

А. С. Гусар

Изучение зародышей *Delphinium triste* Fisch. и *Delphinium grandiflorum* L. ex situ

В статье представлено подробное описание зародышей в зрелых семенах *Delphinium triste* Fisch. и *Delphinium grandiflorum* L. Определены стадии развития зародышей, выявлены семена с нарушением формирования эндосперма. Для каждой стадии определена доля зародышей, которую она занимает в выборке семян. Выявлены аномалии в развитии зародышей: срастание семядолей и появление третьей семядоли. Установлены преобладающие стадии развития зародышей для каждого вида. Полученные данные могут быть использованы для определения качества семян и оценки перспективности выращивания *D. triste* и *D. grandiflorum* в условиях континентального климата Западной Сибири.

Ключевые слова: зародыш, семена, *Delphinium triste*, *Delphinium grandiflorum*, ex situ.

Введение

Представители рода *Delphinium* L. (Ranunculaceae) — многолетние травянистые растения. Однолетние растения, которые ранее входили в род *Delphinium*, на сегодняшний день выделяются в отдельный род *Consolida* (DC.) Gray. [9, с. 827]. Цветки зигоморфные, имеют яркую окраску [8, с. 99]. Род насчитывает около 450 видов [2].

Виды рода *Delphinium* являются ценными ресурсными растениями. Надземная часть *D. triste* Fisch. содержит алкалоиды, обладающие курареподобным действием. Настой надземной части *D. grandiflorum* L. обладает гипотензивным действием, водно-спиртовой экстракт — курареподобным, а эфирный экстракт проявляет антибактериальную активность [6, с. 46]. В народной медицине Непала части корня *D. grandiflorum* используются для лечения боли в желудке и суставах [12, р. 13].

Установлено, что биологически активные вещества *D. grandiflorum* обладают инсектицидным действием, что дает возможность использовать экстракты данного растения в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур [15, р. 559].

Кроме того, *D. grandiflorum* рассматривается как перспективное декоративное растение для озеленения городов Дальнего Востока [11, с. 173], Центральной Якутии [1, с. 103], оно же предлагается для озеленения города Ханчжоу, расположенного в условиях субтропического климата [14, р. 342]. Представителей *D. grandiflorum* используют для создания смешанных групп в миксбордерах и рабатках из многолетников [4, с. 54]. *D. grandiflorum* задействован в качестве исходного материала для отбора и создания сортов многолетних декоративных растений [10, с. 116].

D. grandiflorum входит в Красную книгу Республики Якутия и имеет категорию и статус редкости 2а — вид, численность популяций которого сокращается в результате разрушения местообитания [3, с. 212].

Таким образом, представители рода *Delphinium* являются хозяйственно ценными растениями и перспективны для введения в культуру.

При интродукции растений всегда проводится оценка качества семян. Одним из показателей качества является степень развития зародыша. Семена с погибающим зародышем или не содержащие его не способны прорасти. Недоразвитые зародыши являются причиной эндогенных типов покоя семян [5, с. 20]. Виды рода *Delphinium* обладают морфофизиологическим и физиологическим типами покоя семян. У семян некоторых видов покой отсутствует [5, с. 129, 130]. Длительность покоя также зависит от стадии развития зародыша. Поэтому изучение состояния зародышей в зрелых семенах актуально при

© Гусар А. С., 2022

проведении интродукционных работ. В литературе не выявлены данные по описанию зародышей в семенах видов *D. triste* и *D. grandiflorum*. Полученная нами информация в дальнейшем может использоваться для оценки перспективности выращивания данных видов в условиях континентального климата Западной Сибири.

Цель: изучить зародыши в зрелых семенах *D. triste* и *D. grandiflorum*.

Задачи:

1. Определить стадии развития зародышей.
2. Выявить аномалии развития эндосперма и зародышей.

Материал и методы исследования

Семена *D. triste* и *D. grandiflorum* были получены от растений, произрастающих на территории биоресурсной научной коллекции Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН USU № 440534, расположенной в условиях континентального климата лесостепи Западной Сибири. Данные виды ранее были мобилизованы в коллекцию живыми растениями из природных местообитаний и имеют следующее происхождение: образцы *D. grandiflorum* привезены из окрестностей с. Большое Голоустное (Иркутская область), образцы *D. triste* получены из коллекции природной флоры ботанического сада Иркутского государственного университета. Видовая принадлежность растений подтверждена. Семена были собраны с различных частей кистей во время растрескивания плодов. Для описания зародышей случайным образом отбирали не менее 30 семян. Семена хранились в бумажных конвертах в воздушно-сухом состоянии при комнатной температуре не менее двух месяцев после сбора. Стадии развития зародышей определялись в соответствии с классификацией, приведенной в обзоре И. И. Шамрова [7, с. 302, 303]. Фотографии зародышей получены с помощью стереомикроскопа SteREO Discovery.V12. Статистическая обработка данных проводилась в программном пакете STATISTICA 10.

Результаты и их обсуждение

Delphinium triste Fisch.

В семенах *Delphinium triste* наблюдались следующие стадии развития зародышей (табл. 1):

1. Ранняя торпедовидная. На этой стадии длина зародышей достигала $0,77 \pm 0,09$ мм, длина семядолей — $0,33 \pm 0,05$ мм (рис. 1а). Данная стадия занимает небольшую долю, равную 6,12% от всей выборки изученных семян (рис. 2).

2. Поздняя торпедовидная. На этой стадии длина зародышей достигала $1,21 \pm 0,03$ мм, длина семядолей — $0,67 \pm 0,02$ мм (рис. 1б–в). Стоит отметить, что при одинаковых размерах зародышей и степени дифференциации семядолей семядоли на данной стадии могут лежать параллельно (рис. 1б) или немного отклоняться (рис. 1в). Стадия является преобладающей и занимает 55,10% от всей выборки. Зародыши хорошо дифференцированы, так как длина семядолей больше половины длины зародышей [13, р. 211].

Помимо нормальных семян в выборке встречались семена с нарушениями в развитии эндосперма. Они были пустыми внутри, а эндосперм представлял собой тонкую пленку, прилегающую к семенной кожуре. Также встречались погибающие семена с рыхлым эндоспермом, неравномерно распределенным по семени. Зародыши в них были слабо развитыми, находились в основном на глобулярной стадии и имели неестественно желтый цвет. Все семена с вышеперечисленными нарушениями не способны прорасти и отнесены в группу «нежизнеспособные семена». У *Delphinium triste* эта группа занимает довольно внушительную долю — 38,78% от исследованных семян (рис. 2).

Среди нормально развитых семян у 16,67% наблюдалась асимметрия семядолей зародышей.

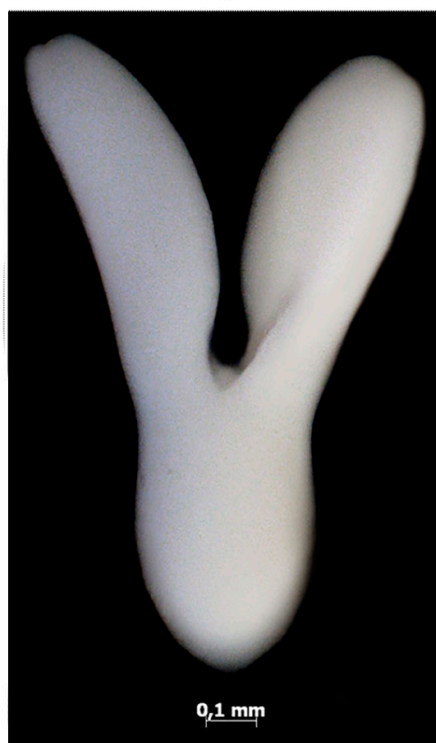
Был обнаружен один случай, когда семядоли зародыша срослись с одной стороны (рис. 1г). Причем между семядолями на месте срастания заметен выступ, что позволяет предположить о присутствии третьей семядоли, которая срослась с остальными.



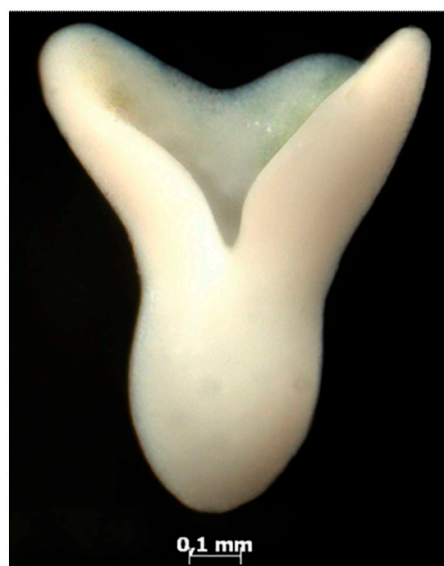
а



б



в



г

Рис. 1. Стадии и аномалии развития зародышей *Delphinium triste* Fisch.: а — ранняя торпедовидная стадия с асимметричными семядолями; б — поздняя торпедовидная стадия, в — поздняя торпедовидная стадия с отклонением семядолей, г — зародыш со срастанием семядолей

Таблица 1

Размеры эндосперма и зародышей *Delphinium triste* Fisch.

Стадии развития зародыша	Эндосперм		Зародыш		Длина семядолей, мм	Отношение длины семядолей к длине зародыша	Отношение ширины зародыша к длине
	Длина, мм	Ширина, мм	Длина, мм	Ширина, мм			
Ранняя торпедовидная	2,36±0,04	1,60±0,05	0,77±0,09	0,32±0,03	0,33±0,05	0,42±0,03	0,42±0,05
Поздняя торпедовидная			1,21±0,03	0,36±0,01			

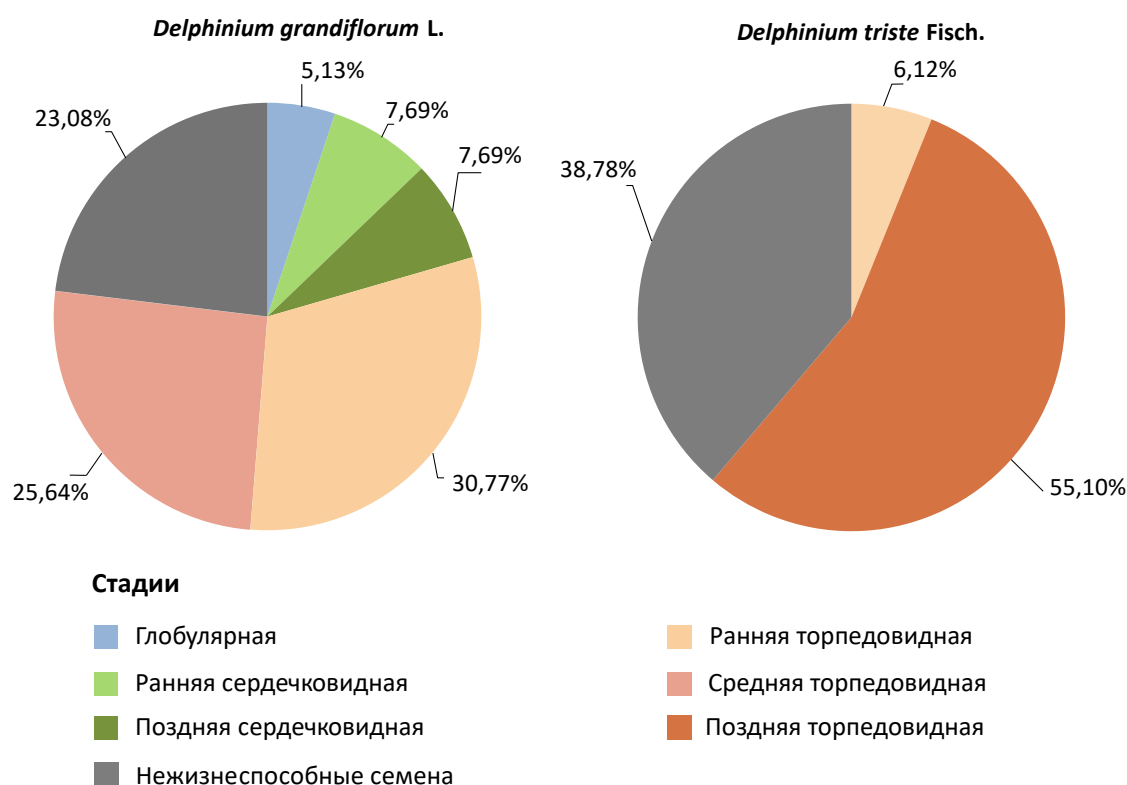


Рис. 2. Доля различных стадий развития зародышей в зрелых семенах представителей рода *Delphinium*

Delphinium grandiflorum L.

В семенах *Delphinium grandiflorum* наблюдались следующие стадии развития зародышей (табл. 2):

1. Глобулярная. На этой стадии длина зародышей достигала $0,21 \pm 0,09$ мм (рис. 3а). Семядоли отсутствуют. Глобулярная стадия занимает всего 5,13% от всей выборки изученных семян (рис. 2).

2. Ранняя сердечковидная. На этой стадии длина зародышей достигала $0,29 \pm 0,04$ мм (рис. 3б), длина семядолей — $0,05 \pm 0,01$ мм. Данная стадия занимает 7,69% (рис. 2).

3. Поздняя сердечковидная. Длина зародышей составляет $0,46 \pm 0,03$ мм (рис. 3в), длина семядолей — $0,13 \pm 0,02$ мм. Данная стадия, так же как и предыдущая, занимает 7,69% от всей выборки изученных семян (рис. 2).

4. Ранняя торпедовидная. На этой стадии длина зародышей достигала $0,62 \pm 0,03$ мм (рис. 3г), длина семядолей — $0,27 \pm 0,02$ мм. Стадия является преобладающей и занимает 30,77% (рис. 2).

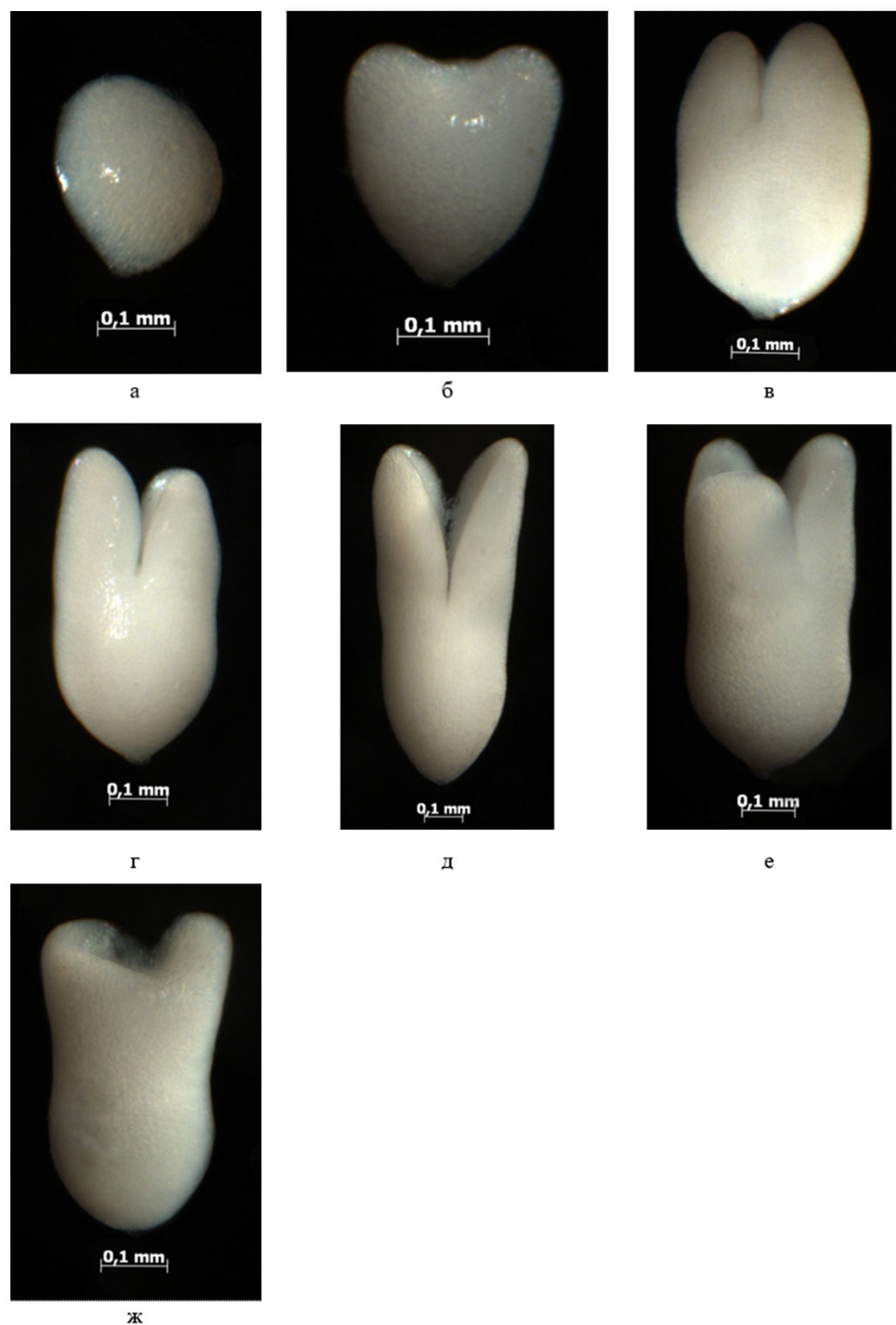


Рис. 3. Стадии и аномалии развития зародышей *Delphinium grandiflorum* L.: а — глобулярная стадия; б — ранняя сердцевидная, в — поздняя сердцевидная, г — ранняя торпедовидная, д — средняя торпедовидная, е — зародыш с тремя семядолями, ж — зародыш с тремя сросшимися семядолями

5. Средняя торпедовидная. Длина зародышей составляет $0,85 \pm 0,03$ мм (рис. 3д), длина семядолей — $0,39 \pm 0,02$ мм. Данная стадия занимает 25,64% от всей выборки изученных семян (рис. 2).

У зародышей *D. grandiflorum* на средней торпедовидной стадии отношение длины семядолей к длине зародыша составляет $0,46 \pm 0,02$, это означает, что семядоли занимают почти половину длины зародыша. Можно сказать, что зародыши находятся в начале процесса дифференциации семядолей. По сравнению с зародышами *D. triste* дифферен-

циация выражена слабее. Кроме того, зародыши *D. grandiflorum* находятся на различных стадиях, от глобулярной до средней торпедовидной, тогда как зародыши *D. triste* представлены двумя поздними стадиями: ранней торпедовидной и поздней торпедовидной. Можно предполагать, что всходы *D. triste* будут более дружными, чем у *D. grandiflorum*.

Таблица 2

Размеры эндосперма и зародышей *Delphinium grandiflorum* L.

Стадии развития зародыша	Эндосперм		Зародыш		Длина семядолей, мм	Отношение длины семядолей к длине зародыша	Отношение ширины зародыша к длине
	Длина, мм	Ширина, мм	Длина, мм	Ширина, мм			
Глобулярная	2,09±0,04	1,4±0,03	0,21±0,09	0,16±0,04	0,00	0,00	0,83±0,17
Ранняя сердечковидная			0,29±0,04	0,25±0,01	0,05±0,01	0,16±0,03	0,88±0,11
Поздняя сердечковидная			0,46±0,03	0,28±0,02	0,13±0,02	0,29±0,02	0,62±0,02
Ранняя торпедовидная			0,62±0,03	0,31±0,01	0,27±0,02	0,44±0,02	0,51±0,02
Средняя торпедовидная			0,85±0,03	0,32±0,01	0,39±0,02	0,46±0,02	0,38±0,005

Доля нежизнеспособных семян *D. grandiflorum* составила 23,08%, что на 15,7% меньше, чем у *D. triste*.

Среди нормально развитых семян у 20% наблюдалась асимметрия семядолей зародышей. Среди нормально развитых семян у 10% зародышей помимо двух семядолей наблюдалась третья (рис. 3е). В одном случае все три семядоли срослись между собой и образовали трубку (рис. 3ж).

Заключение

Зародыши обоих изученных видов являются недоразвитыми, что характерно для некоторых представителей семейства Ranunculaceae [13, p. 207]. Зародыши *D. triste* более развиты и в основном находятся на поздней торпедовидной стадии развития. Это дает основание предположить, что, возможно, период покоя семян *D. triste* более короткий, чем у *D. grandiflorum*. Зародыши в семенах *D. grandiflorum* находятся на различных стадиях развития: от глобулярной до средней торпедовидной. Можно предположить, что такие семена будут всходить неравномерно по времени.

Значительную часть выборки семян обоих видов составляют нежизнеспособные семена с нарушениями развития эндосперма и зародыша: 23,08—38,78%. Они не способны прорасти и будут снижать всхожесть данных видов. При этом у вида *D. grandiflorum* доля таких семян почти в два раза ниже, чем у *D. triste*.

Среди семян обоих видов выявлена незначительная доля аномалий развития зародышей: наличие третьей семядоли, срастание семядолей.

Полученные данные будут использоваться в дальнейших исследованиях для оценки перспективности выращивания *D. triste* и *D. grandiflorum*.

Благодарности. Автор выражает благодарность кандидату биологических наук Л. В. Бугловой за ценные советы и помощь в написании статьи.

Список использованной литературы

1. Афанасьева Е. А. Интродукционная оценка высокорослых декоративных травянистых многолетников в Центральной Якутии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 7 (153). С. 100—104.
2. Виды рода *Delphinium* [Электронный ресурс] // Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Ranunculaceae/Delphinium/> (дата обращения: 17.12.2021).

3. Красная книга Республики Саха (Якутия) : в 2 т. Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / отв. ред. Н. С. Данилова. М. : Реарт, 2017. 412 с.
4. Малютин Н. И. Дельфиниумы. М. : Агропромиздат, 1992. 55 с.
5. Николаева М. Г., Разумова М. В., Гладкова В. Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л. : Наука, 1985. 348 с.
6. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность / Рос. акад. наук, Ин-т пробл. экологии и эволюции им. А. Н. Северцова, Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова ; отв. ред. А. Л. Буданцев. СПб. ; М. : Т-во науч. изданий КМК, 2008—. Т. 1 : Семейства Magnoliaceae-Juglandaceae, Ulmaceae, Moraceae, Cannabaceae, Urticaceae / сост. Л. М. Беленовская [и др.]. 2008. 421 с.
7. Шамров И. И. Эмбриогения // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. СПб. : Мир и семья-95, 1997. Т. 2. С. 297—307.
8. Флора СССР : в 30 т. Т. 7 / под ред. В. Л. Комарова. Л. : Изд-во АН СССР, 1937. 792 с.
9. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств в пределах бывшего СССР. СПб. : Мир и семья-95, 1995. 992 с.
10. Шилов Л. М., Ушакова И. Т. Изучение образцов коллекции многолетних цветочных культур в Федеральном научном центре овощеводства // Известия ФНЦО. 2020. № 3-4. С. 115—120. DOI: 10.18619/2658-4832-2020-3-4-115-120.
11. Шилова П. К., Козлова А. Б. Морфобиологическая характеристика *Delphinium grandiflorum* L. в условиях города Благовещенска // Современные проблемы озеленения городской среды : материалы нац. (всерос.) науч.-практ. студ. конф. (Новосибирск, 18 апр. 2019 г.). Новосибирск : Издат. центр НГАУ «Золотой колос», 2019. С. 173—175.
12. Budha-Magar S., Bhandari P., Ghimire S. K. Ethno-medicinal survey of plants used by Magar (Kham) community, Rolpa district, Western Nepal // Ethnobotany Research and Applications. 2020. Vol. 19. P. 1—29. DOI: 10.32859/era.19.18.1-29.
13. Engell K. Embryo morphology of the Ranunculaceae // Systematics and Evolution of the Ranunculiflorae / U. Jensen, J. W. Kadereit (eds.). Vienna : Springer, 1995. P. 207—216. (Plant Systematics and Evolution. Suppl. 9). DOI: 10.1007/978-3-7091-6612-3_21.
14. Xia Yiping, Gu, Yinzhen Ding Yi. Perennials selection and planting design for flower borders in city landscape of Hangzhou, China // Acta Horticulturae. 2007. N 762. P. 341—346. DOI: 10.17660/actahortic.2007.762.
15. Zhao L., Li Z. Natural plants with insecticidal activity // Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis. 2001. Vol. 23, N 4. P. 559—561.

Поступила в редакцию 28.01.2022

Гусар Анастасия Станиславовна, аспирант
 Центральный Сибирский ботанический сад
 Российская Федерация, 630090, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101
 E-mail: gusara663@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-4426-9795

UDC 581.481:635.92

A. S. Gusar

Study of embryos of *Delphinium triste* Fisch. and *Delphinium grandiflorum* L. ex situ

The article provides a detailed description of the embryos in mature seeds of *Delphinium triste* Fisch. and *Delphinium grandiflorum* L., including the stages of embryo development. The seeds with anomalies of endosperm development were identified. The percentage of each stage of embryo development in the seed samples is determined. The embryo development anomalies were revealed: fused cotyledons and the appearance of a third cotyledon. The predominant embryo development stages for each species were established. The data obtained can be used to determine the seed quality and to estimate the prospects of growing *D. triste* and *D. grandiflorum* in the continental climate of Western Siberia.

Key words: embryo, seeds, *Delphinium triste*, *Delphinium grandiflorum*, ex situ.

Gusar Anastasia Stanislavovna, Postgraduate student
 Central Siberian Botanical Garden
 Russian Federation, 630090, Novosibirsk, ul. Zolotodolinskaya, 101
 E-mail: gusara663@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-4426-9795

References

1. Afanas'eva E. A. *Introduktsionnaya otsenka vysokoroslykh dekorativnykh travyanistykh mnogoletnikov v Tsentral'noi Yakutii* [Introduction evaluation of tall-growing ornamental perennial herbaceous plants in Central Yakutia]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 7 (153), pp. 100—104. (In Russian)
2. Vidy roda Delphinium [Species of the genus Delphinium]. *Plant List*. Available at: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Ranunculaceae/Delphinium/>. Accessed: 17.12.2021. (In Russian)
3. *Krasnaya kniga Respubliki Sakha (Yakutiya): v 2 t. T. 1. Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoeniya vidy rastenii i gribov* [Red Book of the Republic of Sakha (Yakutia). In 2 vols. Vol. 1. Rare and endangered species of plants and fungi]. Moscow, Reart Publ., 2017. 412 p. (In Russian)
4. Malyutin N. I. *Del'finiumy* [Delphiniums]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1992. 55 p. (In Russian)
5. Nikolaeva M. G., Razumova M. V., Gladkova V. N. *Spravochnik po prorashchivaniyu pokoyashchikhsya semyan* [A guide to germinating dormant seeds]. Leningrad, Nauka Publ., 1985. 348 p. (In Russian)
6. *Rastitel'nye resursy Rossii: Dikorastushchie tsvetkovye rasteniya, ikh komponentnyi sostav i biologicheskaya aktivnost'* [Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their composition and biological activity]. St. Petersburg, Moscow, T-vo nauch. izdaniy KMK Publ., 2008—. Vol. 1, Semeistva Magnoliaceae-Juglandaceae, Ulmaceae, Moraceae, Cannabaceae, Urticaceae. Comp. by L. M. Belenovskaya [et al.]. 2008. 421 p. (In Russian)
7. Shamrov I. I. *Embriogeniya* [Embryogeny]. *Embriologiya tsvetkovykh rastenii. Terminologiya i kontseptsii* [Embryology of flowering plants. Terminology and concepts]. St. Petersburg, Mir i sem'ya-95 Publ., 1997, vol. 2, pp. 297—307. (In Russian)
8. *Flora SSSR: v 30 t. T. 7, pod red. V. L. Komarova* [Flora of the USSR. In 30 vols. Vol. 7, V. L. Komarov (ed.)]. Leningrad, AN SSSR Publ., 1937. 792 p. (In Russian)
9. Cherepanov S. K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv v predelakh byvshego SSSR* [Vascular plants of Russia and neighboring states within the former USSR]. St. Petersburg, Mir i sem'ya-95 Publ., 1995. 992 p. (In Russian)
10. Shilo L. M., Ushakova I. T. *Izuchenie obraztsov kolleksii mnogoletnikh tsvetochnykh kul'tur v Federal'nom nauchnom tsentre ovoshchevodstva* [Study of samples of the collection of perennial flower crops in the Federal Scientific Vegetable Center]. *Izvestiya FNTsO — News of Federal Scientific Vegetable Center (Izvestiya of FSVC)*, 2020, no. 3—4, pp. 115—120. DOI: 10.18619/2658-4832-2020-3-4-115-120. (In Russian)
11. Shilova P. K., Kozlova A. B. *Morfobiologicheskaya kharakteristika Delphinium grandiflorum L. v usloviyakh goroda Blagoveshchenska* [Morphobiological characteristics of Delphinium grandiflorum L. in the conditions of the Blagoveshchensk city]. *Sovremennye problemy ozeleneniya gorodskoi sredy: materialy nats. (Vseros.) nauch.-prakt. stud. konf. (Novosibirsk, 18 apr. 2019 g.)* [Modern problems of landscaping the urban environment. Proceed. of the All-Russia sci.-pract. stud. conf. (Novosibirsk, Apr. 18, 2019)]. Novosibirsk, Izdat. tsentr NGAU "Zolotoi kolos" Publ., 2019, pp. 173—175. (In Russian)
12. Budha-Magar S., Bhandari P., Ghimire S. K. *Ethno-medicinal survey of plants used by Magar (Kham) community, Rolpa district, Western Nepal*. *Ethnobotany Research and Applications*, 2020, vol. 19, pp. 1—29. DOI: 10.32859/era.19.18.1-29.
13. Engell K. *Embryomorphology of the Ranunculaceae. Systematics and Evolution of the Ranunculiflorae*. U. Jensen, J. W. Kadereit (eds.). Vienna, Springer Publ., 1995, pp. 207—216. (Plant Systematics and Evolution. Suppl. 9). DOI: 10.1007/978-3-7091-6612-3_21.
14. Xia Yiping, Gu, Yinzheng Ding Yi. *Perennials selection and planting design for flower borders in city landscape of Hangzhou, China*. *Acta Horticulturae*, 2007, no. 762, pp. 341—346. DOI: 10.17660/actahortic.2007.762.
15. Zhao L., Li Z. *Natural plants with insecticidal activity*. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2001, vol. 23, no. 4, pp. 559—561.