

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГЕНОФОНДА ЛЮПИНА БЕЛОГО (*Lupinus albus* L.)© М. И. Лукашевич¹, М. Е. Селиванова¹, Т. В. Свириденко¹

Изложены результаты изучения 150 коллекционных образцов белого люпина по комплексу хозяйственно-биологических признаков. Исследования проводили в 2021 – 2022 гг. на опытных полях Брянской области. Создание новых сортов, а следовательно, и эффективность селекционного процесса во многом зависят от разнообразия исходного материала и практически невозможны без использования образцов, обладающих хозяйственно ценными признаками. Тщательное изучение коллекционного материала люпина белого дает возможность выявить формы, обладающие высоким потенциалом продуктивности и другими кормовыми достоинствами. Выделены новые генетические источники отдельных и комплекса хозяйственно-биологических признаков: к-2602 (Украина) — с высоким уборочным индексом ($K_{\text{хоз}} = 59,3 \%$) и тонкими створками бобов (25,2 %); к-2095 из Ливии и к-3025 из Бразилии — высокорослые продуктивные по сухой биомассе и семенам; сн 86-17, сн 13-19, сн 39-19, Дебрянский и др. — с повышенной засухоустойчивостью; сн 3-20, сн 46-18, сн 35-18, сн 31-19, сн 114-19, к-294 — с высокой белковостью зерна (39,0 – 41,8%); сн 3-20, сн 10-20, сн 40-20, сн 43-20 — с тонкокожурными семенами. Совершенствование генотипов сортов люпина белого по изученным признакам позволит более полно реализовать потенциал продуктивности культуры люпина и расширить масштабы его производства по регионам РФ. Указанные источники будут вовлекаться в скрещивания для получения нового исходного материала в селекции зернофуражных сортов белого люпина с комплексом хозяйственно-биологических признаков.

Ключевые слова: люпин белый; селекция; образец; источник; засухоустойчивость; качество зерна; продуктивность.

В Российской Федерации в сельскохозяйственном производстве используются 3 однолетних вида люпина — белый, узколистный и желтый. У каждого из них есть свои биологические особенности, и он занимает определенную экологическую нишу и не исключает один другого. Среди зернобобовых культур, а также из 3 возделываемых видов, белый люпин выделяется наиболее высоким потенциалом зерновой продуктивности (5 – 6 т/га), по качеству зерна приближается к сое, так как содержит 36 – 40 % белка и 8 – 12 % жира [1 – 3]. Белый люпин — одна из древнейших пищевых маслично-белковых культур. Из литературных источников известно что, люпин белый введен в культуру более 4 тыс. лет тому назад древними греками на Балканском полуострове. В окультуренном состоянии люпин белый от греков переняли другие народы Древнего Средиземноморья, в том числе и египтяне. Основной целью возделывания культуры в древности были семена, которые использовались в пищу в обезжиренном (вымоченном) виде. Плиний старший (23 – 79 гг. н.э.) рекомендовал применение семян этой культуры в медицинских и пищевых целях.

Значение люпина белого как пищевой культуры в ряде стран сохранилось и в наши дни [4]. В начале XIX в. люпин белый из Средиземноморья был интродуцирован в Германию и другие европейские страны, а также в Южную Африку, Америку и Австралию [5]. В новых регионах его возделывали преимущественно в качестве зеленого удобрения на легких песчаных почвах.

Сладкие сорта люпина белого (Гелла, Крафтквелл и др.), выведенные в Германии в 30-е годы XX в., перевели его в разряд ценных кормовых культур [6]. Затем немецкие сладкие сорта белого люпина были распространены во многие страны Европы, Америки, Африки и в Австралию, где послужили исходным материалом для выведения кормовых и пищевых сортов, адаптированных к местным условиям [7 – 10]. На сегодняшний день в мире существует серия раннеспелых и среднеспелых высокоурожайных сладких сортов люпина белого как для подзимнего сева (Люцелла, Люкс, Румбо, Тип-топ), так и типичных яровых (Амига, Киевский мутант, Борос, Нелли, Диета, Дега, Детер1, Алый парус, Мичуринский, Пилигрим, Тимирязевский, Ганна).

В Государственном реестре селекционных достижений РФ зарегистрировано 14 сортов люпина белого [11] и 3 в Беларуси [12]. Однако райониро-

¹ Всероссийский НИИ люпина — филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», Брянская область, пос. Мичуринский; lupin.albus2021@mail.ru

ванные сорта белого люпина еще не в полной мере отвечают требованиям современного сельскохозяйственного производства по потенциалу продуктивности и стабильности, качеству продукции, устойчивости к болезням, скороспелости, технологичности.

Цель работы — сравнительная оценка сортообразцов коллекции белого люпина различного эколого-географического происхождения по комплексу хозяйственно-биологических признаков для выделения исходного материала, пригодного для создания новых сортов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований явились 150 сортообразцов белого люпина, различающихся по эколого-географическому происхождению, морфологическим и биохимическим признакам. Исследования проводили в коллекционном питомнике на опытных полях Всероссийского НИИ люпина — филиала ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в 2021 – 2022 гг.

Рабочая коллекция белого люпина представлена образцами отечественной и мировой селекции, а также лучшими номерами селекции ВНИИ люпина. Часть образцов предоставлена ВИР, чей генофонд включает образцы из многих стран: Палестины, Греции, Эфиопии, Египта, Испании, Италии, Португалии, Польши, Франции, России и др. Стандартом служил включенный с 2016 г. в Госреестр селекционных достижений РФ кормовой скороспелый, фузариозоустойчивый сорт Мичуринский.

Почвы опытных участков — серые лесные среднесуглинистые с мощностью пахотного слоя 22 – 27 см. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН 5,6); содержание гумуса — 2,43 %; содержание подвижного фосфора (P_2O_5 по Кирсанову) — 136 мг/кг почвы, обменного калия (K_2O по Масловой) — 167 мг/кг почвы.

Метеоусловия вегетационных периодов 2021 – 2022 гг. характеризовались следующими показателями: среднемесячная температура в 2021 г. составила 18,6 °С, в 2022 г. — 17,6 °С при среднемноголетних значениях 16,1 °С; осадков за вегетационный период выпало 394 и 273 мм, соответственно, при среднемноголетних показателях 304 мм. Осадки выпадали неравномерно, особенно в 2021 г., когда в мае выпало в 2,5 раза больше по сравнению с нормой. Метеоусловия вегетационного периода 2022 г. в целом были благоприятными для роста и развития белого люпина. Образцы высевали на делянках площадью 1 м² без повторений, через каждые 25 номеров — стандартный сорт.

Оценивали коллекционные образцы в соответствии с классификатором [13] и по методическим указаниям [14]. Массовую оценку засухоустойчивости селекционных образцов белого люпина проводили в лабораторных условиях проращивание семян в растворе осмотика (сахароза) в соответствии с методическими указаниями [15] по шкале: 1 группа — высокая степень засухоустойчивости (80 – 100 % проросших семян на сахарозе по отношению к контролю — вода); 2 группа — устойчивость выше среднего уровня (60 – 80 %); 3 группа — средняя степень устойчивости (40 – 60 %); 4 группа — слабая степень устойчивости (20 – 40 %); 5 группа — неустойчивые к засухе образцы (0 – 20 %).

Содержание белка и алкалоидов определяли по методикам [16]; тонкокожурность — в лабораторных условиях. Семена высушивали до постоянного веса, затем вручную иглой снимали оболочку и взвешиванием определяли ее долю в общей массе семян [2]; коэффициент хозяйственной эффективности урожая ($K_{хоз}$) — как отношение количества сухого вещества хозяйственно ценной части (зерно) к надземной сухой фитомассе [17].

Математически обрабатывали данные при помощи пакета прикладных программ STATISTICA

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В своей работе акад. Н. И. Вавилов утверждал, что «подбор и создание нового исходного материала лежит в основе успешной селекции всех сельскохозяйственных культур, в том числе и люпина». Создание новых сортов, а следовательно, и эффективность селекционного процесса во многом зависят от разнообразия исходного материала и практически невозможны без использования образцов, обладающих отдельными или комплексом хозяйственно ценных признаков. Источником таких признаков являются мировые коллекции культурных растений и их дикие сородичи, а также трансгрессивные и мутантные формы» [18, с. 6]. Акад. Н. И. Вавилов рассматривал широкое использование генофонда растений как генетическую основу селекции.

В коллекционном питомнике представлены образцы, различающиеся по морфотипу (индетерминантный и детерминированный типы растений), окраске венчика цветка (синяя, белая, розовая) и листовой пластинки (зеленая, светло-зеленая), сроками созревания, продуктивности и устойчивости к абиотическим факторам.

Характеристика 12 лучших коллекционных номеров белого люпина по комплексу хозяйственно-биологических признаков представлена в таблице. Это образцы из Эфиопии, Палестины, Бразилии, Англии, Польши, Украины. Они превыша-

Характеристика лучших образцов коллекционного питомника люпина белого, среднее за 2021 – 2022 гг.

Сорт, образец	Высота растений, см	Сухая биомасса растения, г	Масса семян, г		$K_{\text{хоз}}, \%$	Доля створок бобов, %
			с растения	1000		
Мичуринский (ст.)	59,7	33,8	17,5	261,3	51,7	31,8
к-3493 (Польша)	72,4	24,2	10,8	231,3	44,6	32,5
к-1724 (Украина)	82,2	37,9	11,9	264,8	31,3	30,2
к-2240 (Украина)	76,2	39,1	15,8	294,6	40,4	37,4
к-2602 (Украина)	64,0	25,1	14,9	387,6	59,3	25,2
к-2604 (Украина)	61,4	28,4	14,8	395,7	52,1	30,7
к-484 (Эфиопия)	77,6	36,8	15,9	308,5	43,2	32,1
к-486 (Эфиопия)	78,8	33,4	13,8	364,1	41,3	32,3
к-495 (Эфиопия)	81,4	36,7	14,5	267,9	39,5	35,2
к-295(Палестина)	76,2	26,5	10,1	257,3	38,1	37,7
к-2095 (Ливия)	84,4	50,6	21,2	291,1	41,8	34,7
к-3025 (Бразилия)	81,8	42,1	17,9	268,6	42,5	32,0
к-2338 (Англия)	55,2	25,5	13,8	321,8	54,1	31,5
НСР ₀₅	6,7	7,7	3,47	—	—	—

ют стандарт Мичуринский по высоте растений — у образцов к-1724, к-486, к-495, к-2095 и к-3025 превышение составляет от 19,1 до 24,7 см. По сухой биомассе растения выделились образцы к-2095 из Ливии и к-3025 из Бразилии, превысившие стандарт Мичуринский на 8,3 – 16,8 г. По массе семян с растения лучшим оказался образец к-2095 из Ливии, — превысил стандарт на 3,7 г.

По комплексу хозяйственно полезных признаков (высоте растений, продуктивности зерна и сухой биомассы, крупносемянности) выделились образцы к-3665 и к-3667 из Египта, к-484, к-486 и к-495 из Эфиопии, к-295 из Палестины, к-2240 из Украины. Образец к-2602 из Украины имеет самый высокий уборочный индекс ($K_{\text{хоз}} = 59,3 \%$) и тонкие створки бобов (25,2 %). Он будет использоваться в селекции как источник высокой аттрагирующей способности.

В результате оценки селекционного материала белого люпина на засухоустойчивость в стадии проростков выделены сортообразцы разного морфотипа и происхождения с повышенной устойчивостью к засухе в фазу проростков. Лучшими по этому признаку являются колосовидные сорт Дебрянский, образцы сн 86-17, сн 54-20, а также щитковидные сн 13-19, сн 39-19, сн 8-12, сн 40-20 и другие, все они относятся ко второй группе засухоустойчивости и будут использоваться в качестве источников в дальнейшей селекции.

Одним из главных направлений селекции белого люпина является селекция на улучшение качества зерна: пониженное содержание алкалоидов и клетчатки, повышенное — белка. Большая часть труднопереваримой клетчатки у люпина содержится в оболочке семян, в связи с этим актуальна

селекция на тонкокожурность. Она является важным показателем при оценке качества зерна [2]. Зерно с высокой долей оболочки представляет собой меньшую ценность как кормовое средство. В нем много клетчатки, коэффициент перевариваемости которой невысок.

Анализ современного генофонда белого люпина показал, что доля оболочки семян по сортообразцам варьирует от 14,8 до 22,0 %. Наиболее тонкокожурными (14,8 – 15,9 %) являются сортообразцы селекции ВНИИ люпина: сн 10-20, сн 3-20, сн 40-20, сн 43-20 и другие. У диких номеров к-294 и к-295 из Палестины содержание оболочки зерна составляет в среднем 22 %, и они являются высокоалкалоидными. Так, форма к-295 содержит 3,82 % алкалоидов и может использоваться в фармацевтике для производства лечебных препаратов и в производстве пестицидов для сельского хозяйства. Повышенным содержанием белка в зерне (39,0 – 41,8 %) выделяют наши селекционные номера: сн 3-20, сн 35-19, сн 43-20, сн 46-18, сн 114-19. Они превышают стандарт Мичуринский по белку на 4,0 – 6,8 %, тонкокожурные, т.е. обладают комплексом хозяйственно ценных признаков. На основе вышеуказанных сортообразцов разворачивается целенаправленная селекция высокобелковых низкоалкалоидных сортов белого люпина кормового и пищевого направления использования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате комплексного изучения рабочей коллекции люпина белого выделены новые генетические источники хозяйственно-биологических

признаков: к-2602 (Украина) — с высоким уборочным индексом ($K_{\text{хоз}} = 59,3\%$) и тонкими створками бобов (25,2%); высокорослые продуктивные по сухой биомассе и семенам — к-2095 из Ливии и к-3025 из Бразилии; с повышенной засухоустойчивостью — сн 86-17, сн 13-19, сн 39-19, Дебрянский и др.; с высокой белковостью зерна (39,0–41,8%) — сн 3-20, сн 46-18, сн 35-18, сн 31-19, к-294, сн 114-19, сн 10-20, сн 40-20, сн 43-20; с тонкокожурными семенами — сн 3-20, сн 10-20, сн 40-20, сн 43-20. Указанные источники мы рекомендуем вовлекать в скрещивания с це-

лю получения нового исходного материала для селекции зернофуражных сортов белого люпина с комплексом хозяйственно-биологических признаков.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», тематический № FGGW-2022-0003.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артюхов А. И., Лукашевич М. И., Агеева П. А., Новик Н. В. Люпин — селекция и адаптация в агроландшафты России / Тр. КубГАУ. 2016. № 2(59). С. 51 – 60.
2. Лукашевич М. И., Селиванова М. Е., Свириденко Т. В. Агробиологическая характеристика нового сорта люпина белого Пилигрим / Кормопроизводство. 2023. № 5. С. 30 – 33.
3. Привалов Ф. И., Гриб С. И., Матыс И. С., Авакян А. Э. Признаковые коллекции как инструмент улучшения использования в селекции генетических ресурсов растений / Земледел. и сел. в Беларуси. 2022. (58) С. 277 – 282.
4. Майсuryн Н. А., Атабекова А. И. Люпин. — М.: Колос, 1974. — 464 с.
5. Gladstone J. S. Distribution, origin, taxonomy, history and importance / Lupins as crop plants. Biology, production and utilization. 1998. P. 1 – 39.
6. Sengbusch R. Susslupinen und Ollupinen. Die Entstehungsgeschichte einiger neuen Kulturpflanzen / Landwirtschaftliche Jahrbucher. 1942. No. 91. P. 720 – 880.
7. Huyghe C., Julier B., Harzic N. and Papineau J. Breeding of *Lupinus albus*: new architectures for a further domestication / Advances in lupin research. Proceed. of the VII Int. lupin conf., Evora, April 18 – 23, 1993. — Evora, 1993. P. 25 – 41.
8. Joernsgaard B., Raza S. Breeding new white lupin for Egypt / Lupin for health and wealth. Mater. of the 12th Int. lupin conf., Fremantle, 14 – 18 Sept, 2008. — Canterbury: Int. Lupin Assoc., 2008. P. 279 – 282.
9. Купцов Н. С. Люпин белый — ценная масличная белковая культура / Земледел. и заш. раст. 2020. № 1. С. 23 – 27.
10. Матыс И. С., Маркевич И. М., Козловский А. А., Жачкина Н. Н. Сохранение и использование коллек-

- ции люпина в генбанке ресурсов растений / Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции в Беларуси. Достижения науки — производству. Материалы науч.-практ. конф., Жодино, 08 – 09 июля 2021 г. Минск: ИВЦ Минфина, 2021. С. 235 – 242.
11. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. — М.: Госсорткомиссия, 2023. С. 71.
12. Крицкий М. Н. Совершенствование сортового состава люпина и гороха, приоритетные направления исследований / Аграр. наука — производству. 2024. № 1. С. 14 – 15.
13. Широкий унифицированный классификатор сортов и международный классификатор СЭВ рода *Lupinus*. — Л.: ВИР. 1983. — 40 с.
14. Вишнякова М. А., Буравцева Т. В., Булынцев С. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение, изучение. Метод. указ. — СПб.: ВИР, 2010. — 142 с.
15. Волкова А. М., Кожушко Н. Н., Макаров Б. И. Определение относительной жаростойкости и засухоустойчивости образцов зернобобовых культур способом проращивания семян в растворе сахарозы и после програвирования. Метод. указ. — Л.: ВИР, 1984. — 18 с.
16. Артюхов А. И., Яговенко Т. В., Афонина Е. В., Тихошина Л. В. Количественное определение алкалоидов в люпине: метод. реком. — Брянск: Изд-во «Читай-род», 2012. — 16 с.
17. Коломейченко В. В. Растениеводство. — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-ва, 1996. — 389 с.
18. Вавилов Н. И. Селекция как наука / Теоретические основы селекции растений. Т. 1. — М.; Л.: Гос. изд. колх. и совх. лит-ры, 1935. С. 1 – 14.

REFERENCES

1. Artyukhov A. I., Lukashevitch M. I., Ageeva P. A., Novik N. V. Lupin — breeding and adaptation in agro-landscapes of Russia / Tr. KubGAU. 2016. V. 2. No. 59. P. 51 – 60.
2. Lukashevich M. I., Selivanova M. E., Sviridenko T. V. Pilgrim: the biology and economic value of new variety of white lupine / Kormoproizvodstvo. 2023. No. 5. P. 30 – 33.
3. Privalov F. I., Grib S. I., Matys I. S., Avakyan A. É. Trait-specific collections as a tool to facilitate the use of

- plant genetic resources in breeding / Zemledel. sel. Belarusi. 2022. (58) P. 277 – 282.
4. Majsuryan N. A., Atabekova A. I. Lyupin. — Moscow: Kolos, 1974. — 464 p.
5. Gladstone J. S. Distribution, origin, taxonomy, history and importance. Lupins as crop plants. Biology, production and utilization. 1998. P. 1 – 39.
6. Sengbusch R. Susslupinen und Ollupinen. Die Entstehungsgeschichte einiger neuen Kulturpflanzen / Landwirtschaftliche Jahrbucher. 1942. No. 91. P. 720 – 880.

7. Huyghe C., Julier B., Harzic N. and Papineau J. Breeding of *Lupinus albus*: new architectures for a further domestication / Advances in lupin research. Mater. of the VIIth Intern. lupin conf., Evora, April 18 – 23, 1993. Evora: 1993. P. 25 – 41.
8. Joernsgaard B., Raza S. Breeding new white lupin for Egypt / Lupin for health and wealth. Mater. of the 12th Intern. lupin conf., Fremantle, 14 – 18 September, 2008. — Canterbury: Int. Lupin Assoc, 2008. P. 279 – 282.
9. Kuptsov N. S. Lupin white — valuable oilseed-protein culture / Zemledel. zashch. rast. 2020. No. 1. P. 23 – 27.
10. Matys I. S., Markevich I. M., Kozlovskij A. A., Zhachkina N. N. Safe and use of lupin collection in a genebank for plant resources. Mater. sci.-pract. conf., Zhodino, July 08 – 09 2021. — Minsk: IVCz Minfina, 2021. P. 235 – 242.
11. The State List of breeding achievement allowed for use. V. 1. Plant varieties. — Moscow: Gossortkomissiya, 2023. P. 71.
12. Kriczkij M. N. Improvement of variety's assortment of lupin and pea, priority trends for research / Agrar. nauka — proizvod. 2024. No. 1. P. 14 – 15.
13. The big unified classificatory in CEC and the international classificatory CEC for *Lupinus*. — Leningrad: VIR, 1983. — 40 p.
14. Vishnyakova M. A., Buravceva T. V., Bulyncev S. V., et al. The VIR collection of world genetic resources of legumes crops: replenishment, preservation and study. Method. guidance. — St. Petersburg: VIR, 2010. — 142 p.
15. Volkova A. M., Kozhushko N. N., Makarov B. I. Determination of relative heat and dry resistance of legumes accessions by means of seeds' germination in sucrose solution and after heating. Methodical guidance. — Leningrad: VIR, 1984. — 18 p.
16. Artyukhov A. I., Yagovenko T. V., Afonina E. V., Troshina L. V. Quantitative determination of alkaloids in lupine: method. recom. — Bryansk: Chitai-gorod, 2012. — 16 p.
17. Kolomeichenko V. V. Crop production: A workshop for agricultural universities in agronomic specialties. — Voronezh: Izd. Voronezh. univ., 1996. — 389 p.
18. Vavilov N. I. Breeding as a science. Theoretical base for plant breeding. V. 1. — Moscow; Leningrad: Gos. izd. kolh. i sovk. lit., 1935. P. 1 – 14.

COMPLEX EVALUATION OF *Lupinus albus* L. GENE BANK

A. I. Lukashevitch¹, M. E. Selivanova¹, T. V. Sviridenko¹

All-Russian Lupin Scientific Research Institute — Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Michurinskiy, Bryansk oblast¹, Russia; lupin.albus2021@mail.ru

The results of studying 150 collection accessions of *Lupinus albus* L. for a complex of economical-and-biological characters are presented. The tests were done in 2021 – 2022 on the experimental plots of the Bryansk oblast¹. Development of new varieties and as a result the effectiveness of breeding process most of all depend on variability of initial material and practically are impossible without use of lines which have economical valuable characters. Careful study of *Lupinus albus* L. collection material makes possible to select lines with high productive potential and other forage quality. The tests' results revealed new genetic sources for simple and complex economical-and-biological characters: k-2602 (Ukraine) — for high harvesting index ($I_{\text{econ}} = 59.3\%$) and for thin pods' flaps (25.2 %); k-205 from Liyia and k-3025 from Brasilia — for high growing and productive for dry biomass and seeds; sn 86-17, sn 13-19, sn 39-19, Debryansky, et al. — for increased dry resistance; sn 3-20, sn 46-18, sn 35-18, sn 31-19, sn 114-19 and k-294 — for high seed protein content (39.0 – 41.8 %); sn 3-20, sn 10-20, sn 40-20 and sn 43-20 — for thin seeds' peel. The improvement of genotypes of *Lupinus albus* L. varieties for studied characters will allow realize more fully the productivity potential of the lupine crop and increase the areal of its production in the regions of the Russian Federation. The specified sources will be included into crosses to develop new initial material for white lupin grain-and-forage varieties breeding with the complex of economical-and-biological characters.

Keywords: *Lupinus albus* L.; breeding; sample; source; drought resistance; grain quality; productivity.