotyping. *BMC Plant Biology*. 2025;25(1):80. DOI: 10.1186/s12870-025-06045-4
- Olivoto T. Analyzing multienvironment trials using BLUP. 2023. Available from: <https://tiago Olivoto.github.io/metan/articles/vignettes/blup.html> [accessed Nov. 17, 2025].
- Olivoto T., Lúcio A.D. metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*. 2020;11(6):783-789. DOI: 10.1111/2041-210X.13384
- Olivoto T., Lúcio A.D.C., Silva J.A.G., Sari B.G., Diel M.I. Mean performance and stability in multi-environment trials II: Selection based on multiple traits. *Agronomy Journal*. 2019;111(6):2961-2969. DOI: 10.2134/agronj2019.03.0221
- Pavlovic R., Panseri S., Giupponi L., Leoni V., Citti C., Cattaneo C., Cavalletto M., Giorgi A. Phytochemical and ecological analysis of two varieties of hemp (*Cannabis sativa* L.) grown in a mountain environment of Italian Alps. *Frontiers in Plant Science*. 2019;10:1265. DOI: 10.3389/fpls.2019.01265
- Petit J., Salentijn E.M.J., Paulo M.-J., Thouminot C., van Dinter B.J., Magagnini G., Gusovius H.-J., Tang K., Amaducci S., Wang S., Uhrlaub B., Müssig J., Trindade L.M. Genetic variability of morphological, and biomass quality traits in hemp (*Cannabis sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2020;11:102. DOI: 10.3389/fpls.2020.00102
- Pustovoit V.S. Selected Works (Izbrannye trudy). Moscow: Kolos; 1966. [in Russian] (Пустовойт В.С. Избранные труды. Москва: Колос; 1966).
- Selyaninov G.T. On agricultural climate assessment. (O sel'skokhozyaystvennoy otsenke klimata). *Works on agricultural meteorology = Trudy po sel'skokhozyaystvennoy meteorologii*. 1928;20:165-177. [in Russian] (Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата. *Труды по сельскохозяйственной метеорологии*. 1928;20:165-177).
- Serkov V.A Formation of a new initial material for the development of innovative directions of breeding hemp. *International agricultural journal*. 2022;(5)(389):517-520. [in Russian] (Серков В.А. Формирование нового исходного материала для разработки инновационных направлений селекции конопли посевной. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2022;(5)(389):517-520). DOI: 10.55186/25876740_2022_65_5_517
- Serkov V.A., Kosheleyev V.V., Davydova O.K. Characteristics of the main morphological features of the source material of non-narcotic monoecious hemp. *Niva Povolzhya*. 2024;(2)(70):1008. [in Russian] (Серков В.А., Кошеляев В.В., Давыдова О.К. Характеристика основных морфологических признаков исходного материала безнаркотической однодомной конопли посевной. *Нива Поволжья*. 2024;(2)(70):1008). DOI: 10.36461/NP.2024.70.2.013
- Serkov V.A., Zelenina O.N., Smirnov A.A., Pluzhnikova I.I., Salnikov S.V., Zelenin I.N. Cultivation of Central Russian monoecious hemp in the forest-steppe of the Middle Volga region: (Practical recommendations). Penza; 2011. [in Russian] (Серков В.А., Зеленина О.Н., Смирнов А.А., Плужникова И.И., Сальников С.В., Зеленин И.Н. Возделывание среднерусской однодомной конопли в лесостепи Среднего Поволжья: (Практические рекомендации). Пенза; 2011). URL: https://www.cnshb.ru/Vexhib/volk/12_4754.pdf [дата обращения: 01.11.2025]
- Shimanskaia N.S., Ivanova S.V., Bakulova I.V., Serkov V.A. Features of cultivation of hemp of the Central Russian ecotype in the conditions of the Western part of the Central region (Osobennosti vozdzelyvaniia konopli posevnoi Srednerusskogo ekotipa v usloviyah Zapadnoi chasti Tsentral'nogo regiona). In: *Current Issues in the Biology, Breeding, and Agricultural Engineering of Garden Crops: a collection of papers from the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Academician G.I. Tarakanov (Aktual'nyye voprosy biologii, selektsii i agrotehniki sadovykh kul'tur: sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika G.I. Tarakanova)*; 2023 October 31; Moscow, Russia. Moscow: RGAU-MSKHA im. K.A. Timiriazeva; 2023. p.73-76. [in Russian] (Шиманская Н.С., Иванова С.В., Бакулова И.В., Серков В.А. Особенности возделывания конопли посевной Среднерусского экотипа в условиях Западной части Центрального региона РФ. В кн.: *Актуальные вопросы биологии, селекции и агротехники садовых культур: сборник*

- трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Г.И. Тараканова, 31 октября 2023 г.; Москва, Россия. Москва: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; 2023. С.73-76). URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_65599700_32487313.pdf [дата обращения: 17.09.2025]
- Shimanskaya N.S., Ivanova S.V., Serkov V.A., Uschapovsky I.V. Influence of agroecological conditions on the formation of economically valuable traits of hemp. In: *Genetic and Radiation Technologies in Agriculture: Proceedings of the 3rd International Young Scientists Conference; 2024 October 23–24; Obninsk, Russia*. Obninsk: NRC «Kurchatov Institute» – RIRAE; 2024. p.292-295. [in Russian] (Шиманская Н.С., Иванова С.В., Серков В.А., Ушаповский И.В. Влияние агроэкологических условий на формирование хозяйствственно-ценных признаков конопли посевной. В кн.: Генетические и радиационные технологии в сельском хозяйстве: сборник докладов III международной молодежной конференции; 23–24 октября 2024 г.; Обнинск, Россия. Обнинск: НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ; 2024. С.292-295). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=81280501> [дата обращения: 17.09.2025]
- Sraka M., Škevin D., Obranović M., Butorac J., Magdić I. Agroecological conditions of industrial hemp production in the western Pannonian agricultural subregion and fatty acids composition of hemp seed oil. *Journal of Central European Agriculture*. 2019;20(3):809-822. [in Croatian]. DOI: 10.5513/JCEA01/20.3.2529
- State Register = GOST R 54650-2011. Soils. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds using the Kirsanov method as modified by the Central Institute of Agrochemistry (CINAO). Moscow: Standartinform; 2019. [in Russian] (ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Москва: Стандартинформ; 2019).
- State Register = GOST 26213-2021. Soils. Methods for determining organic matter. Moscow: Russian Institute of Standardization; 2021. [in Russian] (ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. Москва: Российский институт стандартизации; 2021).
- Trubanová N., Isobe S., Shirasawa K., Watanabe A. Genome-specific association study (GSAS) for exploration of variability in hemp (*Cannabis sativa*). *Scientific Reports*. 2025;15(1):8371. DOI: 10.1038/s41598-025-92168-5
- Trubanová N., Pender G., McCabe P.F., Melzer R., Schilling S. Exploring phenotypic and genetic variability in hemp (*Cannabis sativa*). *bioRxiv. The Preprint Server for Biology*. 2023. DOI: 10.1101/2023.11.01.565084
- Tsaliki E., Kalivas A., Jankauskiene Z., Irakli M., Cook C., Grigoriadis I., Panoras I., Vasilakoglou I., Dhima K. Fibre and seed productivity of industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) varieties under Mediterranean conditions. *Agronomy*. 2021;11(1):171. DOI: 10.3390/agronomy11010171
- Uschapovsky I.V., Novikov E.V., Basova N.V., Bezbabchenko A.V., Galkin A.V. System problems of flax growing in Russia and abroad, the possibilities of their solution. *Dairy Herald*. 2017;1(25):166-186. [in Russian] (Ушаповский И.В., Новиков Э.В., Басова Н.В., Безбабченко А.В., Галкин А.В. Системные проблемы льнокомплекса России и зарубежья, возможности их решения. *Молочнохозяйственный вестник*. 2017;1(25):166-186).
- Vasilkova T.M., Makovetsky V.V., Maksimov M.M. Handbook of economics and management in the agro-industrial complex. Moscow: ICC Kolos-s; 2022. [in Russian] (Василькова Т.М., Маковецкий В.В., Максимов М.М. Справочник по экономике и управлению в АПК. Москва: ИКЦ Колос-с; 2022).
- Vavilov N.I. Selected Works (Izbrannye sochineniya). Moscow: Kolos; 1966. [in Russian] (Вавилов Н.И. Избранные сочинения. Москва: Колос; 1966).
- Vonapartis E., Aubin M.P., Seguin P., Mustafa A.F., Charron J.B. Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015;39:8-12. DOI: 10.1016/j.jfca.2014.11.004
- Younas M., Qureshi R., van Velzen R., Mashwani Z.U.R., Saqib Z., Ali A., Rehman S., Farah M.A., Al-Anazi K.M. Geo-climatic factors co-drive the phenotypic diversity of wild hemp (*Cannabis sativa L.*) in the Potohar Plateau and Lesser Himalayas. *BMC Plant Biology*. 2024;24(1031):1-15. DOI: 10.1186/s12870-024-05730-0
- Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Nedorezkov V.D., Ismagilov R.R., Kadikov R.K., Islamgulov D.R. Methodology for calculating and assessing the parameters of ecological plasticity of agricultural plants. Ufa; 2015. [in Russian] (Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Недорезков В.Д., Исмагилов Р.Р., Кадиков Р.К., Исламгулов Д.Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластиности сельскохозяйственных растений. Уфа; 2015).

Информация об авторах

Игорь Валентинович Ушаповский, кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, Федеральный научный центр лубяных культур; 170041 Россия, Тверь, Комсомольский пр., 17/56, i.uschapovsky@fnclk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0602-1211>

Наталья Сергеевна Шиманская, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория молекулярно-генетических исследований и клеточной селекции, Федеральный научный центр лубяных культур, 170041 Россия, Тверь, Комсомольский пр., 17/56, n.shimanskaya@fnclk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5819-1351>

Валериан Александрович Серков, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, лаборатория селекционных технологий, Федеральный научный центр лубяных культур, 442731 Россия, Пензенская обл., р.п. Лунино, ул. Мичурина, 1 Б, v.serkov.pnz@fnclk.ru., <http://orcid.org/0000-0001-8308-4200>

Светлана Васильевна Иванова, младший научный сотрудник, лаборатория селекционных технологий, Федеральный научный центр лубяных культур, 214025 Россия, Смоленск, ул. Нахимова, 21, s.ivanova.sml@fnclk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8932-7023>

Information about the authors

Igor V. Ushapovsky, Cand. Sci. (Biology), Deputy Director for Research, Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky Avenue, Tver, 170041 Russia, i.uschapovsky@fnclk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0602-1211>

Natalya S. Shimanskaya, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky Avenue, Tver, 170041 Russia, n.shimanskaya@fnclk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5819-1351>

Valerian A. Serkov, Dr. Sci. (Agriculture), Chief Researcher, Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops, 1 B, Michurina Street, Lunino Workers' Settlement, Penza Region, 442731 Russia, v.serkov.pnz@fnclk.ru; <http://orcid.org/0000-0001-8308-4200>

Svetlana V. Ivanova, Junior Researcher, Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops, 21, Nakhimov Street, Smolensk, 214025 Russia, s.ivanova.sml@fnclk.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8932-7023>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 19.09.2025; одобрена после рецензирования 26.11.2025; принятая к публикации 20.12.2025.

The article was submitted on 19.09.2025; approved after reviewing on 26.11.2025; accepted for publication on 20.12.2025.