

ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ *LINUM USSITATISSIMUM* L.
В ТАЕЖНОЙ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИPOTENTIAL OF *LINUM USSITATISSIMUM* L. VARIETIES
IN THE TAIGA AGROECOLOGICAL ZONE OF THE TYUMEN REGION

Ключевые слова: лён, генотип, среда, продуктивность, фитопатогены, устойчивость к полеганию.

Представлены результаты экологического тестинга 6 генотипов льна-долгунца в условиях таежной агроэкологической зоны Тюменской области. Цель исследований заключалась в их изучении по основным селекционно ценным признакам и свойствам в данном экологическом пункте. Выявлено максимальное достоверное влияние средовых условий (фактор В) на урожайность соломы (63,1%). Формирование урожайности семян, тресты и волокна обуславливало взаимодействие генотипа со средой (43,1-56,8%). Генотипические особенности имели значимость при формировании урожайности соломы (20,3%) и волокна (30,1%). Климатические условия были благоприятны для получения высокорослых растений льна-долгунца (91,9 см в среднем по набору), из которых отмечены G6 (97,3 см), G1 (96,1 см), G3 (90,1 см). В качестве перспективных генотипов для получения максимальной урожайности соломы в данном пункте можно рекомендовать G1 (466,9 г/м²), G3 (563,3 г/м²), урожайности тресты – G3 (504,2 г/м²), G1 (391,2 г/м²), урожайности волокна – G3 (154,3 г/м²), G1 (124,8 г/м²); урожайности семян – G4 (89,8 г/м²), G5 (57,1 г/м²), G1 (55,1 г/м²). Из фитопатогенных микроорганизмов на растениях льна отмечали поражение фузариозным увяданием (R= 4,1-10,1%). Наибольшей устойчивостью к данной болезни (1-я и 2-я группы, 4 балла шкалы) характеризовались G6 (R=5,3%), G1 (R=6,0%), G5 (R=6,9%). Установлено, что степень полегания была низкой, из генотипов по данному показателю следует отметить G1 (4,6 балла), G5 (4,7 балла). Корреляционный анализ выявил наличие достоверных ($p < 0,05$, $n=2$) связей между высотой растений и урожайностью соломы ($r=0,72^*$) и тресты ($r=0,52^*$), урожайность волокна определялась урожайностью соломы ($r=0,60^*$) и тресты ($r=0,80^*$). Устойчи-

вость к полеганию отчасти была обусловлена высотой растений ($r=0,38^*$).

Keywords: flax, genotype, environment, productivity, phytopathogens, lodging resistance.

The results of environmental testing of six flax genotypes in the taiga agroecological zone of the Tyumen Region are discussed. The research goal was to study the genotypes regarding the most important characters of breeding value at this ecological point. The maximum significant influence of the environmental conditions (Factor B) on straw yield (63.1%) was found. The interaction between genotype and environment (43.1-56.8%) determined the formation of seed, stem and fiber yields. The genotypic characteristics were significant in formation of straw yield (20.3%) and fiber yield (30.1%). The climatic conditions were favorable for the growth of tall fiber flax plants (91.9 cm on average); the genotypes G6 (97.3 cm), G1 (96.1 cm), and G3 (90.1 cm) were distinguished. The most promising genotypes for maximum straw yield at this ecological point are G1 (466.9 g m⁻²), G3 (563.3 g m⁻²); flax stem yield - G3 (504.2 g m⁻²), G1 (391.2 g m⁻²); flax fiber yield - G3 (154.3 g m⁻²), G1 (124.8 g m⁻²); seed yield - G4 (89.8 g m⁻²), G5 (57.1 g m⁻²), G1 (55.1 g m⁻²). Fusarium wilt (R = 4.1-10.1%) was the most common phytopathogenic microorganism affecting flax plants. The genotypes G6 (R = 5.3%), G1 (R = 6.0%), and G5 (R = 6.9%) revealed the highest resistance to this disease (groups 1 and 2; 4 score points). It was found that the lodging degree was low; and regarding this character, the genotypes G1 (4.6 score points) and G5 (4.7 score points) should be distinguished. The correlation analysis showed significant ($p < 0.05$, $n=2$) relations of plant height and straw yield ($r = 0.72^*$) and flax stem yield ($r = 0.52^*$); fiber yield was determined by straw yield ($r = 0.60^*$) and flax stem yield ($r = 0.80^*$). Lodging resistance was partially determined by plant height ($r = 0.38^*$).

Королёв Константин Петрович, к.с.-х.н., науч. сотр., Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Российская Федерация, e-mail: corolev.konstantin2016@yandex.ru.

Korolev Konstantin Petrovich, Cand. Agr. Sci., Researcher, University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation, e-mail: corolev.konstantin2016@yandex.ru.

Введение

Проблема повышения урожайности сортов культурных растений может реализовываться при учете их адаптивных свойств, прежде всего

через призму генотип-средовых взаимодействий [1-3]. Степень проявления фенотипических особенностей может ограничиваться их ответной реакцией на лимитирующие факторы в более

благоприятных условиях выращивания, при этом в различных средах при экологическом тестинге сорта могут вести себя неоднозначно, что обуславливает необходимость подбора конкретных сортов для определенных почвенно-климатических условий [2-4].

Лен (*Linum ussitatissimum* L.) является ценным культурным растением многостороннего использования, который широко возделывается на многих континентах мира [5, 6]. Большинство производителей льноволокна, семян и масла сосредоточено в Китае, США, Бельгии [7].

Возрастающие потребности в семенах льна и продуктах его переработки обуславливаются растущим спросом к продуктам питания, обладающих высокими вкусовыми свойствами, оптимальным составом и улучшенной питательной ценностью [8].

В Тюменской области посевы его незначительны, что может быть обусловлено отсутствием новых адаптированных сортов, обеспечивающих получение высокой продуктивности.

Целью исследований являлось изучение сортов различного эколого-географического происхождения.

Задачи: выявить ответные реакции на климатические условия по основным селекционно-ценным признакам; определить уровень продуктивности в данной зоне, устойчивости; выделить лучшие из них для рекомендации в селекционно-генетических исследованиях, а также для сельскохозяйственного производства.

Объект, методы и условия

В качестве объекта исследования выступали сорта льна-долгунца Томский-16 (G1), Грант (G2), Alizee (G3), Betertelsdorf 6884/60 (G4), Дукат (G5), Маяк (G6). Полевое изучение генотипов выполняли в таежной агроэкологической зоне (Тюменская область, Тобольский район, опытный участок, Тобольская КНС УрО РАН, 58°11' с.ш., 68°15' в.д., высота над ур. м. 83 м). Учетная площадь делянки – 3 м². Тип почвы – дерново-подзолистая, легкосуглинистая. Повторность опытов – трехкратная. Размещение делянок рандомизированное.

Периоды исследований различались по водо- и теплообеспеченности, что позволило более полно оценить их потенциал, выявить наиболее адаптивные, продуктивные. Согласно гидротермическому коэффициенту условия в период вегетации растений льна были от слабо засушли-

вых (ГТК=1,1-1,3) до влажных (ГТК=1,4). Закладку полевых опытов, соответствующие учеты и наблюдения проводили согласно Методическим рекомендациям [9]. Статистическую обработку данных выполняли согласно методике Б.А. Доспехова [10].

Результаты исследований и их обсуждение

Выявление эффектов генотип-средовых взаимодействий может внести вклад в развитие стратегии адаптивной селекции и технологии выращивания растений в новых регионах, контрастных по почвенным, климатическим и иным ограничивающим факторам [11]. Использование статистических методов оценки генотипов позволяет более достоверно оценить потенциал сортов и выявить наилучшие из них, максимально сочетающих как продуктивные, так и адаптивные свойства.

Полученные результаты полевого тестирования различных сортов льна были подвергнуты математической обработке с использованием дисперсионного анализа (ANOVA), согласно которому достоверно доказаны вклад генотипа ($p < 0,05$, $p < 0,01$), среды ($p < 0,05$) и их взаимодействий ($p < 0,05$) в формирование изучаемых признаков у сортов льна-долгунца (табл. 1).

Определяющим показателем любого сорта является урожайность, на формирование которой оказывают влияние различные факторы [12-13]. В условиях таежной зоны Тюменской области реакция сортов была неоднозначной (рис.). Долевое участие генотипа (фактор А) в общей фенотипической изменчивости варьировало от 16,5% (урожайность семян) до 30,0% (урожайность волокна).

Средовые условия (фактор В) оказывали непосредственное влияние на урожайность (35,6-63,1%). Генотип-средовое взаимодействие (фактор АхВ) было превалирующим у сортов по урожайности тресты и семян (26,5-43,1%).

Получение высокой продуктивности в контрастных почвенно-климатических условиях является важным звеном в адаптивной стратегии выращивания [14-16]. Среднесортная урожайность соломы сформирована на уровне 444,9 г/м², из наиболее продуктивных следует назвать Alizee (G3) и Томский-16 (G1) с показателями 563,3±8,45 – 466,9±10,30 г/м² соответственно. В данном экологическом пункте урожайность тресты была на уровне 377,6 г/м². У G3 и G1 она максимальная (504,2±15,32-

391,2±10,44 г/м²). По урожайности волокна отмечены G1, G3, G2. Идентифицированы генотипы с низкой (33,6±9,02 г/м², G3) и высокой (89,8±10,21 г/м², G4) урожайностью семян, при 53,5 г/м² в среднем по всей группе генотипов. Неоднозначность фенотипических реакций на экологический фактор указывает на необходимость подбора сортов, обеспечивающих как высокую урожайность, так и стабильность ее проявления. Условия выращивания наряду с генетическими особенностями (34,2-41,6%) способствовали получению высокорослых растений (91,9 см) при максимальных достоверных значениях у образцов G6 (97,3±4,66 см) и G1 (96,1±3,58 см).

Проблема устойчивости сортов льна к наиболее вредоносным фитопатогенам являет-

ся крайне актуальной [12, 13, 16]. В полевых условиях отмечали поражение фузариозным увяданием (возб. *Fusarium oxysporum*) в течение всей вегетации, но максимальное его значение выявили в период цветения (табл. 2).

Согласно методике [9] сорта со степенью развития болезни до 20,0% считаются устойчивыми. В нашем случае все сорта отнесены к этой группе. При этом следует отметить G6 (R=5,3%), G1 (R=6,0%), G5 (R=6,9%), представляющие наибольший практический интерес. Распространённость фузариозного увядания также была неравномерной и составила в среднем от 14,3-28,6%. Меньшим значением показателя характеризовались G1, G6.

Таблица 1

Результаты многофакторного дисперсионного анализа

Источник варьирования	Число степеней свободы (d.f.)	Средний квадрат (M.S.)	Критерий Фишера		
			F _{факт}	F _{теор.}	
				0,05	0,01
Урожайность льносоломы					
Генотип (фактор А)	5	45,63	6,21*	4,68	9,89
Среда (фактор В)	2	110,81	20,20*	19,41	99,42
Взаимодействие генотип-среда (фактор АхВ)	4	97,63	13,55*	5,91	14,37
Случайное (фактор С)	12	10,24	-	-	-
Урожайность тресты					
Генотип (фактор А)	5	94,11	8,99*	4,68	9,89
Среда (фактор В)	2	123,38	30,34*	19,41	99,42
Взаимодействие генотип-среда (фактор АхВ)	4	89,27	11,93*	5,91	14,37
Случайное (фактор С)	12	32,42	-	-	-
Урожайность волокна					
Генотип (фактор А)	5	100,35	8,23*	4,68	9,89
Среда (фактор В)	2	115,36	45,16*	19,41	99,42
Взаимодействие генотип-среда (фактор АхВ)	4	44,47	7,44*	5,91	14,37
Случайное (фактор С)	12	13,36	-	-	-
Урожайность семян					
Генотип (фактор А)	5	53,98	10,52**	4,68	9,89
Среда (фактор В)	2	66,39	27,13*	19,41	99,42
Взаимодействие генотип-среда (фактор АхВ)	4	128,23	16,26**	5,91	14,37
Случайное (фактор С)	12	16,36	-	-	-
Высота растений					
Генотип (фактор А)	5	26,87	3,15	4,68	9,89
Среда (фактор В)	2	84,19	20,04*	19,41	99,42
Взаимодействие генотип-среда (фактор АхВ)	4	43,51	16,02**	5,91	14,37
Случайное (фактор С)	12	9,60	-	-	-

Примечание. Достоверно при *p<0,05; **p<0,01.

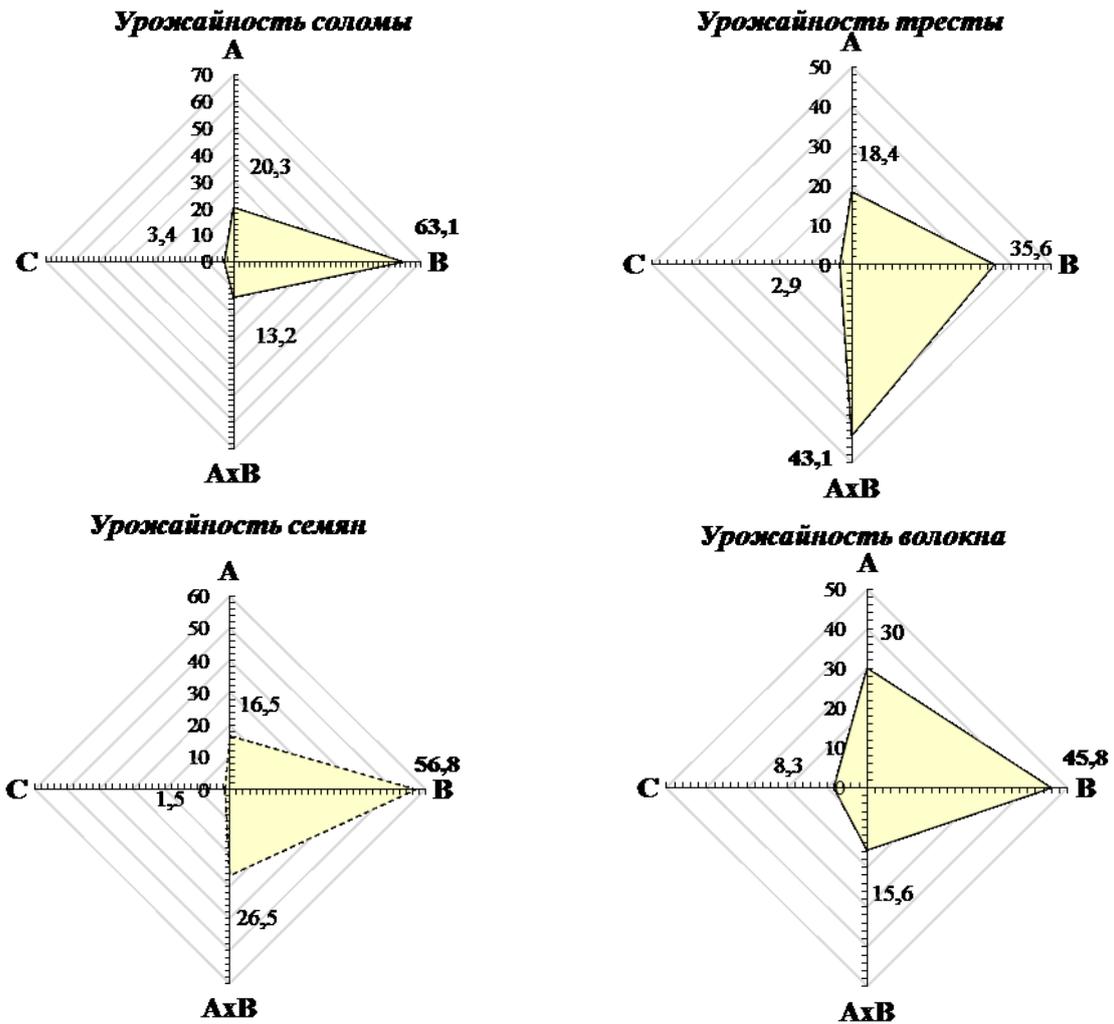


Рис. Вклад различных факторов в формирование урожайности в условиях таежной агроэкологической зоны Тюменской области, %: фактор А – генотип, В – среда; А х В – взаимодействие генотип х среда, С – случайный

Таблица 2
Характеристика сортов льна-долгунца по отношению к поражению фузариозным увяданием, ф. цветение, Тобольский р-н, Тюменская обл.

Код генотипа	Степень развития болезни, R, %			Распространённость болезни, P, %		
	min	max	$X \pm S_x$	min	max	$X \pm S_x$
G1	2,3±0,05*	8,7±0,11*	6,0±0,21**	9,4±1,30*	24,5±0,15	9,02±0,58**
G2	1,9±0,12**	12,5±0,95*	13,3±1,05*	15,8±1,45	23,4±1,27	18,8±1,12
G3	4,6±0,01	10,4±0,15	8,1±0,25*	20,2±1,05*	25,5±4,61*	21,6±1,98*
G4	1,7±0,10*	12,6±0,69*	9,9±0,55*	10,3±2,20*	15,1±2,59*	12,6±2,14*
G5	2,1±0,14*	9,9±0,17	6,9±0,12**	9,5±0,98*	13,8±1,06*	11,1±0,73*
G6	1,6±0,28**	7,5±0,25*	5,3±0,10*	8,3±0,60**	11,2±2,01*	9,2±1,45**
$X \pm S_x$	4,1±0,31	10,7±0,44	10,1±0,05*	14,3±0,05*	21,8±0,05	16,2±0,05**

Примечание. Достоверно при * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. Генотипы: G1 (Томский-16), G2 (Грант), G3 (Alizee), G4 (Beter-telsdorf 6884/60), G5 (Дукат), G6 (Маяк).

Фенотипические ответные реакции к полеганию также оказывают большое влияние на формирование высокопродуктивного агрофитоценоза льна. В период вегетации растений льна отмечали полегание в период цветения и перед

уборкой. По усреднённым данным, варьирование признака было от 3,5 до 5,0 баллов. В соответствии с общепринятой шкалой сорта были отнесены к устойчивой группе, из которых следует отметить G1 (4,6 балла), G5 (4,7 балла).

Для выявления сортов с комплексом хозяйственно-ценных признаков проводили их оценку методом баллового ранжирования (табл. 3).

К генотипам с максимально набранным количеством баллов были отнесены G1 (26), G4 (22) G3 (20). Согласно ранговому распределению сформированы первая (G1, G1 G1), вторая (G1, G1), третья (G1, G1) группа генотипов. Для селекции и практического использования наибольшую практическую значимость имеют сорта первой группы (G1, G3 G4), имеющие в

своем генотипе наиболее полное сочетание изученных признаков.

С целью выявления взаимосвязи между признаками выполняли корреляционный анализ. Достоверно ($p < 0,05$) установлено, что урожайность соломы, тресты и волокна определялась высотой растений ($r = 0,40-0,72$), урожайность соломы имела достоверную прямую связь с урожайностью тресты и волокна ($r = 0,60-0,78$). Выявлены слабые связи между устойчивостью к полеганию и высотой растений ($r = 0,38$).

Таблица 3

Итоги баллового ранжирования генотипов льна по изученным признакам

Код генотипа	Сумма баллов	Ранг	К среднему по набору генотипов		
			+/-		%
			балл	к рангу 1	балл
G1	26	1	+8	-	144,4
G2	13	3	-5	-2	72,2
G3	20	2	+2	-1	111,1
G4	22	2	+4	-1	122,2
G5	14	3	-4	-2	77,7
G6	14	3	-4	-2	77,7

Примечание. Генотипы: G1 (Томский-16), G2 (Грант), G3 (Alizee), G4 (Betertelsdorf 6884/60), G5 (Дукат), G6 (Маяк).

Таблица 4

Корреляционная матрица взаимосвязей между изучаемыми признаками у образцов льна-долгунца

Признаки	А	Б	В	Г	Д	Е
А	-	0,72*	0,52*	0,40*	-0,15	0,38*
Б	-	-	0,78*	0,60*	-0,22	0,21
В	-	-	-	0,80*	-0,19	0,02
Г	-	-	-	-	0,08	0,10
Д	-	-	-	-	-	0,26
Е	-	-	-	-	-	-

Примечание. А – высота растений, Б – урожайность соломы, В – урожайность тресты, Г – урожайность волокна, Д – развитие фузариозного увядания, Е – полегание растений. Коэффициент корреляции достоверен при $p < 0,05^*$, $n=2$.

Заключение

1. На основании полевого тестирования генотипов льна были выявлены неоднозначные ответные реакции на экологический фактор. При подборе сортов для данной зоны следует учитывать определяющую роль средовых условий (45,8-63,1%) в проявлении урожайности.

2. Комплексный анализ сортов с использованием различных подходов позволил выделить различные группы сортов по параметрам продуктивности и устойчивости. Выявлено, что у 33,3% из них определена высокая урожайность соломы, тресты, у 16,6% волокна, у 50,0%

урожайности семян. Формирование полноценных семян в данной зоне позволяет говорить о возможности создания собственной семеноводческой сети.

3. Представленная группа генотипов в изученной агроэкологической зоне характеризовалась высокой устойчивостью к фузариозному увяданию ($R = 10,1 \pm 0,05\%$) и полеганию (4,0-5,0 балла). Больше устойчивостью к фузариозному увяданию характеризовались 50,0% сортов, к полеганию – 66,6 %, которые можно рекомендовать к дальнейшему использованию.

Библиографический список

1. Flis, B., Domański, L., Zimnoch-Guzowska, E., et al. (2014). Stability Analysis of Agronomic Traits in Potato Cultivars of Different Origin. *American Journal of Potato Research*. 91. 404-413. DOI: 10.1007/s12230-013-9364-6.
2. Daemo, B., Belew, D., Beyene, T., et al. (2023). AMMI and GGE Biplot Analyses for Mega Environment Identification and Selection of Some High-Yielding Cassava Genotypes for Multiple Environments. *International Journal of Agronomy*. 2023. 1-13. DOI: 10.1155/2023/6759698.
3. Gebrie, G., Bitew, M., Abebe, D., et al. (2022). Adaptation and Performance Evaluation of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties in Guagusa-shikudad District of North western Ethiopia. *Asian Journal of Plant Sciences*. 10. 64-68. <https://www.imedpub.com/articles/adaptation-and-performance-evaluation-of-bread-wheat-triticum-aestivum-l-varieties-in-guagusashikudad-district-of-north-western-eth.php?aid=33617>.
4. Darkwa, K., Demissie, D.A., Mohammed, H., et al. (2016). Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia. *Crop Journal*. 4. DOI: 10.1016/j.cj.2016.06.007.
5. Kaur, P., Sharma, P., Kumar, V., et al. (2017). Effect of addition of flaxseed flour on nutritional, physicochemical, phytochemical and antioxidant properties of cookies. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 18. DOI: 10.1016/j.jssas.2017.12.004.
6. Hu, Y., Shim, Y., Reaney, M. (2020). Flaxseed Gum Solution Functional Properties. *Foods*. 9. DOI: 681. 10.3390/foods9050681.
7. Fan, L., Xu, J., Guan, X., et al. (2023). Developing radio frequency pretreatment technology for improving yield and quality of flaxseed oil extractions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 86. 103363. DOI: 10.1016/j.ifset.2023.103363.
8. Kajla, P., Sharma, A., Sood, D.R. (2015). Flaxseed - a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (4), 1857–1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>.
9. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / В. З. Богдан [и др.]; под общ. редакцией В. З. Богдана / Устье: РНДУП «Ин-т льна», 2011. – 12 с. – Текст: непосредственный.
10. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат. – 1985. – 351 с. – Текст: непосредственный.
11. Ajay C., Ramya K., Abdul F., et al. (2021). R-AMMI-LM: Linear-fit Robust-AMMI model to analyze genotype-by environment interactions. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 81. 87-92. DOI: 10.31742/IJGPB.81.1.9.
12. Корепанова, Е. В. Экологическая пластичность сортов льна-долгунца в условиях Среднего Предуралья / Е. В. Корепанова, И. Ш. Фатыхов. – Текст: электронный // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 27-30. – URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18300883> (дата обращения: 15.06.2023 г.).
13. Королёв, К. П. Оценка генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) по экологической адаптивности и стабильности в условиях северо-восточной части Беларуси / К. П. Королёв, Н. А. Боме. – Текст: электронный // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – № 52 (3). – С. 615-621. – URL: <http://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus>.
14. Кильчевский, А.В. Генетико-экологические основы селекции растений / А. В. Кильчевский. – Текст: электронный // Информационный вестник ВОГиС. – 2005. – № 9 (4). – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9127861> (дата обращения: 03.01.2024 г.).
15. Жученко, А. А. мл. Мобилизация генетических ресурсов льна / А. А. Жученко мл., Т. А. Рожмина. – Старица, 2000. – 224 с. – Текст: непосредственный.
16. Брач, Н. Б. Внутривидовое разнообразие льна (*Linum usitatissimum* L.) и его использование в генетических исследованиях и селекции: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук: 03.00.15; 06.01.05 / Брач Нина Борисовна / ГНУ «ГНЦ РФ ВНИИР им. Н. И. Вавилова». – Санкт-Петербург, 2007. – 38 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Flis, B., Domański, L., Zimnoch-Guzowska, E., et al. (2014). Stability Analysis of Agronomic Traits in Potato Cultivars of Different Origin. *American Journal of Potato Research*. 91. 404-413. DOI: 10.1007/s12230-013-9364-6.
2. Daemo, B., Belew, D., Beyene, T., et al. (2023). AMMI and GGE Biplot Analyses for Mega Environment Identification and Selection of Some High-Yielding Cassava Genotypes for Multiple Environments. *International Journal of Agronomy*. 2023. 1-13. DOI: 10.1155/2023/6759698.
3. Gebrie, G., Bitew, M., Abebe, D., et al. (2022). Adaptation and Performance Evaluation of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties in Guagusa-shikudad District of North western Ethiopia. *Asian Journal of Plant Sciences*. 10. 64-68. <https://www.imedpub.com/articles/adaptation-and-performance-evaluation-of-bread-wheat-triticum-aestivum-l-varieties-in-guagusashikudad-district-of-north-western-eth.php?aid=33617>.
4. Darkwa, K., Demissie, D.A., Mohammed, H., et al. (2016). Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia. *Crop Journal*. 4. DOI: 10.1016/j.cj.2016.06.007.
5. Kaur, P., Sharma, P., Kumar, V., et al. (2017). Effect of addition of flaxseed flour on nutritional, physicochemical, phytochemical and antioxidant properties of cookies. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 18. DOI: 10.1016/j.jssas.2017.12.004.
6. Hu, Y., Shim, Y., Reaney, M. (2020). Flaxseed Gum Solution Functional Properties. *Foods*. 9. DOI: 681. 10.3390/foods9050681.
7. Fan, L., Xu, J., Guan, X., et al. (2023). Developing radio frequency pretreatment technology for improving yield and quality of flaxseed oil extractions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 86. 103363. DOI: 10.1016/j.ifset.2023.103363.
8. Kajla, P., Sharma, A., Sood, D.R. (2015). Flaxseed - a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (4), 1857–1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>.
9. Metodicheskie ukazaniia po izucheniiu kolleksii Ina (*Linum usitatissimum* L.) / V.Z. Bogdan [i dr.]; pod obshch red. V.Z. Bogdana / RNDUP «In-t Ina». – Uste, 2011. – 12 s.
10. Dospikhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniia) / B.A. Dospikhov. – Moskva: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
11. Ajay C., Ramya K., Abdul F., et al. (2021). R-AMMI-LM: Linear-fit Robust-AMMI model to analyze genotype-by environment interactions. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 81. 87-92. DOI: 10.31742/IJGPB.81.1.9.
12. Korepanova, E.V. Ekologicheskaiia plastichnost sortov Ina-dolguntsa v usloviakh Srednego Preduralia / E.V. Korepanova, I.Sh. Fatykhov // Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii. – 2012. – No. 4. – S. 27-30.
13. Korolev, K.P. Otsenka genotipov Ina-dolguntsa (*Linum usitatissimum* L.) po ekologicheskoi adaptivnosti i stabilnosti v usloviakh severo-vostochnoi chasti Belarusi / K.P. Korolev, N.A. Bome // Selskokhoziaistvennaia biologiiia. – 2017. – T. 52, No. 3. – S. 615-621. – DOI 10.15389/agrobiology.2017.3.615rus.
14. Kilchevskii, A.V. Genetiko-ekologicheskie osnovy seleksii rastenii / A.V. Kilchevskii // Informatsionnyi vestnik VOGiS. – 2005. – T. 9, No. 4. – S. 518-526.
15. Zhuchenko, A.A. (ml.). Mobilizatsiia geneticheskikh resursov Ina / A.A. Zhuchenko (ml.), T.A. Rozhmina. – Staritsa, 2000. – 224 s.
16. Brach N.B. Vnutrividovoe raznoobrazie Ina (*Linum usitatissimum* L.) i ego ispolzovanie v geneticheskikh issledovaniakh i seleksii: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk: 03.00.15; 06.01.05 / N.B. Brach / GNU «GNTs RF VNIIR im. N. I. Vavilova». – Sankt-Peterburg, 2007. – 38 s.

