

**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИЗУЧЕНИЯ
ГЕНОФОНДА ЛЮПИНА БЕЛОГО (*LUPINUS ALBUS L.*)**

М.И. ЛУКАШЕВИЧ, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0001-9814-1642

E-mail: lupin.albus2021@mail.ru

М.Е. СЕЛИВАНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID ID: 0000-0001-6411-5155

Т.В. СВИРИДЕНКО, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0003-0250-4846

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЮПИНА –
ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ «ВИК ИМЕНИ В.Р. ВИЛЬЯМСА», БРЯНСК

*В статье приведены краткие сведения исторического развития культуры люпина белого (*Lupinus albus L.*), результаты селекционной работы в разных странах мира. Люпин является богатым источником высококачественного растительного белка для кормопроизводства. В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений РФ зарегистрировано 14 сортов люпина белого, из них 8 – селекции ВНИИ люпина (в том числе 3 – совместно с РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева). Все они являются кормовыми, с содержанием белка в зерне 36-38%. Скрининг генофонда люпина белого позволяет выявлять образцы по отдельным признакам, превосходящим стандарт. Во Всероссийском НИИ люпина генофонд люпина белого представлен образцами отечественной и мировой селекции в количестве 150 номеров. Исследования проводились на опытном поле ВНИИ люпина (Брянская область) в период 2016-2020 гг. Работа с коллекционным материалом проводилась по методике ВИР «Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение». Выделены образцы, характеризующиеся высокой зерновой продуктивностью и образцы с содержанием сырого протеина в зерне выше 40%. Они используются в селекционной работе и вовлекаются в скрещивания в качестве источников отдельных или комплекса хозяйственно-биологических признаков.*

Ключевые слова: люпин белый, сорт, селекция, источник, признак, кормовой растительный белок, зерновая продуктивность.

Для цитирования: Лукашевич М.И., Селиванова М.Е., Свириденко Т.В. Актуальные направления изучения генофонда люпина белого (*Lupinus albus L.*). *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 89-95. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-89-95

**CURRENT TRENDS OF RESEARCH OF WHITE LUPIN (*LUPINUS ALBUS L.*)
GENEBANK**

M.I. Lukashevitch, M.E. Selivanova, T.V. Sviridenko

ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN – BRANCH OF THE FEDERAL
WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND AGROECOLOGY,
2, Berezovaya Street, Bryansk region, Bryansk district, p/o Mitchurinskiy, 241524, Russia

*E-mail: lupin.albus2021@mail.ru

Abstract: *The article presents brief information concerning the historical development of white lupin (*Lupinus albus L.*) as a crop and results of its breeding around the world. Lupin is a*

reach source of plant protein of high quality for feed production. Nowadays 14 white lupin varieties have been listed in the State Register for Breeding Achievements in the Russian Federation; 8 of them have been developed in the All-Russian Research Institute of Lupin (3 including – jointly with the K.A. Timiryazev's Russian State Agricultural Academy). All of them are used as feeds; the seed protein content makes 36-38%. Screening of white lupin genebank allows select lines for the characters surpassing the standard. The lupin genebank of the All-Russian Research Institute of Lupin consists of native and world lupin breeding lines. The tests were done on the experimental field of the Institute (Bryansk region) in 2016-2020. VIR method "VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying" was used in the work. Lines with high grain productivity and lines with seed protein content higher than 40% were selected. They are used in breeding work and in hybridization as the sources of single or of complex of economic-and-biological characters

Keywords: white lupin, variety, breeding, source, character, forage plant protein, seed productivity.

Введение

Люпин – древняя культура. Первые упоминания о нем как о культуре, имеющей сидеральное, пищевое и кормовое назначение, по данным археологических раскопок, датируются 2000 гг. до н.э. Первым в земледелии Старого Света был освоен люпин белый (*Lupinus albus* L.). Семена люпина были обнаружены в гробницах египетских фараонов. В ряде сочинений древнегреческих и древнеримских философов люпин описывается под названием «термис», включающим в себя два современных ботанических вида – *L. albus* и *L. termis* Forsk., распространенных в Средиземноморье в диком и культурном состоянии (Б.М. Либкинд, 1931). В пищу употреблялись вымоченные в проточной воде и прошедшие термическую обработку подсолненные семена люпина. Гиппократ (460-360 гг. до н.э.), Галеол (129-192 гг. н.э.) и Диоскорид (I в. н.э.) упоминали люпин, как медицинское лечебное средство и в качестве сырья для приготовления косметических препаратов.

Во Франции первым был введен в культуру белый люпин, где он широко использовался как сидеральное удобрение под виноградники. В Германию белый люпин попал из Италии, но его использование не получило широкого применения из-за неподходящих климатических условий, не позволяющих раскрыть потенциал культуры. В то же время нишу зеленого удобрения в странах Европы и СССР стали занимать другие виды люпина – узколистный и желтый, менее требовательные к почвенному плодородию и с более коротким вегетационным периодом. В СССР белый люпин встречался лишь в субтропиках Грузии под названием «ханчколи» (пер. – горький боб).

Выделение в 1926-1928 гг. немецким исследователем Зенгбушем первых малоалкалоидных растений люпина подтолкнуло развитие селекции кормового люпина. В 1932 г. биохимическая лаборатория ВИР под руководством проф. Н.Н. Иванова независимо от других разработала простой и доступный метод нахождения безалкалоидных форм, что позволило позднее обнаружить малоалкалоидные семена в образцах белого люпина (Н.И. Шарапов, 1935)].

Белый люпин характеризовался неограниченным типом роста растений, что обуславливало растянутый вегетационный период. Это ограничивало получение собственного семенного материала во многих климатических зонах. В странах с мягким климатом применялся подзимний посев люпина. В условиях нашей страны перед селекционерами стояла задача получения скороспелых сортов люпина белого.

Большая селекционная работа с использованием метода мутагенеза была проведена В.И. Головченко в Украинском НИИ земледелия, в результате чего были получены относительно скороспелые сорта белого кормового люпина – Киевский скороспелый, Киевский мутант и другие с содержанием белка в зерне 38-42% (В.И. Головченко, 1977). Одновременно велась селекция на скороспелость белого люпина. В России профессором Г.Г. Гатаулиной в МСХА им. К.А. Тимирязева получены первые сорта с ограниченным типом роста, устойчиво созревающие в условиях Центрально-Черноземного региона – Старт,

Мановицкий, Гамма, Дельта, Дега, Детер 1 [1, 2]. Интенсивная селекционная работа с белым люпином ведется в Австралии, Бразилии, Египте, европейских странах [3, 4, 5, 6].

В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений РФ зарегистрировано 14 кормовых сортов люпина белого [7].

Качественные характеристики зерна современных кормовых сортов люпина белого позволяют заменить дорогостоящую трансгенную импортную сою на зерно люпина отечественного производства (содержание белка 32-42%, жира 8-12%). Урожай зерна достигает 4-5 т/га [8]. В условиях возрастающих требований сельскохозяйственных товаропроизводителей к качеству производимой продукции, её себестоимости остается актуальным вопрос конкурентоспособности люпина. В связи с этим возникает необходимость расширения сортимента и улучшения его качественных характеристик. Таким образом, в настоящее время селекция люпина белого ведется по следующим основным направлениям: повышение потенциала зерновой продуктивности, оптимальный вегетационный период (110-120 дней), комплексная устойчивость к наиболее опасным для люпина заболеваниям – антракнозу и фузариозу, засухоустойчивость, устойчивость к полеганию, селекция на улучшение качества продукции.

Одним из путей решения поставленных задач является использование имеющегося генофонда. Н.И. Вавилов рассматривал широкое использование генофонда растений как генетическую основу селекции. Современный генофонд люпина, представленный в ВИРе, насчитывает 2930 образцов 51 вида люпина, из них 497 образцов люпина белого [9].

Цель исследований – скрининг генофонда люпина белого для выявления генетических источников хозяйственно ценных признаков для использования их в селекционной работе.

Материал и методика исследований

Исследования проводились на опытном поле ВНИИ люпина (Брянская область) в период 2016-2020 гг. Почва опытных участков серая лесная, легкосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое 2,0-2,4%, подвижного фосфора 16-18 мг/100 г, обменного калия 14-16 мг/100 г почвы, рН 5,4-5,7.

Рабочая коллекция белого люпина включает 150 номеров, представленных образцами отечественной и мировой селекции, а также лучшими номерами селекции ВНИИ люпина. Часть образцов предоставлена Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Генофонд ВИРа включает образцы из Палестины, Греции, Эфиопии, Египта, Испании, Италии, Португалии, Польши, Франции и других стран (семена собственной репродукции). Стандартом служил включенный в Госреестр селекционных достижений РФ кормовой скороспелый, фузариозоустойчивый сорт Мичуринский.

Работа с коллекционным материалом проводилась по методике ВИР [10]. Выполнялась оценка по темпам роста, подробное ботанико-морфологическое описание каждого образца (тип растения, окраска листа, цветков и т.д.) и полученного семенного материала. Для выявления высокопродуктивных образцов выполнен учет структуры продуктивности по 20 растениям. Большинство образцов из генофонда ВИР являются алкалоидными, их репродукция осложняется также неустойчивостью к опасным для люпина заболеваниям – антракнозу и фузариозу. Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение

Высота растений изученных образцов в среднем за годы исследований варьировала от 56,1 см у стандарта Мичуринский до 86,8 см у образца к-3682 (Португалия). На рисунке наглядно показано, что интродуцированные образцы более высокорослые по сравнению со стандартом. Так, наивысшие средние значения по высоте растений составляют 94,2-98,7 см и наблюдаются у образцов к-484 (Эфиопия), к-3682 (Португалия), к-298 (Палестина) и к-1600 (Италия). Наибольший размах выборки за период изучения 62,0-94,2 см у образца к-1600 (Италия).

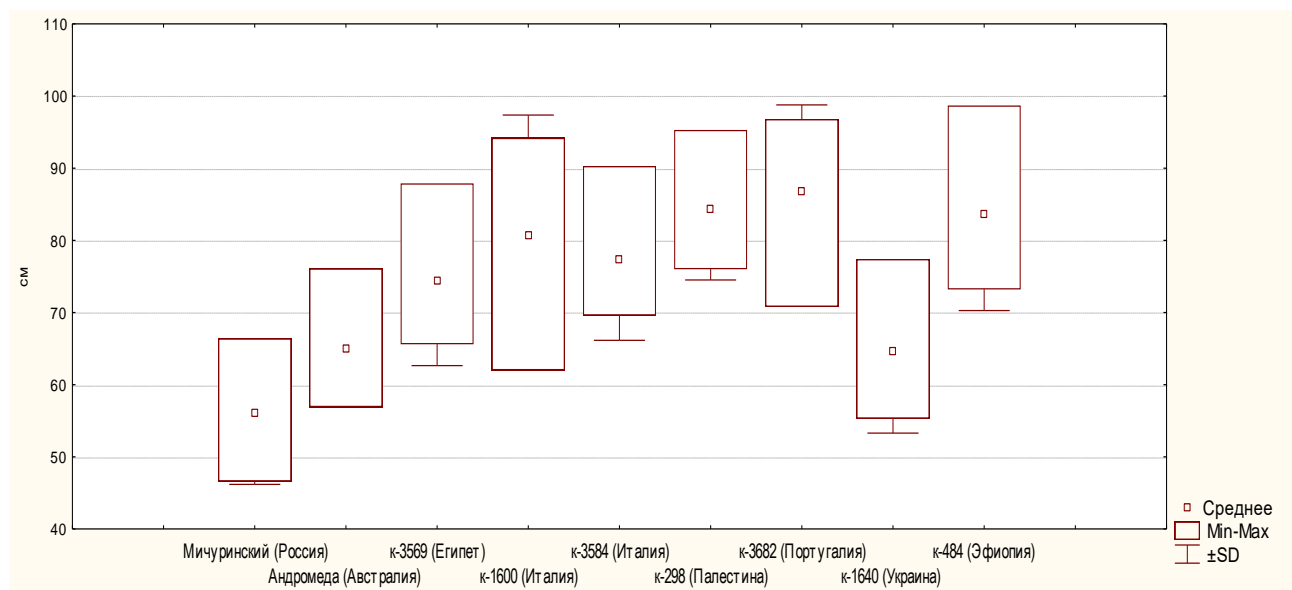


Рис. Высота растений коллекционных образцов люпина белого, см (Брянская область, 2016-2020 гг.)

В таблице дана характеристика образцов по элементам продуктивности в среднем за 2016-2020 гг.

Таблица.

Элементы структуры продуктивности некоторых коллекционных образцов люпина белого, среднее за 2016-2020 гг. (Брянская область)

№ каталога ВИР, название (происхождение)	Количество продуктивных боковых побегов		Биомасса сухого растения		Семена с 1 растения				Масса 1000 семян		K _{хоз.} , %
	шт.	CV, %	г	CV, %	шт.	CV, %	г	CV, %	г	CV, %	
к-3935, Мичуринский, стандарт (Россия)	2,1	44	25,3	29	42,0	29	12,2	22	297,3	12	49,3
Андромеда (Австралия)	3,1	29	33,0	39	53,8	36	15,1	39	286,8	9	46,0
к-3569 (Египет)	1,9	38	30,1	42	37,6	25	12,1	20	321,8	8	43,1
к-1600, 2103 (Италия)	1,6	62	29,7	39	41,8	42	10,6	35	259,7	19	36,5
к-3584, Calabria (Италия)	1,4	61	28,9	43	31,3	36	9,4	7	309,3	10	34,2
к-298 (Палестина)	2,1	31	33,9	26	40,2	19	12,1	0	294,0	13	35,6
к-3682, МК-10 (Португалия)	1,9	58	33,9	23	40,1	21	11,6	3	292,8	18	34,8
к-1640, Носовский 3 (Украина)	2,5	5	27,9	30	39,5	15	11,4	9	301,2	12	42,3
к-484 (Эфиопия)	2,6	21	36,9	40	48,6	32	13,7	5	289,5	8	39,0

Люпин белый характеризуется интенсивным боковым ветвлением, индетерминантным типом роста. В исследованиях мы учитывали только количество боковых побегов, с которых были получены семена. Среднее количество продуктивных боковых побегов у стандарта

Мичуринский - 2,1 штук на одно растение. Минимальные значения – 1,4-1,6 штук у образцов к-1600 и к-3584 (Италия), максимальные – 3,1 штук у сорта австралийской селекции Андромеда. Наблюдается сильная вариация данного показателя в годы исследований – 21-62% (исключение – образец к-1640 (Украина)).

Биомасса сухого растения стандарта составила 25,3 г. Все образцы иностранного происхождения значительно превысили стандарт по этому показателю, и по большинству из них отмечена большая степень вариабельности значений (до 43%). Самые высокие значения у высокорослого образца к-484 (Эфиопия) – 36,9 г. Однако высокая биомасса не всегда влечет за собой превышение по семенной продуктивности. Только сорта с детерминацией роста на главном побеге и ограниченным ветвлением побегов первого и второго порядков способны устойчиво созреть и стабильно формировать семенную продуктивность на главном и боковых побегах. Семенная продуктивность стандарта составила 42 семени или 12,2 грамма с растения. По коллекционным образцам данный показатель имел значения от 31,3-53,8 семян с растения или 9,4-15,1 г. Сорт Андромеда превысил стандарт в 1,3 раза по количеству семян – 53,8 штук. При высоких абсолютных значениях продуктивности данный образец характеризуется сильной вариабельностью количества и массы семян ($V=36-39\%$).

Масса 1000 семян коллекционных номеров люпина белого составила от 259,7 г до 321,8 грамм. Для кормовых сортов люпина белого необходимы выполненные крупные семена с наиболее высоким соотношением ядро/ оболочка, высоким содержанием ядра и низким оболочки. Признак мелкосемянности характерен для сортов зеленоукосного (силосного) использования в целях повышения коэффициента размножения. По международному классификатору СЭВ рода *Lupinus* L. семена представленных образцов относятся к группе крупного размера (масса 1000 семян 251-450 г). Масса 1000 семян стандарта 297,3 грамма, самым крупносемянным оказался образец к 3569 из Египта (321,8 г). Из приведенных показателей масса 1000 семян имеет самую низкую вариабельность. У образцов к-3569, к-484 и сорта Андромеда проявилась слабая вариация признака, по остальным образцам – средняя.

Величина уборочного индекса ($K_{хоз}$, %) наряду с зерновой продуктивностью является наиболее объективным интегрированным показателем адаптации генотипа к внешним условиям и характеризует селекционный прогресс культуры в целом. Как показал ретроспективный анализ старых и новых сортов зерновых культур и гороха, рост урожайности новых сортов, по сравнению со стародавними, сопровождался, главным образом, увеличением уборочного индекса [11, 12, 13]. Самый высокий показатель $K_{хоз}$ стандарта Мичуринский (49,3%). Коллекционные образцы по этому признаку разделились на две группы. В первую вошли два образца с уровнем уборочного индекса выше 40% - это австралийский сорт Андромеда (46,0%) и к-1640 сорт украинской селекции Носовский 3 (42,3%). Вторую группу составили образцы с уровнем $K_{хоз}$, 34,2-39,0%, характеризующиеся высокими, по сравнению со стандартом, значениями биомассы растения (к-298, к-3682, к-484 и др.).

Биохимический анализ коллекционных образцов позволил выявить ценные генотипы с повышенным содержанием сырого протеина в семенах. Это образцы к-3667 – 37,3-40,5%, к-3670 (Египет) – 39,5-41,1% и к-3339 (Белоруссия) – 39,5%. Все они являются алкалоидными и позднеспелыми.

Заключение

Мобилизация и оценка генофонда люпина белого позволяет выделять формы с ценными свойствами и качественными характеристиками, которые в дальнейшем вовлекаются в селекционный процесс. В настоящее время в качестве родительских форм при внутривидовой гибридизации используются образцы из Египта с содержанием белка в зерне свыше 40%. Большой интерес представляет работа по поиску высокобелковых малоалкалоидных растений. Получены гибриды с использованием сорта австралийской селекции Андромеда, являющегося источником высокой зерновой продуктивности и адаптивности.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» по проекту № FGGW-2022-0001 «Усовершенствовать методы обследования, мобилизации и ДНК-типирования генетических ресурсов кормовых и плодовых растений в целях выявления адаптивного и хозяйственного потенциала, создания источников и доноров хозяйственно-ценных признаков и свойств».

Литература

1. Гатаулина Г.Г., Медведева Н.В. Белый люпин - перспективная кормовая культура//Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 10. – С. 49-50.
2. Гатаулина Г.Г. За белым люпином будущее //Белый люпин. – 2014. – № 1. – С. 2-6.
3. Huyghe C., Julier B., Harzic N. and Papineau J. Breeding of *Lupinus albus*: new architectures for a further domestication. Advances in lupin research. Proceedings of the VII International Lupin Conference; 1993 April 18-23; Evora, Portugal: p. 25-42.
4. Joernsgaard B., Raza S. Breeding new White Lupin for Egypt. Lupin for Health and Wealth. Proceedings of the 12th International Lupin Conference. Fremantle, Western Australia: International Lupin Association, Canterbury, New Zealand; 2008. pp. 279-282. ISBN 0-86476-153-8.
5. Raman R., Luckett D.J. and Raman H. Estimation of genetic diversity in albus lupin (*Lupinus albus* L.) using DArT and genetic markers. Lupin for health and wealth. Proceedings of the 12th International Lupin Conference. Fremantle, Western Australia: International Lupin Association, Canterbury, New Zealand; 2008. pp. 236-241. ISBN 0-86476-153-8.
6. Lucas M.M., Stoddard F.L., Annicchiarico P., Frías J., Martínez-Villaluenga C. et al. The future of lupin as a protein crop in Europe. Frontier in Plant Science. 2015;(6):705. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00705>
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2015.00705/full>
7. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорты растений. Москва. – 2020. – Том 1. – С.71-72.
8. Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В., Захарова М.В. Достижения и перспективы селекции люпина // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 2. – С. 29-32. DOI:10.24411/0235-2451-2018-10207.
9. Егорова Г.П., Шеленга Т.В. Селекционный потенциал видов *Lupinus* L. из мировой коллекции ВИР // Научные труды по агрономии. – 2020. – № 1 (3). – С.4-9. DOI:10.37574/2658-7963-2020-1-4-9
10. Вишнякова М.А. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: (методические указания) 2-е изд./под ред. М.А. Вишняковой. Санкт-Петербург: ВИР. – 2018. – 142 с. DOI:10.30901/978-5-905954-79-5
11. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Совершенствование методологии селекции пшеницы в условиях недостаточного увлажнения // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 2 (18). – С. 48-53
12. Новикова Н.Е., Лаханов А.П., Амелин А.В. Физиологические изменения в растениях гороха в процессе длительной селекции на семенную продуктивность // Доклады ВАСХНИЛ. – 1989. – № 9. – С. 16-19.
13. Зеленов А.Н., Зеленов А.А. Сто лет орловской селекции гороха. Итоги и перспективы //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 2 (42). – С. 41-59. DOI:10.24411/2309-348X-2022-2-41-59

References

1. Gataulina G.G., Medvedeva N.V. Belyi lyupin – perspektivnaya kormovaya kul'tura [White lupin – a perspective forage crop]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2008, no. 10, pp. 49-50. (In Russian)
2. Gataulina G.G. Za belym lyupinom budushchee [Future belongs to the white lupin]. *Belyi lyupin*, 2014, no. 1, pp. 2-6. (In Russian)

- 3 Huyghe C., Julier B., Harzic N. and Papineau J. Breeding of *Lupinus albus*: new architectures for a further domestication. *Advances in lupin research. Proceedings of the VII International Lupin Conference*, 1993, April 18-23; Evora, Portugal, pp. 25-42.
- 4 Joernsgaard B., Raza S. Breeding new White Lupin for Egypt. *Lupin for Health and Wealth. Proceedings of the 12th International Lupin Conference*. Fremantle, Western Australia: International Lupin Association, Canterbury, New Zealand, 2008, pp. 279-282. ISBN 0-86476-153-8.
- 5 Raman R., Lockett D.J. and Raman H. Estimation of genetic diversity in albus lupin (*Lupinus albus* L.) using DArT and genetic markers. *Lupin for health and wealth. Proceedings of the 12th International Lupin Conference*. Fremantle, Western Australia: International Lupin Association, Canterbury, New Zealand; 2008. pp. 236-241. ISBN 0-86476-153-8.
- 6 Lucas M.M., Stoddard F.L., Annicchiarico P., Frías J., Martínez-Villaluenga C. et al. The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontier in Plant Science*. 2015;(6):705. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00705>
7. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. Sorta rastenii [The state List of breeding achievements allowed for use. Plants' varieties]. Moscow, 2020, Vol. 1. Pp. 71-72. (In Russian)
8. Lukashovich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V., Zakharova M.V. Dostizheniya i perspektivy selektsii lyupina [Achievements and perspectives of lupin breeding]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018, no. 2, pp. 29-32. (In Russian). DOI:10.24411/0235-2451-2018-10207.
9. Egorova G.P., Shelenga T.V. Seleksiionnyi potentsial vidov *Lupinus* L. i mirovoi kolleksii VIR [The breeding potential of *Lupinus* L. species and VIR world collection]. *Nauchnye trudy po agronomii*, 2020, no. 1(3), pp. 4-9. (In Russian). DOI:10.37574/2658-7963-2020-1-4-9
10. Vishnyakova M.A. i dr. Kolleksiya mirovyh geneticheskikh resursov zernovyh bobovyh VIR: popolnenie, sohranenie i izuchenie: (metodicheskie ukazaniya) 2-e izd./pod red. M.A. Vishnyakovoj Sankt-Peterburg:VIR; 2018. 142 p. (In Russian). DOI:10.30901/978-5-905954-79-5.
11. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Sovershenstvovanie metodologii selektsii pshenitsy v usloviyakh nedostatochnogo uvlazhneniya [Methodology improvement of wheat breeding under conditions of insufficient moisture]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no. 2(18), pp. 48-53 (In Russian)
12. Novikova N.E., Lakhanov A.P., Amelin A.V. Fiziologicheskie izmeneniya v rasteniyakh gorokha v protsesse dlitel'noi selektsii na semenuyu produktivnost' [Physiological changes in pea plants during continuous pea breeding for seed productivity]. *Doklady VASKhNIL*, 1989, no. 9, pp.16-19. (In Russian)
13. Zelenov A.N., Zelenov A.A. Sto let orlovskoi selektsii gorokha. Itogi i perspektivy [100 anniversary of Orel pea breeding] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no. 2(42), pp. 41-59. (In Russian). DOI:10.24411/2309-348X-2022-2-41-59