



УДК 581.4:581.192:582.736.3

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СЕМЯН НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *LUPINUS* L.

**И.В. Князева, А.П. Огуля,
О.А. Сорокопудова**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: knyazewa.inna@yandex.ru

Проведен анализ морфологии и химического состава семян 5 видов рода *Lupinus* L. (*Lupinus polyphyllus* сорт 'Аристократ', *L. argenteus*, *L. succulentus*, *L. angustifolius* сорт 'Кристалл', 'Радужный', *L. albus* сорт 'Дега'). Выявлены различия по окраске, форме, величине семян у видов средиземноморских и американских видов. По результатам исследований элементного состава наряду с O и C обнаружено содержание 11 макро- и микроэлементов (Fe, K, Ca, S, P, Mg, Na, Cl, Al, Si, Cu), входящих в состав семенной кожуры и зародыша. По изученным признакам выявлены сходства и различия у видов двух эколого-географических групп (средиземноморской, американской).

Ключевые слова: *Lupinus*, виды и сорта, семена, семенная кожура, морфология, элементный состав, зародыш семени.

Введение

Род *Lupinus* L. относится к семейству *Fabaceae* Lindl., трибе *Genisteeae*. В мире до сих пор нет четкого представления о количестве видов в роде *Lupinus*. По различным данным их число варьирует от 100–200 [1] до 800–1000 видов [2], среди которых имеются травянистые однолетние и многолетние растения, полукустарники и кустарники.

Значение люпина в растениеводстве различных стран в последние годы возрастает. Из отраслей сельского хозяйства в люпинах наиболее заинтересованы полеводство и декоративное садоводство, отчасти кормопроизводство – вываренные и промытые семена используются для кормления животных.

Люпины весьма эффективно фиксируют азот в симбиозе с клубеньковыми бактериями. За счет высокой растворяющей способности корневых выделений люпины усваивают фосфор и другие элементы, фиксированные в почве [3], кроме того, благодаря биологической избирательности, аккумулируют в своих клетках микроэлементы [4]. Посевы этой культуры предотвращают развитие эрозии и способствуют восстановлению плодородия почв. Значение люпина особенно возрастает сейчас, поскольку его можно выращивать без внесения энергоемких азотных удобрений [5].

Растения данного рода можно использовать для производства кормов и продуктов питания. В состав люпина входят много биологически активных веществ, что позволяет использовать его в борьбе с диабетом 2 типа и сердечнососудистыми заболеваниями [5].

Люпины также являются источником витаминов, макро- и микроэлементов. По содержанию витаминов группы В в семенах они сопоставимы с такими зернобобовыми культурами как горох и соя и значительно превосходят пшеницу, рожь и другие злаковые культуры. Особенно превосходят семена люпина по количеству β-каротина (0.30–0.49 мг %) и токоферолов (3.9–16.2 мг %) против 0.014–0.018 мг % и 1.1–5.5 мг % у злаков [6].

Монографы рода *Lupinus* L. – Н.А. Майсурян и А.И. Атабекова – считают семена люпина морфологически разнообразными по величине семян, форме, окраске и циклу развития. Группа средиземноморских видов люпина подрода *Lupinus* характеризуется однолетним циклом развития, крупносемянностью и мощностью вегетативных побегов; американские виды подрода *Platycarpus* являются многолетними растениями, которые характеризуются мелкосемянностью и скороспелостью [7]. В зависимости от мест происхождения у видов формируются те или другие полезные признаки, которые способствуют более широкому использованию люпина в различных направлениях и разнообразных почвенно-климатических зонах.

Согласно международному классификатору СЭВ рода *Lupinus* по массе 1000 семян семена люпинов бывают очень мелкие (<21 г), мелкие (21–80 г), средние (81–250 г), крупные (251–450 г) и очень крупные – свыше 450 г. Рассматривая признак окраску семян, можно выделить основной фон, характер рисунка и его окраску [8].

К настоящему времени относительно хорошо изучены вопросы систематики и агротехники некоторых видов люпинов, но ограничены сведения по морфологии семян, химическому составу. Сведения об изменчивости различных признаков семян также имеют важное значение



при интродукции видов и сортов в России с ее разнообразными природными зонами для оценки влияния условий среды и генотипа растений на проявление этих признаков в конкретном географическом пункте. В связи с этим целью данной работы было выявление специфичности и вариабельности семян данных видов по морфологическому строению и элементному составу, имеющим значение для идентификации и селекции люпинов.

Материал и методы исследования

Исследования по созданию коллекции и комплексному изучению исходного материала семян рода *Lupinus* L. проводились в условиях г. Белгорода в 2011–2012 гг. Объектами изучения являлись однолетние и многолетние виды и сорта люпинов различного эколого-географического происхождения: *Lupinus polyphyllus* Lindl. – сорт 'Аристократ', *L. Argenteus* Pursh, *L. Succulentus* Douglas, *L. Angustifolius* L. – сорта 'Кристалл' и 'Радужный', *L. Albus* L. – сорт 'Дега' (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика некоторых видов рода *Lupinus* L.¹

Виды	Ареалы	Условия местообитаний	Способы опыления ²	Жизненные формы
Подрод <i>Lupinus</i>				
<i>L. albus</i>	Зап. Азия: Турция, Юго-Вост. Европа: Албания, Болгария, бывшая Югославия, Греция	Лука, пастбища, травянистые склоны	А	Однолетние травянистые растения
<i>L. angustifolius</i>	Сев. Африка: Алжир, Египет, Марокко; Западная Азия: Кипр, Израиль, Ливан, Сирия, Турция; Юго-вост. Европа: Болгария, Греция, Италия; Юго-зап. Европа: Франция, Португалия, Испания	Скальные места, луга, приморские пески и залежи, вдоль дорог	А	Однолетние травянистые растения
Подрод <i>Platycarpus</i>				
<i>L. polyphyllus</i>	Сев. Америка, Зап. Канада: Британская Колумбия, Северо-запад и Юго-запад США	Речные наносы и в поймах рек	К	Многолетние травянистые растения, полкустарники
<i>L. succulentus</i>	Сев. Америка, Юго-запад США, Северная Мексика	Скальные участки, склоны, пастбища долины	К	Однолетние травянистые растения
<i>L. argenteus</i>	Сев. Америка, Зап. Канада	Невысокие возвышенности прерий	К	Многолетние травянистые растения

Примечания: ¹ использованы литературные данные [1–3, 9, 10]; ² А – Автогамия; К – Ксеногамия.

Виды сорта получены из фирм «Агроника» (*Lupinus polyphyllus*), «Арбина» (*L. argenteus*, *L. succulentus*), Белгородской ГСХА им. В.Я. Горина (*L. angustifolius*, сорта 'Радужный' и 'Кристалл'), Белгородского НИИ СХ (*L. albus*, сорт 'Дега'). Сорта данных видов являются стандартами, выведенными во ВНИИ люпина (г. Брянск). Исследовались семена, прошедшие период послеуборочного дозревания. Определение химических элементов, входящих в состав семенной кожуры и зародыша изученных образцов, выполнено методом электронной микроскопии на растровом электронном микроскопе (SEM) фирмы «Quanta 600 FEG», оснащенном системой микроанализа Pegasus 2000.

Результаты и их обсуждение

Семена изученных видов отличались по величине, массе, форме, окраске семян и семенного рубчика, массе 1000 семян. Семена люпинов, относящиеся к средиземноморской группе – *L. albus*, *L. angustifolius* (рис. 1 а, б), имеют гладкую матовую поверхность, в основном у них преобладает однотонная белая, бело-розовая или рыжеватая окраска семян. У сортов *L. albus* поверхность семян однотонная, у отдельных сортов *L. angustifolius* с основным рыжеватым фоном на поверхности семян имеется рисунок в виде расплывчатых пятен белого цвета (сорт 'Радужный'). По массе 1000 семян представители данной группы имеют крупные (*L. albus*) и средние (*L. angustifolius*) по величинам семена. Масса 1000 семян варьирует от 150 (*L. angustifolius*) до 300 г (*L. albus*) в зависимости от вида (табл. 2).

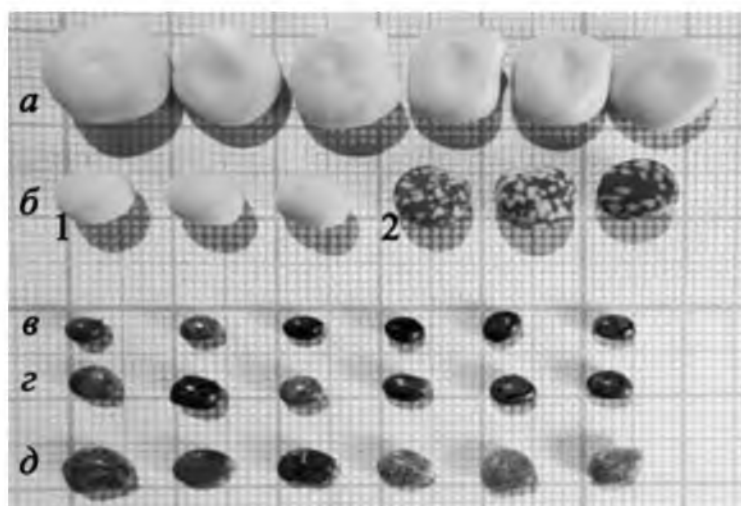


Рис. 1. Семена изученных видов и сортов люпина:
 а – *L. albus* ‘Дера’; б – *L. angustifolius* (1 – ‘Кристалл’,
 2 – ‘Радужный’);
 в – *L. polyphyllus* ‘Аристократ’; г –
L. succulentus; д – *L. argenteus*

Таблица 2

Описание семян некоторых видов рода *Lupinus* L. (2011–2012 гг.)

Виды	Формы семян	Окраска семян	Окраска семенного рубчика и его ободка	Величина семян						Масса 1000 семян, г
				Длина			Ширина			
				Интервал, см	Среднее значение, см	V*, %	Интервал, см	Среднее значение, см	V*, %	
Подрод <i>Lupinus</i>										
<i>L. albus</i>	округло-четырёхугольная	белая, розовая	светло-коричневая, ободок белый	0.9–1.3	1.1±0.010	9.5	0.8–1.0	0.89±0.008	9.0	288.7
<i>L. angustifolius</i>	округло-почковидная	белая, бежевая, ржавая	светло-коричневая, ободок белый	0.6–0.8	0.67±0.006	9.0	0.4–0.6	0.49±0.006	12.7	149.6
Подрод <i>Platycarpus</i>										
<i>L. polyphyllus</i>	округлая	темно-коричневая	светло-коричневая, ободок коричневый	0.3–0.5	0.38±0.006	15.5	0.2–0.3	0.26±0.005	18.5	23.0
<i>L. succulentus</i>	овальная	коричнево-серая	коричневая, ободок серый	0.3–0.5	0.40±0.006	16.2	0.2–0.3	0.27±0.004	16.7	25.3
<i>L. argenteus</i>	овально-капельвидная	темно-коричневая	светло-коричневая	0.4–0.7	0.49±0.008	17.3	0.3–0.5	0.35±0.006	17.4	26.8

Примечание: * V – коэффициент вариации.

Семена американской группы, объединяющей *L. polyphyllus*, *L. succulentus*, *L. argenteus* (рис. 1 в–д), сходны по характеру поверхности и наличию рисунка. У этих видов семена мельче



по сравнению с семенами средиземноморской группы, имеют гладкую глянцевую поверхность. Основная окраска семян варьирует от светлых до черных тонов, чаще темно-коричневая с мраморным рисунком – у *L. polyphyllus*. Для поверхности семян *L. succulentus* характерны коричнево-серые тона с темным рисунком. Рисунки разнообразные – размытые мраморные или с хорошо выраженными полосами, чаще на коричневом фоне семенной кожуры. У *L. argenteus* на сером и коричневом фоне семян присутствует черная крапчатость. Масса 1000 семян у этих видов не превышает 30 г: до 23 г – у *L. polyphyllus*, до 25.3 г – у *L. succulentus* и до 27 г – у *L. argenteus* (см. табл. 2).

По мнению И.П. Такунова, в эволюционном отношении американские люпины менее специализированы, нежели средиземноморские. У первых более примитивный моноподиальный тип нарастания, перекрестное опыление (энтомофильное). Это гетерозиготные растения, легко образующие всевозможные мутации. В их мелких семенах зародыши слабо дифференцированы, эндосперма очень мало, и он прижат к покровам семени, гипокотиль более длинный. У средиземноморских люпинов более продвинутый тип нарастания (симподиальный), преобладает самоопыление. Семена более крупные, зародыш хорошо сформирован, имеет два настоящих сидячих листа [9]. По нашим данным параметры семян средиземноморских люпинов (длина, ширина) меньше варьируют (9.0–12.7%), чем у менее крупных американских (15.5–17.5%).

Для электронно-микроскопических исследований некоторых видов рода *Lupinus* вырезки сухих семян наклеивали на металлические столики. В процессе исследования семян на содержание химических элементов, благодаря системе микроанализа, кроме O, C и N обнаружено 11 химических макро- и микроэлементов – K, Ca, S, P, Mg, Fe, Na, Cl, Al, Si, Cu, входящих в состав семенной кожуры и зародыша семени. Соотношение химических элементов в семенах изученных видов отражено в табл. 3. При сканировании семенной кожуры различия в строении наружных покровов не обнаружены, поверхность была ровной, за исключением семян *L. albus*, спермодерма которых имела мелко морщинисто-бугорчатую поверхность. Клетки семядолей, занимающих наибольший объем семян, на продольном разрезе имели вытянутую форму и зернистую структуру.

В ходе сканирования семенной кожуры наблюдались следующие особенности элементного состава: у средиземноморских видов *L. albus*, *L. angustifolium* в семенной кожуре соотношение C к O было больше, чем у американских видов, в отличие от соотношения этих элементов в зародыше, которое у всех изученных видов было более стабильным. Содержание основных элементов, входящих в состав спермодермы, у средиземноморских видов составляет следующий элементный ряд: Ca>K>Al>Si(Na)>Mg. У видов американской группы – *L. succulentus*, *L. argenteus*, *L. polyphyllus* – из перечисленных элементов выявлено преобладание алюминия, на втором месте находится калий; процентный состав других химических элементов у видов варьирует: так, у *L. succulentus* на третьем и четвертом месте по содержанию после Al и K находятся Na и Si, у *L. argenteus* – Ca и Mg, у *L. polyphyllus* – Ca и K в равном соотношении.

Зародыш семени в поперечном разрезе имеет несколько другой элементный ряд, причем в отличие от семенной кожуры, содержание основных элементов более стабильное: у средиземноморских видов в зародыше K>Al>P>S, у американских – Al>K>P>S.

Таблица 3

Элементный состав семян видов рода *Lupinus*, %

Элементы	Подрод <i>Lupinus</i>				Подрод <i>Platycarpus</i>					
	<i>L. albus</i> 'Дера'		<i>L. angustifolium</i> 'Кристалл'		<i>L. succulentus</i>		<i>L. argenteus</i>		<i>L. polyphyllus</i> 'Аристократ'	
	семенная кожура	зародыш	семенная кожура	зародыш	семенная кожура	зародыш	семенная кожура	зародыш	семенная кожура	зародыш
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C	65.17	60.95	66.60	58.60	57.45	60.38	59.10	60.09	58.69	61.05
O	28.66	36.29	27.66	37.02	38.50	33.88	37.46	34.15	35.93	34.00
Na	0.06	0.01	0.70	0.01	0.23	0.01	0.20	-	0.06	0.01
Mg	0.39	0.14	0.30	0.20	0.18	0.23	0.27	0.17	0.23	0.23
Al	0.64	0.48	0.80	1.19	2.43	2.50	1.40	3.07	3.06	2.78
Si	0.45	0.09	0.75	0.06	0.23	0.06	0.13	0.07	0.36	0.06
P	0.15	0.40	0.11	0.37	0.04	0.43	0.05	0.50	0.06	0.27



Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>S</i>	0.07	0.24	0.07	0.33	0.02	0.35	0.05	0.25	0.07	0.25
<i>Cl</i>	0.15	0.03	0.26	0.03	0.08	0.15	0.14	0.08	0.15	0.04
<i>K</i>	1.37	0.99	0.85	1.67	0.46	1.46	0.59	1.28	0.45	0.93
<i>Ca</i>	2.42	0.15	1.60	0.31	0.16	0.15	0.55	-	0.45	0.16
<i>Fe</i>	0.28	0.10	0.24	0.09	0.07	0.14	0.01	0.09	0.22	0.08
<i>Cu</i>	0.20	0.14	0.06	0.13	0.14	0.26	0.05	0.24	0.29	0.16

Таким образом, установлено, что из основных макроэлементов у средиземноморских видов *L. albus*, *L. angustifolium* в семенной кожуре преобладает *Ca*, у американских видов *L. succulentus*, *L. argenteus*, *L. polyphyllus* – *K*. В зародыше семени выявлено преобладание *K*, *P* и *S* независимо от географического происхождения. По соотношению элементов в зародыше семени в сравнении с семенной кожурой наблюдалось увеличение *P* и *S* у *L. albus* в 2.5 и 3.5 раз; у *L. angustifolium* – в 3.5 и 5 раз; у *L. succulentus* – в 10 и 15 раз; у *L. argenteus* – в 10 и 5 раз, у *L. polyphyllus* – в 4.5 и 3.5 раз соответственно, что наглядно демонстрирует важную роль этих элементов в обмене веществ. Наличие натрия в зародыше у данных видов составляет минимальное количество и не превышает 0.01%, при этом у вида *L. argenteus* данный элемент вовсе не обнаружен наряду с кальцием. У исследованных семян *L. albus*, *L. polyphyllus* различного географического происхождения наблюдается общее снижение процентного содержания ряда макро- и микроэлементов (*Mg*, *Ca*, *Fe*, *Cl*, *Cu*) в зародыше семени по сравнению с семенной кожурой. У семян видов *L. succulentus*, *L. argenteus*, наоборот, соотношение многих из этих элементов в зародыше по сравнению с семенной кожурой увеличивается.

Выводы

1. В ходе морфологических исследований выявлены специфические особенности семян видов люпинов различного географического происхождения. Все изученные виды отличаются формой семян – округлой у *L. polyphyllus*, овально-каплевидной у *L. argenteus*, овальной у *L. succulentus*, округло-четырёхугольной у *L. albus*, округло-почковидной у *L. angustifolius*. Окраска поверхности семян у изученных видов варьирует от белой, однородной (у *L. albus*) до пестрой (у сорта 'Радужный' *L. angustifolius*) и очень темной с рисунками в виде линий или пятнышек (у *L. polyphyllus*, *L. argenteus*, *L. succulentus*). Одноцветные семена имеют светлешелочный – белые, розовые или рыжеватые. По величине крупные семена формируются у *L. albus*, средние – у *L. angustifolius*, мелкие – у американских видов *L. polyphyllus*, *L. argenteus*, *L. succulentus*.

2. По содержанию химических макро- и микроэлементов в семенах выявлены их идентичные наборы у всех изученных видов, включающие *Na*, *Mg*, *Al*, *Si*, *P*, *S*, *Cl*, *K*, *Ca*, *Fe*, *Cu*.

3. Семенная кожура средиземноморских видов *L. albus* и *L. angustifolium* отличалась наибольшим соотношением *C* к *O* по сравнению с американскими видами *L. polyphyllus*, *L. argenteus*, *L. succulentus*, в отличие от тканей зародыша, в которых соотношение этих элементов у всех изученных видов было более стабильным.

4. Установлено, что из основных макроэлементов у средиземноморских видов *L. albus* и *L. angustifolium* в семенной кожуре преобладает *Ca*, у американских видов *L. succulentus*, *L. argenteus*, *L. polyphyllus* – *K*. В зародыше семени выявлено преобладание *K*, *P* и *S* независимо от географического происхождения.

5. У исследованных семян *L. albus*, *L. polyphyllus* наблюдается общее снижение содержания ряда макро- и микроэлементов (*Mg*, *Ca*, *Fe*, *Cl*, *Cu*) в зародыше семени по сравнению с семенной кожурой. У семян видов *L. succulentus*, *L. argenteus*, наоборот, соотношение многих из этих элементов в зародыше по сравнению с семенной кожурой увеличивается.

Список литературы

1. Курлович Б.С., Решьева С.И. Генофонд и селекция зерновых бобовых культур – СПб., 1995. – 324 с.
2. Кушцов Н.С., Такунов И.П. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы. – Брянск.: Клиницы, 2006. – 576 с.
3. Майсуриян Н.А., Атабекова А.И. Люпин. – М.: Колос, 1974. – 464 с.
4. Бачевский С.А. Многолетний люпин. – Львов: Каменяр, 1986. – 64 с.
5. Гагаулина Г.Г., Медведева Н.В. Белый люпин – перспективная кормовая культура // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – №10. – С. 49–51.



6. Пащенко Л.П. Перспективы применения люпина в технологии продуктов питания // *Фундаментальные исследования*. – 2006. – №6. – С. 101–102.
7. Атабекова А.И. Географические группы люпина // *Вестник сельскохозяйственной науки*. – 1962. – №8. – С. 120–122.
8. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ рода *Lupinus* / Науч.-техн. совет стран – членов СЭВ по коллекциям диких и культурных растений. Сост.: С. Степанова и др. – Л.: ВИР, 1983. – 40 с.
9. Такунов И.П. Люпин в земледелии России. – Брянск.: Придесенье, 1996. – 372 с.
10. Вишнякова М.А. О перспективах введения в культуру и интродукции различных видов люпина // *Сельскохозяйственная биология*. – 2005. – №2. – С 21–28.

TRAITS OF MORPHOLOGY AND ELEMENT STRUCTURE OF SEEDS OF THE GENUS *LUPINUS* L.

**I.V. Knjazeva, A.P. Ogulja,
O.A. Sorokopudova**

*Belgorod State National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod, 308015,
Russia*

E-mail: knjazewa.imma@yandex.ru

We carried out the analysis of morphology and chemical composition of seeds of 5 species, genus *Lupinus* L. (*Lupinus polyphyllus* sort 'Aristokrat', *L. argenteus*, *L. succulentus*, *L. angustifolius* sort 'Kristall', 'Raduzhny', *L. albus* sort 'Dega'). Differences in color, form, size of seeds of Mediterranean and American species and varieties have been identified. According to the research of elemental composition, besides O and C, it was found to contain 11 macro- and micronutrients (*Fe, K, Ca, S, P, Mg, Na, Cl, Al, Si, Cu*), which are a part of the spermoderm and the embryo. The studied characteristics revealed similarities and differences between species of two ecological groups (Mediterranean, American) are defined.

Key words: *Lupinus*, seeds, spermoderm, embryo of the seed, chemical elements.