

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ПРОБЛЕМ

Научная статья

УДК 633.367.2:631.526.3

DOI: 10.30901/2227-8834-2024-4-186-195



Разнообразие коллекции *Lupinus angustifolius* L. ВИР по окраске соцветий

Е. В. Власова¹, Г. П. Егорова²

¹ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Викторовна Власова, stevlas@yandex.ru

Актуальность. Фенотипическое разнообразие *Lupinus angustifolius* L. динамически расширяется из-за рекомбинации генов и мутаций. Поэтому сложившиеся представления о разнообразии окраски соцветий у люпина узколистного нуждаются в регулярном обновлении.

Материалы и методы. Объектом исследования служили 887 образцов люпина узколистного коллекции ВИР. Морфологические описания образцов проводили в 2009–2023 гг. в условиях полевого опыта в Московской области РФ. Многолетние наблюдения позволили оценить возможные модификации окраски соцветий в варьирующих погодных условиях.

Результаты. В генофонде выявлено 15 биотипов, которые различались по антоциановой пигментации отдельных частей соцветия: флага, крыльев и лодочки цветка, а также оси соцветия. Биотипы характеризовались также индивидуальными особенностями окраски семядолей, листьев, стебля и семян. Проведена сверка фенотипических характеристик биотипов с диагностическими признаками внутривидовых таксонов и известных генов окраски цветка.

Заключение. Выявлены 3 новые разновидности и 6 подразновидностей. Установлены вероятные носители генов как основной окраски цветка – *roseus* (*fco* 1), *violaceus* (*fco* 3), *albus* (*fco* 4), *leucospermus* (*fco* 2¹, *fco* 2²), так и ее модификаций – *Supercoeruleus*, *dispersus*, *discolor*, *albiflorus*. Описания некоторых биотипов не соответствовали данным о фенотипической экспрессии ни одного из известных генов, что указывало на наличие новых мутаций, рекомбинаций либо неизученных ассоциаций генов.

Ключевые слова: люпин узколистный, окраска цветка, внутривидовое разнообразие, антоцианы

Благодарности: работа выполнена в рамках реализации государственных заданий Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства № 0432-2021-0003 «Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями» и в соответствии с тематическим планом ВИР по проекту № FGEM-2022-0002 «Выявление возможностей генофонда бобовых культур для оптимизации их селекции и диверсификации использования в различных отраслях народного хозяйства».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Власова Е.В., Егорова Г.П. Разнообразие коллекции *Lupinus angustifolius* L. ВИР по окраске соцветий. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024;185(4):186-195. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-4-186-195

IDENTIFICATION OF THE DIVERSITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES FOR SOLVING FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2024-4-186-195

Diversity of VIR's collection of *Lupinus angustifolius* L. in the inflorescence color

Elena V. Vlasova¹, Galina P. Egorova²

¹ Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Elena V. Vlasova, stevlas@yandex.ru

Background. The phenotypic structure of *Lupinus angustifolius* L. is dynamically expanding due to genetic recombinations and mutagenesis. Therefore, the existing concepts of the inflorescence color diversity in narrowleaf lupine need regular updating. **Materials and methods.** Research materials consisted of 887 narrowleaf lupine accessions from the VIR collection. Their morphological descriptions were made in 2009–2023 during field trials under the conditions of Moscow Province, Russia. Long-term observations made it possible to evaluate probable color modifications in inflorescences under varying weather conditions.

Results. The lupine gene pool was divided into 15 biotypes differing in the anthocyanin pigmentation of separate inflorescence parts, such as the vexillum, wings, and keel, as well as the inflorescence axis. Individual color features of cotyledons, leaves, stem, and seeds also characterized the biotypes. Phenotypic characteristics of lupine biotypes were compared with diagnostic traits of intraspecific taxa and known genes for flower color.

Conclusion. Three new varieties and six new subvarieties were marked out for narrowleaf lupine. Probable carriers of genes responsible for the flower's basic color: *roseus* (*fco* 1), *violaceus* (*fco* 3), *albus* (*fco* 4), and *leucospermus* (*fco* 2¹, *fco* 2²), and its modifications: *Supercoeruleus*, *dispersus*, *discolor*, and *albiflorus*, were identified. Descriptions of some biotypes failed to agree with the data on any known gene's phenotypic expression, which attested to the presence of new mutations, recombinations, or unstudied gene associations.

Keywords: narrowleaf lupine, flower color, intraspecific diversity, anthocyanins

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of the state tasks assigned to the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, No. 0432-2021-0003 "Preserve, replenish, and study genetic collections of agricultural plants and establish repositories of fruit and berry crops planted free of viruses", and the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), No. FGEM-2022-0002 "Identifying possibilities in the genetic diversity of leguminous crops to optimize their breeding and diversify uses in various sectors of the national economy".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Vlasova E.V., Egorova G.P. Diversity of VIR's collection of *Lupinus angustifolius* L. in the inflorescence color. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(4):186-195. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-4-186-195

Введение

Окраска венчика у самоопыляемого вида *Lupinus angustifolius* L. наследуется по типу комплементарного взаимодействия неаллельных генов. Синюю расцветку определяет блок доминантных генов дикого типа (Kuptsov, Takunov, 2006). Наличие рецессивных моногенных мутаций в одном из локусов обуславливают розовую (*roseus*), фиолетовую (*violaceus*), бледно-фиолетовую (*albus*) либо бело-фиолетовую (*leucospermus*) окраску (Hackbarth, 1957; Maysuryan, Atabekova, 1974; Gladstones, 1998). Присутствие двух и большего числа неаллельных рецессивных генов обуславливает чисто-белую окраску цветка (Kuptsov, Takunov, 2006). Помимо генов, определяющих основной цвет, существует ряд генов, изменяющих интенсивность окраски либо добавляющих в палитру дополнительные оттенки. J. Mikołajczyk (1966) описал фенотипический эффект рецессивных генов, снижающих количество пигмента в нижних частях лепестков (*discolor*) и осветляющих окраски венчика (*dispersus*) у розово- и синецветковых биотипов, а также определяющих серовато-синюю (*subcoeruleus*) и беловато-синюю (*subalbidus*) окраску цветка. Он обнаружил рецессивный ген *albiflorus*, который в сочетании с геном *roseus* обуславливает формирование белых лепестков с желтоватым оттенком. Тем же автором выявлен доминантный ген *Supercoeruleus*, который способствует интенсификации синтеза синего пигмента. Под влиянием этого гена синие цветки приобретают более интенсивную окраску, а у розовых цветков появляется фиолетовый оттенок.

Следует отметить, что по данным многочисленных источников (Hackbarth, 1957; Mikołajczyk, 1966; Maysuryan, Atabekova, 1974), большинство генов окраски цветка (*leucospermus*, *albus*, *violaceus*, *subcoeruleus*, *discolor*, *subalbidus*, *dispersus*, *albiflorus*) обладают плейотропным эффектом на окраску семян, семядолей, стебля и листьев. Взаимосвязь этих признаков можно проследить по классификации, разработанной Б. С. Курловичем и А. К. Станкевич (Kurlovich, Stankevich, 1990), представленной позднее в ряде других источников (Kurlovich, Stankevich, 2002; Kurlovich, 2019). Свои дополнения внесли в нее другие исследователи (Kuptsov, Takunov, 2006; Vlasova, 2015). Классификация представляет собой систему внутривидовых таксонов (разновидностей – *varieties* и подразновидностей – *subvarieties*). Разновидности выделены по окраске цветка и семян, подразновидности – по окраске вегетативных органов. Классификация используется при апробации посевов, способствует поддержанию аутентичности образцов коллекций в ходе их репродуцирования и необходима генетикам для установления сцепления генов (Vishnyakova et al., 2021). Она дает представление о фенотипическом разнообразии вида, знание которого необходимо для решения проблемы сокращения генетического полиморфизма среди возделываемых сортов (Cowling, 2020; Vishnyakova et al., 2020) и проведения молекулярно-генетических исследований (Plewiński et al., 2019). Однако спектр рекомбинационной изменчивости *L. angustifolius* динамически расширяется под влиянием гибридизации и мутагенеза (Kuptsov, Porov, 2019). Поэтому сложившиеся представления о фенотипической структуре вида нуждаются в периодическом обновлении. Селекционный материал, регулярно пополняющий коллекцию ВИР, представляет интерес для такого рода наблюдений (Kushnareva et al., 2020; Vishnyakova et al., 2021).

Цель исследования – систематизация данных о разнообразии окраски частей соцветий у *L. angustifolius* по ре-

зультатам многолетнего изучения мировой коллекции ВИР (2009–2023 гг.).

Материалы и методы

Коллекция *Lupinus angustifolius* ВИР содержит 887 образцов из 26 стран мира. Основную массу коллекции составляют местные сорта (88%), сорта научной селекции и другой селекционный материал (Vishnyakova et al., 2021). Объектом исследования служили образцы коллекции ВИР, которые высевали с целью обновления репродукций семян (осуществляется не реже чем через каждые 5–7 лет) либо экологического изучения новых образцов (ведется в течение трех лет подряд) в соответствии с методикой ВИР (Vishnyakova et al., 2010). Растения выращивали в полевых условиях на базе Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства (ФНЦ садоводства) в п. Михнево Ступинского района Московской области в 2009–2023 гг. Морфологическое описание образцов проводили с использованием «Международного классификатора СЭВ рода *Lupinus* L.» (Stepanova et al., 1985) и с учетом существующих таксонов во внутривидовой классификации (Kurlovich, Stankevich, 1990, 2002; Kuptsov, Takunov, 2006; Vlasova, 2015; Kurlovich, 2019). Ежегодно, в соответствии с планом, делали описания не менее 200 образцов. Таким образом, по каждому образцу коллекции ВИР получены результаты не менее чем трех лет наблюдений, оценено сходство данных и варианты модификации окраски в изменяющихся погодных условиях. В тех случаях, когда образцы не удавалось отнести к определенной разновидности и подразновидности в соответствии с классификацией из-за несоответствия характеристик, их дополнительно высевали несколько лет подряд для уточнения фенотипа.

Результаты и обсуждение

Внутривидовое разнообразие *L. angustifolius* по окраске вегетативных и генеративных органов удобно описывать путем сравнения с нормальным, «диким» типом, морфологическая характеристика которого общепризнана и не вызывает сомнений (Hallqvist, 1921; Hackbarth, 1957; Gladstones, 1998; Kurlovich, 2002; Kuptsov, Takunov, 2006):

Окраска соцветия (рис. 1, а–с). Флаг цветка синий. Крылья синие с пятном розово-фиолетового цвета в верхней трети и синева-белой окраской в нижней части. Жилки синего цвета, светлеющие ближе к основанию. Лодочка белая с синими жилками и с интенсивно окрашенным темно-синим кончиком. Чашелистики зеленые с синей пигментацией бороздок, жилок и краев. Прицветники и прицветнички содержат антоциановый пигмент, но рано опадают. Пурпурная пигментация оси соцветия в верхней части интенсивная, в базальной бледнеет и исчезает. С возрастом окраска цветка становится более интенсивной.

Окраска семян (рис. 1, d). Семена пестрые, трехцветные. Фон серый (некоторые описывают его как серо-синий). Коричневые (ржаво-коричневые, темно-коричневые, бурые) пятна образуют сетчатый рисунок или мраморность. Белые пятна резко очерчены. Над рубчиком – черное треугольное (стрельчатое) пятно среднего размера, под рубчиком – полоска среднего размера.

Лист и стебель темно-зеленого цвета с восковым налетом. Нижняя сторона семядолей и гипокотиль имеют антоциановую пигментацию (рис. 1, e).

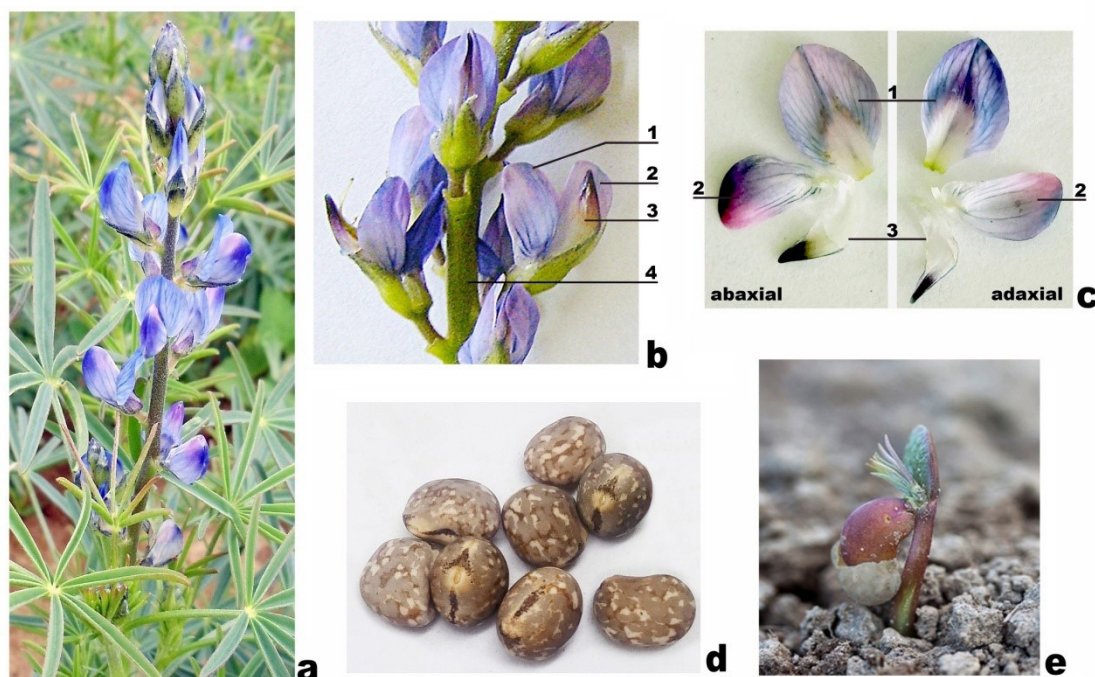


Рис. 1. Особенности окраски некоторых частей растения *Lupinus angustifolius* L. «дикого» типа (на примере образца к-1482 'Синерозовый 645', Россия): **a** – внешний вид соцветия; **b** и **c** – окраска лепестков венчика (1 – флаг, 2 – крыло, 3 – лодочка) с наружной (abaxial) и внутренней (adaxial) сторон и оси соцветия (4); **d** – внешний вид семян; **e** – проросток с антоцианом на гипокотиле и нижней (абаксиальной) стороне семядолей

Fig. 1. Color features of some parts of the *Lupinus angustifolius* L. plant belonging to the “wild” type (on the example of accession k-1482 'Sinerozovyy 645', Russia): **a** – exterior of the inflorescence; **b** and **c** – color of the petals (1 – vexillum, 2 – wing, and 3 – keel) on the external (abaxial) and internal (adaxial) sides and the inflorescence axis (4); **d** – exterior of the seeds, **e** – a seedling with anthocyanin on the hypocotyl and the lower (abaxial) side of the cotyledons

Большинство исследователей досконально не описывают расцветки лепестков венчика и под окраской цветка подразумевают основной цвет флага и крыльев. У лодочки окрашен только кончик, который становится заметным лишь при полном раскрытии цветка. Цвет кончика лодочки визуально определить трудно, поэтому при определении разновидности отмечают только наличие или отсутствие антоциана. Интенсивность окраски лепестков венчика зависит от агроэкологического фона. Максимальная яркость окрасок наблюдается в условиях хорошей влагообеспеченности растений и при умеренных температурах воздуха. При дефиците осадков в период цветения люпина окраска цветка бывает бледной, и некоторые биотипы с трудом дифференцируются. По нашим наблюдениям, существует тесная положительная связь присутствия антоциановой пигментации на оси соцветия и на нижней стороне семядолей. Но распространение антоцианов по стеблю с этими признаками не коррелирует.

В коллекции ВИР мы выявили 15 биотипов окраски соцветия. На рисунке 2 приводятся их изображения. Биотипы объединены в 5 групп по основной окраске венчика: 1. синей, 2. розовой, 3. фиолетовой, 4. бледно-фиолетовой, 5. белой. Группы разбиты на подгруппы (1.1–1.6, 2.1–2.2, 3.0, 4.1–4.2, 5.1–5.4) по оттенкам в окраске флага и крыльев, а также наличию и интенсивности антоцианового окрашивания кончика лодочки и оси соцветия. При описании биотипов перечислены типичные образцы, приведены данные о цветовой характеристике семян и особенностях окраски вегетативных органов. Если существуют опубликованные данные, то приведена таксо-

номическая принадлежность и генетическая характеристика образцов. Помимо традиционных названий генов окраски цветка приводятся их синонимичные (син.) символы *fco* (flower colour), данные в работе Н. С. Купцова, И. П. Такунова (Kuptsov, Takunov, 2006).

1. Синяя

1.1. Типичная синяя окраска венчика, соответствует описанию «дикого» типа. Кончик лодочки и ось соцветия содержат антоциан. Интенсивность синей пигментации и размеры пятен розового, пурпурного и белого цветов варьируют по образцам. Окраска цветка контролируется блоком доминантных генов «дикого» типа. В сочетании с различной окраской семян представляет разновидности: *var. angustifolius* subvar. *angustifolius* (рис. 3, a), *var. albopunctatus* Kurl. et Stankev., *var. griseomaculatus* Kurl. et Stankev., *var. chalybeus* Kurl. et Stankev. (рис. 3, d), *var. corylinus* Kurl. et Stankev. Нижняя сторона семядольных листьев антоциановая. Типичные образцы: к-3565 'Stevens', ЮАР; к-3411 'Uhretnece', Чехословакия; к-3815 'Глат', к-2955 'Першацвет', к-3932 'Щучинский 470', Беларусь; к-1907 'Стодолищенский Л-610', к-1482 'Синерозовый 645', Россия.

1.2. Темно-синяя окраска флага и крыльев. Кончик лодочки и ось соцветия содержат антоциан. Образцы к-3847 'Пралеска', к-3829 'Василек', к-3931 'Хвалько', Беларусь, имеют окраску семян, характерную для разновидности *var. chalybeus* Kurl. et Stankev. (рис. 3, d). Антоциановая пигментация присутствует на нижней стороне семядольных листьев, стебле и выделяет кайму на листьях. Усиление синей окраски лепестков, вероятно, связано с экспрессией гена *Supercoeruleus* (*Sup*).

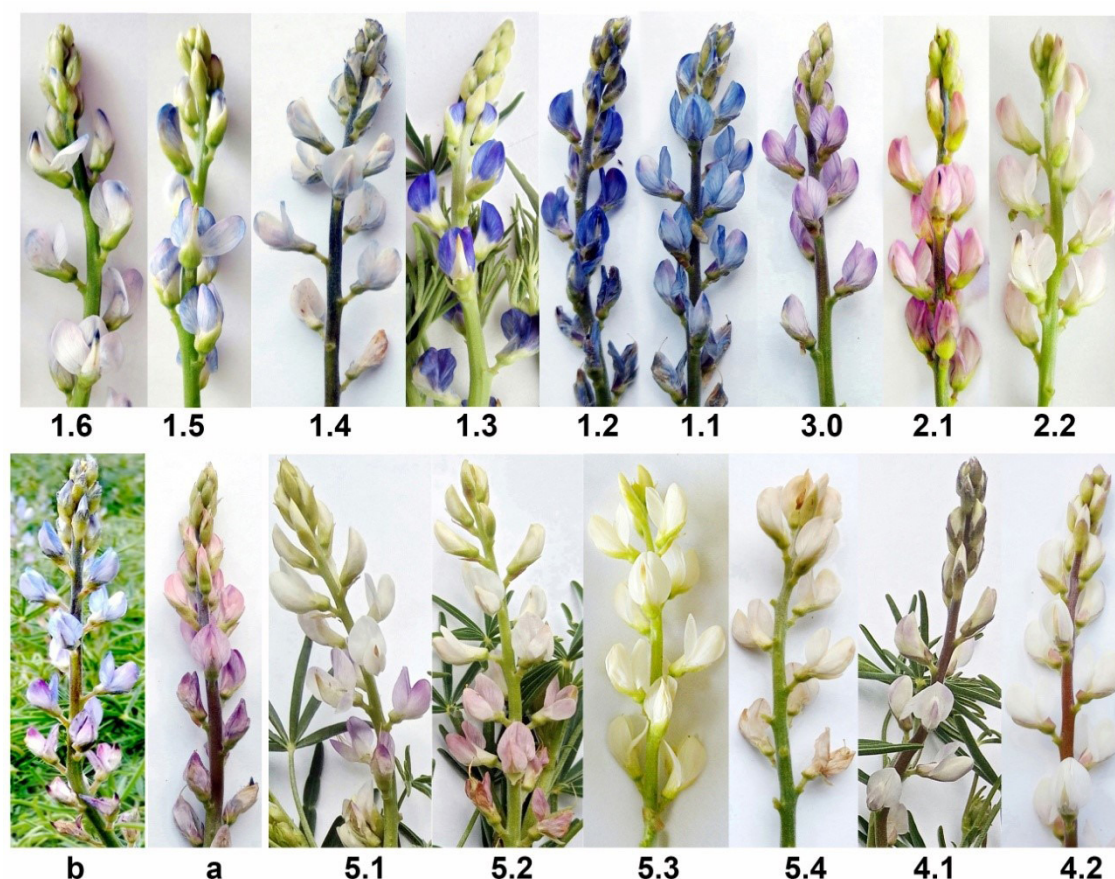


Рис. 2. Внешний вид соцветий у биотипов 1.1–5.4, различающихся по окраске оси соцветия и лепестков венчика (на изображениях соцветий биотипов 5.1 и 5.2, а также форм а и б видна неоднородность окраски цветков в пределах соцветия)

Fig. 2. Exterior of inflorescences in biotypes 1.1–5.4, differing in the color of the inflorescence axis and petals (the images of inflorescences of biotypes 5.1 and 5.2 as well as forms a and b show the heterogeneity of the flower color within the inflorescence)

1.3. Насыщенная, ярко-синяя окраска флага и крыльев. Антоциан на кончике лодочки и оси соцветия отсутствует. Образцы к-167 и к-179, Германия; к-333 и к-337, Польша; к-450, Литва, характеризуются отсутствием антоциана на вегетативных органах и необычной для синцветковых биотипов окраской семян: на белом фоне – светло-коричневые пятна, треугольное пятно и полоска светло-коричневые (рис. 3, f). Такую цветовую характеристику семян и вегетативных органов до настоящего времени связывали с плейотропным влиянием гена *leucospertus* (*leuc*), обуславливающим бело-фиолетовую или бело-розовую окраску флага и крыльев. Сверхэкспрессия синего пигмента во флаге и крыльях, возможно, связана с присутствием гена *Supercoeruleus* (*Sup*).

1.4. Бело-синяя окраска флага и крыльев. Антоциан присутствует на оси соцветия, но отсутствует на кончике лодочки. Окраска семян – «дикого» типа (рис. 3, a). Образец – к-439, Литва. Антоциановая пигментация присутствует на нижней стороне семядольных листьев и стебле. Возможно, что осветление синей окраски лепестков связано с действием гена *dispersus* (*dip*), который не вызывает снижения интенсивности антоциановой пигментации на оси соцветия и вегетативных органах. Однако литературные данные о том, что этот ген контролирует окраску лодочки, отсутствуют.

1.5. Голубая окраска флага и крыльев. Антоциан на кончике лодочки и оси соцветия отсутствует или слабо

выражен. Окраска и рисунок на семенах – как у «дикого» типа, но с коричневым оттенком (рис. 3, c). Антоциан на семядолях отсутствует или слабо выражен, на стебле и листьях отсутствует. Образцы: к-334, Польша; к-1479, Сидеральный к-7, Беларусь; к-2997 'Von Kamekes Frühe', Венгрия; к-3606, Италия. Var. *angustifolius* subvar. *viridulus* Kurl. et Stankev. Вероятно присутствие гена *discolor*, снижающего количество пигмента в нижних частях флага и крыльев, на кончике лодочки, оси соцветия и вегетативных органах и влияющего на изменение окраски семян.

1.6. Голубая окраска флага и крыльев. Кончик лодочки антоциановый. Антоциан на оси соцветия отсутствует или слабо выражен. Образцы: к-1481, Синий алкалоидный 148, Украина; к-45, Германия. Окраска и рисунок на семенах – как у «дикого» типа, но с серо-коричневым оттенком (рис. 3, b). Антоциан на семядолях отсутствует или слабо выражен, на стебле и листьях отсутствует. Биотип визуально отличается от биотипа 1.5 наличием антоциана на кончике лодочки и тем, что окраска семян менее отчетливо отклоняется от «дикого» типа.

2. Розовая

2.1. Розовая окраска флага и крыльев. Кончик лодочки и ось соцветия антоциановые. Окраска цветка в комбинации с различной окраской семян представляет разновидности: var. *purpureus* Kurl. et Stankev. (рис. 3, a), var. *rubidus* Kurl. et Stankev. subvar. *rubidus*, var. *atabekovae*

Kurl. et Stankev., var. *sparsiusculus* Kurl. et Stankev. (рис. 3, d), var. *brunneus* Kurl. et Stankev. Нижняя сторона семядольных листьев антоциановая. Ген *roseus* (*ros*), син.: *fco* 1. Типичные образцы: к-1269 'Пулавский', к-3027 'Натальевский 1', Беларусь; к-1339 'Новозыбковский 34-34', к-2886 'Брянский 123', к-3504 'Брянский 1299', к-3631 'Сидерат 38', Россия; к-1498 'Гюльцевский', к-1812 'Gülzower Bittere', к-3763 'Rubine', Германия; к-2570 'Mirela', к-2662 'Emir', Польша.

2.2. Бледно-розовая окраска флага и крыльев, с отсутствием либо слабо выраженной пигментацией кончика лодочки и оси соцветия. Окраска семян – как у «дикого» типа, но с серо-коричневым оттенком (рис. 3, b). Антоци-

4. Бледно-фиолетовая

4.1. Бледно-фиолетовая окраска флага и крыльев. Антоциан на кончике лодочки отсутствует. Нижняя сторона семядольных листьев антоциановая. Лепестки венчика в засушливых условиях могут быть чисто-белыми, но ось соцветия всегда имеет пурпурную пигментацию. Var. *albosyringaeus* Taran subvar. *albosyringaeus*. Типичные образцы: к-1981 'Немчиновский 846', к-3634 'Белозерный 110', к-2648 'Ладный', к-3636 'Брянский 1119', к-3805 'Вектор', Россия; к-3764 'Boltensia', к-3765 'Bora', Германия; к-3963 'Salsa', Польша. Окраска соцветия наследуется с чисто-белой окраской семян (рис. 3, e), что обусловлено плейотропным действием гена *albus* (*alb*), син.: *fco* 4.

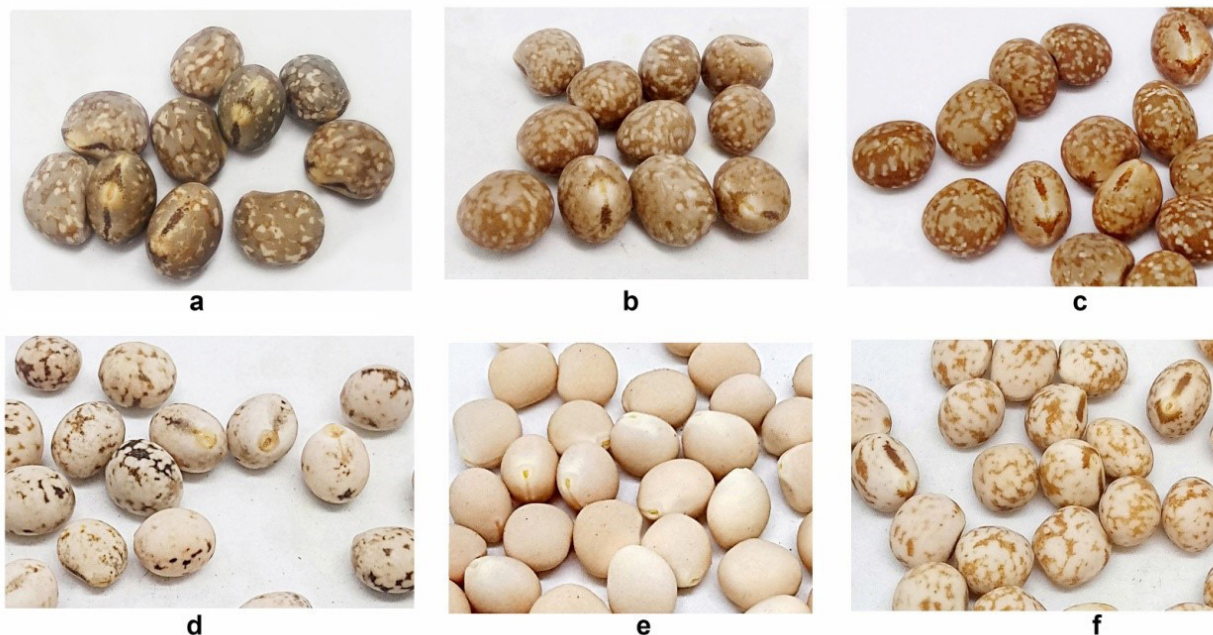


Рис. 3. Внешний вид семян: а – «дикого» типа (биотип 1.4, а также некоторые разновидности биотипов 1.1 и 2.1); б – «дикого» типа с серо-коричневым оттенком (биотипы 1.6, 2.2, 5.4); в – «дикого» типа с коричневым оттенком (биотипы 1.5, 3.0 и 5.4); д – белые с редкими бурыми и серыми пятнами (биотип 1.2, некоторые разновидности биотипов 1.1 и 2.1); е – чисто-белые (биотипы 4.1, 4.2, 5.3); ф – белые с коричневым пигментом (биотипы 1.3, 5.1 и 5.2)

Fig. 3. Exterior of the seeds: а – “wild” type (biotype 1.4, and some varieties of biotypes 1.1 and 2.1); б – “wild” type with a gray-brown tint (biotypes 1.6, 2.2 and 5.4); в – “wild” type with a brown tint (biotypes 1.5, 3.0 and 5.4); д – white with sparse brown and gray spots (biotype 1.2, and some varieties of biotypes 1.1 and 2.1); е – pure white (biotypes 4.1, 4.2 and 5.3); ф – white with a brown pigment (biotypes 1.3, 5.1 and 5.2)

ан на семядолях отсутствует. Образцы: к-144, Беларусь; к-340, к-341, Польша; к-454 Литва; к-1628 'Кормовой НМ-1', Россия; к-1992 La-3, ЮАР. Вероятно присутствие гена *roseus* (*ros*, син.: *fco* 1) в ассоциации с геном *discolor*, снижающего количество пигмента в нижних частях флага, крыльев, на кончике лодочки, оси соцветия и вегетативных органах, а также влияющего на изменение окраски семян.

3. Фиолетовая

3.0. Фиолетовая (сине-розовая, сиреневая) окраска флага и крыльев. Антоциановые кончик лодочки, ось соцветия и нижняя сторона семядольных листьев. Образцы: к-336, Польша; к-735, Германия; к-1318 № 97, Польша; к-1507 'Синий 1', Россия. Семена «дикого» типа с коричневым оттенком (рис. 3, c). Предположительно контролируется геном *violaceus* (*viol*), син.: *fco* 3, который, по данным J. Mikołajczyk (1966), плейотропно определяет изменения в окраске семян.

4.2. Окраска флага и крыльев белая с очень слабым бледно-фиолетовым или розоватым оттенком, антоциан на кончике лодочки отсутствует, ось соцветия темно-розовая. Нижняя сторона семядольных листьев антоциановая. Семена чисто-белые (рис. 3, e). Var. *candidus* Kuptsov et Kurl. subvar. *virescens* Kuptzov et Kurl. Образцы: к-2972 ДМ-зеленый и к-3466 'Полонез 3', Беларусь. Биотип визуально отличается от биотипа 5.1 изменением цвета пигмента в лепестках венчика и оси соцветия от пурпурного к красному.

5. Белая

5.1. Флаг и крылья белые на ранних стадиях развития, но с возрастом становятся бледно-фиолетовыми. Антоциан на лодочке и оси соцветия неизменно отсутствует. В засушливых условиях окраска венчика остается белой, а в благоприятных флаг и крылья приобретают бледно-фиолетовую расцветку, преимущественно на цветках в нижней части соцветия. Семена белого цвета

с присутствием коричневого пигмента на семенной оболочке (рис. 3, f). Вегетативные органы имеют зеленую и светло-зеленую окраску, без антоциана. Такое сочетание окраски соцветия, семян и вегетативных органов обусловлено плейотропным влиянием гена *leucospermus* (*leuc*), син.: *fco* 2¹. Var. *albidus* Kurl. et Stankev. Типичные образцы: к-2182 'Wielkopolski Gorzki', Польша; к-2270 'Marry', к-3059 'Gungurru', к-3748 'Wonga', Австралия; к-3546 'Дикаф 14', к-3813 'Белогорский 310', Россия; к-3817 'Михал', к-3830 'Дзіўны', к-2952 'Ксеран 653', Беларусь.

5.2. Аналогичная связь с окраской семян (рис. 3, f) и вегетативных органов наблюдается у форм с белой окраской лепестков венчика, которая с возрастом может меняться на бледно-розовую. Антоциан на лодочке и оси соцветия отсутствует. Ген *leucospermus* (*leuc*), син.: *fco* 2². Var. *albidus* Kurl. et Stankev. Типичные образцы: к-3144 Гл 151/ДП, к-3147 Гл 152, к-3187 ЗЛБР-1, к-3194 УБС-3, Беларусь; к-1906 'Стодолиценский Л-569', к-3550 Ланедекс 1/46 × Mirela, к-3814 'Олигарх', Россия; к-2096 'Unicrop', к-3766 'Myallie', Австралия; к-3567 'Jak', Германия.

Поскольку биотипы 5.1 и 5.2 представляют одну разновидность *albidus*, то для их разделения желательно выделить подразновидности.

5.3. Постоянно чисто-белую окраску венчика имеют образцы с чисто-белыми семенами (рис. 3, e) var. *candidus* Kuptsov et Kurl. subvar. *candidus*: к-2441 12-65-М-2(6)-М (sweet), Великобритания; к-2700 ДМ-52, к-2704 ДС-50, к-2843 ДМ-33, к-2846 ДМ-117, к-3184 ЗЛНР-2, к-3213 МДУ-55, к-3215 ЗЛНР-3, к-3529 БСХА-350, к-3635 СН-55, к-3820 ЛАН 96 (ГБГ-13), к-3922 'Липень', Беларусь; к-3827 'Витязь', к-3694 'Снежень', к-3948 ВНИИЛ 13-13, Россия. Антоциан на кончике лодочки, оси соцветия и вегетативных органах отсутствует. Перечисленные характеристики первоначально связывали с плейотропным действием рецессивного гена *niveus* (*niv*). Однако, по данным Н. С. Купцова, И. П. Такунова (Kuptsov, Takunov, 2006), чисто-белая окраска цветка является рекомбинантной и контролируется присутствием в генотипе двух или более неаллельных рецессивных мутантных генов, например *fco* 1 *fco* 2³, *fco* 1 *fco* 4, *fco* 2 *fco* 4, *fco* 1 *fco* 2³ *fco* 4.

5.4. Белая с желтоватым оттенком (кремовая, грязновато-белая) окраска флага и крыльев. Эти оттенки белого проявляются только в благоприятных условиях. В жаркую и засушливую погоду лепестки чисто-белые. Антоциан на кончике лодочки, оси соцветия и вегетативных органах отсутствует. Образцы: к-1609 'Чувацкий 2' и к-2244 Белоцветковый мутант, Россия. Имеют нетипичную для белоцветковых биотипов окраску семенной оболочки: «дикого» типа с серо-коричневым оттенком (рис. 3, b). J. Mikołajczyk (1966) сообщал о наличии в польской коллекции Przebedowo биотипа с похожим описанием окраски соцветия, семян и вегетативных органов, который содержал рецессивные неаллельные гены *roseus* (*ros*) и *albiflorus* (*as*).

Следует обратить внимание на то, что особенности окраски соцветий у некоторых биотипов сочетались с отклонениями от типичной окраски семян «дикого» типа. У биотипов 1.6, 2.2 и 5.4 семена были менее выразительными и имели серо-коричневый оттенок (рис. 3, b). А у биотипов 1.5, 3.0 присутствовало больше коричневого пигмента в рисунке на поверхности семени и в окраске треугольного пятна и полосы (рис. 3, c). Подобные отклонения в окраске семян описал J. Mikołajczyk (1966) у мутантных форм, несущих гены *discolor*, *violaceus*, *albiflorus*, а также *subcoeruleus*.

У некоторых розовоцветковых образцов (к-1334 С-3530, к-1344 'Розовый С-63', к-1629 'Брянский 2', к-3364 Детерминант 1, к-3648, 'Узколистый 42', к-3654 'Узколистый 423', к-3821 'Мелкосемянный 1', Россия; к-1307, Эстония; к-1823 'Sethes Frühe Rote', Германия; к-1936 'G-286', США; к-1665 'Rozowy', к-2570 'Mirela', к-3330 'La III', Польша; к-1313 '645', к-1342 'Розовый 399', к-3527 'БСХА-505', к-3528 'БСХА-506', Беларусь) в отдельные годы отмечали изменение окраски цветков в нижней части соцветия. Они приобретали фиолетовую (сиреневую) окраску (рис. 2, a). Мы не выделили эту группу образцов в отдельный биотип из-за крайней нерегулярности подобных явлений, хотя изменчивость окраски цветка в пределах соцветия является диагностической характеристикой белоцветковых биотипов 5.1 и 5.2. Менее контрастный диморфизм по окраске венчика иногда наблюдался у синеватых образцов, например у образца к-2545, Россия (рис. 2, b). Возрастные изменения окраски лепестков венчика свойственны представителям *Angiospermae*, в том числе видам рода *Lupinus* L. (Reid, 2019), и в большинстве случаев происходят после опыления цветков.

При формировании внутривидовой классификации Б. С. Курлович и А. К. Станкевич (Kurlovich, Stankevich, 1990) ограничились четырьмя окрасками цветка (синей, розовой, белой, бледно-фиолетовой). Минимизация числа градаций по этому признаку была полезна на начальном этапе систематизации данных, поскольку позволяла исключить ошибки, связанные с изменчивостью окрасок при различных погодных условиях и субъективностью восприятия цвета. Однако для того чтобы классификация реально отображала фенотипическое разнообразие вида, ее желательно дополнить данными об оттенках в окраске лепестков венчика и семян, а также наличии антоциана на оси соцветия. Кроме того, в ходе проведенного исследования нами были выделены биотипы, описание которых отличается от фенотипа существующих таксонов. С учетом данных об особенностях окраски семян и вегетативных органов этих биотипов предлагаем дополнить классификацию следующими новыми разновидностями или подразновидностями.

Новые разновидности:

Биотип 1.3: var. *incredibilis* Vlas. et Egor. var. nova. – Vexillum et alae laete caeruleae. Carina, axis inflorescentiae, organa vegetativa sine coloratione anthocyanea. Semina alba, maculae pallide brunneae; macula triangulata supra hylum et stria sub hylum pallide brunneae.

Турпс: к-179, Германия, репродукции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. 25.08.2023. Е.В. Власова

Флаг и крылья ярко-синие. Антоциан на лодочке, оси соцветия, семядолях, листьях и стебле отсутствует. Семена белые со светло-коричневыми пятнами, треугольным пятном над рубчиком и полоской под рубчиком.

Биотип 3.0: var. *violeus* Vlas. et Egor. var. nova. – Vexillum et alae violaceae. Extremitas carinae distalis, axis inflorescentiae et cotyledons in latere abaxiali coloratione anthocyanea. Semina tricolorata: basis griseus, maculae brunneae densae et albae rarioussulae; macula triangulata supra hylum et stria sub hylum brunneae.

Флаг и крылья фиолетовые. Кончик лодочки, ось соцветия и абаксимальная сторона семядольных листьев антоциановые. Семена трехцветные: на сером фоне – редкие белые пятна и густые коричневые пятна; треугольное пятно над рубчиком и полоска под рубчиком коричневые.

Турпс: к-336, Польша, репродукции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. 25.08.2023. Е.В. Власова.

Биотип 5.4: **var. *spilanthus*** Vlas. et Egor. var. nova. – Corolla alba flavida. Carina, axis inflorescentiae, organa vegetativa sine coloratione anthocyanea. Semina tricolorata: basis griseus, maculae brunneae densae et albae rariusculae; macula triangulata supra hylum et stria sub hylum brunnea.

Типус: к-2244 Белоцветковый мутант, Россия, репродукции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. 25.08.2023. Е.В. Власова.

Венчик белый с желтоватым оттенком. Антоциан на лодочке, оси соцветия и вегетативных органах отсутствует. Семена трехцветные: на сером фоне редкие белые пятна и густые коричневые пятна; треугольное пятно над рубчиком и полоска под рубчиком коричневые.

Новые подразновидности:

Биотип 1.2: **var. *chalybeus*** Kurl. et Stankev. **subvar. *obscurus*** Vlas. et Egor. subvar. nova. – Vexillum et alae perobscure caeruleae. Extremitas carinae distalis, axis inflorescentiae et cotyledons in latere abaxiali coloratione anthocyanea. Semina alba, maculae rariusculae brunneae vel griseae; macula triangulata supra hylum nulla, stria sub hylum pallide nigra indistincta.

Типус: к-3847 'Пралеска', Беларусь, репродукции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. 25.08.2023. Е.В. Власова.

Флаг и крылья темно-синие. Кончик лодочки, ось соцветия, абаксиальная сторона семядольных листьев антоциановые. Семена белые с редкими бурыми или серыми пятнами, треугольного пятна нет, полоска бледная, черная, с нечеткими очертаниями.

Биотип 1.4: **var. *angustifolius* subvar. *lividus*** Vlas. et Egor. subvar. nova. – Vexillum et alae albo-caeruleae. Carina sine coloratione anthocyanea. Axis inflorescentiae et cotyledons in latere abaxiali coloratione anthocyanea. Semina tricolorata: basis griseus, maculae brunneae et albae; macula triangulata supra hylum et stria sub hylum atro-brunneae vel nigrae.

Типус: к-439, Литва, коллекция ВИР, репродукции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. 25.08.2023. Е.В. Власова.

Флаг и крылья бело-синие. Антоциан на кончике лодочки отсутствует. Ось соцветия и нижняя сторона семядольных листьев антоциановые. Семена трехцветные: на сером фоне коричневые и белые пятна; треугольное пятно над рубчиком и полоска под рубчиком темно-коричневые или черные.

Биотип 1.6: **var. *angustifolius* subvar. *caelestis*** Vlas. et Egor. subvar. nova. – Vexillum et alae azureae. Extremitas carinae distalis coloratione anthocyanea. Axis inflorescentiae et cotyledons in latere abaxiali pallide anthocyanea vel sine anthocyanin. Folia et caulis sine coloratione anthocyanea. Semina tricolorata: basis griseus, maculae brunneae et albae; macula triangulata supra hylum brunnea, stria sub hylum atro-brunnea vel nigra.

Типус: к-45, Германия, коллекция ВИР, репродукции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. 25.08.2023. Е.В. Власова.

Флаг и крылья голубые. Кончик лодочки антоциановый. Антоциан на оси соцветия и абаксиальной стороне семядольных листьев отсутствует или слабо выражен. Антоциан на стебле и листьях отсутствует. Семена трехцветные: на сером фоне коричневые и белые пятна; треугольное пятно над рубчиком коричневое, полоска под рубчиком темно-коричневая либо черная.

Биотип 2.2: **var. *purpureus*** Kurl. et Stankev. **subvar. *pallidus*** Vlas. et Egor. subvar. nova. – Vexillum et alae dilute roseae. Extremitas carinae distalis, axis inflorescentiae et cotyledons in latere abaxiali pallide anthocyanea vel sine anthocyanin. Semina tricolorata: basis griseus, maculae brunneae et albae; macula triangulata supra hylum et stria sub hylum brunneae.

Типус: к-341, Польша, коллекция ВИР, репродукции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. 25.08.2023. Е.В. Власова.

Флаг и крылья бледно-розовые. Антоциан на оси соцветия, кончике лодочки, абаксиальной стороне семядольных листьев отсутствует или слабо выражен. Семена трехцветные: на сером фоне коричневые и белые пятна; треугольное пятно над рубчиком и полоска под рубчиком коричневые.

Биотип 5.1: **var. *albidus*** Kurl. et Stankev. **subvar. *syringaeus*** Vlas. et Egor. subvar. nova. – Vexillum et alae albae aetate pallide violaceae. Carina, axis inflorescentiae, organa vegetativa sine coloratione anthocyanea. Semina alba, maculae pallide brunneae; macula triangulata supra hylum et stria sub hylum pallide brunneae.

Типус: к-2270 'Marry', Австралия, коллекция ВИР, репродукции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. 25.08.2023. Е.В. Власова.

Флаг и крылья белые, с возрастом становятся бледно-фиолетовыми. Антоциан на лодочке, оси соцветия и вегетативных органах отсутствует. Семена белые со светло-коричневыми пятнами; треугольное пятно над рубчиком и полоска под рубчиком светло-коричневые.

Биотип 5.2: **var. *albidus*** Kurl. et Stankev. **subvar. *pinkish*** Vlas. et Egor. subvar. nova. – Vexillum et alae albae aetate dilute roseae. Carina, axis inflorescentiae, organa vegetativa sine coloratione anthocyanea. Semina alba, maculae pallide brunneae; macula triangulata supra hylum et stria sub hylum pallide brunneae.

Типус: к-2096 'Unicrop', Австралия, коллекция ВИР, репродукции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. 25.08.2023. Е.В. Власова.

Флаг и крылья белые, с возрастом становятся бледно-розовыми. Антоциан на лодочке, оси соцветия и вегетативных органах отсутствует. Семена белые со светло-коричневыми пятнами; треугольное пятно над рубчиком и полоска под рубчиком светло-коричневые.

Заключение

1. В результате систематизации данных морфологического описания образцов *Lupinus angustifolius* L. коллекции ВИР в 2009–2023 гг. установлено наличие 15 биотипов окраски соцветий. Они различаются по оттенкам в окраске флага и крыльев, а также наличию и интенсивности антоциановой пигментации кончика лодочки и оси соцветия. Подавляющее число образцов (97%) относятся к биотипам с синей (1.1), розовой (2.1), бледно-фиолетовой (4.1), бело-фиолетовой (5.1), бело-розовой (5.2) и чисто-белой (5.3) окраской цветка. Малочисленные (от 1 до 6) группы образцов характеризовались биотипами 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 2.2, 4.2, 5.4.

2. По фенотипическим признакам установлены предполагаемые носители генов основной окраски цветка *roseus* (*fco* 1), *violaceus* (*fco* 3), *albus* (*fco* 4), *leucospermus* (*fco* 2¹, *fco* 2²) и генов-модификаторов *Supercoeruleus* (*Sup*), *dispersus* (*dip*), *discolor*, *albiflorus* (*as*). С генетической характеристикой биотипов 1.3, 1.4, 1.6, 4.2 возникли трудности из-за того, что они в разной степени не соответствовали особенностям фенотипической экспрессии известных генов. Препятствия указывали на наличие у данных биотипов новых рекомбинаций, неизвестных генов либо новых ассоциаций генов.

3. Обоснована целесообразность уточнения диагностических признаков существующих внутривидовых таксонов во внутривидовой классификации данными об оттенках в окраске лепестков венчика и семян, а также на-

линии антоциана на оси соцветия. Для достижения этой цели требуется провести анализ внутривидового разнообразия окраски семян и вегетативных органов.

4. В ходе исследования выделены новые разновидности (var. *incredibilis*, var. *violeus*, var. *spilanthus*) и подразновидности (var. *chalybeus* Kurl. et Stankev. subvar. *obscurus*, var. *angustifolius* (subvar. *lividus* и subvar. *caelestis*), var. *purpureus* Kurl. et Stankev. subvar. *pallidus*), var. *albidus* Kurl. et Stankev. (subvar. *syringaeus* и subvar. *pinkish*), дополняющие внутривидовую классификацию *Lupinus angustifolius* L.

References / Литература

- Cowling W.A. Genetic diversity in narrow-leaved lupin breeding after the domestication bottleneck. In: K.B. Singh, L.G. Kamphuis, M.N. Nelson (eds). *The Lupin Genome*. Cham: Springer, 2020. p.1-17. DOI: 10.1007/978-3-030-21270-4_1
- Gladstones J.S. Distribution, origin, taxonomy, history and importance. In: J.S. Gladstones, C.A. Atkins, J. Hamblin (eds). *Lupins as Crop Plants: Biology, Production, and Utilization*. Wallingford: CAB International; 1998. p.1-36.
- Hackbarth J. Die Gene der Lupinenarten. III. Schmallblaettige Lupinen (*Lupinus angustifolius* L.). *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. 1957;37(1):81-95. [in German]
- Hallqvist C. The inheritance of the flower colour and the seed colour in *Lupinus angustifolius*. *Hereditas*. 1921;2(3):299-363. DOI: 10.1111/j.1601-5223.1921.tb02633.x
- Kuptsov N.S., Popov E.G. The technology of storing the maximum number of genes of a plant species in the minimum number of components of its biological gene bank (Tekhnologiya khraneniya maksimalnogo kolichestva genov vida rasteniy v minimalnom kolichestve komponentov yego biologicheskogo banka genov). *Topical Biotechnology*. 2019;3(30):592-595. [in Russian] (Купцов Н.С., Попов Е.Г. Технология хранения максимального количества генов вида растений в минимальном количестве компонентов его биологического банка генов. *Актуальная биотехнология*. 2019;3(30):592-595).
- Kuptsov N.S., Takunov I.P. Lupine (genetics, breeding, and heterogeneous plantings) (Lyupin [genetika, selektsiya, geterogennye posevy]). Bryansk; 2006. [in Russian] (Купцов Н.С., Такунов И.П. Люпин (генетика, селекция, гетерогенные посевы). Брянск; 2006).
- Kurlovich B.S. Genetics of lupins. In: B.S. Kurlovich (ed.). *Lupins (Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding)*. St. Petersburg: Intan; 2002. p.313-350.
- Kurlovich B.S. Vavilov's concept of the species as a system. *International Journal of Food Science and Agriculture*. 2019;3(4):275-286. DOI: 10.26855/ijfsa.2019.12.003
- Kurlovich B.S., Stankevich A.K. Classifications of lupins. In: B.S. Kurlovich (ed.). *Lupins (Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding)*. St. Petersburg: Intan; 2002. p.39-88.
- Kurlovich B.S., Stankevich A.K. Intraspecific diversity of three annual lupine species (*Lupinus* L.). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1990;135:19-34. [in Russian] (Курлович Б.С., Станкевич А.К. Внутривидовое разнообразие трех однолетних видов люпина (*Lupinus* L.). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1990;135:19-34).
- Kushnareva A.V., Shelenga T.V., Perchuk I.N., Egorova G.P., Malyshchev L.L., Kerv Yu.A. et al. Selection of an optimal method for screening the collection of narrow-leaved lupine held by the Vavilov Institute for the qualitative and quantitative composition of seed alkaloids. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;24(8):829-835. DOI: 10.18699/VJ20.680
- Maysuryan N.A., Atabekova A.I. Lupine (Lyupin). Moscow: Kolos; 1974. [in Russian] (Майсuryн Н.А., Атабекова А.И. Люпин. Москва: Колос; 1974).
- Mikołajczyk J. Genetic studies in *Lupinus angustifolius*. II. Inheritance of some morphological characters in blue lupine. *Genetica Polonica*. 1966;7(3-4):153-180.
- Plewiński P., Książkiewicz M., Rychel-Bielska S., Rudy E., Wolk B. Candidate domestication-related genes revealed by expression quantitative trait loci mapping of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *International Journal of Molecular Sciences*. 2019;20(22):5670. DOI: 10.3390/ijms20225670
- Reid C. Floral longevity and attraction of Arctic lupine, *Lupinus arcticus*: implications for pollination efficiency. *The Arbutus Review*. 2019;10(1):83-99. DOI: 10.18357/tar101201918921
- Stepanova S., Nazarova N., Korneichuk V., Lehmann C., Mikołajczyk Y. The international COMECON list of descriptors for the genus *Lupinus* L. Leningrad: VIR; 1985. [in Russian] (Степанова С., Назарова Н., Корнейчук В., Леман Х., Миколайчик Я. Международный классификатор СЭВ рода *Lupinus* L. Ленинград: ВИР; 1985).
- Vishnyakova M.A., Buravtseva T.V., Bulyntsev S.V., Burlyayeva M.O., Semenova E.V., Seferova I.V., Aleksandrova T.G., Yankov I.I., Egorova G.P., Gerasimova T.V., Drugova E.V. Methodological guidelines. The VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying (Metodicheskiye ukazaniya. Kolleksiya mirovykh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh VIR: popolneniye, sokhraneniye i izucheniye). St. Petersburg: VIR; 2010. [in Russian] (Вишнякова М.А., Буравцева Т.В., Булынтцев С.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Сеферова И.В., Александрова Т.Г., Яньков И.И., Егорова Г.П., Герасимова Т.В., Другова Е.В. Методические указания. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Санкт-Петербург: ВИР; 2010).
- Vishnyakova M.A., Kushnareva A.V., Shelenga T.V., Egorova G.P. Alkaloids of narrow-leaved lupine as a factor determining alternative ways of the crop's utilization and breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;24(6):625-635. DOI: 10.18699/VJ20.656
- Vishnyakova M.A., Vlasova E.V., Egorova G.P. Genetic resources of narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.) and their role in its domestication and breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(6):620-630. DOI: 10.18699/VJ21.070
- Vlasova E.V. Morphological and taxonomic description of *Lupinus angustifolius* L. spikelike samples into VIR collection. *Revista Botanică*. 2015;1(10):88-91.

Информация об авторах

Елена Викторовна Власова, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, 115598 Россия, Москва, ул. Загорьевская, 4, stevlas@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3285-8186>

Галина Павловна Егорова, ведущий специалист, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, g.egorova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8645-3072>

Information about the authors

Elena V. Vlasova, Cand. Sci. (Biology), Head of a Laboratory, Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, 4 Zagorevskaya St., Moscow, 115598, Russia, stevlas@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3285-8186>

Galina P. Egorova, Leading Specialist, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, g.egorova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8645-3072>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 27.04.2024; одобрена после рецензирования 24.09.2024; принята к публикации 03.12.2024.
The article was submitted on 27.04.2024; approved after reviewing on 24.09.2024; accepted for publication on 03.12.2024.