

УДК 581.16:582.675(571.14)

СЕМЕННОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ *ANEMONOIDES ALTAICA* (RANUNCULACEAE) В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2025 г. А. С. Гусар

Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия

e-mail: gusara663@gmail.com

Поступила в редакцию 6.11.2024

После доработки 19.11.2024

Принята к публикации 20.11.2024

В статье представлены результаты многолетних исследований сезонного развития, семенной продуктивности и состояния зародышей в семенах *Anemoneoides altaica* (C. A. Mey.) Holub. В условиях лесостепи Западной Сибири растения *A. altaica* успешно проходят все фенофазы и образуют семена. Один генеративный побег образует 31–37 шт. семян. Процент семенификации очень высокий (80.9–89.8%), реализация потенциала семенной продуктивности близка к максимальной. Во время диссеминации зародыши не дифференцированы и находятся на начальных стадиях развития: глобулярной и треугольной. Семена выполненные, доля дефектных семян незначительная и составляет 3%. Представители *A. altaica* перспективны для выращивания на территории лесостепи Западной Сибири по следующим репродуктивным показателям: сезонному развитию, семенной продуктивности и развитию зародышей в семенах.

Ключевые слова: *Anemoneoides altaica*, сезонное развитие, репродуктивная биология, семенная продуктивность, зародыш, глобулярная стадия, Западная Сибирь

DOI: 10.31857/S0033994625010057, **EDN:** EGQTM

Ветреничка алтайская (*Anemoneoides altaica* (C. A. Mey.) Holub) – короткокорневищный поликарпический травянистый многолетник, эфемероид [1]. Произрастет в смешанных и темнохвойных лесах, на их опушках, луговинах, в лесотундрах, на субальпийских лугах на территории Сибири. Является третичным неморальным реликтом [2].

A. altaica содержит углеводы, сесквитерпеноиды, стероиды, γ -лактоны и органические кислоты [3]. Надземная часть обладает антибактериальной активностью, применяется при лечении лишая, ревматизма, мигрени. В форме настойки применяется наружно при язвах, внутренне при заболеваниях печени и пищеварительной системы, гриппе и туберкулезе легких. Отвар используется при эпилепсии. Также *A. altaica* применяется в ветеринарии для лечения сапа лошадей [4–5]. Вид занесен в Красную книгу Сибири, нуждается в местной охране [6]. Является медоносом. Может использоваться как декоративное раноцветущее растение [4].

Таким образом, *A. altaica* является ценным ресурсным растением, которое представляет интерес для выращивания *ex situ*. Работы по интродукции *A. altaica* были начаты в ЦСБС СО РАН в 80-х гг. XX века [7]. Поскольку с 80-х гг. до нынешнего времени на территории Западной Сибири отмечается тенденция к потеплению климата [8], которое могло повлиять на семенное размножение *A. altaica*, данные нуждаются в уточнении. Так как во многих природных популяциях доля семян без нарушений в развитии зародыша и эндосперма не превышает 53–60% [9], в условиях интродукции необходима оценка семян по наличию и степени развития зародышей и эндосперма.

Цель данной работы заключается в выявлении критериев успешности интродукции *A. altaica* по репродуктивным показателям в условиях Западной Сибири.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: определить особенности сезонного развития, оценить семенную

продуктивность и степень развития зародышей в зрелых семенах *A. altaica*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал был взят из биоресурсной научной коллекции Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС СО РАН). В коллекцию растения поступили из природных местообитаний Кемеровской области. Растения произрастают в условиях открытого грунта. Исследования проводили в течение 3 лет (2021–2023 гг.).

Для изучения отбирали зрелые генеративные особи (возрастное состояние g_2). Фенологические наблюдения выполнялись по методике И. Н. Байдеман [10]. Гидротермические показатели вегетационных периодов были получены от метеостанции «Огурцово», ближайшей к ЦСБС СО РАН.

Потенциальную (ПСП) и реальную (РСП) семенную продуктивность, а также процент семенификации (ПС) рассчитывали на один генеративный побег по стандартным методикам [11–12].

Оценку зародышей по стадиям развития проводили во время диссеминации по методике, представленной в обзоре И. И. Шамрова [13]. Для упрощения извлечения зародышей семена окрашивали 1%-ным водным раствором сафранина. Учитывался процент дефектных семян с нарушениями развития эндосперма и зародыша.

Данные обработаны с привлечением параметров описательной статистики. Определяли M – среднюю арифметическую, $\pm m$ – ее ошибку, минимальные (min) и максимальные (max) варианты в выборке. Объем выборок составлял не менее 30 шт. Достоверность различий показателей семенной продуктивности между вегетационными периодами 2021, 2022 и 2023 г. подтверждалась с помощью t-критерия Стьюдента. Нормальность распределений вариантов в сравниваемых выборках подтверждена критерием Колмогорова–Смирнова (0.43–1.30). Расчеты проводились в программе Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сезонное развитие

Anemoneoides altaica по феноритмотипу относятся к гемиэфемероидам: растения вегетируют с весны до начала лета.

Гидротермические условия периода вегетации *A. altaica* 2021–2023 гг. были различными (рис. 1). Весна 2022 года была самой теплой: среднемесячные температуры апреля и мая составляли 5.2 °C и 15.4 °C, весной 2021 года данные показатели были ниже и достигали 3.3 °C и 14.2 °C. Наиболее холодными были апрель и май 2023 года, их среднемесячные температуры были равны 1.1 °C и 11.7 °C. Май 2022 был очень засушливым, выпало всего 3 мм осадков, что составляет всего 8% от среднемноголетней нормы. В 2023 году в мае также наблюдался сильный дефицит осадков, всего за месяц выпало 6 мм, что составляет 16% от нормы. В июне 2023 года засуха продолжилась, за месяц выпало 25.4 мм осадков (46% от нормы), наиболее засушливым были первая и вторая декада месяца, в эти периоды выпало крайне мало осадков: 5 мм и 0.4 мм.

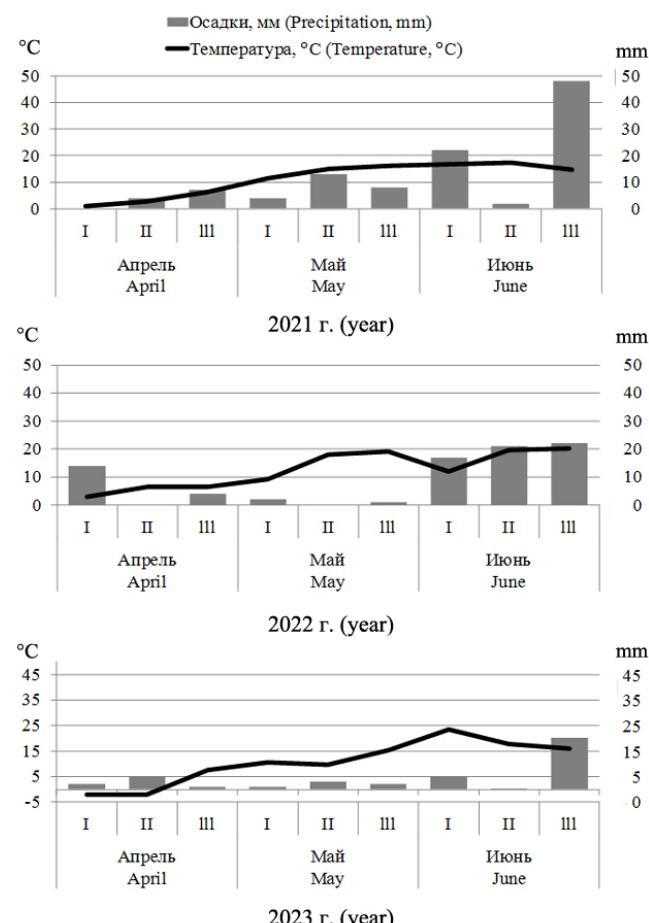


Рис. 1. Гидротермические условия 2021–2023 гг.
По горизонтали: год исследования; по вертикали: слева – температура, °C; справа – количество осадков, мм.
Fig. 1. Hydrothermal conditions in 2021–2023.
Horizontally: the year of research; y-axis: to the left – temperature, °C; to the right – precipitation, mm.

Начало вегетации *A. altaica* приходится на третью декаду апреля (рис. 2). После схода снежного покрова растения быстро переходят к бутонизации и цветению. Фаза бутонизации очень короткая и занимает у особи менее одного дня. Цветение длится около двух недель и заканчивается в конце первой – начале второй декады мая. Цветение одного цветка составляет 11 дней. Созревание плодов также продолжается в течение двух недель и заканчивается в третьей декаде мая. Фаза диссеминации проходит гораздо быстрее и занимает 5–10 дней, заканчивается в первой декаде июня. В 2021 и 2022 гг. вегетация *A. altaica* закончилась в конце июня, а в 2023 году – на 16 дней раньше, в начале второй декады июня. Вероятно, этому способствовали аномально засушливые условия на протяжении мая и июня 2023 года.

Семенная продуктивность

Генеративный побег *A. altaica* заканчивается цветком, из которого развивается многоорешек [14]. В единичных случаях встречаются генеративные побеги с двумя цветками.

Потенциальная семенная продуктивность генеративного побега *A. altaica* составляет 37.6–40.9 шт. семязачатков (табл. 1). Данный показатель довольно стабилен, достоверных различий в ПСП по годам не наблюдается (табл. 2).

Реальная семенная продуктивность варьирует в пределах 30.6–36.7 шт. семян. В 2022

и в 2023 гг. генеративные побеги *A. altaica* достоверно различались по РСП (табл. 2). Максимальная РСП была зарегистрирована в 2022 году (36.7 ± 1.7 шт. семян), а минимальная – в 2023 году (30.6 ± 1.6 шт. семян).

Процент семенификации имеет высокое значение – 80.9–89.8%. В 2022 и в 2023 гг. отмечались статистически значимые различия генеративных побегов по данному показателю (табл. 2). В 2022 году ПС принимал наиболее высокое значение (89.8%), а в 2023 – наименьшее (80.9%).

В целом, показатели семенной продуктивности *A. altaica* довольно стабильны, высокий процент семенификации (80.9–89.8%) свидетельствует о реализации потенциала, близкой к максимальной. Условия 2022 г. были наиболее благоприятными, реализация потенциала семенной продуктивности происходила более эффективно, поскольку такие показатели, как РСП и ПС в этот вегетационный период были наиболее высокими и достоверно отличались от показателей 2023 года.

Вероятно, на успешность развития семян из семязачатков *A. altaica* могут оказывать влияние температурные условия весенних месяцев (апрель–май), на протяжении которых растения проходят критические периоды развития и наиболее восприимчивы к воздействиям факторов окружающей среды. По литературным данным, для *A. altaica* характерно подснежное отрастание [18], которое происходит в апреле, когда завершается

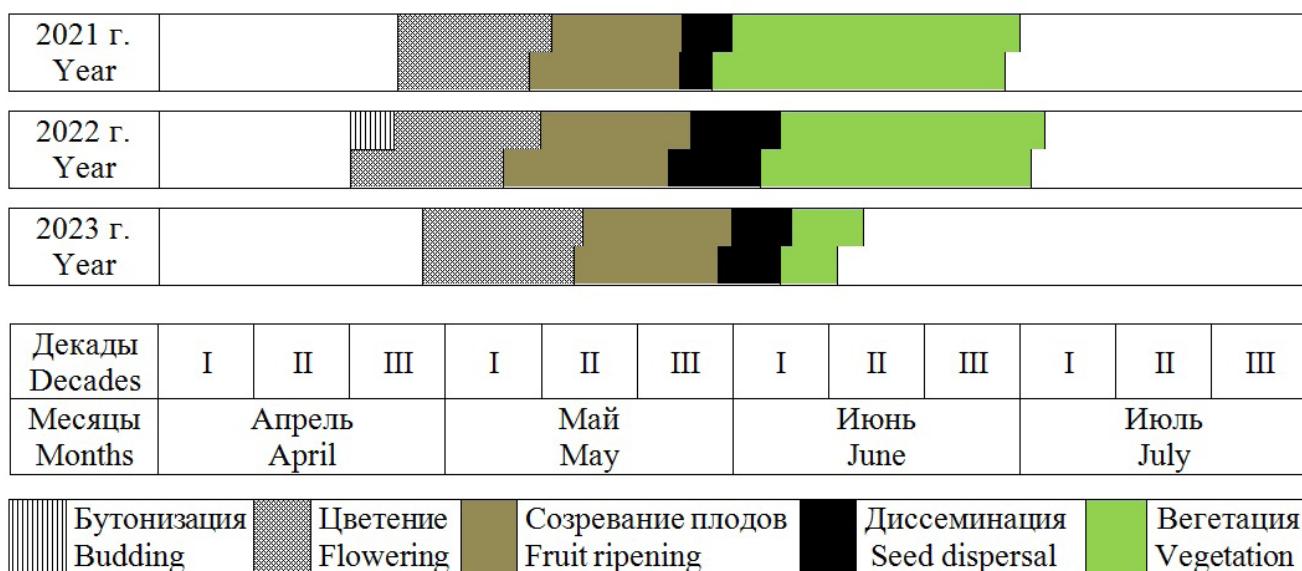


Рис. 2. Сезонное развитие *Anemoneoides altaica*.
Fig. 2. Seasonal development of *Anemoneoides altaica*.

Таблица 1. Семенная продуктивность *Anemoneoides altaica*
Table 1. Seed productivity of *Anemoneoides altaica*

Признак The trait	2021 г. 2021 year			2022 г. 2022 year			2023 г. 2023 year		
	M ± m	Min.	Max.	M ± m	Min.	Max.	M ± m	Min.	Max.
ПСП, шт. семязачатков Number of ovules, pcs.	40.0 ± 1.7	21	78	40.9 ± 1.8	20	61	37.6 ± 1.5	21	54
РСП, шт. семян Number of seeds, pcs.	34.5 ± 1.7	10	69	36.7 ± 1.7	16	59	30.6 ± 1.6	14	47
ПС, % Seed set coefficient, %	85.9 ± 1.6	42	100	89.8 ± 1.1	74	100	80.9 ± 2.1	50	97

Таблица 2. Сравнение показателей семенной продуктивности в период 2021–2023 гг. по t-критерию Стьюдента
Table 2. Comparison by Student's t-test of seed productivity in 2021–2023

Признак The trait	2021 г. 2021 year	2022 г. 2022 year	2023 г. 2023 year	t	t 0.05	df
ПСП, шт. семязачатков Nmber of ovules, pcs.	40.0	40.9	—	0.34	1.99	83
	40.0	—	37.6	0.99	1.99	82
	—	40.9	37.6	1.43	2.00	63
РСП, шт. семян Number of seeds, pcs.	34.5	36.7	—	0.90	1.99	83
	34.5	—	30.6	1.59	1.99	82
	—	36.7	30.6	2.69*	2.00	63
ПС, % Seed set coefficient, %	85.9	89.8	—	1.83	1.99	83
	85.9	—	80.9	1.91	1.99	82
	—	89.8	80.9	3.77*	2.00	63

Примечание. * **полужирным шрифтом** выделены значения t-критерия, которые превышают табличное значение на уровне значимости 0.05.

Note. * t-test values that exceed the reference values at the 0.05 significance level are highlighted in **bold**.

формирование бутонов. В мае протекают такие важные периоды, как цветение и созревание плодов. В 2022 году среднемесечные температуры апреля и мая были наиболее высокими (5.2 °C и 15.4 °C), а в 2023 году – наиболее низкими (1.1 °C и 11.7 °C), как и РСП и ПС *A. altaica*. А в 2021 году температура апреля и мая (3.3 °C и 14.2 °C.), а также РСП и ПС занимали промежуточное положение между показателями 2022 и 2023 гг.

Работа по изучению семенной продуктивности *A. altaica* в условиях ЦСБС СО РАН была начата Г. П. Семеновой [7] в 1980-х годах. Согласно ее данным, РСП на один генеративный побег *A. altaica* составляет 8 шт. семян, а коэффициент завязывания семян (аналог ПС) довольно низкий и достигает 20.8%. Наши исследования свидетельствуют о том, что РСП и ПС *A. altaica* превышают показатели, полученные Г. П. Семеновой, в 4 раза. Реализация потенциала семенной продуктивности у особей *A. altaica* проходит более эффективно. Одним из факторов, обусловливающих данное явление, может быть потепление климата в Западной Сибири [8]. Похожая

тенденция отмечается в условиях г. Перми, где процент семенификации *A. altaica* в 2020–2021 гг. принимает более высокие значения (90–94%), чем 20 лет назад, в 1997–1999 гг. (76–85%) [15].

Стадии развития зародышей во время диссеминации

Во время диссеминации в семенах *A. altaica* зародыши находились на начальных стадиях развития (рис. 3), что согласуется с литературными данными [16–17], их длина составляет всего 4% от длины эндосперма и находятся на двух стадиях развития (табл. 3):

1. Глобулярная. На этой стадии длина зародыша достигала 0.090 ± 0.004 мм, семядоли отсутствуют. Данная стадия является преобладающей и занимает 61% от всей выборки семян.

2. Треугольная. На этой стадии длина зародыша достигала 0.110 ± 0.002 мм, семядоли отсутствуют. Форма зародыша напоминает равносторонний треугольник с немного закругленными углами. Данная стадия занимает 36% от всей выборки семян.

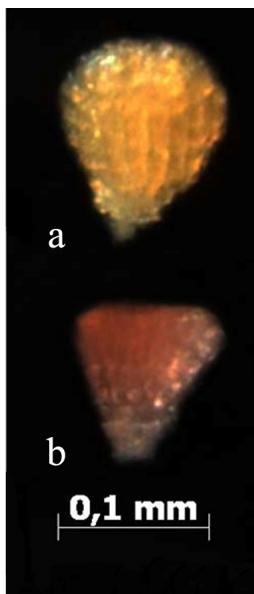
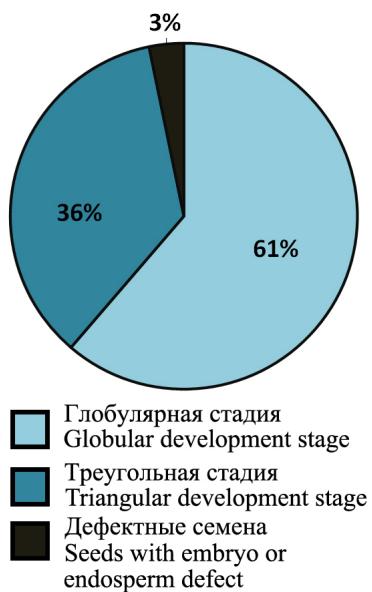


Рис. 3. Стадии развития зародышей *Anemoneoides altaica* и их процентное соотношение: а — глобулярная, б — треугольная.

Fig. 3. Development stages of *Anemoneoides altaica* embryos and their percentage proportion: a — globular, b — triangular.

Наличие в выборке двух стадий развития, вероятно, может являться одной из причин неравномерного прорастания семян, описанного С. И. Юдиным [18].

В условиях интродукции доля семян с нормально развитым эндоспермом и зародышем очень высокая и составляет 97% от выборки, в отличие от природных популяций *A. altaica*, в которых она не превышает 53–60% от выборки, а в некоторых популяциях равна нулю [9]. Было обнаружено всего одно дефектное семя с рыхлым эндоспермом, без зародыша.

A. altaica относится к семейству Ranunculaceae, для представителей которого характерны семена с мощным эндоспермом и недоразвитым зародышем [19–20], доразвитие которого происходит после диссеминации. Семена *A. altaica*

после того, как опадают с материнского растения, входят в состояние морфофизиологического глубокого эпикотильного покоя (Б–В₃) [21] и образуют почвенный банк семян. Семена прорастают после трехмесячной теплой стратификации, во время которой происходит доразвитие зародыша. Для развития эпикотиля необходимо действие низких положительных температур. В условиях интродукции семена начинают прорастать осенью: набухают, появляется зародышевый корешок; в таком состоянии проростки зимуют [18]. Отличительной особенностью семян *A. altaica* является то, что при высыхании они теряют жизнеспособность и не прорастают. Поэтому в отдельные годы засушливые гидротермические условия, наступившие после диссеминации, могут ограничивать семенное размножение данного вида и снижать запас в почвенном банке семян.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования сезонного развития, семенной продуктивности и состояния зародышей в семенах ветренички алтайской (*Anemoneoides altaica* (Fisch. ex C. A. Mey.) Holub.) установлено, что растения в условиях лесостепи Западной Сибири ежегодно проходят все фенологические фазы и образуют семена в числе 30.6–36.7 шт. на генеративный побег. Процент семенификации имеет высокое значение (80.9–89.8%), при этом реализация потенциала семенной продуктивности близка к максимальной. Подавляющее большинство семян (97%) выполненные, содержат эндосперм и зародыш, а процент дефектных семян минимален (3%). Таким образом, растения *A. altaica* перспективны для выращивания на территории Западной Сибири по критериям сезонного развития, семенной продуктивности и развитию зародышей в семенах.

Таблица 3. Размеры эндосперма и зародыша *Anemoneoides altaica* во время диссеминации
Table 3. Endosperm and embryo size in *Anemoneoides altaica* at the seed dispersal time

Стадии развития зародышей Stages of embryo development	Эндосперм Endosperm		Зародыш Embryo		Отношение длины зародыша к длине эндосперма Ratio of embryo to endosperm length
	Длина, мм Length, mm	Ширина, мм Width, mm	Длина, мм Length, mm	Ширина, мм Width, mm	
Глобулярная Globular	2.39 ± 0.04	1.36 ± 0.02	0.09 ± 0.004	0.10 ± 0.003	0.04 ± 0.001
Треугольная Triangular	2.57 ± 0.05	1.40 ± 0.04	0.11 ± 0.002	0.11 ± 0.003	0.04 ± 0.001

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках проекта государственного задания Центрально-го Сибирского ботанического сада СО РАН

№ АААА-А21-121011290025-2. Материал для исследований был привлечен из биоресурсной научной коллекции Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН USU № 440534.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимохина С. А. 1993. *Anemoneoides* Miller. — В кн.: Флора Сибири. Новосибирск. Т. 6. С. 145–149.
2. Краснопевцева В. М. 2007. Эколо-биологические особенности весенних эфемероидов – реликтовых видов растений хребта Хамар-Дабан (южное Прибайкалье): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ. 24 с.
3. *Anemoneoides* Mill. — Анемонида. — В кн.: Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. 2008. Т. 1. Семейства Magnoliaceae–Juglandaceae, Ulmaceae, Moraceae, Cannabaceae, Urticaceae. СПб.; М. С. 33–34.
4. Верещагин В. И., Соболевская К. А., Якубова А. И. 1959. Полезные растения Западной Сибири. М.; Л. 347 с.
5. Минаева В. Г. 1991. Лекарственные растения Сибири. Новосибирск. 428 с.
6. Редкие и исчезающие растения Сибири. 1980. Новосибирск. 224 с.
7. Семенова Г. П. 2007. Редкие и исчезающие виды флоры Сибири: биология, охрана. Новосибирск. 408 с.
8. Паромов В. В., Земцов В. А., Копысов С. Г. 2017. Климат Западной Сибири в фазу замедления потепления (1986–2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021–2030 гг. — Известия Томского политехнического университета. Инженеринг георесурсов. 328(1): 62–74.
<https://elibrary.ru/ygsrwh>
9. Ямских И. Е., Чижикова М. И. 2011. Состояние ценопопуляций *Anemoneoides altaica* C. A. Mey. в южной части Красноярского края. — Экология. 4: 303–308. <https://elibrary.ru/nxqndl>
10. Бейдеман И. Н. 1974. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск. 156 с.
11. Вайнагий И. В. 1974. О методике изучения семенной продуктивности растений. — Бот. журн. 59(6): 826–831.
12. Методические указания по семеноведению интродукцентов. 1980. М. 63 с.
13. Шамров И. И. 1997. Эмбриогенез. — В кн.: Эмбриология цветковых растений. СПб. Т. 2. С. 297–307.
14. Масленников А. В., Масленникова Л. А., Фасхутдинова Л. Ф. 2012. Ценопопуляционные исследования ветренички алтайской (*Anemoneoides altaica* (Fisch. ex C. A. Mey.) Holub.) в окрестностях села Ундоры. — В сб.: Природа Симбирского Поволжья: научн. труды XIV межрегион. научн.-практич. конф. Ульяновск. 13: С. 83–88. <https://elibrary.ru/pdgjyh>
15. Кузьменко И. Н. 2022. Особенности цветения, опыления и семенной продуктивности *Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey. (сем. Ranunculaceae) в условиях города Перми. — Естественные и технические науки. 1(164): 41–45. <https://doi.org/10.25633/ETN.2022.01.03>
16. Иванова И. А. 1978. Особенности прорастания и сравнительно-гистохимическое изучение семян некоторых цветочно-декоративных растений. — В кн.: Интродукция и селекция цветочно-декоративных растений. М. С. 131–153.
17. Камелина О. П. 2009. Систематическая эмбриология цветковых растений. Двудольные. Барнаул. 501 с.
18. Юдин С. И. 2020. Ветреница алтайская (*Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey.) в условиях Киева и Кировска (Мурманская обл.). — Субтропическое и декоративное садоводство. 72: 58–68.
<https://elibrary.ru/mvgjwr>
19. Терехин Э. С. 1996. Семя и семенное размножение. СПб. 376 с.
20. Бутузова О. Г. 2014. Проблема покоя семян с недоразвитым зародышем. — В сб.: Ботаника: история, теория, практика: труды междунар. науч. конф. СПб. С. 24–25.
https://www.binran.ru/files/publications/Proceedings_Proceedings_300-years_Proceedings_300-years_Butuzova.pdf
21. Николаева М. Г., Разумова М. В., Гладкова В. Н. 1985. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л. 348 с.

Seed Reproduction of *Anemonoides altaica* (Ranunculaceae) in the Forest-steppe of West Siberia

© 2025. A. S. Gusar

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

e-mail: gusara663@gmail.com

Abstract. The article reports the seasonal development, seed productivity and the state of embryos in the seeds of *Anemonoides altaica* (C. A. Mey.) Holub. The studies were conducted for three years (2021–2023). In forest-steppe of West Siberia *A. altaica* successfully goes through all phenological phases. One generative shoot forms 31–37 seeds. The seed set coefficient (ratio of the number of seeds to the number of ovules) is very high (80.9–89.8%), realization of the seed yield potential is close to the maximum value. During seed dispersal, the embryos in the seeds are not differentiated and go through the initial stages of development: globular and triangular. The majority of seeds are well filled and contain embryos and endosperms. The proportion of defective seeds (with disturbance in embryo or endosperm development) is insignificant (reaching 3%). Based on the following reproductive indicators: seasonal development, seed productivity and development of embryos in seeds, *A. altaica* is considered as a promising species for cultivation in the forest-steppes of Western Siberia.

Keywords: *Anemonoides altaica*, seasonal development, reproductive biology, seed yield, embryos, Western Siberia

ACKNOWLEDGEMENTS

The work was carried out within the framework of the state assignment project of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences No. AAAA-A21-121011290025-2. The material for the research was obtained from the bioresource scientific collection of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences USU No. 440534.

REFERENCES

1. Timokhina S. A. 1993. *Anemonoides* Miller. — In: [Flora of Siberia]. Novosibirsk. Vol. 6. P. 145–149. (In Russian)
2. Krasnopevtseva V. M. 2007. [Ecological and biological features of spring ephemerooids – relict plant species of the Khamar-Daban Range (southern Baikal region): Abstr. ... Dis. Cand. (Biology) Sci.]. Ulan-Ude. 24 p. (In Russian)
3. *Anemonoides* Mill. — In: [Plant Resources of Russia: Wild flowering plants and their component composition and biological activity. Family Magnoliaceae–Juglandaceae, Ulmaceae, Moraceae, Cannabaceae, Urticaceae]. 2008. Vol. 1. St. Petersburg; Moscow. P. 33–34. (In Russian)
4. Vereshchagin V. I., Sobolevskaya K. A., Yakubova A. I. 1959. [Useful plants of Western Siberia]. Leningrad; Moscow. 347 p. (In Russian)
5. Minaeva V. G. 1991. [Medicinal plants of Siberia]. Novosibirsk. 428 p. (In Russian)
6. [Rare and endangered plants of Siberia]. 1980. Novosibirsk. 224 p. (In Russian)
7. Semenova G. P. 2007. [Rare and endangered species of Siberian flora: biology and protection]. Novosibirsk. 408 p. (In Russian)
8. Paromov V. V., Zemtsov V. A., Kopysov S. G. 2017. Climate of West Siberia during the slowing phase of warming (1986–2015) and prediction of hydro-climatic resources for 2021–2030. — Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 328(1): 62–74.
<https://elibrary.ru/ygsrwh> (In Russian)
9. Yamskikh I. E., Chizhikova M. I. 2011. The state of *Anemonoides altaica* C. A. Mey. coenopopulations in the southern Krasnoyarsk region. — Russ. J. Ecol. 42(4): 333–338.
<https://doi.org/10.1134/S1067413611040205>
10. Beydeman I. N. 1974. [Methods for studying plant phenology and plant communities]. Novosibirsk. 156 p. (In Russian)
11. Vaynagy I. V. 1974. On the method of studying the seed productivity of plants. — Botanicheskii Zhurnal. 59(6): 826–831. (In Russian)

12. [Guidelines for seed studies of introduced species]. 1980. Moscow. 63 p. (In Russian)
13. Shamrov I. I. 2006. Embryogeny. — In: Embryology of flowering plants. Terminology and concepts. Vol. 2: Seed. Enfield; Plymouth. P. 175–186.
14. Maslennikov A. V., Maslennikova L. A., Faskhutdinova L. F. 2012. [Cenopopulation studies of *Anemone altaica* (Fisch. ex C. A. Mey.) Holub. near the Undory village]. — In: [Nature of the Simbirsk Volga region: scientific works of the XIV interregional scientific and practical conference]. Ulyanovsk. Vol. 13. P. 83–88.
<https://elibrary.ru/pdgjyh> (In Russian)
15. Kuzmenko I. N. 2022. Features of flowering, pollination and seed productivity of *Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey. (Ranunculaceae) in the conditions of the city of Perm]. — Estestvennye i Tekhnicheskie Nauki. 1(164): 41–45.
<https://doi.org/10.25633/ETN.2022.01.03> (In Russian)
16. Ivanova I. A. 1978. [Germination peculiarities and comparative histochemical study of seeds of some flower-ornamental plants]. — In: [Introduction and selection of ornamental plants]. Moscow. P. 131–153. (In Russian)
17. Kamelina O. P. 2009. [Systematic embryology of flowering plants. Dicotyledons]. Barnaul. 501 p. (In Russian)
18. Yudin S. I. 2020. Altai anemone (*Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey.) in Kiev and Kirovsk (Murmansk region). — Subtropical and Ornamental Horticulture. 72: 58–68.
<https://elibrary.ru/mvgjwr> (In Russian)
19. Terekhin E. S. 1996. [Seed and seed reproduction]. St. Petersburg. 376 p. (In Russian)
20. Butuzova O. G. 2014. Problem of dormancy in seeds with underdeveloped embryo. — In: [Botany: history, theory, practice: Proceedings of the international scientific conference]. St. Petersburg. P. 24–25.
https://www.binran.ru/files/publications/Proceedings/Proceedings_300-years/Proceedings_300-years_Butuzova.pdf (In Russian)
21. Nikolaeva M. G., Razumova M. V., Gladkova V. N. 1985. [Dormant seed germination guide]. Leningrad. 348 p. (In Russian)