

ХАРАКТЕРИСТИКА ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *LINUM USITATISSIMUM* L. ПО АДАПТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЯ

К. П. Королёв, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры, korolevkonstantin799@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9595-3493;

Д. В. Одинцева, студент бакалавриата Школы естественных наук

А. Н. Якубенко, студент бакалавриата Школы естественных наук
ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»,
625003, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6

Важным компонентом при создании новых сортов льна является наличие ценного разнообразного исходного материала. В представленной статье отражены результаты тестирования гибридных популяций льна-долгунца (F_3 – F_5): ♀Ярок × ♂Грант (Gen 1), ♀Ярок × ♂Alizee (Gen 2), ♀Ярок × ♂Betertelsdorf 6884/60 (Gen 3), ♀Alizee × ♂Грант (Gen 4), ♀Alizee × ♂Ярок (Gen 5), ♀Alizee × ♂Betertelsdorf 6884/60 (Gen 6), ♀Грант × ♂Ярок (Gen 7), ♀Грант × ♂Alizee (Gen 8), ♀Грант × ♂Betertelsdorf 6884/60 (Gen 9), ♀Betertelsdorf 6884/60 × ♂Ярок (Gen 10), ♀Betertelsdorf 6884/60 × ♂Ярок (Gen 11), ♀Betertelsdorf 6884/60 × ♂Ярок (Gen 12), полученных при межсортовой гибридизации по параметрам адаптивности в полевом испытании (Нижнетавдинский район Тюменской области). Цель исследования – выявление адаптивности гибридных популяций льна-долгунца по основным хозяйственно значимым признакам и свойствам, отбор лучших из них для дальнейшей селекционной работы в условиях Тюменской области. Установлена значимость ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$) генотипа (16,1–40,0 %), среды (16,9–41,6 %), взаимодействия генотипа и среды (26,4–48,5 %) в реализации фенотипической изменчивости изученных морфо-биологических показателей. К отзывчивым ($b_i < 1$, $S^2d_i = 0$) было отнесено от 25,0 до 66,6 % генотипов льна-долгунца, при этом максимальными значениями на действие экологического фактора в данном пункте характеризовались популяции Gen 1, Gen 2, Gen 3, Gen 4, Gen 5, Gen 6. Стабильность признаков ($b_i = 1,0$, $S^2d_i = 0$) была отмечена у 8,3–16,6 % от общего числа изученных популяций, к которым были отнесены Gen 1, Gen 2, Gen 5. Из слабо отзывчивых ($b_i = 1,0$, $S^2d_i = 0$), которые составляли 25,0–58,3 % из числа представленных, ценность имели Gen 3, Gen 5, Gen 6, Gen 7, Gen 9, Gen 11. По индексу отбора генотипа (GSI) выделены группы как стабильных (41,6 %), так и нестабильных (58,4 %), из которых отмечены Gen 1, Gen 5, Gen 9. К перспективным популяциям с высокой степенью проявления тестируемых показателей и лучшей экологической характеристикой для дальнейшего селекционного использования рекомендуются Gen 1, Gen 2, Gen 5, Gen 6.

Ключевые слова: лен-долгунец, гибридная популяция, факторы среды, многофакторный анализ, изменчивость.

Для цитирования: Королёв К. П., Одинцева Д. В., Якубенко А. Н. Характеристика гибридных популяций *Linum usitatissimum* L. по адаптивности в условиях Северного Зауралья // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 1. С. 26–32. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-96-1-26-32.



CHARACTERISTICS OF HYBRID POPULATIONS OF *LINUM USITATISSIMUM* L. ACCORDING TO ADAPTABILITY IN THE NORTHERN TRANS-URALS

K. P. Korolev, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of botany, biotechnologies and landscape architecture, korolevkonstantin799@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9595-3493;

D. V. Odintseva, bachelor's student of School of Natural Sciences

A. N. Yakubenko, bachelor's student of School of Natural Sciences

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Tyumen State University,
625003, Tyumen, Volodarsky Str., 6

An important issue in the development of new fiber flax varieties is the availability of valuable, diverse initial material. The current paper has presented the study results of hybrid populations of fiber flax (F_3 – F_5), such as ♀Yarok × ♂Grant (Gen1), ♀Yarok × ♂Alizee (Gen 2), ♀Yarok × ♂Betertelsdorf 6884/60 (Gen 3), ♀Alizee × ♂Grant (Gen 4), ♀Alizee × ♂Yarok (Gen 5), ♀Alizee × ♂Betertelsdorf 6884/60 (Gen 6), ♀Grant × ♂Yarok (Gen 7), ♀Grant × ♂Alizee (Gen 8), ♀Grant × ♂Betertelsdorf 6884/60 (Gen 9), ♀Betertelsdorf 6884/60 × ♂Yarok (Gen 10), ♀Betertelsdorf 6884/60 × ♂Yarok (Gen 11), ♀Betertelsdorf 6884/60 × ♂Yarok (Gen 12), resulted in the intervarietal hybridization according to adaptability parameters in a field trial (Nizhnetavdinsky district, Tyumen region). The purpose of the current study was to identify the adaptability of hybrid fiber flax populations according to the main economically significant traits and properties, and to select the best of them for further breeding work in the Tyumen region. There has been determined significance ($p < 0.05^*$; $p < 0.01^{**}$) of genotype (16.1–40.0 %), environment (16.9–41.6 %), and correlation between genotype and environment (26.4–48.5 %) in the implementation of phenotypic variability of the studied morpho-biological parameters. From 25.0 to 66.6 % of flax genotypes were classified as responsive ($b_i < 1$, $S^2d_i = 0$), and the populations Gen1, Gen2, Gen3, Gen4, Gen5, Gen6 had the maximum values of the effect of the environmental factor. Stability of traits ($b_i = 1,0$, $S^2d_i = 0$) was identified in 8.3–16.6 % of the total number

of studied populations, which included Gen1, Gen2, Gen5. Among the weakly responsive populations ($b_i = 1,0$, $S^2d_i = 0$), being 25.0–58.3 % of those presented, Gen3, Gen5, Gen 6, Gen 7, Gen 9, Gen 11 were of the most value. According to the genotype selection index (GSI), there have been established the groups of both stable (41.6 %) and unstable (58.4 %) populations, among which Gen 1, Gen 5, Gen 9 were the best ones. Gen 1, Gen 2, Gen 5, Gen 6 can be recommended for further breeding as promising populations with highly manifested indicators and the best ecological characteristics.

Keywords: fiber flax, hybrid population, environmental factors, multivariate analysis, variability.

Введение. Лен-долгунец – одно из древнейших сельскохозяйственных растений, широко выращиваемый во многих странах мира для получения волокна и масла (Рожмина и др., 2017; Dhirhi and Mehta, 2019; Кутузова и др., 2020). В связи с наблюдаемой тенденцией изменения климата требования к сортам постепенно возрастают, что обуславливает дальнейшее усовершенствование селекционного процесса, использование при создании нового исходного материала достижений в различных областях науки (Ушаповский и др., 2016, Трабурова и Рожмина, 2018).

Для более комплексного подхода требуется изучение адаптивного статуса растений, проведение дальнейших исследований по изучению генотип-средового взаимодействия, ограничивающего полную реализацию биологического потенциала сортов в различных экологических условиях среды (Королёв и др., 2017; Куземкин и Рожмина, 2022; Степин и др., 2022).

Генотип и его взаимодействие со средой – это сложный механизм, требующий при его анализе различных методов, информативность которых позволяет раскрыть его структуру (GxE), при этом в ряде случаев данное взаимодействие может быть ограничено двумя или тремя главными компонентами.

Агроклиматические условия Тюменской области различаются, что вызывает необходимость более тщательного подхода при подборе сортов, разработке их зональной ресурсосберегающей технологии выращивания. Возделывание льна в области ограничено отсутствием современных районированных сортов, которые наряду с высокой продуктивностью, показателями качества должны характеризоваться и высокой адаптивностью. Отсутствие комплексной информации о реакции гибридных популяций льна-долгунца на экологические условия этой зоны по изученным показателям и вызвало необходимость выполнения данной работы.

Цель исследования – выявление адаптивности гибридных популяций льна-долгунца по основным хозяйственно значимым признакам и свойствам, отбор лучших из них для дальнейшей селекционной работы в условиях Тюменской области.

Материалы и методы исследований.

Для изучения использовали гибридные популяции льна-долгунца (F_3-F_5): ♀Ярок х ♂Грант (Gen 1), ♀Ярок х ♂Alizee (Gen 2), ♀Ярок х ♂Betertelsdorf 6884/60 (Gen 3), ♀Alizee х ♂Грант (Gen 4), ♀Alizee х ♂Ярок (Gen 5), ♀Alizee х ♂Betertelsdorf 6884/60 (Gen 6), ♀Грант х ♂Ярок (Gen 7), ♀Грант х ♂Alizee (Gen 8), ♀Грант х ♂Betertelsdorf 6884/60 (Gen 9),

♀Betertelsdorf 6884/60 х ♂Ярок (Gen 10), ♀Betertelsdorf 6884/60 х ♂Ярок (Gen 11), ♀Betertelsdorf 6884/60 х ♂Ярок (Gen 12). Для выявления лучших генотипов их сравнивали со средним популяционным значением.

Полевое испытание популяций проводили в 2020–2022 гг. на биологической станции «Озеро Кучак» ТюмГУ (Нижнетавдинский район, Тюменская обл., 57°21' с. ш., 66°04' в. д.). Межсортные скрещивания (диаллельная схема, 4х4) выполняли по общепринятой методике. Почва экспериментального участка дерново-подзолистая, супесчаная, содержание гумуса – 3,6 %, подвижных форм (P_2O_5) – 433,3 мг/кг почвы, обменного (K_2O) – 234,0 мг/кг почвы. Закладку полевых опытов, выполнение всех необходимых наблюдений выполняли в соответствии с указаниями (Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.), 2011).

Климатические условия в годы проведения исследований имели различия (по сравнению со среднегодовыми показателями) как по температуре, так и по количеству выпавших осадков. Период прорастания и появления всходов у льна характеризовался недостатком влаги в 2020 году. Во время фенологической фазы «елочки» условия по тепло- и влагообеспеченности были близки к норме в 2021 и 2022 годах. Негативные засушливые условия отмечены в 2020 и 2021 гг. в период цветения гибридных растений. В фазу «зеленая спелость» растений у льна климатические параметры были на уровне среднегодовых показателей. Этап образования плодов и дальнейшего формирования семян характеризовался недостатком влаги и высокой температурой в 2021 г. при избыточной влажности в 2022 году. Согласно гидротермическому коэффициенту (по Селянинову) условия вегетационного периода роста и развития растений льна были от слабо засушливых (ГТК = 1,2) до влажных (ГТК = 1,6), что позволило более полно оценить их потенциал в данном экологическом пункте.

Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием многофакторного дисперсионного анализа по Доспехову Б. А. (2014) в программе Statistica 7.0 (Statsoft Inc., США). Достоверность различий между популяциями устанавливали на основании критерия Дункана. Показатели S^2d_i и b_i определяли по методу (Eberhart et. al., 1966). Гибридные популяции анализировали с использованием индекса отбора генотипа, GSI (Mohammadi et. al., 2008) и индекса устойчивости, SI (Rao et. al., 2004).

Результаты и их обсуждение. При создании сортов культурных растений необходимо наличие источников с высокой степенью проявления количественных и качественных хозяйственно ценных признаков и свойств (Кутузова и др., 2020) наряду с адаптивностью, которые могут обеспечить свой агробиологи-

ческий потенциал (Попова и др., 2023; Langan et al., 2023) при выращивании в различных условиях, при этом важна оценка взаимодействия генотипа и среды.

На первом этапе полученные данные полевого испытания обрабатывали методом дисперсионного анализа (табл. 1).

Таблица 1. Результаты многофакторного дисперсионного анализа гибридных популяций льна-долгунца (2020–2022 гг.)
Table 1. Results of multivariate analysis of variance of hybrid fiber flax populations (2020–2022)

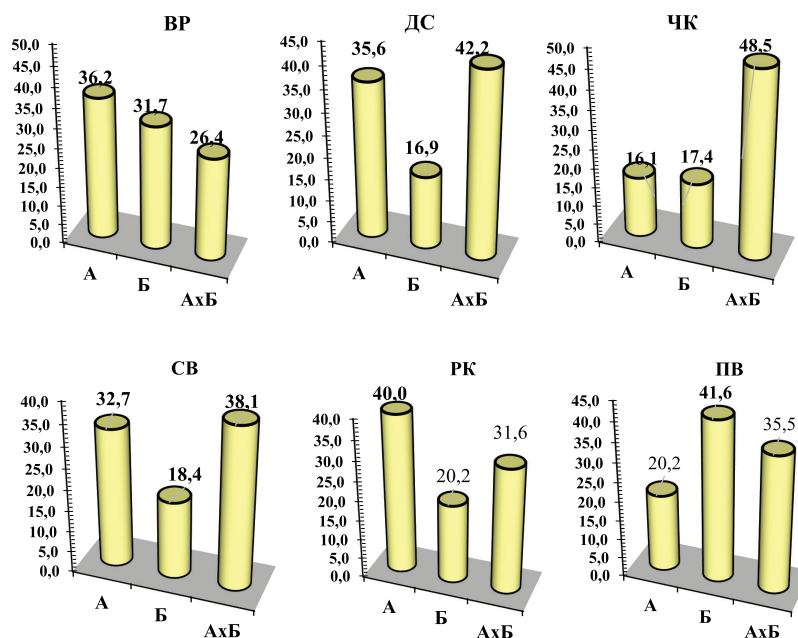
Источник дисперсии	df	mS					
		А	Б	В	Г	Д	Е
Генотип (фактор А)	11	103,82**	64,15**	35,11**	94,59**	175,26**	52,28**
Среда (фактор Б)	2	97,85*	152,32**	102,54**	28,41*	82,91*	19,32*
Взаимодействие генотипа и среды (фактор АхБ)	20	117,24**	101,89**	142,81**	88,15**	115,63**	77,91**
Случайное (В)	15	19,42	48,25	16,30	10,22	26,66	11,04

Примечание. df – число степеней свободы, mS – средний квадрат. Различия между генотипами достоверны: $p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$. Высота растений (А), длина соцветия (Б), число коробочек (В), число семян в одной коробочке (Г), содержание волокна (Д), период вегетации (Е).

По результатам многофакторного дисперсионного анализа установлены достоверные различия между генотипами ($p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$), средами ($p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$), взаимодействие генотипа и среды ($p < 0,05^*$, $p < 0,01^*$) по изученным тест-критериям.

Важным для дальнейших селекционно-генетических исследований является определение в структуре фенотипической изменчивости процентного вклада каждого из компонентов. В общей вариабельности показателей доля генотипа составляла 16,1–40,0 %, сре-

ды – 16,9–41,6 %, взаимодействие генотипа со средой – 26,4–48,5 %. Случайный фактор был незначителен. Формирование размера коробочки на 40,0 % обуславливали генотипические особенности. Высота растений, число коробочек на одном растении, период вегетации зависели от средовых условий (20,2–41,6 %). Длина соцветия, число коробочек на одном растении, содержание волокна были обусловлены взаимодействием генотипа со средой (38,1–48,5 %) (см. рисунок).



Вклад факторов в общую фенотипическую изменчивость показателей у гибридных популяций льна-долгунца, F₃–F₅
Contribution of factors to the total phenotypic variability of indicators in hybrid fiber flax populations, F₃–F₅

Примечание. Факторы: А (генотип), Б (среда), В (взаимодействие генотип х среда), В (случайное), VP (высота растений), ДС (длина соцветия), ЧК (число коробочек), СВ (содержание волокна), РК (растрескиваемость коробочки), ПВ (период вегетации).

Экологический потенциал гибридных популяций льна-долгунца в данной агроклиматической зоне оценивали с использованием раз-

личных методов. По первому (Eberhart et. al., 1966) были выделены три группы генотипов (табл. 2).

Таблица 2. Распределение гибридных комбинаций льна-долгунца по отзывчивости на изменения условий выращивания (метод Eberhart et.al., 1966), F_3-F_5
Table 2. Distribution of hybrid fiber flax populations according to responsiveness in growing conditions (Eberhart et.al., 1966 method), F_3-F_5

Группа	А	Б	В	Г	Д	Е
Отзывчивые, $b_i < 1$, $S^2d_i = 0$	Gen1, Gen 3, Gen 4, Gen 5, Gen 7, Gen 8, Gen 10, Gen 12	Gen 1, Gen 3, Gen 6, Gen 11	Gen 3, Gen 4, Gen 7, Gen 10, Gen 11	Gen 1, Gen 2, Gen 3, Gen 4	Gen 1, Gen 4, Gen 6, Gen 12	Gen 1, Gen 4, Gen 10
Стабильные, $b_i = 1,0$, $S^2d_i = 0$	Gen 2	Gen 4, Gen 5	Gen 1, Gen 2	Gen 5, Gen 6	Gen 8, Gen 9	Gen 3, Gen 5
Слабо отзывчивые, $b_i > 1$, $S^2d_i = 0$	Gen 6, Gen 9, Gen 11	Gen 2, Gen 7, Gen 8, Gen 9, Gen 10, Gen 12	Gen 5, Gen 6, Gen 8, Gen 9, Gen 12	Gen 7, Gen 8, Gen 9, Gen 10, Gen 11, Gen 12	Gen 2, Gen 3, Gen 5, Gen 7, Gen 10, Gen 11	Gen 2, Gen 6, Gen 7, Gen 8, Gen 9, Gen 11, Gen 12

Примечание. Высота растений (А), длина соцветия (Б), число коробочек (В), число семян в одной коробочке (Г), содержание волокна (Д), период вегетации (Е).

В первой группе (высоко отзывчивые, $b_i < 1$, $S^2d_i = 0$) было выявлено от 25,0 до 66,6 % генотипов. Из них для дальнейшего отбора представляли ценность Gen 1, Gen 10 (период вегетации), Gen 1, Gen 5 (высота растений), Gen 1 (длина соцветия), Gen 3, Gen 7 (число коробочек), Gen 2, Gen 4 (число семян в одной коробочке), Gen 4, Gen 6 (содержание волокна).

Во вторую, немногочисленную, группу (стабильные, $b_i = 1,0$, $S^2d_i = 0$) отнесено от 8,3 до 16,6 % популяций. По высоте растений выделены Gen 2, длине соцветия – Gen 4, Gen 5, числу коробочек – Gen 1.

К популяциям, характеризующимся слабой отзывчивостью ($b_i > 1$, $S^2d_i = 0$), отнесены 25,0–58,3 % генотипов. Из перспективных

для отбора следует отметить высокорослые популяции (Gen 6, Gen 9), с большей длиной соцветия (Gen 2, Gen 12), числом семян в одной коробочке (Gen 5, Gen 6), содержанием волокна (Gen 1, Gen 5), коротким периодом вегетации (Gen 7).

Для тестинга генотипов льна-долгунца использовали индекс устойчивости (SI), отражающий статус растений с учетом их уровня признака и стабильности (Rao et. al., 2004). У представленных популяций данный оценочный критерий варьировал в пределах от 6,9 до 81,2 %, при этом максимальное количество популяций было отнесено к группе со средней устойчивостью (SI = 41,0–60,0 %) по набору изученных показателей (табл. 3).

Таблица 3. Распределение гибридных комбинаций льна-долгунца по индексу устойчивости (SI, Rao et.al., 2004), F_3-F_5
Table 3. Distribution of hybrid fiber flax populations according to sustainability index (SI, Rao et.al., 2004), F_3-F_5

Группа по устойчивости	А	Б	В	Г	Д	Е
Очень низкая, SI = <20,0%	Gen 2	Gen 1	Gen 2, Gen 7	Gen 5	Gen 5	Gen 12
Низкая, SI = <21,0–40,0%	Gen 3	Gen 4, Gen 6	Gen 1, Gen 10	Gen 4, Gen 8	Gen 8, Gen 11	Gen 5, Gen 6
Средняя, SI = 41,0–60,0 %	Gen 1, Gen 5, Gen 6, Gen 7, Gen 11, Gen 12	Gen 2, Gen 7, Gen 8, Gen 10, Gen 11, Gen 12	Gen 3, Gen 4, Gen 9, Gen 12	Gen 3, Gen 6, Gen 7, Gen 10, Gen 12	Gen 1, Gen 2, Gen 3, Gen 7, Gen 9, Gen 10	Gen 2, Gen 3, Gen 4, Gen 7, Gen 8, Gen 9, Gen 11
Высокая, SI = 61,0–80,0 %	Gen 4, Gen 8, Gen 9, Gen 10	Gen 5, Gen 9	Gen 6, Gen 8, Gen 11	Gen 1, Gen 2, Gen 11, Gen 9	Gen 4, Gen 6, Gen 12	Gen 1, Gen 10
Очень высокая, SI = >80,0 %	–	Gen 3	Gen 5	–	–	–

Примечание. Высота растений (А), длина соцветия (Б), число коробочек (В), число семян в одной коробочке (Г), содержание волокна (Д), период вегетации (Е).

Выделено незначительное количество популяций с высокой устойчивостью по высоте растений и числу семян в одной коробочке (33,3 %), числу коробочек, содержанию воло-

на (25,0 %), длине соцветия и периоду вегетации (16,6 %), из которых представляют дальнейшую ценность популяции Gen 1, Gen 2, Gen 4. По комплексной диагностике в группе

очень высокоустойчивых ($SI = >80,0\%$) генотипов были отмечены гибридные популяции Gen 3, Gen 5.

Полученные результаты по изученным гибридным комбинациям обрабатывали с использованием индекса отбора генотипа (GSI) (табл. 3). Согласно данному методическому подходу наибольшую значимость имеют генотипы с минимальным значением индекса (Mohammadi et.al., 2008).

Были выделены группы как стабильных ($GSI = >0$), так и нестабильных популяций ($GSI = <0$) льна-долгунца. Следует отметить комбинации с максимальным уровнем проявления признаков. Например, высокорослостью и меньшим периодом вегетации характеризовалась одна популяция – Gen 1; по длине соцветия – Gen 5, Gen 6, числу коробочек – Gen 1, Gen 2; числу семян в одной коробочке – Gen 5, Gen 8; содержанию волокна – Gen 1, Gen 5, которые можно рекомендовать для дальнейшего селекционного использования (табл. 4).

Таблица 4. Распределение гибридных комбинаций льна-долгунца по стабильности (метод Mohammadi et.al., 2008), F_3-F_5

Table 4. Distribution of hybrid fiber flax populations according to stability (Mohammadi et. al., 2008 method), F_3-F_5

Группа	А	Б	В	Г	Д	Е
Стабильные, $GSI = >0$	Gen 1, Gen 5, Gen 7	Gen 2, Gen 5, Gen 6, Gen 10	Gen 1, Gen 2, Gen 5, Gen 9	Gen 1, Gen 5, Gen 8	Gen 1, Gen 5, Gen 9	Gen 1, Gen 3, Gen 5, Gen 11, Gen 12
Нестабильные, $GSI = <0$	Gen 2, Gen 3, Gen 4, Gen 6, Gen 8, Gen 9, Gen 10, Gen 11, Gen 12	Gen 1, Gen 3, Gen 4, Gen 7, Gen 8, Gen 9, Gen 11, Gen 12	Gen 3, Gen 4, Gen 6, Gen 7, Gen 8, Gen 10, Gen 11, Gen 12	Gen 2, Gen 3, Gen 4, Gen 6, Gen 7, Gen 9, Gen 10, Gen 11, Gen 12	Gen 2, Gen 3, Gen 4, Gen 6, Gen 7, Gen 8, Gen 10, Gen 11, Gen 12	Gen 2, Gen 4, Gen 6, Gen 7, Gen 8, Gen 9, Gen 10

Примечание. Высота растений (А), длина соцветия (Б), число коробочек (В), число семян в одной коробочке (Г), содержание волокна (Д), период вегетации (Е).

Выявление генотипов с высокими адапто-продукционными показателями является важной частью при создании новых сортов льна (Dhirhi et. al., 2019; Попова и др., 2019). Выделен ряд популяций, характеризующихся данной комплексностью, установленной согласно используемым критериям, что указывает на возможность отбора генотипов, представляющих наибольший интерес в данном агроэкологическом пункте.

Выводы. Таким образом, согласно результатам исследований установлены значимости ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$) генотипа (16,1–40,0 %), среды (16,9–41,6 %), взаимодействия генотипа и среды (26,4–48,5 %) при реализации общей фенотипической изменчивости тестируемых показателей. Выявлены группы различных

популяций льна-долгунца по отзывчивости на изменчивость условий выращивания и стабильности, из которых наибольшую ценность для дальнейшего отбора представляют Gen 1, Gen 3, Gen 5, Gen 6, Gen 7, Gen 9, Gen 11. По индексу устойчивости (SI) выделены популяции Gen 1, Gen 2, Gen 5, Gen 6, Gen 8. Отобраны ценные генотипы льна-долгунца для дальнейшего селекционного использования по индексу GSI: Gen 1, Gen 2, Gen 5, Gen 6, Gen 8. Для селекционной работы наибольший интерес представляют гибридные популяции Gen 1, Gen 2, Gen 5, Gen 6, для которых характерны максимальный уровень фенотипического проявления признака и свойств адаптивности при экологическом изучении в условиях Тюменской области.

Библиографический список

1. Рожмина Т. А., Рыжов А. И., Куземкин И. А., Киселева Т. С. Внутривидовое разнообразие льна культурного (*Linum usitatissimum* L.) и его роль в решении проблемы создания отечественной сырьевой базы // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 12. С. 17–20.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 352 с.
3. Королёв К. П., Боме Н. А. Оценка генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) по экологической адаптивности и стабильности в условиях северо-восточной части Беларуси // Сельскохозяйственная биология. 2017. № 52(3). С. 615–621. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.615rus
4. Куземкин И. А., Рожмина Т. А. Скрининг образцов коллекции льна-долгунца по урожайности и параметрам адаптивности в условиях Северо-Западного региона // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23(5). С. 666–674. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.5.666-674
5. Кутузова С. Н., Пороховинова Е. А., Брач Н. Б., Павлов А. Н. Мировой генофонд льна-долгунца ВИР и селекция устойчивых к ржавчине сортов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181(2). С. 57–64. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-57-64
6. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / под общ. ред. В. З. Богдана. Устье: РНДУП «Ин-т льна», 2011. 12 с.
7. Попова Г. А., Рогальская Н. Б., Трофимова В. М. Мировые генетические ресурсы льна коллекции ВИР в создании сортов Томской селекции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53, № 4. С. 34–47. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-4-4

8. Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Уткина С. В., Романова Н. В. Скрининг сортообразцов льна-долгунца коллекции ВИР по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Западного региона // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. № 21(2). С. 141–150. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.141-151
9. Трабурова Е. А., Рожмина Т. А. Изучение коллекционных образцов коллекции льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32, № 11. С. 40–42. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11110
10. Ущеповский И. В., Лемеш В. А., Богданова М. В., Гузенко Е. В. Особенности селекции и перспективы применения молекулярно-генетических методов в генетико-селекционных исследованиях льна (*Linum usitatissimum* L.) // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51, № 5. С. 602–616.
11. Dhirhi N., Mehta N. Estimation of genetic variability and correlation in F_2 segregating generation in linseed (*Linum usitatissimum* L.) // *Plant Archives*. 2019. Vol. 19, №. 1. P. 475–484.
12. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties // *Crop Science*. 1966. Vol. 6, P. 36–40.
13. Langyan S., Yadava Khan F. N., Sharma S., Singh R., Bana R. S., Kumar A. Trends and advances in pre- and post-harvest processing of flaxseed oil for quality food and health products // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023. P. 1–24. DOI: 10.1080/10408398.2023.2280768
14. Mohammadi R., Amri A. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments // *Euphytica*. 2008. Vol. 159, P. 419–432. DOI: 10.1007/s10681-007-9600-6
15. Rao M., Lakshmikantha R. G., Kulkarni R. S., Lalitha Reddy S. S., Ramesh S. Stability analysis of sunflower hybrids through non-parametric model // *Helia*. 2004. Vol. 27, P. 59–66. DOI: 10.2298/HEL0441059R

References

1. Rozhmina T. A., Ryzhov A. I., Kuzemkin I. A., Kiseleva T. S. Vnutrividovoe raznoobrazie l'na kul'turnogo (*Linum usitatissimum* L.) i ego rol' v reshenii problemy sozdaniya otechestvennoi syr'evoi bazy [Intraspecific diversity of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.) and its role in solving the problem of developing a domestic raw material base] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2017. T. 31, № 12. S. 17–20.
2. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
3. Korolev K. P., Bome N. A. Otsenka genotipov l'na-dolguntsa (*Linum usitatissimum* L.) po ekologicheskoi adaptivnosti i stabil'nosti v usloviyakh severo-vostochnoi chasti Belarusi [Estimation of flax genotypes (*Linum usitatissimum* L.) for environmental adaptability and stability in the conditions of the north-eastern part of Belarus] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2017. № 52(3). S. 615–621. DOI: 10.15389/agrobiologiya.2017.3.615rus
4. Kuzemkin I. A., Rozhmina T. A. Skrinig obraztsov kollektzii l'na-dolguntsa po urozhainosti i parametram adaptivnosti v usloviyakh Severo-Zapadnogo regiona [Screening of flax collection samples for productivity and adaptability parameters in the North-West region] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2022. № 23(5). S. 666–674. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.5.666-674
5. Kutuzova S. N., Porokhovina E. A., Brach N. B., Pavlov A. N. Mirovoi genofond l'na-dolguntsa VIR i selektsiya ustoychivyykh k rzhavchine sortov [World gene pool of flax of VIR and breeding of rust-resistant varieties] // *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*. 2020. № 181(2). С. 57–64. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-57-64
6. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kollektzii l'na (*Linum usitatissimum* L.) [Methodical recommendations for studying the flax collection (*Linum usitatissimum* L.)] / pod obshch red. V. Z. Bogdana. Ust'e: RNDUP «In-t l'na», 2011. 12 s.
7. Popova G. A., Rogal'skaya N. B., Trofimova V. M. Mirovye geneticheskie resursy l'na kollektzii VIR v sozdanii sortov Tomskoi selektsii [World genetic resources of flax of the VIR collection in developing varieties of Tomsk breeding] // *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2023. T. 53, № 4. S. 34–47. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-4-4
8. Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Utkina S. V., Romanova N. V. Skrinig sortoobraztsov l'na-dolguntsa kollektzii VIR po urozhainosti l'novolokna i parametram adaptivnosti v usloviyakh Severo-Zapadnogo regiona [Screening of flax variety samples of the VIR collection according to flax fiber yield and adaptability parameters in the North-West region] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2020. № 21(2). S. 141–150. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.141-151
9. Traburova E. A., Rozhmina T. A. Izuchenie kollektсионnykh obraztsov kollektzii l'na-dolguntsa (*Linum usitatissimum* L.) [Study of flax collection samples (*Linum usitatissimum* L.)] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018. Т. 32, № 11. С. 40–42. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11110
10. Ushchapovskii I. V., Lemesh V. A., Bogdanova M. V., Guzenko E. V. Osobennosti selektsii i perspektivy primeneniya molekulyarno-geneticheskikh metodov v genetiko-selektsionnykh issledovaniyakh l'na (*Linum usitatissimum* L.) [Features of breeding and prospects of application of molecular genetic methods in genetic and breeding studies of flax (*Linum usitatissimum* L.)] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2016. Т. 51, № 5. С. 602–616.
11. Dhirhi N., Mehta N. Estimation of genetic variability and correlation in F_2 segregating generation in linseed (*Linum usitatissimum* L.) // *Plant Archives*. 2019. Vol. 19, №. 1. P. 475–484.
12. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties // *Crop Science*. 1966. Vol. 6, P. 36–40.

13. Langan S., Yadava Khan F. N., Sharma S., Singh R., Bana R. S., Kumar A. Trends and advances in pre- and post-harvest processing of flaxseed oil for quality food and health products // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2023. P. 1–24. DOI: 10.1080/10408398.2023.2280768

14. Mohammadi R., Amri A. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments // Euphytica. 2008. Vol. 159, P. 419–432. DOI: 10.1007/s10681-007-9600-6

15. Rao M., Lakshmikantha RG., Kulkarni RS., Lalitha Reddy SS., Ramesh S. Stability analysis of sunflower hybrids through non-parametric model // Helia. 2004. Vol. 27, P. 59–66. DOI: 10.2298/HEL0441059R

Поступила: 31.10.24; доработана после рецензирования: 16.12.24; принята к публикации: 19.12.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Королёв К. П. – сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Одинцева Д. В. – сбор и анализ данных; Якубенко А. Н. – сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.