

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТИРОВАННОСТЬ ГЕНОТИПОВ ЛЮПИНА ЖЕЛТОГО

Н.В. НОВИК, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0002-3241-9020

М.Г. ДРАГАНСКАЯ*, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0009-0004-3206-1630

М.Ю. АНИШКО, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0002-5803-0507

И.А. ЯКУБ, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0003-0626-4464

П.Ю. ЛИЩЕНКО*, старший научный сотрудник

Н.Н. КИРЮШИНА, младший научный сотрудник, ORCID ID 0009-0001-0869-7207

ВНИИ ЛЮПИНА – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ КОРМОПРОИЗВОДСТВА И
АГРОЭКОЛОГИИ ИМ. В.Р. ВИЛЬЯМСА», Г. БРЯНСК; E-mail: lupin.labzholt@mail.ru
* НОВОЗЫБКОВСКАЯ СХОС – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ КОРМОПРОИЗВОДСТВА И
АГРОЭКОЛОГИИ ИМ. В.Р. ВИЛЬЯМСА», НОВОЗЫБКОВО

Аннотация. Впервые для характеристики генотипов люпина желтого в условиях глобального потепления климата применена Методика оценки агроэкологической адаптированности, разработанная в Самарском федеральном исследовательском центре Российской академии наук. Рассчитан комплексный показатель, позволивший оценить каждый изучаемый образец по его разнообразию откликов на изменения агроклиматических условий года и места возделывания. Сорта и сортообразцы люпина желтого проходили конкурсное испытание в течение трех лет с 2020 года по 2022 год во ВНИИ люпина (г. Брянск) и на Новозыбковской СХОС – филиалы ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», 5 из них испытывались одновременно в обеих агроэкологических точках. Полученные значения агроэкологической адаптированности в группе генотипов, изучавшихся во ВНИИ люпина, находятся в интервале от плюс 23,21 до минус 66,58, изучавшихся на Новозыбковской СХОС – от плюс 24,34 до минус 73,33. По имеющемуся диапазону генотипы были ранжированы и распределены по пяти группам. У трех из пяти образцов, испытывавшихся одновременно в двух агроэкологических точках, отмечено полное совпадение групп агроэкологической адаптивности: сорт Антей характеризуется как сорт с высокой степенью адаптированности, сорт Надежный имеет низкую степень адаптированности, а сорт Владко – очень низкую степень адаптированности. У сортов Булат и Новозыбковский 100 ранжирование по группам не привело к полному совпадению, однако показав высокую степень адаптированности в конкурсном сортоиспытании во ВНИИ люпина, оба сорта сохранили средний уровень адаптированности в условиях Новозыбковской СХОС. Полученные результаты подтверждают приемлемость использования новой методики на люпине желтом, а её применение в селекции люпина поможет в создании новых адаптивных сортов, характеризующихся стабильностью основных признаков урожайности и качества продукции.

Ключевые слова: люпин желтый, селекция, генотип, агроклиматическая адаптированность.

Для цитирования: Новик Н.В., Драганская М.Г., Анишко М.Ю., Якуб И.А., Лищенко П.Ю., Кирюшина Н.Н. Агроэкологическая адаптированность генотипов люпина желтого. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025; 2(54):68-78. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-2-68-78

AGROECOLOGICAL ADAPTIVITY OF YELLOW LUPIN GENOTYPES

Natalia V. Novik, Maria G. Draganskaya*, Mikhail Yu. Anishko, Ivan A. Yakub,

Pavel Yu. Litshenko*, Nadezhda N. Kiryushina

THE ALL-RUSSIAN LUPIN SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE – BRANCH OF THE
FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION &
AGROECOLOGY, Bryansk

* NOVOZYBKOV AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION – BRANCH OF THE
FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION &
AGROECOLOGY, Novozybkov

Abstract: *For the first time the Method for evaluation of agro-ecological adaptivity developed by The Samar Federal center of the Russian academy of sciences was used for the characteristic of the yellow lupin genotypes under the global warming conditions. A complex index was developed; it allows evaluate every tested sample for its variety of responses to the changes of the agro-climatic conditions of the year and cultivation localization. Yellow lupin varieties and breeding lines have been tested in a competition test during three years in 2020-2022 in the All-Russian Research Institute of Lupin (Bryansk) and in the Novozybkov Agricultural Experimental Station – branches of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology; five of them have been tested simultaneously in both agro-ecological sites. The received data of the agro-ecological adaptivity of the genotypes' group tested in the All-Russian Research Institute of Lupin are in the range from 23.21 to - 66.58, and the data of the genotypes tested in the Novozybkov Agricultural Experimental Station – from 24.34 to -73.33. The genotypes have been ranked and distributed for five groups according to the available range. Three samples among five which were tested simultaneously in both agro-ecological sites have the complete concurrence of the groups of agro-ecological adaptivity: the variety Antey is a variety with high adaptivity; the variety Nadezhny has the low adaptivity degree and the variety Vladko has the very low adaptivity degree. The group ranging of the varieties Bulat and Novozybkowsly 100 didn't result in complete concurrence however it demonstrated the high adaptivity degree in the varieties' competition test in the All-Russian Research Institute of Lupin; both varieties kept the moderate adaptivity degree under the conditions of Novozybkov Agricultural Experimental Station. The received results confirm the acceptability of using the new methodology for yellow lupin, and its use for lupin breeding will help to develop new adaptive varieties with stable main characters for yield and production quality.*

Keywords: yellow lupin, breeding, genotype, agro-climatic adaptivity.

Современный сортимент люпина желтого (*Lupinus luteus* L.) с его высоким биологическим и экономическим потенциалом даёт возможность возрождения этой культуры, посевная площадь которой в пятидесятые-шестидесятые годы прошлого столетия в бывшем СССР составляла около 2 млн. га. Это особенно актуально для проблемных почв Нечерноземной зоны России – песчаных и супесчаных с повышенной кислотностью, тем более что другие зернобобовые культуры, особенно соя, в этих условиях не представляют ему серьёзной альтернативы [1].

Экологическая селекция люпина ориентирована на создание адаптивных форм стабильных по основным признакам урожайности и качества продукции. Организованное по инициативе Б.С. Лихачёва экологическое конкурсное испытание селекционного материала люпина в разных почвенно-климатических зонах выявило неоднозначность сортовых реакций на эколого-географические условия. В разных регионах одни и те же генотипы обеспечивали разную урожайность. Ещё более разительной оказалась дифференциация константных форм по продолжительности вегетационного периода, межфазных периодов, габитусу растений, их выживаемости и т.д. В связи с этим был сделан вывод о целесообразности организации зональной оценки селекционного материала, начиная с ранних этапов селекционного процесса [2, 3].

Погодные флуктуации по годам в последние десятилетия, существенно выходящие за пределы среднесноголетних климатических показателей, также вызывают необходимость селекционными методами снижать зависимость урожайности культуры люпина от этого абиотического фактора. Таким образом, и результаты многолетних экологических

испытаний и оценка сортов и сортообразцов в конкретных агроклиматических условиях по годам исследований подтверждают необходимость широкого развития адаптивного подхода в селекции люпина.

Одним из критериев производственной ценности новых сортов является их экологическая устойчивость. Невозможно получить идеальные формы, которые могли бы в любых условиях давать максимальные урожаи, однако возможно создать высокопродуктивные формы с минимальной реакцией на ухудшение агроклиматических условий и максимальной отзывчивостью на улучшение агротехники и складывающиеся благоприятные погодные условия. В виду участвовавших в последние годы проявлений засух и тренда по глобальному потеплению климата задача создания адаптированных к меняющимся факторам среды сортов сельскохозяйственных культур особенно актуальна.

Ранее при оценке экологической устойчивости коллекционного и селекционного материала люпина желтого применялись различные методики, позволяющие вычислять целый ряд показателей. Так, например, А.В. Кильчевский и Л.В. Хотылева (1989) считали целесообразным на ранних этапах селекции использовать простые методы оценки стабильности (в том числе регрессионный подход) и расчет коэффициента вариации генотипа в различных средах. На заключительных этапах селекционного процесса (экологическое и государственное сортоиспытание), а также при изучении коллекционного материала, авторы указывали на возможность применения методов кластерного анализа. При его помощи можно выявить группы генотипов с близкой нормой реакции, а также сред, дающих сходную информацию о генотипах. Такой подход позволял более объективно подойти к выбору исходного материала, оценке полученных сортов, локализации их использования, совершенствованию расположения участков экологического и государственного сортоиспытания и к обоснованному выбору агрофона при оценке генотипов.

Однако многие исследователи сходятся во мнении, что для получения более объективной информации необходимо применять несколько методов и для сравнения пользоваться принципом ранжирования сортов [4, 5].

В последние годы в Самарском федеральном исследовательском центре Российской академии наук был разработан комплексный показатель, характеризующий максимальную агроэкологическую адаптированность генотипов к меняющимся условиям [6]. Исходный материал и создаваемые сорта различных культур теперь могут быть оценены по алгоритму, который суммарно учитывает многие положительные и отрицательные факторы [7, 8, 9]. Такой подход будет способствовать объективной оценке генофонда культурных растений в конкретных условиях, облегчит подбор исходного материала по разнообразию откликов и отбор перспективных сортов в селекционном процессе на этапе конкурсного испытания.

Цель исследований – выявить агроэкологическую адаптивность сортов и сортообразцов люпина желтого, выяснить возможность применения новой методики на культуре люпина желтого.

Материалы и методы

В данной работе приведены результаты оценки агроэкологической адаптированности генотипов люпина желтого, проходивших конкурсное сортоиспытание в течение трех лет (2020-2022гг.) во ВНИИ люпина (г. Брянск) и на Новозыбковской СХОС – филиалы ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», 5 из них испытывались одновременно в обеих агроэкологических точках. Объектом изучения были 8 отечественных сортов, зарегистрированных в Государственном реестре селекционных достижений (Ипутьский, Дружный 165, Надежный, Бригантина, Новозыбковский 100, Булат, Антей, Фрегат), 5 сортов иностранной селекции (Lord, Mister, Кастрычник, Владко, Алтын 4) и 13 перспективных для передачи в государственное испытание селекционных номеров (с.н.) (с.н. ЛМИ-61-18, 12-11-02-2-4-1эп, Р 09-1-7-3, 11-1-00-2-9, Р₂ 11-02-2-4-1, 16-МЗ №5-6, Зеленолистный, Антоциан, СН-14-08, 1477-1-17, 2-13-33, 8-12-236, 5-10-159). Пять сортов испытывались одновременно в обеих агроэкологических точках (Новозыбковский 100, Надежный, Булат, Антей, Владко). Новый сорт Фрегат зеленоукосного типа использования и сорт Ипутьский имеют

индетерминированный тип ветвления и продолжительность вегетационного периода до 114 дней, а сортообразец с.н. 12-11-02-2-4-1эп характеризуется полной блокировкой ветвления (эпигональный морфотип) являясь ультроскороспелым – 85 дней. Остальные сорта и сортообразцы характеризуются частичной блокировкой бокового ветвления на уровне побегов 2-го порядка с продолжительностью вегетационного периода в среднем 95 дней.

Питомники конкурсного сортоиспытания закладывались по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). Повторность опытов 5-ти кратная, размещение вариантов систематическое.

Почва опытных участков во ВНИИ люпина серая лесная легкосуглинистая, развивающаяся на лёссовидном карбонатном суглинке. Мощность пахотного слоя 22-27 см, плотность почвы в слое 0-10 см – 1,24 г/см³, в слое 0-20 см, – 1,3 г/см³. Агрохимическая характеристика слоя 0-20 см: реакция почвенного раствора слабокислая (рН_{сол.} – 5,6); содержание гумуса – 2,43%; содержание подвижного фосфора и обменного калия выше среднего (Р₂О₅ по Кирсанову – 136 мг/1кг почвы, К₂О по Масловой – 167 мг/1кг почвы).

Почвы Новозыбковской СХОС - дерново-подзолистые, песчаные. Мощность пахотного горизонта 17-20 см, содержание гумуса 0,6-1,2%, обменного калия 30-50 и подвижного фосфора 150-170 мг/кг при низкой насыщенности основаниями, рН = 4,5-5,0.

Погодные условия в годы исследований (2020-2022 гг.) резко различались, что позволило оценить адаптивные свойства сортов и форм по всему комплексу экологических характеристик.

ВНИИ люпина. Метеоусловия вегетационных периодов 2020, 2021 и 2022 годов характеризовались следующими показателями: среднемесячная температура в 2020 году – 16,9°C, в 2021 году – 18,6°C, в 2022 году – 17,6°C, при среднемноголетних показателях 16,1°C, осадков выпадало 406 мм, 394 мм и 273 мм соответственно при среднемноголетних показателях 304 мм. Осадки выпадали неравномерно, особенно в 2020 и 2021 годах, когда в мае выпадало в 2,5 и более раза по сравнению с нормой. Июнь в эти годы также характеризовался избыточным выпадением осадков. Так, в третьей декаде июня 2020 года (цветение люпина желтого) осадков выпало в 3,5 раза выше среднемноголетней нормы. В целом за период вегетации люпина ГТК равнялся 2,2 и 2,0 соответственно. В 2020 году избыток осадков на фоне повышенных температур в июне и июле способствовал развитию эпифитотии антракноза и росту заболеваемости другими грибными болезнями люпина. Метеорологическая ситуация вегетационного периода 2021 года характеризовалась как экстремальная, т.к. отличалась поздней весной и неблагоприятными погодными условиями для большинства фаз развития люпина желтого. Поздний срок посева спровоцировал эпифитотийное распространение вирусных болезней, а избыточное и частое выпадение осадков, зачастую ливневого характера, благоприятствовало развитию антракноза и способствовало полегам культуры. Метеорологическая ситуация вегетационного периода 2022 года была в целом благоприятной. Однако, поздняя и холодная весна сдвинула срок посева люпина желтого на первую декаду мая и замедлила развитие растений на ранних фазах.

Новозыбковская СХОС. Метеорологические условия 2020 года крайне неоднозначны, так как в течение вегетационного периода наблюдалось чередование изобилия осадков с их недостатком. Так в мае выпало практически вдвое больше осадков -107,7 мм против 53,5 мм (за 80 лет) и наблюдалось снижение температуры на 2°C относительно среднемноголетнего значения. Начало цветения и налив зерна (июнь-июль) проходил в засушливых условиях при значениях гидротермического коэффициента от 0,1 до 0,9, что отрицательно сказалось на формировании полноценного семени и урожайности зерна. Метеорологические условия 2021 года сложились неблагоприятно для роста и развития люпина. Ниже уровня среднемноголетних значений по выпадению осадков 7,4 мм и температурному режиму (9,2°C) в апреле, май изобиловал осадками с t воздуха 13°C (126,7 мм), декады июня I и III сухие при температуре воздуха 22,5°C, что выше многолетних на 5,2°C, обусловили недружные и ослабленные всходы, слабое развитие надземной массы, низкорослость, мелкую листовую пластинку. Высокие температуры воздуха в июне, неравномерно и в 2 раза

ниже среднемноголетнего выпадение осадков, особенно в критические для люпина фазы роста (бутонизация-цветение, налив бобов), привели к опадению листьев и значительной до 60% части цветков, завязей и снижению урожая семян. Метеорологические условия 2022 года вегетационного периода для люпина сложились неблагоприятными. Несмотря на то, что посев люпина (III декада апреля) проходил в хорошо увлажненную почву, дальнейший его рост и развитие в мае и двух декадах (I и II) июня шли при высоких температурах воздуха (22-25°C) и вдвое меньшем количестве осадков в июне (35,2 мм против 70,7 мм при среднемноголетней величине). В первой и второй декадах июня: фаза бутонизация – цветение гидротермический коэффициент составил 0,2-0,1 (очень засушливые условия), что свидетельствует о закладке небольшого бутона с малым количеством мутовок цветка главной кисти и быстротечном ее цветении (1-3 дня). Отмечен факт недостаточного нарастания надземной массы в мае, т. к. I и II декады были очень сухими (ГТК 0,3 и 0,5) и лишь в третьей выпало 33,7 мм осадков, а за месяц недостаток осадков составил 10 мм в сравнении с многолетним значением (54,8 мм) (таблица 1). При наливе зерна люпина (июль) наблюдались значительные перепады температур воздуха от 22,7 до 17°C и количества выпавших осадков от 0,7 до 42,1 мм, что создавало стрессовые условия для нормального формирования боба и семян и сказалось на урожайности зеленой массы и зерна.

Достоверность экспериментальных данных по урожайности образцов в условиях каждого года по каждой экологической точке подтверждена статистически методом дисперсионного анализа (Б.А. Доспехов, 1985).

Для комплексной оценки образцов в работе использовались методы определения следующих показателей: 1) индекс сорта (генотипа) – вычисляется как разность средней урожайности сорта и средней урожайности по опыту (всех сортов во всех средах); 2) отзывчивость сорта (генотипа) на благоприятные условия – вычисляется как разность между максимальной урожайностью сорта и его средним значением; 3) депрессия урожайности сорта (генотипа) на неблагоприятные условия – вычисляется как разность между минимальным и максимальным значением по сорту.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценку агроэкологической адаптированности генотипов люпина желтого к условиям среды проводили по данным конкурсного испытания направления селекции желтого люпина ВНИИ люпина и данным конкурсного испытания лаборатории селекции и семеноводства Новозыбковской СХОС – филиалов ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Были проанализированы показатели урожайности ряда генотипов (сорт, сортообразцов) в трех контрастных условиях (годах), по 5-ти сортам данные получены одновременно в двух агроэкологических точках. Достоверность экспериментальных данных в условиях каждого года подтверждена статистической обработкой, выполненной с использованием программы «Анализ данных» в Microsoft Office Excel (табл. 1, 2).

Таблица 1

Урожайность зерна образцов конкурсного испытания люпина желтого ВНИИ люпина, т/га

Сорт, сортообразец	Страна происхождени я	Год районирования	Урожайность зерна, т/га				Индекс урожайности сорта (I _i), т/га
			2020	2021	2022	Средняя (X _i)	
Булат	Россия	2017	1,93	1,30	2,68	1,97	0,21
Надежный	Россия	2007	1,91	0,88	1,76	1,52	-0,24
Новозыбковский 100	Россия	2015	1,82	1,07	2,93	1,94	0,18
Антей	Россия	2021	2,12	1,35	2,60	2,02	0,26
Владко	Беларусь		1,47	0,92	1,69	1,36	-0,40
Фрегат	Россия	2024	2,16	1,64	2,47	2,09	0,33
Алтын 4	Беларусь		1,80	1,42	2,56	1,93	0,17
Бригантина	Россия	2012	1,39	1,37	2,06	1,61	-0,15
с.н. ЛМИ-61-18	Россия		1,84	0,87	2,66	1,79	0,03

Продолжение Табл. 1

с.н. 12-11-02-2-4-1эп	Россия		1,31	0,74	1,45	1,17	-0,59
с.н. Р 09-1-7-3	Россия		1,56	0,82	1,84	1,41	-0,35
с.н. 11-1-00-2-9	Россия		1,68	0,91	2,15	1,58	-0,18
с.н. Р ₂ 11-02-2-4-1	Россия		2,18	1,33	2,51	2,01	0,25
с.н. 16-МЗ №5-6	Россия		2,10	1,42	3,13	2,22	0,46
Средняя (X _j)			1,81	1,15	2,32	1,76	0,00
НСР ₀₅			0,21	0,28	0,19		
Индекс условий года (I _j), т/га			0,05	-0,61	0,56	0,00	

Примечание: с.н. – селекционный номер

В таблицах 1 и 2 представлены показатели урожайности зерна по сортам и годам, средняя урожайность каждого сорта за годы исследований (X_i). Для дальнейшего выполнения аналитических расчетов вычислен показатель средней урожайности по опыту (X), который определяется как отношение суммы урожайности зерна всех сортов за все годы испытания к произведению количества сортов и лет испытания. Таким образом, средняя урожайность по опыту во ВНИИ люпина равна 1,76, на Новозыбковской СХОС – 0,60.

Таблица 2

**Урожайность зерна образцов конкурсного испытания люпина желтого,
Новозыбковская СХОС, т/га**

Сорт, сортообразец	Страна происхождения	Год районирования	Урожайность зерна, т/га				Индекс урожайности сорта (I _i), т/га
			2020	2021	2022	Средняя (X _i)	
Дружный 165	Россия	1995	0,41	0,38	0,86	0,55	-0,05
Надежный	Россия	2007	0,35	0,27	0,78	0,47	-0,13
Новозыбковский 100	Россия	2015	0,74	0,24	0,90	0,63	0,03
Антей	Россия	2021	0,72	0,31	0,91	0,65	0,05
Булат	Россия	2017	0,74	0,23	0,95	0,64	0,04
Владко	Беларусь		0,24	0,36	0,35	0,32	-0,28
Кастрычник	Беларусь		0,58	0,12	0,83	0,51	-0,09
Ипутский	Россия	1994	1,04	0,26	0,96	0,75	0,15
Зеленолистный	Россия		0,48	0,43	0,86	0,59	-0,01
Антоциан	Россия		0,51	0,36	0,62	0,50	-0,10
Lord	Польша		0,26	0,21	0,74	0,40	-0,20
Mister	Польша		0,97	0,30	0,92	0,73	0,13
СН – 1408	Россия		0,78	0,30	0,86	0,65	0,05
1477-1-17	Россия		0,82	0,30	0,70	0,61	0,01
2-13-33	Россия		1,04	0,32	0,83	0,73	0,13
8-12-236	Россия		1,25	0,20	0,83	0,76	0,16
5-10-159	Россия		0,82	0,57	0,87	0,75	0,15
Средняя (X _j)			0,69	0,30	0,81	0,60	0,00
НСР ₀₅			3,2	1,2	2,4		
Индекс условий года (I _j), т/га			0,09	-0,30	0,21	0,00	

Для оценки агроэкологической адаптированности генотипов вначале был определен индекс урожайности сорта (I_i) (табл. 1, 2). Этот показатель рассчитывается аналогично индексу условий среды по S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966), а также аналогично общей адаптивной способности сорта (OAC_i) по А. В. Кильчевскому и Л.В Хотылевой (1989). Индекс урожайности сорта (I_i) определялся как разность средней урожайности по сорту и средней урожайности по опыту (выражается в тех же единицах, что и урожайность). Показатель может иметь как отрицательные, так и положительные значения, а суммарное значение индексов всех сортов по опыту должно равняться нулю. Затем, для анализа условий года и оценки реакции сортов на них определялся индекс условий года (I_j), рассчитываемый аналогично – разность средней урожайности сортов за год и средней урожайности по опыту.

Методика расчета степени агроэкологической адаптированности сортов (DAA_i) предполагает введение ряда составляющих показателей: относительный индекс урожайности сорта ($I_i\%$), степень отзывчивости сорта ($R_i\%$) и степень депрессии урожайности сорта ($D_i\%$). Первоначально рассчитывался показатель относительного значения индекса урожайности сорта ($I_i\%$), определяемый как отношение разности средней урожайности сорта и средней урожайности по опыту к средней урожайности по опыту, выраженный в процентах. Полученные результаты имеют как положительное, так и отрицательное значение (табл. 3, 4).

Таблица 3

Агроэкологическая адаптированность сорта (DAA_i) и значения составляющих его показателей (%), ранг и степень адаптированности, ВНИИ люпина

Сорт, сортообразец	Составляющие показатели			DAA_i		Степень адаптированности
	$I_i\%$	$R_i\%$	$D_i\%$	%	Ранг	
Булат	11,93	40,34	-51,49	0,78	5	Высокая
Надежный	-13,64	22,16	-53,93	-45,41	11	Низкая
Новозыбковский 100	10,23	56,25	-63,48	3,00	3	Высокая
Антей	14,77	32,95	-48,08	-0,36	6	Высокая
Владко	-22,73	18,75	-45,56	-49,54	12	Очень низкая
Фрегат	18,75	21,59	-33,60	6,74	2	Очень высокая
Алтын 4	9,66	35,80	-44,53	0,93	4	Высокая
Бригантина	-8,52	25,57	-33,49	-16,44	9	Средняя
с.н. ЛМИ-61-18	1,70	49,43	-67,29	-16,16	8	Средняя
с.н. 12-11-02-2-4-1эп	-33,52	15,90	-48,96	-66,58	14	Очень низкая
с.н. Р 09-1-7-3	-19,89	24,43	-55,43	-50,89	13	Очень низкая
с.н. 11-1-00-2-9	-10,23	32,39	-57,67	-35,51	10	Низкая
с.н. Р ₂ 11-02-2-4-1	14,20	28,40	-47,01	-4,41	7	Высокая
с.н. 16-МЗ №5-6	26,14	51,70	-54,63	23,21	1	Очень высокая

Примечание: $I_i\%$ – относительный индекс урожайности сорта; $R_i\%$ – степень отзывчивости сорта; $D_i\%$ – степень депрессии урожайности сорта; DAA_i – степень агроэкологической адаптированности сорта

Относительное значение индекса урожайности сорта Владко равно – 22,73% в условиях опытного поля ВНИИ люпина и -46,67% в условиях опытного поля Новозыбковской СХОС. Показатель свидетельствует о том, что сорт уступает по продуктивности на 22,73% и на 46,67% соответственно средним значениям опытов в анализируемых условиях. Наиболее низкие относительные значения индекса урожайности среди сортообразцов ВНИИ люпина показал ультраскороспелый селекционный номер с полной блокировкой бокового ветвления (эпигональный морфотип) – с.н. 12-11-02-2-4-1эп. Наиболее высокие относительные значения индекса урожайности показали селекционные номера с.н. 16-МЗ № 5-6 (ВНИИ люпина) – 26,14% и с.н. 8-12-236 – 26,67% (Новозыбковская СХОС). Среди сортов – сорт

Далее определялась степень отзывчивости сорта на благоприятные условия среды (R_i – variety responsiveness). Это важный показатель адаптивности и пластичности, хозяйственной ценности и приспособленности сорта к определенным агроэкологическим условиям среды, отражающий отзывчивость сорта на улучшение агроклиматических условий (погода, условия минерального питания растений и т. д.). Он определялся как отношение разности урожайности в благоприятный год ($X_i \max$) и средней урожайности по сорту (X_i) к средней урожайности по опыту (X), выражен в процентах. Относительные значения отзывчивости испытываемых сортов и сортообразцов составили: во ВНИИ люпина от 15,90% до 56,25%; на Новозыбковской СХОС – от 6,67% до 81,67%. Таким образом, испытываемые сорта и сортообразцы при улучшении погодных и агротехнологических условий (в пределах изученных) способны увеличивать продуктивность зерна на соответствующий процент относительно средней продуктивности изучаемого набора сортов.

Таблица 4

Агроэкологическая адаптированность сорта (DAA_i) и значения составляющих его показателей (%), ранг и степень адаптированности, Новозыбковская СХОС

Сорт, сортообразец	Составляющие показатели			DAA_i		Степень адаптированности
	$I_i\%$	$R_i\%$	$D_i\%$	%	Ранг	
Дружный 165	-8,33	51,67	-55,81	-12,47	7	Высокая
Надежный	-21,67	51,67	-65,38	-35,38	13	Низкая
Новозыбковский 100	5,00	45,00	-73,33	-23,33	11	Средняя
Антей	8,33	43,33	-65,93	-14,27	8	Высокая
Булат	6,67	51,67	-75,79	-17,45	9	Средняя
Владко	-46,67	6,67	-33,33	-73,33	17	Очень низкая
Кастрычник	-15,00	53,33	-85,54	-47,21	15	Низкая
Ипутский	25,00	48,33	-75,00	-1,67	4	Высокая
Зеленолистный	-1,67	45,00	-50,00	-6,67	5	Высокая
Антоциан	-16,67	20,00	-41,94	-38,61	14	Низкая
Lord	-33,33	56,67	-71,62	-48,28	16	Низкая
Mister	21,67	40,00	-69,07	-7,40	6	Высокая
СН – 1408	8,33	35,00	-65,12	-21,79	10	Средняя
1477-1-17	1,67	35,00	-63,42	-26,75	12	Средняя
2-13-33	21,67	51,67	-69,23	4,11	3	Высокая
8-12-236	26,67	81,67	-84,00	24,34	1	Очень высокая
5-10-159	25,00	20,00	-34,48	10,52	2	Очень высокая

Примечание: $I_i\%$ – относительный индекс урожайности сорта; $R_i\%$ – степень отзывчивости сорта; $D_i\%$ – степень депрессии урожайности сорта; DAA_i – степень агроэкологической адаптированности сорта

И конечно, при возделывании сорта, нельзя в полной мере избежать влияния неблагоприятных условий среды, к которым, в первую очередь, относятся засушливые и острозасушливые явления, тепловой стресс, эпифитотии болезней и другие проявления абиотического и биотического характера. Показателем, характеризующим устойчивость сорта к комплексу неблагоприятных факторов внешней среды в рамках представленной методики является депрессия урожайности зерна на неблагоприятные факторы. Данный показатель может быть рассчитан как на влияние отдельно взятых факторов, так и на

комплексное их воздействие. Согласно методики степень депрессии урожайности зерна сорта ($Di\%$ – variety depression) определена как отношение разности урожайности сорта в неблагоприятный год ($Xi\ min$) и урожайности в благоприятный ($Xi\ max$) к урожайности в благоприятный год, выраженное в процентах. Следует отметить, что данный показатель всегда имеет отрицательное значение. Минимальные значения степени депрессии урожайности отмечены у сорта Бригантина, нового сорта Фрегат, перспективного селекционного номера с.н. 5-10-159 и у белорусского сорта Владко, отличающегося низкой средней урожайностью за годы исследований.

Степень агроэкологической адаптированности сорта ($DAAi$ – The degree of agroecological adaptation of the variety) рассчитывается путем сложения трех вышеуказанных показателей: $DAAi = I_i\% + R_i\% + Di\%$.

Полученные значения $DAAi$ в группе генотипов, изучавшихся во ВНИИ люпина, находятся в интервале от плюс 23,21 до минус 66,58; изучавшихся на Новозыбковской СХОС - от плюс 24,34 до минус 73,33. В соответствии с имеющимся диапазоном генотипы были ранжированы по пяти группам агроэкологической адаптированности. Для этого были рассчитаны интервалы для групп методом сложения модулей минимального и максимального значения $DAAi$ сорта и последующего деления полученного значения на количество групп. Сорта с очень высокой степенью агроэкологической адаптированности к условиям среды отнесены к 1 группе, 2 группу составили сорта с высокой степенью адаптированности, 3 группа – со средней степенью, 4 группа - с низкой степенью адаптированности и 5 группа – с очень низкой степенью адаптированности.

По испытанию генотипов во ВНИИ люпина в первую группу (с интервалом +23,21...+5,24) попадают два образца – новый сорт Фрегат и селекционный номер мутантного происхождения с.н. 16-МЗ № 5-6. Во вторую группу (+5,25...–12,70) пять образцов – сорта Булат, Новозыбковский 100, Антей, Алтын 4 и селекционный номер с.н. Р2 11-02-2-4-1. В третью группу (–12,71...–30,66) попадают два образца – сорт Бригантина и селекционный номер с.н. ЛМИ-61-18. В четвертую группу (–30,67...– 48,62) – сорт Надежный и селекционный номер с.н. 11-1-00-2-9. В пятую группу (– 48,63...– 66,58) – три образца – сорт Владко и два ультраскороспелых селекционных номера с.н. 12-11-02-2-4-1эп и с.н. Р 09-1-7-3.

По испытанию генотипов на Новозыбковской СХОС в первую группу (с интервалом +24,34...+4,80) попадают два перспективных сортообразца – с.н. 8-12-236 и с.н. 5-10-159. Во вторую группу (+4,81...–14,71) шесть образцов – сорта Дружный 165, Антей, Ипутский, Зеленолистный, Mister и селекционный номер с.н. 2-13-33. В третью группу (–14,72...–34,24) попадают четыре образца – сорта Новозыбковский 100 и Булат, а также селекционные номера с.н. СН – 1408 и с.н. 1477-1-17. В четвертую группу (– 34,25...–53,77) – три сорта: Надежный, Кастрычник и Lord и один сортообразец - Антоциан. В пятую группу (–53,78...– 73,33) – сорт Владко.

У трех из пяти образцов, которые испытывались одновременно в двух агроэкологических точках, отмечено полное совпадение групп агроэкологической адаптивности. Сорт Антей характеризуется как сорт с высокой степенью адаптированности, сорт Надежный имеет низкую степень адаптированности, а сорт Владко – очень низкую степень адаптированности. У сортов Булат и Новозыбковский 100 ранжирование по группам не привело к полному совпадению, однако показав высокую степень адаптированности в конкурсном сортоиспытании во ВНИИ люпина, оба сорта сохранили средний уровень адаптированности в условиях Новозыбковской СХОС.

Заключение

Получены экспериментальные данные конкурсного сортоиспытания люпина желтого (2020-2022 гг.) в двух экологических точках. Впервые, для оценки агроэкологической адаптированности сортов и сортообразцов использована новая методика. Пять сортов испытывались одновременно в различных агроэкологических условиях. Сорт Антей характеризуется высокой степенью адаптированности, сорт Надежный имеет низкую степень адаптированности, сорт Владко – очень низкую степень адаптированности. У сортов Булат и

Новозыбковский 100 ранжирование по группам не привело к полному совпадению, но оба сорта показали высокую степень адаптированности в конкурсном сортоиспытании во ВНИИ люпина и сохранили средний уровень адаптированности в условиях Новозыбковской СХОС.

Новый метод оценки генотипов позволяет объективно оценивать изучаемый селекционный материал по степени приспособленности к условиям исследований. Применение его в селекции люпина поможет в создании новых адаптивных сортов, характеризующихся стабильностью основных признаков урожайности и качества продукции.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FGGW-2025-0002 «Создать новые сорта кормовых, зерновых и плодовых культур, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам внешней среды для конкретных регионов, используя существующие генетические, иммунологические и другие специализированные методы селекции для получения исходного материала применительно к практическим задачам производства».

Литература

1. Лихачёв Б.С., Новик Н.В., Якушева А.С. О возможности возрождения культуры люпина желтого. // Кормопроизводство. – 2011. – № 4. – С.24-25.
2. Лихачёв Б.С. Создание адаптивных сортов – важнейший фактор стабилизации региональных агроэкосистем. // Теоретические и прикладные основы устойчивости региональных агроэкосистем в многоукладном сельскохозяйственном производстве. – М.: – 1998. – С.138-142.
3. Лихачёв Б.С., Саввичева И.К., Новик Н.В. Экологическая селекция люпина: первые результаты и перспективы. // Селекция и семеноводство полевых культур: Юбилейный сборник научн. тр. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ. – 2007. - Ч.2. – С. 96-100.
4. Жаркова С.В. Оценка параметров адаптивности среды в ограниченном количестве пунктов испытания. // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 10-1 (37). – С. 138-141. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11622.
5. Мальчиков П.Н., Вьюшков А.А. Селекция твердой пшеницы на урожайность. // Генетика, селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур (к 100-летию Самарского НИИСХ). – Самара. – 2003. – С.89-118.
6. Кинчаров А.И., Дёмина Е.А., Кинчарова М.Н., Таранова Т.Ю., Муллаянова О.С., Чекмасова К.Ю. Методика оценки агроэкологической адаптированности генотипов в условиях глобального потепления климата. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. - №183(4). – С. 39-47. – DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47.
7. Прахова Т.Я., Четвериков Ф.П., Летучий А.В. Агроэкологическая оценка сортов рапса ярового в условиях лесостепи Среднего Поволжья. // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 3. – С. 47-54. – DOI: 10.28983/asj.y2024i3pp47-54.
8. Исмагилов К.Р. Засухоустойчивость полевых культур на территории Башкортостана. // АПК России. – 2025. – Т. 32. – № 1. – С. 29-34. – DOI: 10.55934/2587-8824-2025-32-1-29-34.
9. Бесалиев И.Н. Экологическая оценка сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в зоне южных черноземов Оренбургского Предуралья. // Аграрный вестник Урала. – 2024. – Т. 24. – № 12. – С. 1576-1585. – DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1576-1585.

References

1. Lixachyov B.S., Novik N.V., Yakusheva A.S. Concerning prospects of yellow lupin crop revival. *Kormoproizvodstvo*, 2011, no. 4, pp. 24-25. (In Russian)
2. Lixachyov B.S. Development of adaptive varieties as the most important factor for stabilization of regional agro-ecosystems. *Teoreticheskie i prikladny'e osnovy` ustojchivosti regional'ny`x agroekosistem v mnogoukladnom sel'skoxozyajstvennom proizvodstve*. Moscow, 1998, pp.138-142. (In Russian)

3. Lixachyov B.S., Savvicheva I.K., Novik N.V. Ecological lupin breeding: the first results and perspectives. *Selekciya i semenovodstvo polevy`x kul`tur: Yubilejny`j sbornik nauchn. tr.* Proc. of scientific articles. Voronezh, Publ. FGOU VPO VGAU, 2007, pp. 96-100. (In Russian)
4. Zharkova S.V. Evaluation of parameters of environment adaptivity in restricted number of testing plots. *Mezhdunarodny`j zhurnal gumanitarny`x i estestvenny`x nauk. International journal of humanities and natural sciences*, 2019, no. 10-1(37), pp. 138-141. (In Russian). DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11622.
5. Mal`chikov P.N., V`yushkov A.A. Breeding of hard wheat for yield. Genetics, breeding and seed production of agricultural crops (to the 100 anniversary of Samara SRIAS). Samara, 2003, pp. 89-118. (In Russian)
6. Kincharov A.I., Dyomina E.A., Kincharova M.N., Taranova T.Yu., Mullayanova O.S., Chekmasova K.Yu. Methodology for assessing the agroecological adaptability of genotypes under global climate warming. *Trudy` po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, 2022, no. 183(4), pp. 39- 47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47. (In Russian)
7. Prahova T.Ja., Chetverikov F.P., Letuchij A.V. Agroecological assessment of spring rapeseed varieties in forest-steppe conditions of the Middle Volga region. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2024, no. 3, pp. 47-54. DOI: 10.28983/asj.y2024i3pp47-54. (In Russian)
8. Ismagilov K.R. Drought resistance of field crops on the territory of Bashkortostan. *APK Rossii*, 2025, V. 32, no. 1, pp. 29-34. DOI: 10.55934/2587-8824-2025-32-1-29-34. (In Russian)
9. Besaliev I.N. Ecological assessment of spring softand durum wheat varieties in the zone of southernchernozems of the Orenburg Cis-Urals. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2024, V. 24, no.12, pp. 1576-1585. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1576-1585. (In Russian)