

ВЛИЯНИЕ СУХОГО ХРАНЕНИЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН *EPHEDRA MONOSPERMA* (EPHEDRACEAE)

© 2023 г. С. З. Борисова*

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

*e-mail: borisova_sz@mail.ru

Поступила в редакцию 27.01.2023 г.

После доработки 17.04.2023 г.

Принята к публикации 26.04.2023 г.

Приведены результаты исследования всхожести семян *Ephedra monosperma* С.А. Меу. после разного срока хранения в лабораторных условиях. Семена проращивали без предпосевной обработки в чашках Петри на фильтровальной бумаге при комнатной температуре $20 \pm 3^\circ\text{C}$. При сухом хранении семена сохраняют высокую всхожесть (80–100%) и динамику прорастания на протяжении 5 лет (мезобиотик). Семена как свежесобранные, так и после хранения, начинают прорасти на 2–5 сут, максимум числа проросших за сутки семян отмечается на 3–4 сут с начала прорастания. 50% семян прорастает в течение 5–8 сут.

Ключевые слова: *Ephedra monosperma*, семена, сроки хранения, лабораторная всхожесть, долговечность семян, Центральная Якутия

DOI: 10.31857/S0033994623020036, EDN: ZMPIPR

Хвойник односемянный *Ephedra monosperma* С.А. Меу. применяется в лечебных целях народами Сибири, Дальнего Востока, Китая и др. [1]. Лекарственное значение видов рода основано на симпатомиметических свойствах алкалоида эфедрина [2]. *E. monosperma* — вечнозеленый двудомный кустарничек с хорошо развитыми узловатыми подземными стволиками, ветвящимися в верхней части и оканчивающимися на поверхности пучком восходящих или расплывчатых по земле побегов. В июле–августе кроющие чешуи мегастробиллов по мере созревания семян становятся сочными и приобретают ярко красную окраску.

Общий ареал *E. monosperma* охватывает Сибирь, Дальний Восток, Монголию, Китай [3]. *E. monosperma* — единственный вид рода, проникающий далеко на северо-восток России. Виды семейства Ephedraceae являются реликтами плейстоценового периода [4]. В Центральной и Северо-Восточной Якутии *E. monosperma* наряду с другими реликтовыми видами (*Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst., *Stipa krylovii* Roshev., *Artemisia obtusiloba* Ledeb. subsp. *martjanovii* (Krasch. ex Poljak.) Krasnob., *Astragalus lenensis* Shemetova, Schaulo et Lomon. и др.) входит в состав островных степных сообществ, занимающих высокие наиболее сухие участки ландшафта [5–10 и др.]. В Центральной Якутии популяция *E. monosperma* за последние 20 лет резко сократила свою численность; отдельные ценопопуляции в окр. г. Якут-

ска и крупных поселений сельскохозяйственных районов исчезли. Вид подлежит охране на всей территории Якутии [11].

E. monosperma выращивается в ботанических садах Якутии, в коллекции Ботанического сада СВФУ представлены образцы из центральной популяции вида. В культуре вид высокоустойчив. Ежегодно для семенного фонда Ботанического сада ведется сбор диаспор в коллекции и в естественных местах обитания, которые могут использоваться для восстановления исчезающих популяций. Создание таких фондов требует сведений о биологии семян, их способности сохранять всхожесть.

Цель исследования состояла в оценке всхожести, характера прорастания при сухом хранении и долговечности семян *Ephedra monosperma* из Центральной Якутии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Определяли лабораторную всхожесть семян *E. monosperma* различного срока хранения [12]. Семена хранили в бумажных пакетах в лабораторных условиях при температуре 18–23 °C. Всхожесть семян определяли в выборке из 400 (4×100) и 200 штук (4×50). Проращивание проводили в комнатных условиях при температуре 18–23 °C без предварительной обработки в стеклянных чашках Петри диаметром 10 см, на ложе из филь-

Таблица 1. Всхожесть семян *Ephedra monosperma* С.А. Мей. при сухом хранении
Table 1. Germination of *Ephedra monosperma* С.А. Мей. seeds kept in dry storage

Показатель Index		Срок хранения семян, лет Duration of storage, years								
		0	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	8.5
Срок до начала прорастания, сутки Start of germination after moistening, days	min	4	2	4	2	5	2	4	2	2
	max	5	5	5	5	6	2	5	5	5
	$M \pm m$	4 ± 0.3	4 ± 0.2	5 ± 0.2	3 ± 0.5	6 ± 0.3	2	5 ± 0.3	5 ± 0.6	5 ± 1.7
Доля проросших семян на 3 сут, % Percentage of germinated seeds on day 3, %	min	0	0	0	1	0	4	0	0	0
	max	0	3	0	18	0	10	0	2	1
	$M \pm m$	0	0.8 ± 0.5	0	1.9 ± 1.3	0	8.0 ± 2.3	0	0.3 ± 0.3	0.7 ± 0.7
Доля проросших семян на 5 сут, % Percentage of germinated seeds on day 5, %	min	8	2	1	15	0	32	12	0	0
	max	26	36	14	19	1	44	26	2	2
	$M \pm m$	14.0 ± 6.0	20.3 ± 5.0	7.0 ± 2.7	18.5 ± 0.7	0.3	—	17.3 ± 4.4	0.7 ± 0.4	0.7 ± 0.7
Доля проросших семян на 7 сут, % Percentage of germinated seeds on day 7, %	min	68	63	49	43	46	82	28	2	1
	max	80	81	62	76	66	86	52	6	8
	$M \pm m$	73.3 ± 3.5	71.8 ± 1.5	55.3 ± 2.7	69.9 ± 2.4	54.8 ± 4.2	83.5 ± 0.6	42.0 ± 7.2	5.8 ± 1.5	2.7 ± 0.7
Число проросших за сутки семян, шт. The number of seeds germinated per day, pcs.	min	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	max	34	48	40	34	38	17	32	10	8
	$M \pm m$	12 ± 2.3	7 ± 2.8	14 ± 2.3	11 ± 1.4	13 ± 2.4	3.5 ± 0.8	7 ± 2.8	3 ± 0.5	3 ± 0.7
T_{50} , сут T_{50} , days	min	6	6	7	6	7	5	6	—	—
	max	7	7	8	7	8	7	11	—	—
	$M \pm m$	7 ± 0.3	6 ± 0.3	7 ± 0.2	6 ± 0.2	7 ± 0.3	6 ± 10.3	8 ± 1.5	—	—
Период прорастания, сутки Germination period, days	min	7	7	7	8	7	9	7	3	3
	max	10	12	14	15	10	10	8	15	10
	$M \pm m$	8 ± 0.9	9 ± 0.8	10 ± 1.6	11 ± 0.7	9 ± 0.6	10 ± 0.3	8 ± 0.3	8 ± 1.5	6.3 ± 2.0
Жизнеспособность, % Viability, %	min	96	91	82	71	84	—	54	12	8
	max	100	100	99	98	97	100	80	20	12
	$M \pm m$	98.0 ± 1.2	94.5 ± 1.3	94.9 ± 3.3	89.4 ± 3.7	91.8 ± 2.2	100	70.0 ± 8.1	13.5 ± 1.8	9.3 ± 1.3

травяной бумаги, увлажненной дистиллированной водой. Свежесобранные семена ставили на прорастание в день сбора, хранившиеся — в феврале—марте. Опыт длился до полного прорастания всех семян, либо прекращался при отсутствии новых проростков в течение 2 нед. Проросшими считали семена, имеющие при проращивании нормально развитый корешок размером не менее длины семени. Начало прорастания — день появления первых проросших семян с начала постановки опыта, продолжительность прорастания подсчитывалась с момента прорастания до конца опыта. Подсчет проросших семян проводился ежедневно. Для характеристики скорости прорастания семян определяли долю проросших семян на 3, 5 и 7 сут с начала постановки опыта, определяли показатель T_{50} — время, за которое проросло 50% семян пробы. Всхожесть определяли по числу проросших семян, выраженному в процентах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Семена *E. monosperma*, как свежесобранные, так и после сухого хранения не имеют первичного покоя: начало прорастания отмечается на 2–5 сут (табл. 1). Ход прорастания устанавливали по количеству проросших за сутки семян. Отмечено быстрое нарастание числа проросших семян в начале опыта (рис. 1), пик наблюдается на 3–4 день с начала прорастания. Продолжительность прорастания составила 7–15 сут. Всхожесть свежесобранных семян *E. monosperma* Центральной Якутии высокая (96–100%) (табл. 1) и сохраняется при хранении в сухих условиях в течение 5 лет (рис. 2). Далее всхожесть семян начинает снижаться, семена полностью теряют способность прорасти после 12 лет хранения.

Виды рода *Ephedra* — пустынные и степные растения, выживание которых в экстремальных условиях связано во многом с особенностями их семенного размножения. Имеющиеся в литерату-

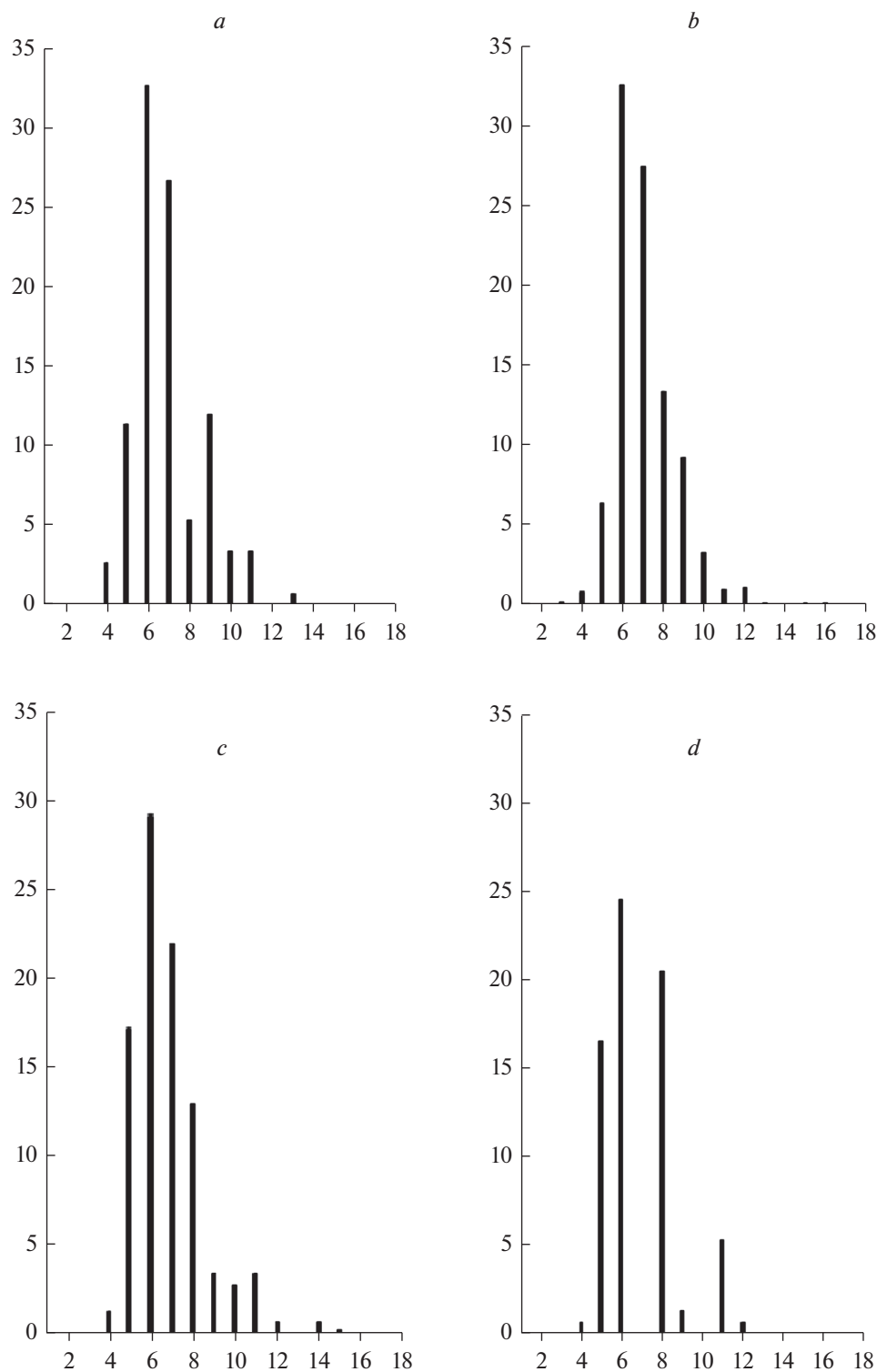


Рис. 1. Динамика прорастания семян *Ephedra monosperma* С.А. Мей.

a – свежесобранные семена; *b* – после 6 мес. хранения; *c* – после 2.5 лет хранения; *d* – после 5.5 лет хранения.

По горизонтали – день опыта; по вертикали – число проросших семян.

Fig. 1. Dynamics of *Ephedra monosperma* C.A. Mey. seed germination.

a – freshly harvested seeds; *b* – seeds after 6 months of storage; *c* – seeds after 2.5-years of storage; *d* – seeds after 5.5-years of storage.

X-axis – germination period (days); y-axis – number of germinated seeds.

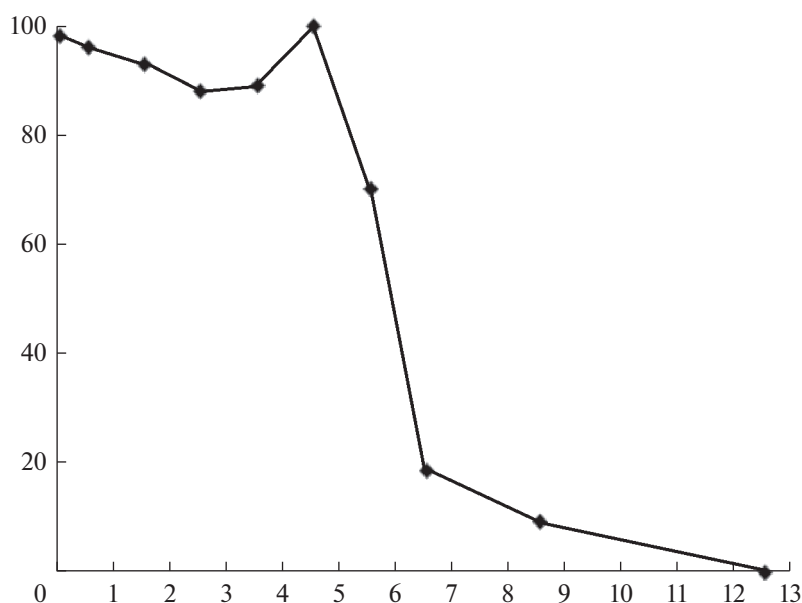


Рис. 2. Средняя всхожесть семян *Ephedra monosperma* С. А. Мей.

По горизонтали — срок хранения (лет); по вертикали — процент проросших семян.

Fig. 2. Germination percentage of *Ephedra monosperma* С.А. Мей. seeds.

X-axis — duration of storage (years); y-axis — final germination (%).

ре сведения указывают на видовые и популяционные особенности прорастания семян. Так, семена европейского вида *E. helvetica* С.А. Мей. прорастают только в темноте при температуре 20 °С [13, 14]. При проращивании семян сибирских видов *Ephedra* рекомендуется холодная стратификация при 2–5 °С в течение полумесяца [3]. Без предпосевной обработки прорастают свежие семена видов *E. przewalskii* Stapf, *E. distachya* L., *E. dahurica* Turcz., *E. monosperma*, обитающих в степях и пустынях Казахстана и Монголии [15]. Не имеют периода покоя и семена южноамериканского вида *E. ochreatea* Miers [16]. Семена североамериканских видов *Ephedra* обладают физиологическим покоем и прорастают после стратификации или сухого хранения при различных температурных режимах. Оптимальным для *E. nevadensis* S. Wats. является проращивание как при постоянных температурах в диапазоне от 5 до 20 °С, так и при переменных температурах [17, 18]. Для прорастания семян *E. viridis* Coville необходимо сочетание температур 2–5 и 15–25 °С. Более высокие температуры подавляют всхожесть, и, вероятно, предотвращают преждевременное прорастание семян североамериканских растений [19]. Высокие температуры — 20–30 °С требуются для прорастания семян пустынного вида Северной Африки *E. alata* ssp. *alenda* (Stapf) Trab. [20].

Имеются видовые и популяционные отличия в процессе прорастания. Семена *E. przewalskii*, *E. equisetina* Bunge, *E. intermedia* Schrenk et С.А. Мей., *E. distachya*, *E. dahurica* и *E. monosperma* начинают

прорастать на 1–4 сут [15, 21, 22], на 7–8 сут прорастают семена *E. ochreatea* [16]. Свежие семена монгольских популяций *E. monosperma* имеют замедленный тип прорастания с длительностью более 20 дней и 6–8% проросших за сутки семян [15]. Свежие семена *E. monosperma* Центральной Якутии прорастают в течение 7–10 дней и по характеру прорастания относятся к типу семян с быстрым прорастанием. Д.Н. Андросова и Н.С. Данилова [23] отмечают, что у *E. monosperma* после 6 мес. сухого хранения скорость прорастания увеличивается до взрывного. Вероятно, способность семян быстро прорастать связана с приспособлением растений к короткому вегетационному сезону в Центральной Якутии. Вегетационный период со среднесуточной температурой выше +5 °С наступает во второй декаде мая и длится 116–128 дней, а основной период вегетации теплолюбивых растений составляет 90–98 дней [24]. Высокие летние температуры воздуха и небольшое количество осадков приводят к выраженному засушливому периоду, неблагоприятному для прорастания семян. Условия для прорастания семян степных растений Центральной Якутии складываются в августе до наступления низких температур, в период созревания семян. В сентябре температура воздуха опускается ниже +10 °С, что также препятствует прорастанию семян. В таких природных условиях большое значение имеет способность семян быстро прорастать и сохранять жизнеспособность длительное время. Характер прорастания

семян у якутских популяций *E. monosperma* сохраняется до 6 лет (табл. 1).

Всхожесть семян также отличается у разных видов и популяций. Низкую всхожесть (17%) имеют семена пустынного вида Северной Африки *E. alata* subsp. *alenda*, что связано с присутствием микроорганизмов на покровах семян, воздействие фунгицидов повышает их всхожесть до 35–61% [19]. Невысокая всхожесть — до 40% у семян европейского вида *E. helvetica* [13, 14] и *E. monosperma*, произрастающего в Северо-Западном Китае [16]. Среднюю всхожесть (53–65%) имеют семена пустынных и степных видов *E. equisetina* и *E. intermedia* [21]. Высокую всхожесть до 100% сохраняют семена пустынного вида *E. przewalskii* [15, 21] и якутские популяции *E. monosperma*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов позволил выявить особенности прорастания семян степного

вида Центральной Якутии *Ephedra monosperma* С.А. Меу. Семена начинают прорастать на 2–5 сут со дня постановки опыта. На способность семян быстро прорастать сухое хранение не влияет. Продолжительность периода прорастания составляет от 7 до 15 дней. В среднем за сутки прорастает 5 семян, максимально — 48. Характер прорастания семян *E. monosperma* непрерывный, нарастание количества проросших семян идет стремительно, 50% семян (T_{50}) прорастает на 5–8 сут со дня постановки опыта. Свежесобранные семена *E. monosperma* имеют высокую всхожесть, которая при сухом хранении не снижается в течение 5 лет. По длительности сохранения всхожести семян в условиях сухого хранения *E. monosperma* относится к группе мезобиотиков. Высокая лабораторная всхожесть, ускоренные темпы прорастания, отсутствие покая, долговечность семян свидетельствуют о приспособленности якутской популяции вида к короткому периоду вегетации в суровых условиях региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Растительные ресурсы России: Компонентный состав и биологическая активность растений. 2016. Т. 7. Отделы Lycopodiophyta. — Gnetophyta. СПб.; М. 333 с.
2. Ibragic S., Sofic E. 2015. Chemical composition of various *Ephedra* species. — Bosn. J. Basic Med. Sci. 15(3): 21–27. <https://doi.org/10.17305/bjbms.2015.539>
3. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. 2002. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск. 707 с.
4. Пешкова Г.А. 2005. К происхождению рода *Ephedra* L. (Ephedraceae). — Turczaninowia. 8(2): 54–68. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11158208>
5. Иванова В.П. 1967. О степной растительности в долине Средней Лены. — Ученые записки Якутского гос. ун-та. Якутск. 7: 11–19.
6. Данилова Н.С., Борисова С.З. 2010. Популяции *Krascheninnikovia lenensis* (Kumin.) Tzvel. на территории Якутии. — Вестник ЯГУ. 7(2): 19–22. <https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/arkhiv/arkhiv-2010/2-2010.pdf>
7. Егорова А.А. 2013. Сосудистые растения Юго-Западной Якутии. Новосибирск. 203 с.
8. Николин Е.Г. 2013. Конспект флоры Верхоянского хребта. Новосибирск. 248 с.
9. Данилова Н.С., Семенова В.В. 2015. Фитоценоотическая приуроченность *Astragalus angarensis* (Fabaceae) в Центральной Якутии. — Научн. журн. КубГАУ. 113(09): 174–183. <http://sj.kubsau.ru/2015/09/14.pdf>
10. Борисова С.З., Данилова Н.С., Иванова Н.С. 2016. Характеристика ценопопуляции *Artemisia obtusiloba* subsp. *martjanovii* Krasch. ex Poljak. в Центральной Якутии. — Вестник СВФУ. 5(55): 5–17. [https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/arkhiv/arkhiv-2016/Вестник%205%20\(55\)%202016.pdf](https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/arkhiv/arkhiv-2016/Вестник%205%20(55)%202016.pdf)
11. Красная книга Республики Саха (Якутия). 2017. Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. М. 412 с. [https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2023/02/20/files/Красная%20книга%20растений%20Якутии%202017_compressed%20\(1\).pdf](https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2023/02/20/files/Красная%20книга%20растений%20Якутии%202017_compressed%20(1).pdf)
12. Николаева М.Г., Лянгузова И.В., Поздова Л.М. 1999. Биология семян. СПб. 232 с.
13. Kinzel W. 1915. Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Erläuterungen und Ergänzungen zum ersten Buche. Stuttgart. 187 p.
14. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.И. 1985. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л. 348 с.
15. Борисова И.В. 1996. Типы прорастания семян степных и пустынных растений. — Бот. журн. 81(12): 9–22. http://arch.botjournal.ru/?t=issues&id=19961212&rid=pdf_0005070
16. Rodríguez-Araujo M.E., Milano C., Pérez D.R. 2019. Germination of *Ephedra ochreate* Miers: Contribution for productive restoration of arid environments in Argentina. — Agrociencia. 53(4): 617–629. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1832>

17. Baskin C.C., Baskin J.M. 2014. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego. 586 p.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-080260-9.X5000-3>
18. Meyer S.E. 2008. *Ephedra* L. — In: The Woody Plants Seed Manual. Washington. P. 492–494.
https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_series/wo/wo_ah727.pdf
19. Young J.A., Evans R.A., Kay B.L. 1977. *Ephedra* seed germination. — Agron. J. 69(2): 209–211.
<https://doi.org/10.2134/agronj1977.00021962006900020004x>
20. Derbel S., Touzard B., Triki M.A., Chaieb M. 2010. Seed germination responses of the Saharan plant species *Ephedra alata* ssp. *alenda* to fungicide seed treatments in the laboratory and the field. — Flora. 205(7): 471–474.
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2009.12.025>
21. Wang J.-H., Cui X.-L., Chen X.-L., Du G.-Z. 2007. Comparative study of seed germination, seed size and their relationships in mesad and siccocolous. — Chin. J. Plant Ecol. 31(6): 1037–1045. (на китайском)
<https://doi.org/10.17521/cjpe.2007.0131>
22. Wang J.-H., Baskin C.C., Cui X.-L., Du G.-Z. 2009. Effect of phylogeny, life history and habitat correlates on seed germination of 69 arid and semi-arid zone species from northwest China. — Evol. Ecol. 23(6): 827–846.
<https://doi.org/10.1007/s10682-008-9273-1>
23. Андросова Д.Н., Данилова Н.С. 2018. Всхожесть и характер прорастания семян редких растений Якутии. — Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 26(4): 80–88.
<https://doi.org/10.31242/2618-9712-2018-26-4-80-88>
24. Гаврилова М.К. 1973. Климат Центральной Якутии. Якутск. 120 с.

Effect of Dry Storage on Seed Germination of *Ephedra monosperma* (Ephedraceae)

S. Z. Borisova*

Amnosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

*e-mail: borisova_sz@mail.ru

Abstract—Effects of dry storage under ambient laboratory conditions on germination and survival was tested for seeds of rare species *Ephedra monosperma*. The seeds without pregermination treatment were placed in Petri dishes with a moistened filter paper at room temperature 20 ± 3 °C. Seeds maintain high germination when dry stored for 5 years (mesobiotic), further storage leads to a sharp decrease in germination. At the same time, dry storage of seeds does not change the time of the beginning of germination, the duration of germination and the curve of seed germination. Freshly harvested seeds and seeds stored at room temperature germinate 2–4 days after seeding, 50% of seeds — in 7 days, and 98–100% — within 2 weeks. The seed germination curve has two peaks; the highest one is the first, which is observed on the 3rd day from the start of germination.

Keywords: *Ephedra monosperma*, seeds, storage time, laboratory germination, seed longevity, Central Yakutia

REFERENCES

1. [Plant Resources of Russia: The component composition and biological activity of plants. Divisions Lycopodiophyta — Gnephtophyta]. 2016. V. 7. St. Petersburg; Moscow. (In Russian)
2. Ibragic S., Sofic E. 2015. Chemical composition of various *Ephedra* species. — Bosn. J. Basic Med. Sci. 15(3): 21–27.
<https://doi.org/10.17305/bjbms.2015.539>
3. Koropachinsky I. Yu., Vstovskaija T.N. 2002. [Woody plants of the Asian part of Russia] Novosibirsk. 707 p. (In Russian)
4. Peshkova G. 2005. On the origin of the genus *Ephedra* L. (Ephedraceae). — Turczaninowia. 8(2): 54–68.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11158208> (In Russian)
5. Ivanova V.P. 1967. [On the steppe vegetation in the middle Lena river valley]. — Uchenye zapiski YaGU. 17: 11–19. (In Russian)
6. Danilova N.S., Borisova S.Z. 2010. Populations of *Krascheninnikovia lenensis* (Kumin.) Tzvel. in the territory of Yakutia. — Vestnik YaGU. 7(2): 19–22.
<https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svf/arkhiv/arkhiv-2010/2-2010.pdf> (In Russian)
7. Egorova A.A. 2013. [Vascular plants of the South-Western Yakutia]. Novosibirsk. 203 p. (In Russian)
8. Nikolin E.G. 2013. [The abstract of flora of the Verkhoyansk Ridge]. Novosibirsk. 248 p. (In Russian)
9. Danilova N.S., Semenova V.V. 2015. Phytocenotic characteristic of communities with participation of *Astragalus angarensis* (Fabaceae) in Central Yakutia. — Scientific J. KubSAU. 113(09): 174–183.
<http://sj.kubsau.ru/2015/09/14.pdf> (In Russian)

10. *Borisova S.Z., Danilova N.S., Ivanova N.S.* 2016. Characteristics of Population of *Artemisia obtusiloba* subsp. *martjanovii* Krasch. ex Poljak. in Central Yakutia. — Herald of the NEFU. 5(55): 5–17.
[https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/arkhiv/arkhiv-2016/Vestnik%205%20\(55\)%202016.pdf](https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/arkhiv/arkhiv-2016/Vestnik%205%20(55)%202016.pdf) (In Russian)
11. [The Red Book of the Republic of Sakha (Yakutia). V. 1: Rare and endangered species of plants and fungi]. 2017. Moscow. 412 p.
[https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2023/02/20/files/Красная%20книга%20растений%20Якутии%202017_compressed%20\(1\).pdf](https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2023/02/20/files/Красная%20книга%20растений%20Якутии%202017_compressed%20(1).pdf) (In Russian)
12. *Nikolaeva M.G., Lyanguzova I.V., Pozdova L.M.* [Seed Biology]. 1999. St. Petersburg. 232 p. (In Russian)
13. *Kinzel W.* 1915. Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Erläuterungen und Ergänzungen zum ersten Buche. Stuttgart. 187 p.
14. *Nikolaeva M.G., Razumova M.V., Gladkova V.N.* [Handbook of germinating dormant seeds]. 1985. Leningrad. 348 p. (In Russian)
15. *Borisova I.V.* 1996. Seed germination types in steppe and desert plants. — Bot. Zhurn. 81(12): 9–22.
http://arch.botjournal.ru/?t=issues&id=19961212&rid=pdf_0005070 (In Russian)
16. *Rodríguez-Araujo M.E., Milano C., Pérez D.R.* 2019. Germination of *Ephedra ochreate* Miers: Contribution for productive restoration of arid environments in Argentina. — Agrociencia. 53(4): 617–629.
<https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1832>
17. *Baskin C.C., Baskin J.M.* 2014. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego. 586 p.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-080260-9.X5000-3>
18. *Meyer S.E.* 2008. *Ephedra* L. — In: The Woody Plants Seed Manual. Washington. P. 492–494.
https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_series/wo/wo_ah727.pdf
19. *Young J.A., Evans R.A., Kay B.L.* 1977. *Ephedra* seed germination. — Agron. J. 69(2): 209–211.
<https://doi.org/10.2134/agronj1977.00021962006900020004x>
20. *Derbel S., Touzard B., Triki M.A., Chaieb M.* 2010. Seed germination responses of the Saharan plant species *Ephedra alata* ssp. *alenda* to fungicide seed treatments in the laboratory and the field. — Flora. 205(7): 471–474.
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2009.12.025>
21. *Wang J.-H., Cui X.-L., Chen X.-L., Du G.-Z.* 2007. Comparative study of seed germination, seed size and their relationships in mesad and siccocolous. — Chin. J. Plant Ecol. 31(6): 1037–1045.
<https://doi.org/10.17521/cjpe.2007.0131> (In Chinese)
22. *Wang J.-H., Baskin C.C., Cui X.-L., Du G.-Z.* 2009. Effect of phylogeny, life history and habitat correlates on seed germination of 69 arid and semi-arid zone species from northwest China. — Evol. Ecol. 23(6): 827–846.
<https://doi.org/10.1007/s10682-008-9273-1>
23. *Androsova D.N., Danilova N.S.* 2018. Germination and seed sprouting pattern of rare plants of Yakutia. — Arctic and Subarctic Natural Resources. 26(4): 80–88.
<https://doi.org/10.31242/2618-9712-2018-26-4-80-88> (In Russian)
24. *Gavrilova M.K.* 1973. [The Climate of Central Yakutia]. Yakutsk. 120 p. (In Russian)