

# МОБИЛИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

Научная статья

УДК 631.53.001:502.752:581.9(571.56)

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-12-20



## Выполненность, всхожесть и жизнеспособность плодов и семян редких растений Якутии

Д. Н. Андросова<sup>1</sup>, Н. С. Данилова<sup>1</sup>, К. Г. Ткаченко<sup>2</sup>, Н. Е. Староверов<sup>3</sup>, А. Ю. Грязнов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Институт биологических проблем криолитозоны, Якутск, Россия

<sup>2</sup> Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Дария Николаевна Андросова, [darija\\_androsova@mail.ru](mailto:darija_androsova@mail.ru)

**Актуальность.** В связи с возрастающим антропогенным воздействием на природу остро стоит проблема сохранения и возобновления редких и исчезающих растений в природных ценозах. Оценка качества, выявление выполненных и полноценных семян, определение их жизнеспособности – путь к разработке технологий воспроизводства и возможности репатриации этих видов в места их естественного произрастания. Изучение и мобилизация видов природной флоры в ботанических садах позволяет сохранять биоресурсы полезных видов и рекомендовать их для выращивания в городском озеленении.

**Материалы и методы.** Оценка качества семян проводили с учетом классических методик. Рентгенографический анализ был использован для оценки выполненности и наличия скрытых дефектов семян редких видов флоры Якутии – *Adonis sibirica* Patr. in Steph., *Phlojodicarpus sibiricus* (Steph. ex Spreng.) Koso-Pol., *Iris laevigata* Fisch. et C.A. Mey., *Iris sanguinea* Donn., *Paeonia anomala* L. Рентгеноскопический анализ плодов и семян проводили согласно разработанным методам применения микрофокусной рентгенографии для семян и плодов.

**Результаты.** Показано, что плоды и семена изученных редких видов в условиях Якутии формируются полнозерными (выполненными), но ввиду наличия у них морфофизиологического типа покоя они могут прорасти только после холодной или многоэтапной стратификации.

**Заключение.** Оценка качества и жизнеспособности плодов и семян редких и исчезающих видов флоры Якутии позволит разработать технологии повышения их всхожести и восстановления природных популяций этих видов.

**Ключевые слова:** всхожесть, стратификация, *Adonis sibirica*, *Phlojodicarpus sibiricus*, *Iris laevigata*, *Iris sanguinea*, *Paeonia anomala*

**Благодарности:** работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки России по проектам «Растительный покров криолитозоны таежной Якутии: биоразнообразие, средообразующие функции, охрана и рациональное использование» (FWRS-2021-0023; AAAA-A21-121012190038-0) и «Коллекции живых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)» (AAAA-A18-118032890141-4). Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Для цитирования:** Андросова Д.Н., Данилова Н.С., Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. Выполненность, всхожесть и жизнеспособность плодов и семян редких растений Якутии. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(4):12-20. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-12-20

# MOBILIZATION AND CONSERVATION OF THE GENETIC DIVERSITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-12-20

## Fruit and seed plumpness, germination and viability of rare plants in Yakutia

Darija N. Androsova<sup>1</sup>, Nadezhda S. Danilova<sup>1</sup>, Kirill G. Tkachenko<sup>2</sup>, Nikolay E. Staroverov<sup>3</sup>, Artem Yu. Gryaznov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Yakutsk, Russia,

<sup>2</sup> Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> St. Petersburg Electrotechnical University, St. Petersburg, Russia

**Corresponding author:** Darija N. Androsova, [darija\\_androsova@mail.ru](mailto:darija_androsova@mail.ru)

**Background.** With the increasing anthropogenic impact on nature, conservation and renewal of rare and endangered plants in natural cenoses is an urgent problem. Quality assessment, identification of full-fledged plump seeds, and determination of their viability is the way to develop reproduction technologies and provide a possibility of repatriating these species to their natural habitats. Collecting and studying natural flora species in botanical gardens helps to save biological resources of useful species and recommend them for urban landscaping.

**Materials and methods.** X-ray techniques were used to analyze seed quality and viability of rare species in the flora of Yakutia: *Adonis sibirica* Patrin, *Phlojodicarpus sibiricus* (Steph. ex Spreng.) Koso-Pol., *Iris laevigata* Fisch. et C.A. Mey., *Iris sanguinea* Donn, and *Paeonia anomala* L. Methods developed for the application of microfocus radiography to fruits and seeds were used in the X-ray analysis.

**Results.** Seed quality was assessed according to guidelines. It was shown that fruits and seeds of the studied species developed under the conditions of Yakutia were full-fledged (plump), but due to the presence of a morphophysiological type of dormancy in them, they could germinate only after a cold or multistage stratification.

**Conclusion.** Assessment of reproductive diaspore quality and viability in rare and endangered plant species of Yakutia will make it possible to develop technologies for increasing their seed germination rates and restoring the natural populations of these species.

**Keywords:** germination, stratification, *Adonis sibirica*, *Phlojodicarpus sibiricus*, *Iris laevigata*, *Iris sanguinea*, *Paeonia anomala*

**Acknowledgements:** the work was carried out within the framework of the state task assigned by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the Projects “Vegetation cover in the cryolithozone of taiga in Yakutia: biodiversity, environmental functions, protection, and sustainable utilization” (FWRS-2021-0023; AAAA-A21-121012190038-0) and “Collections of live plants at the Komarov Botanical Institute (history, modern status, and utilization prospects)” (AAAA-A18-118032890141-4).

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

**For citation:** Androsova D.N., Danilova N.S., Tkachenko K.G., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu. Fruit and seed plumpness, germination and viability of rare plants in Yakutia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(4):12-20. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-12-20

## Введение

В сохранение биоразнообразия растительного мира, одним из направлений которого является изучение воспроизводства редких видов, вносят весомый вклад ботанические сады с их коллекциями живых растений и семенными фондами (O'Donnell, Sharrock, 2017; Viktorov et al, 2018; Tkachenko, 2019). Репродуктивные диаспóры (плоды и семена – мерикарпии, зерновки, зремы, костянки, семянки, крылатки, орешки и др., которые далее по тексту условно называем семенами) многих редких видов растений имеют низкую всхожесть, часто находятся в органическом глубоком морфофизиологическом покое. Семена некоторых видов имеют недоразвитый зародыш, бывают невыполненные (пустые или щуплые). Это может быть обусловлено отсутствием специфических опылителей во время цветения или погодными условиями года. Оценка выполненности репродуктивных диаспор актуальна для определения их жизнеспособности. Этот параметр является важным критерием перед закладкой на хранение (краткосрочное и длительное) плодов и семян в генетические банки. Знания об особенностях латентного периода важны для выращивания новых растений в ботанических садах, специализированных питомниках и для проведения работ по репатриации этих видов в места их естественного произрастания (Obgucheva, 1982, 1991). Одним из современных и наиболее перспективных неструктурных методов оценки степени выполненности, выявления поражения вредителями и отбора из партии плодов и семян лишь выполненных, полноценных, которые можно использовать для посева или закладки на хранение, является микрофокусная рентгенография (Tkachenko et al, 2018).

Цель настоящего исследования – оценка выполненности, всхожести и жизнеспособности плодов и семян редких видов растений флоры Якутии.

## Материалы и методы исследования

Изучены качество и жизнеспособность пяти редких видов природной флоры Якутии (*Iris laevigata* Fisch. et C.A. Mey., *Iris sanguinea* Donn, *Phlojodicarpus sibiricus* (Steph. ex Spreng.) Koso-Pol., *Adonis sibirica* Patrín, *Paeonia anomala* L.) в период с 2014 по 2021 г. В указанный период сбор материала осуществляли среди растений, выращиваемых в Ботаническом саду Института биологических проблем криолитозоны СО РАН (ИБПК СО РАН). Первые четыре вида – растения, численность которых сокращается в результате чрезмерного использования хозяйственно полезных видов (категория 2б), последний вид – редкий в Якутии, произрастает на северной границе его естественного распространения, образуя периферические или изолированные популяции (категория 3г) (Danilova, 2017).

Основной особенностью климата Центральной Якутии является его суровость и резкая континентальность, которая проявляется в больших годовых колебаниях температуры и относительно малом количестве выпадающих осадков. Амплитуда температур (разница между абсолютным максимумом и минимумом) достигает 102°C. Всего за год выпадает 192 мм осадков, что немного больше, чем в полупустынной зоне (Gavrilova, 1973). Вегетационный сезон короткий, продолжительность периода вегетации соответствует в среднем 90–98 дням.

Всхожесть семян определяли в лаборатории при комнатной температуре (22–24°C), при естественном освещении,

с учетом рекомендаций Б. С. Лихачёва (Khoroshailov, Likhachev, 1975; Likhachev, Zhukova, 1978) и работы М. М. Ишмуратовой и К. Г. Ткаченко (Ishmuratova, Tkachenko, 2009); выполненность – рентгенографическим методом (Gryaznov et al, 2015; Staroverov et al., 2015; Firsov et al., 2016; Tkachenko et al, 2018). Семена после сбора и чистки хранили в бумажных пакетиках в лабораторных условиях. При проращивании и при стратификации семян использовали фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой. Опыты проводили в чашках Петри в четырех повторностях по 50–100 штук (в зависимости от размеров семян). Проросшими считали семена, размер корешков которых равен диаметру семени или превышает его. Опыты по стратификации, давшие хорошие результаты, были проверены в четырех повторностях.

Семена исследуемых видов подвергали стратификации – одноэтапной (холод) и двухэтапной (тепло – холод), которую проводили при разных температурных условиях: 0 ÷ +3°C в режиме климатической камеры (16 ч на свету и 8 ч в темноте), 23 ± 1°C в комнатной температуре с различной продолжительностью (от 21 до 90 суток) в восьми вариантах стратификации:

- 1) от 0 до +3°C в течение 30 суток;
- 2) от 0 до +3°C в течение 90 суток;
- 3) I этап – в тепле (+22...+24°C) в течение 21 суток

II этап – при пониженной переменной температуре (от 0 до +3°C) в течение 60 суток;

- 4) +7°C в течение 14 суток (для *Phlojodicarpus sibiricus*);
- 5) +8°C в течение 14 суток (для *Iris sanguinea*);
- 6) +2 ÷ +5°C в течение 30 суток.

Кроме того, в 2015 г. семена подвергали естественной стратификации (под открытым небом):

7) стратификация семян под открытым небом в течение 60 суток (апрель – май; температура апреля – от –18,7 до +5,7°C; мая – от +0,6 до +12,4°C);

8) стратификация семян под открытым небом в течение 90 суток (март – май; температура марта – от –28,9 до +2,1; апреля – от –18,7 до +5,7°C; мая – от +0,6 до +12,4°C).

Рентгенографический анализ репродуктивных диаспор проводили на установке ПРДУ (передвижная рентгеноскопическая диагностическая установка). Режим для исследования образцов: напряжение, подаваемое на трубку – 17 кВ; ток трубки – 70 мкА; экспозиция – 2 секунды (Arkhipov, Potrakhov, 2008; Potrakhov et al, 2012; Staroverov et al., 2015; Firsov et al., 2016; Tkachenko et al., 2018). Анализировали максимально возможное число семян каждого изучаемого вида.

Названия видов приведены в соответствии с «Определителем высших растений Якутии» (Nikolin, 2020).

## Результаты исследований

*Касатик сглаженный*, или *ирис сглаженный* (*Iris laevigata*). Образец пересажен в 1967 г. из окрестностей г. Якутска. В культуре ежегодно цветет и плодоносит. Самосева не образует. Вид в культуре устойчив.

Проращивание семян разного года урожая якутской популяции (без проведения стратификации) показало нулевую и низкую всхожесть (таблица). В то же время рентгенограмма свидетельствует, что почти все семена нормально сформированы и лишь 1,4% оказались невыполненными. Ежегодно (в период наблюдений) выполненность семян в среднем составляет 98,6% (от 97 до 99%). Семена не поражены вредителями (рис. 1).

Таблица. Влияние режимов стратификации на всхожесть семян редких видов растений

Table. The effect of stratification modes on seed germination in rare plant species

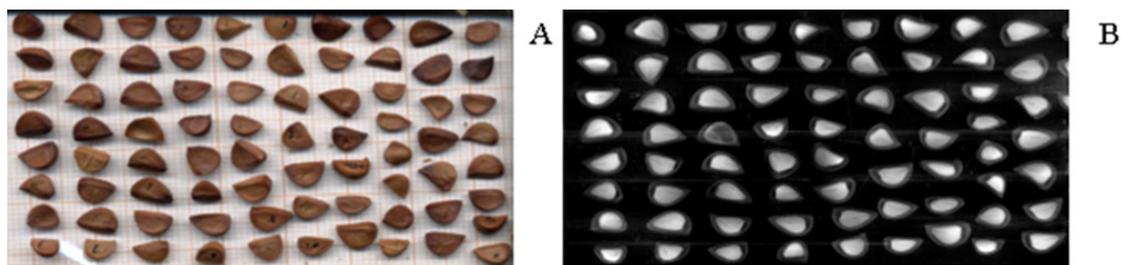
Год / Year		Режим стратификации / Stratification mode	День начала прорастания / Day when germination started	Длительность прорастания, дни / Duration of germination, days	Лабораторная всхожесть, % / Laboratory germination rate, %
сбора семян / when the seeds were collected	начала опыта / when the experi- ment started				
<b><i>Iris laevigata</i> Fisch. et C.A. Mey.</b>					
2014	2015	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2015	2016	Без стратификации / Without stratification	30-31	21-23	3,0 ± 0,0
2017	2018	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2018	2019	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2018	2018	0 ÷ +3°C, Км (30 сут.)	3	13	95,8 ± 2,5
2018	2019	0 ÷ +3°C, Км (90 сут.)	4	5	95,8 ± 1,3
2018	2019	I – +22 ÷ +24°C (21 сут.) II – 0 ÷ +3°C, Км (60 сут.)	3	6	95,3 ± 0,9
<b><i>Iris sanguinea</i> Donn</b>					
2014	2015	Без стратификации / Without stratification	56	1	0,25 ± 0,5
2015	2016	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2017	2018	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2018	2019	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2018	2018	0 ÷ +3°C, Км (30 сут.)	11	1	0,25 ± 0,5
2018	2019	0 ÷ +3°C, Км (90 сут.)	9	2	3,0 ± 0,0
2018	2019	I – +22 ÷ +24°C (21 сут.) II – 0 ÷ +3°C, Км (60 сут.)	0	0	0
2015	2016	+8°C, X (14 сут.)	32-43	86-127	78,0 ± 8,1
<b><i>Phlojodicarpus sibiricus</i> (Steph. ex Spreng.) Koso-Pol.</b>					
2014	2015	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2018	2018	Без стратификации / Without stratification	23	29	15,0 ± 5,0
2018	2019	Без стратификации / Without stratification	12	7	7,0 ± 1,0
2018	2018	0 ÷ +3°C, Км (30 сут.)	5	25-26	22,8 ± 0,9
2018	2019	0 ÷ +3°C, Км (90 сут.)	4	25-28	36,3 ± 2,5
2018	2019	I – +22 ÷ +24°C (21 сут.) II – 0 ÷ +3°C, Км (60 сут.)	3	9	8,0 ± 0,0
2021	2022	+2 ÷ +5°C, Км (30 сут.)	0-4	11-35	72,3 ± 12,8
2021	2022	+7°C, X (14 сут.)	4	39-40	73,0 ± 2,6

Таблица. Окончание  
Table. The end

Год / Year		Режим стратификации / Stratification mode	День начала прорастания / Day when germination started	Длительность прорастания, дни / Duration of germination, days	Лабораторная всхожесть, % / Laboratory germination rate, %
сбора семян / when the seeds were collected	начала опыта / when the experi- ment started				
<b><i>Adonis sibirica</i> Patr.</b>					
2014	2015	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2015	2015	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2017	2018	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2018	2018	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2018	2019	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2018	2018	0 ÷ +3°C, Км (30 сут.)	0	0	0
2018	2019	0 ÷ +3°C, Км (90 сут.)	0	0	0
2018	2019	I – +22 ÷ +24°C (21 сут.) II – 0 ÷ +3°C, Км (60 сут.)	0	0	0
2014	2015	-18,7 ÷ +12,4°C (60 сут.)	-	-	35,0 ± 0,8*
2014	2015	-28,9 ÷ +12,4°C (90 сут.)	-	-	10,0 ± 3,6*
<b><i>Paeonia anomala</i> L.</b>					
2014	2015	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2015	2016	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2017	2017	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2017	2018	Без стратификации / Without stratification	0	0	0
2018	2018	0 ÷ +3°C, Км (30 сут.)	0	0	0
2018	2019	0 ÷ +3°C, Км (90 сут.)	0	0	0
2018	2019	I – +22 ÷ +24°C (21 сут.) II – 0 ÷ +3°C, Км (60 сут.)	0	0	0
2014	2015	-18,7 ÷ +12,4°C (60 сут.)	-	-	-
2014	2015	-28,9 ÷ +12,4°C (90 сут.)	-	-	67,5 ± 1,7*

Примечание: Км – климатокамера, X – холодильник; \* – грунтовая всхожесть

Note: Км – climate chamber, X – refrigerator; \* – soil germination



**Рис. 1.** Семена *Iris laevigata* Fisch. et C.A. Mey.: А – сканированные, В – рентгенограмма

**Fig. 1.** Seeds of *Iris laevigata* Fisch. et C.A. Mey.: А – scanned seeds, В – X-ray

Для вывода семян из покоя нами были испытаны несколько режимов стратификации (см. таблицу).

Прорастание семян *I. laevigata* (см. таблицу) идет успешно уже при температурах от 0 до +3°C. При переменной температуре (0 ÷ +3°C) семена трогаются в рост на третий день, прорастают за этот период до 95,8 ± 2,5%, процесс продолжается в течение 13 дней. Увеличение длительности холодной стратификации до трех месяцев не оказало положительного эффекта на всхожесть и сроки начала прорастания, но заметно сказалось на продолжительности этого процесса. Так, он сократился с 13 до пяти дней. Подобное действие оказывает двухэтапная стратификация.

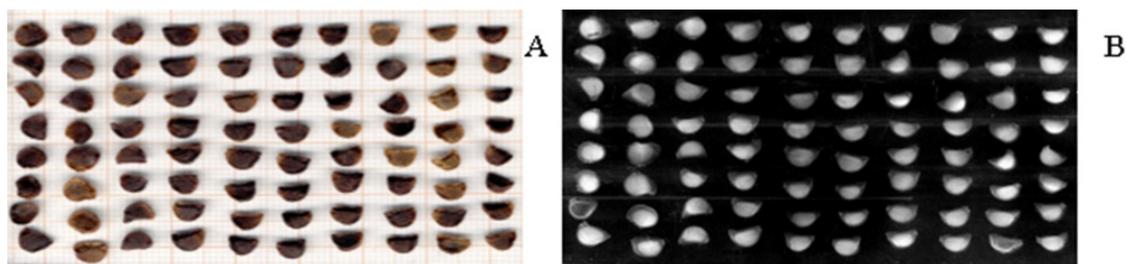
*Касатик кроваво-красный (Iris sanguinea)*. В культуру привлечен в 1968 г. с прибрежного заливного луга на берегу р. Алдан в 60 км ниже пос. Усть-Мая. Ежегодно цветет и плодоносит. Самосев не отмечен. В культуре устойчив.

Как и у предыдущего вида, свежесобранные семена *I. sanguinea* и семена после хранения не прорастают (см. таблицу). Рентгеноскопический анализ показал их высокую выполненность (от 85 до 98%), число семян с неразвитой структурой колеблется от 2 до 15%. Поражение семян вредителями не отмечено (рис. 2).

В отличие от *I. laevigata*, выход из покоя семян *I. sanguinea* сопряжен с некоторыми трудностями, они прорастают только после воздействия +8°C в течение 14 дней. Семена начинают прорастать мелкими порциями в течение 86–127 дней после 1–1,5 месяцев проращивания (при +22 ÷ +24°C). Лабораторная всхожесть достигает до 78,0 ± 8,1%. Испытание других режимов стратификации оказалось неэффективным в снятии покоя семян (см. таблицу).

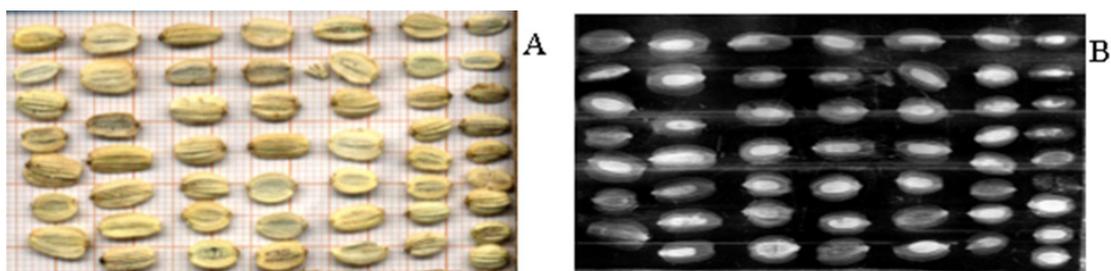
*Вздутоплодник сибирский (Phlojodicarpus sibiricus)*. Образец пересажен в 1977 г. с каменистого берегового склона на Ленских Столбах. Ежегодно цветет, но плодоносит нерегулярно и слабо. Дает единичные самосевы. В отдельные годы поражается тлей. В культуре устойчив.

При рентгенографии выявлена жизнеспособность 42,3% семян, остальная часть мерикарпиев (57,7%) повреждена вредителями или пустая (рис. 3). В наших опытах лабораторная всхожесть свежесобранных мерикарпиев *P. sibiricus* урожая 2018 г. составила 15,0 ± 5,0%. После хранения в условиях лаборатории всхожесть снижается до 7,0 ± 1,0%, но при этом в 2 раза сокращается период до начала прорастания, то есть семена начинают прорастать быстрее.



**Рис. 2.** Семена *Iris sanguinea* Donn: А – сканированные, В – рентгенограмма

**Fig. 2.** Seeds of *Iris sanguinea* Donn: А – scanned seeds, В – X-ray



**Рис. 3.** Мерикарпии *Phlojodicarpus sibiricus* (Steph. ex Spreng.) Koso-Pol.:

А – сканированные семена, В – рентгенограмма

**Fig. 3.** Seeds of *Phlojodicarpus sibiricus* (Steph. ex Spreng.) Koso-Pol.: А – scanned seeds, В – X-ray

Е. В. Тюрина (Tyurina, 1978) для вывода из покоя семян вздутоплодника рекомендует использовать холодную стратификацию при 0–3°C, которая повышает лабораторную всхожесть семян до 39–42%. Мерикарпии *P. sibiricus* мы подвергали холодной стратификации при разных температурах: от 0 ÷ +3°C до +7°C (см. таблицу). В снятии покоя его семян эффективными оказались температуры +7°C (в течение 14 суток) и +2 ÷ +5°C (в течение 30 суток); лабораторная всхожесть повышается до 72,3 ± 12,8% и 73,0 ± 2,6% соответственно. При этом энергия прорастания семян (на 10-е сутки) после стратификации при +2 ÷ +5°C оказалась выше (55,0 ± 8,4%), чем при температуре +7°C (38,0 ± 1,6%). Стратификация плодов этого вида при более низких температурах (от 0 до +3°C) повысила их лабораторную всхожесть от 7,0 ± 1,0% до 36,3 ± 2,5%. Двухэтапная стратификация (21 сутки – тепло, 60 суток – холод) не дала результата: лабораторная всхожесть семян остается неизменной (см. таблицу).

*Горицвет сибирский (Adonis sibirica)*. Интродуцирован в 1970 г. из зарослей кустарников в устье р. Буотама. Ежегодно цветет и плодоносит. Образует обильный самосев. В культуре высокоустойчив.

Свежесобранные семена и после 5–7 месяцев хранения не прорастают, что совпадает с литературными сведениями (Nikolaeva et al., 1985), согласно которым семена характеризуются сочетанием сильного экзогенного и неглубокого эндогенного покоя (A<sub>2</sub>-B-V<sub>1</sub>). Хотя при рентгеноскопическом анализе выявлено, что 79,6% семян выполнены и лишь 20,4% семян оказались с неразвитой внутренней структурой. Повреждений и поражений вредителями не отмечено (рис. 4).

Проращивание семян *A. sibirica* в лабораторных условиях после стратификации при разных режимах не дало результата. Как было отмечено выше, ежегодно в питомнике Ботанического сада отмечается обильное весеннее семенное самовозобновление *A. sibirica*. При естествен-

ной (природной) стратификации семена этого вида прорастают, пролежав в почве 2–3 года. Для семян *Adonis sibirica* и *Paeonia anomala* Томской области В. П. Амельченко (Amelchenko, 2010) рекомендует применить более длительную весеннюю стратификацию, то есть промораживать 1,5–2(3) месяца. Был поставлен опыт с естественной стратификацией (под открытым небом) с разной продолжительностью (см. таблицу). Эффективным оказалось выдерживание семян в сыром песке под действием естественного холода в течение 60 дней (апрель – май). Грунтовая всхожесть семян *Adonis sibirica* при таких манипуляциях составила в год посева 35,0 ± 0,8%, при этом значительно сократился период до прорастания – от трех лет до одного года. В последующие годы всходов не отмечено.

*Пион уклоняющийся (Paeonia anomala)*. В культуре – с 1966 г., пересажен с опушки смешанного леса в окрестности г. Ленска. Дает устойчивый ежегодный самосев. В культуре высокоустойчив. Ежегодно цветет и плодоносит.

Семена обладают твердой оболочкой. По классификации М. Г. Николаева et al. (1985) определен тип покоя пиона как морфофизиологический глубокий эпикотильный (B-V<sub>3</sub>). Проращивание в лабораторных условиях семян *P. anomala* разного года урожая подтверждают эти данные (см. таблицу). По результатам рентгеноскопического анализа выявлено, что до 99% семян пиона выполнены и не поражены вредителями (рис. 5).

С семенами *Paeonia anomala* был поставлен такой же опыт, как и с *Adonis sibirica*. Семена выдерживали в сыром песке под действием естественного холода в течение 60 и 90 дней (март – май). Эффективной оказалась длительная стратификация в течение 90 дней и с резкими перепадами температур – от –28,9 до +12,4°C. Прорастание семян *Paeonia anomala* началось в год посева и, в отличие от предыдущего вида, длилось в течение трех лет; на третий год грунтовая всхожесть составила 67,5 ± 1,7%.

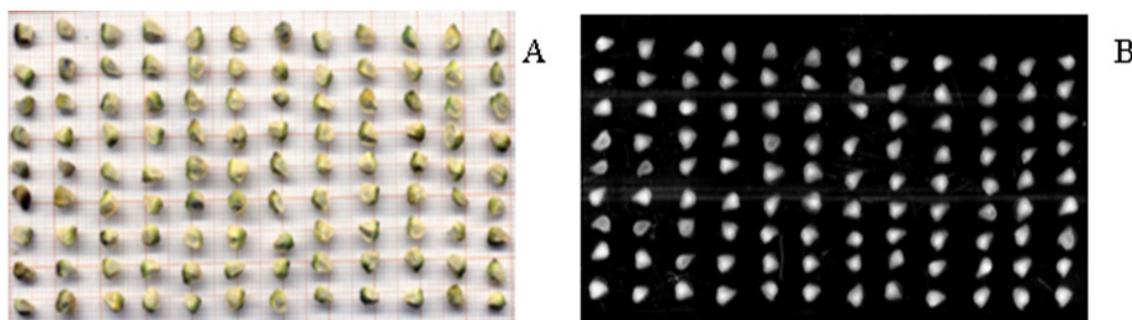


Рис. 4. Семена *Adonis sibirica* Patrini: А – сканированные семена, В – их рентгенограмма

Fig. 4. Seeds of *Adonis sibirica* Patrini: A – scanned seeds, B – X-ray

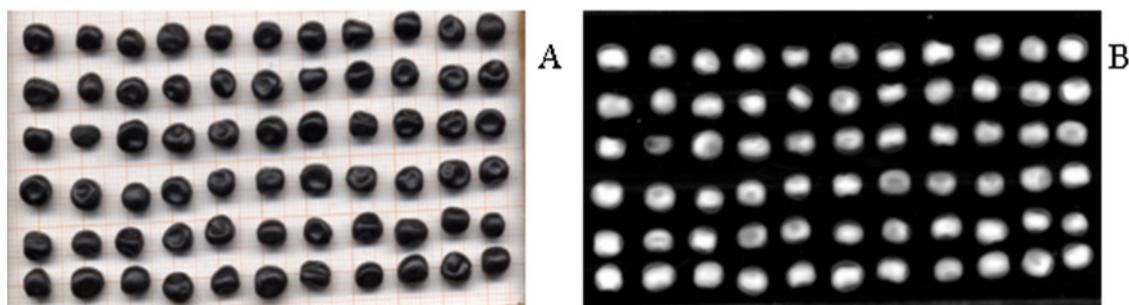


Рис. 5. Семена *Paeonia anomala* L.: А – сканированные, В – рентгенограмма

Fig. 5. Seeds of *Paeonia anomala* L.: A – scanned seeds, B – X-ray

### Заключение

Результаты выборочного рентгенографического анализа качества семян показали, что репродуктивные диаспоры изученных пяти редких видов флоры Якутии (*Iris laevigata*, *I. sanguinea*, *Paeonia anomala*, *Adonis sibirica*, *Phlojodicarpus sibiricus*), обладающие разными типами морфофизиологического покоя, формируются вполне развитыми, выполненными на 42–99%, то есть характеризуются средней и высокой жизнеспособностью. Для вывода их из состояния покоя необходимо создание соответствующих условий.

Семена *Iris laevigata* и *Phlojodicarpus sibiricus* реагируют, хотя и в разной степени, на воздействие нескольких режимов стратификации. В отличие от них, семена *Iris sanguinea* выходят из покоя только после выдерживания их в течение двух недель при +8°C. Проращивание семян *Adonis sibirica* и *Paeonia anomala* в лабораторных условиях после стратификации при разных режимах не дало результата; эффективным оказалось выдерживание их семян в сыром песке под открытым небом с апреля по май.

### References / Литература

- Amelchenko V.P. Rare and endangered plants of Tomsk Province (anatomy, biomorphology, introduction, reintroduction, karyology, and protection). (Redkiye i ischezayushchiye rasteniya Tomskoy oblasti [anatomiya, biomorfologiya, introduktsiya, reintroduktsiya, kariologiya, okhrana]). Tomsk: Tomsk State University; 2010. [in Russian] (Амельченко В.П. Редкие и исчезающие растения Томской области (анатомия, биоморфология, интродукция, реинтродукция, кариология, охрана). Томск: Томский государственный университет; 2010).
- Arkhipov M.V., Potrakhov M.N. Microfocus radiography of plants. (Mikrofokusnaya rentgenografiya rasteniy). St. Petersburg: Tekhnolit; 2008. [in Russian] (Архипов М.В., Потрахов М.Н. Микрофокусная рентгенография растений. Санкт-Петербург: Технолит; 2008).
- Danilova N.S. (ed.). Red Book of the Republic of Sakha (Yakutia). Vol. 1. Rare and endangered species of plants and mushrooms (Krasnaya kniga Respubliki Sakha (Yakutia). T. 1. Redkiye i nakhodyashchiyesya pod ugrozoy ischeznoveniya vidy rasteniy i gribov) / под. ред. Н.С. Даниловой. Москва: Реарт; 2017. [in Russian] (Красная книга Республики Саха (Якутия). Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / под. ред. Н.С. Даниловой. Москва: Реарт; 2017).
- Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Tkachenko K.G., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu. *Cydonia oblonga* Mill. (Rosaceae) at the Peter the Great Botanical Garden. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2016;177(4):28-36. [in Russian] (Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. Айва обыкновенная (*Cydonia oblonga*, Rosaceae) в Ботаническом саду Петра Великого. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2016;177(4):28-36). DOI: 10.30901/2227-8834-2016-4-28-36
- Gavrilova M.K. Climate of Central Yakutia (Klimat Tsentralnoy Yakutii). 2nd ed. Yakutsk: Yakutia Book Publishers; 1973. [in Russian] (Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. 2-е изд. Якутск: Якутское книжное издательство; 1973).
- Gryaznov A.Yu., Staroverov N.E., Zhamova K.K., Kholopova E.D., Tkachenko K.G. Investigation of the quality of reproductive diaspores in species of the genus Apple (*Malus* Mill.) using microfocus radiography. (Issledovaniye kachestva reproduktivnykh diaspor vidov roda Yablonya (*Malus* Mill.) s pomoshchyu mikrofokusnoy rentgenografii). *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2015;(55):49-53. [in Russian] (Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е., Жамова К.К., Холопова Е.Д., Ткаченко К.Г. Исследование качества репродуктивных диаспор видов рода Яблоня (*Malus* Mill.) с помощью микрофокусной рентгенографии. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2015;(55):49-53).
- Ishmuratova M.M., Tkachenko K.G. Seeds of herbaceous plants. Features of the latent period, use in introduction and reproduction *in vitro* (Semena travyanistykh rasteniy. Osobennosti latentnogo perioda, ispolzovaniye v introduktsii i razmnozhenii *in vitro*). Ufa: Gilem; 2009. [in Russian] (Ишмуратова М.М., Ткаченко К.Г. Семена травянистых растений. Особенности латентного периода, использование в интродукции и размножении *in vitro*. Уфа: Гилем; 2009).
- Khoroshailov N.G., Likhachev B.S. Guidelines for determination of the growth vigor of cereal crop seeds according to morphophysiological assessment of their seedlings (Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu sily rosta semyan zernovykh kultur morfofiziologicheskoy otsenкой prorstokov). Leningrad; 1975. [in Russian] (Хорошайлов Н.Г., Лихачёв Б.С. Методические указания по определению силы роста семян зерновых культур морфофизиологической оценкой проростков. Ленинград; 1975).
- Likhachev B.S., Zhukova N.V. New method of seed germination (Novy metod prorashchivaniya semyan). *Selektsiya i semenovodstvo = Plant Breeding and Seed Production*. 1978;(3):52-54. [in Russian] (Лихачёв Б.С., Жукова Н.В. Новый метод проращивания семян. *Селекция и семеноводство*. 1978;(3):52-54).
- Nikolaeva M.G., Lyanguzova I.V., Pozdova L.M. A guide to dormant seeds germination (Spravochnik po prorashchivaniyu pokoyashchikhsya semyan). Leningrad: Nauka; 1985. [in Russian] (Николаева М.Г., Лянгужова И.В., Поздова Л.М. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Ленинград: Наука; 1985).
- Nikolaeva M.G., Lyanguzova I.V., Pozdova L.M. Seed biology (Biologiya semyan). St. Petersburg: Research Institute of Chemistry, St. Petersburg State University; 1999. [in Russian] (Николаева М.Г., Лянгужова И.В., Поздова Л.М. Биология семян. Санкт-Петербург: НИИ химии Санкт-Петербургского госуниверситета; 1999).
- Nikolin E.G. (ed.). Key to higher plants of Yakutia: identification key (Opredelitel vysshikh rasteniy Yakutii: opredelitel). 2nd ed. Moscow: KMK; Novosibirsk: Nauka; 2020. [in Russian] (Определитель высших растений Якутии: определитель / под ред. Е.Г. Николина. 2-е изд. Москва: КМК; Новосибирск: Наука; 2020).
- O'Donnell K., Sharrock S. The contribution of botanic gardens to *ex situ* conservation through seed banking. *Plant Diversity*. 2017;39(6):373-378. DOI: 10.1016/j.pld.2017.11.005
- Obrucheva N.V. Physiology of the initial seed germination stages in dicotyledonous plants (Fiziologiya nachalnykh etapov prorstaniya semyan dvudolnykh rasteniy) [dissertation]. Moscow: Institute of Plant Physiology, USSR Academy of Sciences; 1991. [in Russian] (Обручева Н.В. Физиология начальных этапов прорастания семян двудольных растений: дис. ... докт. биол. наук. Москва: ИФР АН СССР; 1991).
- Obrucheva N.V. Seed germination (Prorstaniye semyan). In: *Seed Physiology (Fiziologiya semyan)*. Moscow: Nauka; 1982. p.223-274. [in Russian] (Обручева Н.В. Прорастание семян. В кн.: *Физиология семян*. Москва: Наука; 1982. С.223-274).

- Potrakhov N.N., Trufanov G.E., Vasilyev A.Yu., Anokhin D.Yu., Potrakhov E.N., Akiev R.M., Balitskaya N.V., Boychak D.V., Gryaznov A.Yu. Microfocus radiography (Mikrofokusnaya rentgenografiya). St. Petersburg: ELBI; 2012. [in Russian] (Потрахов Н.Н., Труфанов Г.Е., Васильев А.Ю., Анохин Д.Ю., Потрахов Е.Н., Акиев Р.М., Балицкая Н.В., Бойчак Д.В., Грязнов А.Ю. Микрофокусная рентгенография. Санкт-Петербург: ЭЛБИ; 2012).
- Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu., Zhamova K.K., Tkachenko K.G., Firsov G.A. The application of the method of microfocus X-ray for quality control of fruits and seeds reproductive diaspores. *Biotechnosfera = Biotechnosphere*. 2015;6(42):16-19. [in Russian] (Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю., Жамова К.К., Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества плодов и семян репродуктивных диаспор. *Биотехносфера*. 2015;6(42):16-19).
- Tkachenko K.G. Collections of botanical gardens – a modern practice of conserving and studying the diversity of the plant world. *Hortus Botanicus*. 2019;14:145-155. [in Russian] (Ткаченко К.Г. Коллекции ботанических садов – современная практика сохранения и изучения разнообразия растительного мира. *Hortus Botanicus*. 2019;14:145-155). DOI: 10.15393/j4.art.2019.6385
- Tkachenko K.G., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu. X-ray quality control of fruits and seeds. *Hortus Botanicus*. 2018;13:52-66. [in Russian] (Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. Рентгенографическое изучение качества плодов и семян. *Hortus Botanicus*. 2018;13:52-66). DOI: 10.15393/j4.art.2018.5022
- Tyurina E.V. Introduction of Umbelliferae in Siberia (Introduktsiya zontichnykh v Sibiri). Novosibirsk: Nauka; 1978. [in Russian] (Тюрина Е.В. Интродукция зонтичных в Сибири. Новосибирск: Наука; 1978).
- Viktorov V.P., Kuranova N.G., Chernyaeva E.V. Conservation strategy of rare species of plants. *Herald of Tver State University. Series: Chemistry. Series: Biology and Ecology*. 2018;(3):106-129. [in Russian] (Викторов В.П., Куранова Н.Г., Черняева Е.В. Стратегии сохранения редких видов растений. *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология*. 2018;(3):106-129). DOI: 10.26456/vtbio9

### Информация об авторах

**Дария Николаевна Андросова**, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Институт биологических проблем криолитозоны – обособленное подразделение ЯНЦ СО РАН, 677980 Россия, Республика Саха, Якутск, пр. Ленина, 41, [darija\\_androsova@mail.ru](mailto:darija_androsova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1521-0556>

**Надежда Софроновна Данилова**, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Институт биологических проблем криолитозоны – обособленное подразделение ЯНЦ СО РАН, 677980 Россия, Республика Саха, Якутск, пр. Ленина, 41, [nad9.5@mail.ru](mailto:nad9.5@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6532-7977>

**Кирилл Гаврилович Ткаченко**, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук, 197022 Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2, [kigatka@rambler.ru](mailto:kigatka@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6841-6561>

**Николай Евгеньевич Староверов**, кандидат технических наук, ассистент кафедры, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 197376 Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, [nik0205st@mail.ru](mailto:nik0205st@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4404-5222>

**Артем Юрьевич Грязнов**, доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 197376 Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, [ay-gryaznov@yandex.ru](mailto:ay-gryaznov@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-2062-2213>

### Information about the authors

**Darija N. Androsova**, Cand. Sci. (Biology), Researcher, Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Institute for Biological Problems of Cryolithozone, 41 Lenina Ave., Yakutsk, Republic of Sakha 677980, Russia, [darija\\_androsova@mail.ru](mailto:darija_androsova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1521-0556>

**Nadezhda S. Danilova**, Dr. Sci. (Biology), Professor, Chief Researcher, Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Institute for Biological Problems of Cryolithozone, 41 Lenina Ave., Yakutsk, Republic of Sakha 677980, Russia, [nad9.5@mail.ru](mailto:nad9.5@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6532-7977>

**Kirill G. Tkachenko**, Dr. Sci. (Biology), Senior Researcher, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 2 Professora Popova Street, St. Petersburg 197022, Russia, [kigatka@rambler.ru](mailto:kigatka@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6841-6561>

**Nikolay E. Staroverov**, Cand. Sci. (Engineering), Department Assistant, St. Petersburg Electrotechnical University (ETU), 2 Professora Popova Street, St. Petersburg 197376, Russia, [nik0205st@mail.ru](mailto:nik0205st@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4404-5222>

**Artem Yu. Gryaznov**, Dr. Sci. (Engineering), Deputy Head of a Department, St. Petersburg Electrotechnical University (ETU), 2 Professora Popova Street, St. Petersburg 197376, Russia, [ay-gryaznov@yandex.ru](mailto:ay-gryaznov@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-2062-2213>

**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 21.11.2022; одобрена после рецензирования 12.10.2023; принята к публикации 05.12.2023. The article was submitted on 21.11.2022; approved after reviewing on 12.10.2023; accepted for publication on 05.12.2023.