

БИОЛОГИЯ
РЕСУРСНЫХ ВИДОВ

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ *CALTHA PALUSTRIS*
(RANUNCULACEAE) *IN SITU* И *EX SITU* НА УЧАСТКАХ
ЦЕНТРАЛЬНОГО СИБИРСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

© 2022 г. Т. И. Фомина*

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

*e-mail: fomina-ti@yandex.ru

Поступила в редакцию 21.01.2022 г.

После доработки 25.02.2022 г.

Принята к публикации 03.03.2022 г.

В Центральном сибирском ботаническом саду (Новосибирск) изучена семенная продуктивность алтайского, горно-алтайского, кемеровского и петербургского образцов гигрогелофита *Caltha palustris* L. в сравнении с растениями из природных популяций – горно-алтайской и местной. Установлено, что на побеге калужницы формируется в среднем 3–6 плодов, каждый из которых состоит в среднем из 8–12 листовок. Потенциальная семенная продуктивность *C. palustris* высокая – от 52 до 260 семян на многолисточку. Реальная семенная продуктивность варьирует от нескольких до 132 семян на плод, тогда как их число на листовку составляет в среднем 2–10 шт. Условно-реальная семенная продуктивность, как в естественных местообитаниях, так и при интродукции, близка к реальной, что свидетельствует о деградации семязачатков у вида на ранних этапах формирования семян. Масса семян с 1 плода наибольшая у растений местной популяции и достигает в среднем 37 мг. Все показатели семенной продуктивности существенно выше у особей *in situ*, за исключением алтайского образца. Вариабельность показателей, как правило, очень высокая и в культуре обусловлена, прежде всего, происхождением образца. Полученные данные показывают возможность семенного размножения *C. palustris* в неоптимальных для этого вида условиях лесостепи, на фоне тенденции изменения климатических условий вегетационного периода в Новосибирске в сторону повышения температур и усиления сухости.

Ключевые слова: *Caltha palustris*, семенная продуктивность, природные популяции, интродукционные образцы, лесостепь, Западная Сибирь

DOI: 10.31857/S0033994622020066

Изменения гидрологического режима в условиях потепления климата влияют на распространение и жизненное состояние водно-болотных растений. Одним из исследуемых объектов является калужница болотная – *Caltha palustris* L. Это циркумбореальный вид, гигрогелофит, произрастающий в холодных и умеренно-теплых районах по берегам водоемов, болотам, заболоченным лугам и лесам. Ареал включает Европу, Казахстан, Монголию, Китай, Корею, Японию, Северную Америку, в пределах России – Европейскую часть, Сибирь, Дальний Восток [1]. Вид редкий в Восточной Европе [2], Украине, Молдове, Крыму, Ростовской области и Москве [3]. Известен как лекарственное, пищевое, декоративное растение.

Различные части калужницы издавна используются в этномедицине при кожных и нервных заболеваниях, ревматизме, бронхите, в качестве спазмолитического и ранозаживляющего сред-

ства. Лечебные свойства растения обусловлены содержанием алкалоидов, тритерпеновых сапонинов, дубильных веществ, каротиноидов [4]. Трава богата фенольными соединениями, при этом из флавоноидов доминирует апигенин, оказывающий седативное и мощное антиканцерогенное действие [5]. Из-за присутствия протоканцерогена, растение в свежем виде слабо ядовито и имеет горький вкус, исчезающий при варке. Листья калужницы употребляются в пищу в Тибетском Китае и Турции [6, 7]. Культивируется как раноцветущий декоративный многолетник, в основном для озеленения прибрежной зоны водоемов [8, 9]. Показано, что в составе водно-болотных ценозов вид играет важную роль в аккумуляции макро- и микроэлементов, особенно Mg, Ca, Sr, Fe, поэтому может применяться в мероприятиях по фиторемедиации [10, 11].

C. palustris L. отличается высоким полиморфизмом, включая форму и размер розеточных ли-

ствьев, цветков, зрелых листовок, структуру побега. В пределах популяции модификации вегетативных и флоральных признаков имеют характер непрерывной изменчивости, обусловленной различиями в условиях произрастания [12]. При этом вид весьма пластичен, способен адаптироваться к широкому диапазону местообитаний. Имеются сведения, что в культуре наибольшие различия по морфологическим признакам и семенной продуктивности у калужницы болотной связаны с происхождением популяций [13].

Для прогнозирования поведения гигрофильного вида при изменении климата представляет интерес его интродукция в неоптимальные условия культуры и сравнение показателей семенного размножения *in situ* и *ex situ*. Имеются сведения, что при переносе в более сухие условия, например, с пойменного луга на пастбище растения калужницы выживали, однако отмечалось неуклонное снижение их численности и уровня жизнеспособности (уменьшились размеры и количество листьев, цветков, а также частота цветения) [14]. При этом наблюдался эффект запаздывания реакции на неблагоприятные условия в течение трех лет, что свидетельствует о высоком адаптационном потенциале вида. Ранее [15] показано, что растения калужницы на дренированных участках способны существовать длительно (не менее 14 лет), но численность популяции не увеличивается.

Известно, что потенциальная продуктивность особи *C. palustris* в естественных ценозах достигает 1560 семязачатков, а реальная – 1300 семян [16]. Плод – сухая спиральная многолистовка. Число листовок на плод варьирует в зависимости от эколого-фитоценологических условий, тогда как число семян на листовку достаточно стабильно [13].

Цель исследования состояла в оценке показателей семенного размножения *C. palustris* в связи с перспективами культивирования в условиях лесостепи Западной Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено в Центральном сибирском ботаническом саду (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск), в коллекции декоративных растений природной флоры. Интродукционные образцы *C. palustris* в числе нескольких особей получены из природных популяций, находящихся в следующих пунктах: Кемеровская область, Таштагольский район, пихтово-березовый лес (2010); Алтайский край, Целинный район, русло ручья на дне балки (2017); Горно-алтайский ботанический сад, берег р. Семы (2017) и окрестности г. Санкт-Петербурга, смешанный лес (2018). В коллекции калужница выращивалась на участках

с естественным увлажнением, притененных высокорослыми многолетниками.

Природными популяциями, в которых исследована семенная продуктивность, являлись: горно-алтайская в окрестностях с. Камлак и местная, произрастающая на территории Центрального сибирского ботанического сада по берегам озера и в пойме р. Зырянка.

Сбор данных проводили в период 2016–2021 гг. Используя общепринятые методики [17], изучали следующие показатели семенной продуктивности: число листовок на плод; число семязачатков на листовку и плод (ПСП); число завязавшихся семян на листовку и плод, включая полноценные и щуплые (УРСП); число зрелых выполненных семян на листовку и плод (РСП); массу семян с 1 плода. Завязываемость оценивали в процентах листовок, содержащих семена (выполненные и щуплые), от общего числа исследованных листовок. Объемы выборок включали 10–70 определений для одной репродукции в зависимости от признака. Данные обработаны с использованием параметров описательной статистики. Вариативность признаков рассматривали как низкую (при $C_v = 0–10\%$), среднюю (при $C_v = 11–20\%$) или высокую (при $C_v > 20\%$) [18].

В табл. 1 приведены показатели температуры воздуха и осадков в Новосибирске в период цветения и плодоношения калужницы¹. Среднемесячная температура апреля в годы исследования значительно превышала климатическую норму, а количество осадков за месяц уменьшилось (за исключением 2016 г.), последние три года – в 2–3 раза. Май в 2018 г. выдался холодным, в остальные годы был теплее нормы, особенно в 2020 и 2021 гг. Условия увлажнения сильно варьировали, от избыточно влажных в 2018 г. до засушливых в 2021 г. Июнь по температурным показателям в 2016–2018 гг. характеризовался как теплый, в 2019–2021 гг. приближался к норме. По количеству осадков в этом месяце сезоны разделились на влажные (2017, 2018, 2021 гг.) и сухие. В целом период исследования отличался значительным колебанием климатических показателей, отражая общую тенденцию изменения условий вегетационного периода в Новосибирске – повышения теплообеспеченности и усиления сухости [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

C. palustris – травянистый поликарпик с ранне-весенне-цветущим летне-зеленым феноритмотипом. В условиях Новосибирска растения отрастают в третьей декаде апреля, за исключением алтай-

¹ https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Огурцово

Таблица 1. Характеристика погодных условий в Новосибирске в период цветения и плодоношения *Caltha palustris*
Table 1. Weather conditions in Novosibirsk during *Caltha palustris* flowering and fruiting periods

Месяц/Год Month/Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Климатическая норма Climate normal
Апрель April	$\frac{7.2}{35}$	$\frac{4.7}{22}$	$\frac{3.4}{22}$	$\frac{3.8}{12}$	$\frac{8.2}{8}$	$\frac{3.3}{11}$	$\frac{1.5}{24}$
Май May	$\frac{10.4}{31}$	$\frac{12.6}{33}$	$\frac{7.0}{82}$	$\frac{10.9}{43}$	$\frac{15.5}{54}$	$\frac{14.3}{25}$	$\frac{10.3}{36}$
Июнь June	$\frac{19.7}{37}$	$\frac{19.4}{71}$	$\frac{19.1}{71}$	$\frac{16.4}{26}$	$\frac{16.6}{24}$	$\frac{16.2}{73}$	$\frac{16.7}{58}$

Примечание. Над чертой – среднесуточная температура воздуха, °С; под чертой – осадки, мм.
 Note. The numerator is the average daily air temperature, °C; and the denominator is precipitation, mm.

Таблица 2. Семенная продуктивность *Caltha palustris in situ* и *ex situ*
Table 2. *In situ* and *ex situ* seed productivity of *Caltha palustris*

Образец Accession	Число листовок на плод Number of follicles per fruit	Число семян Number of seeds		Масса семян с 1 плода, мг Seed weight per fruit, mg
		на плод per fruit	на листовку per follicle	
Алтайский Altai	$\frac{9.1 \pm 0.3^1}{11.9}$	$\frac{60.2 \pm 10.8}{61.9}$	$\frac{7.1 \pm 0.4}{52.6}$	$\frac{15.5 \pm 3.1}{69.6}$
Кемеровский Kemerovo	$\frac{7.6 \pm 0.3}{31.2}$	$\frac{12.8 \pm 1.4}{67.8}$	$\frac{2.4 \pm 0.2}{53.2}$	$\frac{8.9 \pm 1.6}{87.8}$
Горно-алтайский Mountainous Altai	$\frac{9.9 \pm 0.4}{18.5}$	$\frac{5.8 \pm 1.4}{106.5}$	$\frac{1.6 \pm 0.15}{2.9}$	–
Горно-алтайский* Mountainous Altai*	$\frac{12.1 \pm 0.6}{26.9}$	$\frac{122.1 \pm 12.3}{52.4}$	$\frac{10.1 \pm 0.34}{0.1}$	–
Местный* Novosibirsk*	$\frac{9.9 \pm 0.4}{32.2}$	$\frac{58.4 \pm 5.3}{54.3}$	$\frac{5.3 \pm 0.2}{62.5}$	$\frac{36.9 \pm 3.7}{44.4}$
Петербургский Saint Peterburg	$\frac{9.8 \pm 0.5}{20.6}$	$\frac{36.8 \pm 3.4}{41.1}$	$\frac{4.1 \pm 0.2}{53.6}$	$\frac{18.9 \pm 1.9}{42.8}$

Примечание: * Образец *in situ*; ¹ над чертой – средняя арифметическая и ошибка, под чертой – коэффициент вариации, %.
 Note. * Accession *in situ*; ¹ the numerator is the arithmetic mean and error, the denominator is the coefficient of variation, %.

ского образца (в среднем 6 мая). Фаза цветения у образцов различного происхождения наступает в разные сроки, в период с конца апреля (кемеровский) до третьей декады мая (горно-алтайский). Длительность цветения значительно варьирует, составляя 12 ± 1 дней для алтайских особей и 31 ± 8 дней для местной популяции. В естественных ценозах из-за варьирования микроусловий наблюдается разновременность фенодат отращения и бутонизации, поэтому цветение популя-

ции гораздо продолжительнее, чем на выравненном агрофоне в коллекции. Период от начала цветения до растрескивания листовок длится 35–47 дней.

Показатели семенной продуктивности при смене условий местообитания растений наряду с фенологическими явлениями отражают специфику адаптации к новой среде [20]. Для видов, способных к семенному размножению, важным маркером служит количество и качество проду-

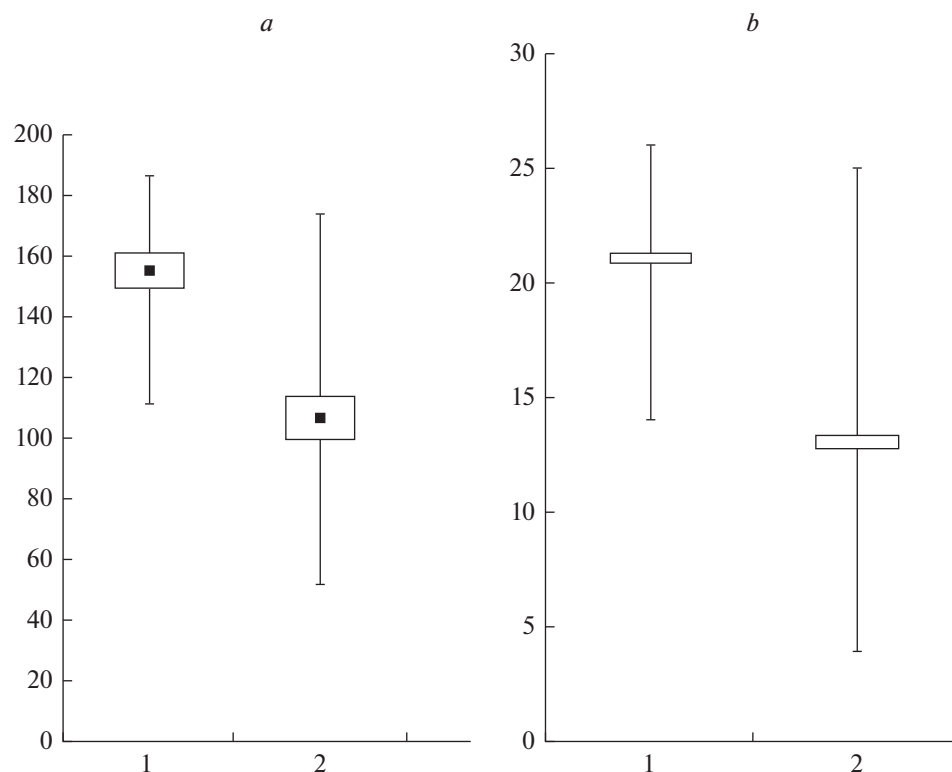


Рис. 1. Потенциальная семенная продуктивность *Caltha palustris* (2017 г.).

По горизонтали: 1 – кемеровский образец; 2 – местная популяция; по вертикали: *a* – число семязачатков на плод, *b* – число семязачатков на листовку.

Fig. 1. Potential seed productivity of *Caltha palustris* (2017).

X-axis: 1 – Kemerovo accession; 2 – Novosibirsk population; y-axis: *a* – a number of ovules per fruit, *b* – a number of ovules per follicle.

цируемых семян, а также сравнение уровня продуктивности растений в природных популяциях и в культуре. По данным К. Falińska [13], число семян у *C. palustris* варьирует в пределах 40–100 шт. на плод в зависимости от числа листовок в нем (от 2 до 10), тогда как число семян на листовку относительно стабильно и составляет 10–15 шт. Различия образцов по семенной продуктивности обусловлены различиями экотопов, в которых они произрастали. В сообществах пойменных лугов плод калужницы включает 12–13 листовок, в каждой из которых созревает 9–18 семян (в среднем 12) [16].

По нашим наблюдениям, на побеге калужницы формируется в среднем 3–6 плодов. Число листовок в плоде варьирует в диапазоне 4–20 с наибольшими значениями в природных популяциях, а в среднем составляет от 7 до 12 шт. (табл. 2). Число семязачатков на листовку и плод (ПСП) *in situ* и *ex situ* существенно различаются. Для кемеровского образца средние значения этих показателей в полтора раза выше, чем для растений местной популяции (рис. 1*a*, 1*b*). У последних об-

разуется до 18 плодов на побеге (у кемеровских максимум 8), многолисточки состоят из большего числа плодиков, поэтому реализация на единицу продуктивности гораздо ниже. При этом вариабельность числа семязачатков на плод и листовку у местных растений высокая (31.8 и 28.9% соответственно), вдвое превышает среднюю величину изменчивости для кемеровского образца. По максимальным значениям ПСП на плод и листовку у особей в природной среде и в культуре различия не столь значительные. В целом потенциальная плодовитость *C. palustris* высокая – от 52 до 260 семязачатков на многолисточку.

Число зрелых выполненных семян на листовку и плод (РСП) в естественных местообитаниях выше, чем у интродукционных образцов (рис. 2). Показатели сильно варьируют в зависимости от происхождения растений и условий вегетационного периода, причем реакция различных образцов неодинакова. В культуре лишь алтайские растения сопоставимы по уровню семенной продуктивности с местной популяцией. Петербургский образец продуцирует заметно меньше семян, наи-

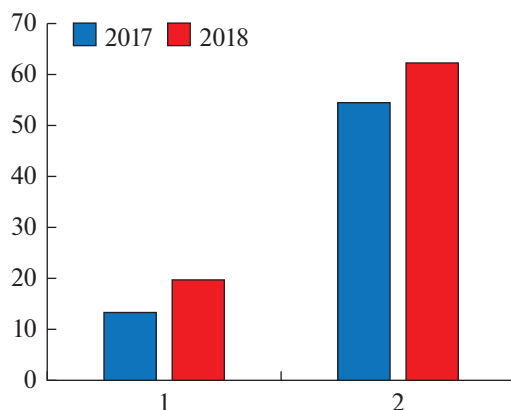


Рис. 2. Реальная семенная продуктивность *Caltha palustris in situ* и *ex situ*.
 По горизонтали: 1 – кемеровский образец; 2 – местная популяция; по вертикали: число семян на плод.
Fig. 2. Real seed productivity of *Caltha palustris in situ* и *ex situ*.
 X-axis: 1 – Kemerovo accession; 2 – Novosibirsk population; y-axis: a number of seeds per fruit.

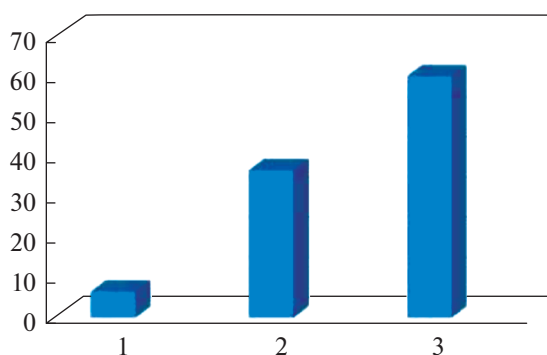


Рис. 3. Реальная семенная продуктивность различных образцов в культуре (2021 г.).
 По горизонтали: 1 – кемеровский, 2 – петербургский, 3 – алтайский; по вертикали: число семян на плод.
Fig. 3. Real seed productivity of different accessions under cultivation (2021).
 X-axis: 1 – Kemerovo, 2 – St. Petersburg, 3 – Altai; y-axis: a number of seeds per fruit.

более низкой семенной продуктивностью отличаются горно-алтайский и кемеровский образцы (табл. 2). Высокая внутривидовая изменчивость показателя отчетливо проявилась на фоне засухи весной 2021 г. (рис. 3).

Поразительное различие по величине РСП для горно-алтайских растений *in situ* и *ex situ* обусловлено резкой сменой местообитания при переносе из влажных и прохладных условий берега горной реки в гораздо более сухие и теплые условия лесостепи. То же относится к кемеровскому образцу, обитающему под пологом пихтово-березового леса, коэффициент продуктивности (РСП/ПСП) которого в культуре колеблется в пределах 9.0–17.1%.

Число семян широко варьирует: от нескольких до 115 шт. на плод у интродукционных образцов и до 132 шт. – в природных популяциях. В листовке формируется максимально до 12–14 и 17–19 семян

соответственно, в среднем 2–10 шт. (табл. 2). Масса семян с 1 плода также значительно варьирует, достигая 37 мг в среднем у растений местной популяции. При интродукции значения показателя гораздо меньше: минимум (~9 мг) у кемеровских особей и максимум (~19 мг) – у петербургских.

Важным показателем семенного размножения является число завязавшихся семян на листовку и плод (УРСП) как отражение уровня реализации репродуктивного потенциала вида в конкретных условиях произрастания. У исследованных образцов этот показатель включает выполненные и недоразвитые (шуплые) семена. Характерно, что количество шуплых семян на момент созревания плодов калужницы *in situ* и *ex situ* невелико, т.е. разрыв между РСП и УРСП незначительный (рис. 4) при учете продуктивности по листовкам, содержащим выполненные и (или) шуплые семе-

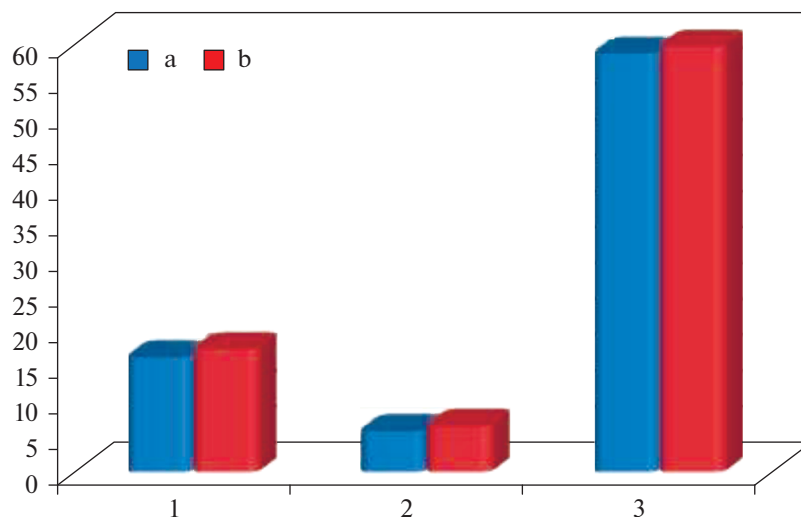


Рис. 4. Соотношение реальной и условно-реальной семенной продуктивности у *Caltha palustris in situ* и *ex situ* (2016–2019 гг.).

По горизонтали: 1 – кемеровский образец, 2 – горно-алтайский образец, 3 – местная популяция; по вертикали: число зрелых выполненных семян (a) и завязавшихся семян (b) на плод.

Fig. 4. The ratio of real and conditionally real seed productivity for *Caltha palustris in situ* и *ex situ* (2016–2019).

X-axis: 1 – Kemerovo accession, 2 – St. Petersburg accession, 3 – Novosibirsk population; y-axis: a number of mature full seeds (a) and set seeds (b) per fruit.

на. Однако, завязываемость семян существенно различается в природе и культуре. В горно-алтайской популяции она очень высокая, в местной – более 80%. При интродукции завязываемость зависит от происхождения образца и погодных факторов. В итоге часть листовок формируется без семян. У алтайского и петербургского образцов в условиях резкого дефицита влаги в 2021 г. завязываемость семян была высокой, тогда как у кемеровского – всего 56.2%. Горно-алтайский образец не цвел, а в сезон 2019 г. с менее засушливыми условиями завязываемость составляла 40.2%.

Анализ полученных данных показывает, что у *C. palustris* в неоптимальных условиях существования деградация семязачатков происходит на ранних этапах их развития. Об этом свидетельствуют крайне переменный показатель завязываемости семян и невысокая доля шуплых семян. Известно, что среди видов с многосеменными плодами весьма распространен феномен аберрации семязачатков. Одной из вероятных причин является перераспределение питательных веществ в пользу развивающихся семян, что служит фактором адаптации к неблагоприятной среде [21]. Семенная продуктивность калужницы в культуре по всем показателям значительно ниже, чем в природных популяциях. Тем не менее, семенное размножение вида возможно, поскольку все интродукционные образцы способны продуцировать полноценные семена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Центральном сибирском ботаническом саду (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск) исследована семенная продуктивность *Caltha palustris* L. в 2 природных популяциях (горно-алтайской и местной) и у 4 интродукционных образцов (алтайского, горно-алтайского, кемеровского и петербургского). Число семян на плод и листовку *in situ* характеризуют калужницу болотную как вид с высокой способностью к семенному размножению. В неоптимальных условиях произрастания в коллекции ботанического сада продуктивность особей существенно снижается. Кроме того, все показатели отличаются крайне высокой вариабельностью в зависимости от происхождения образца и погодных условий сезона.

Среди изученных образцов по уровню семенной продуктивности с местной популяцией сопоставим лишь алтайский образец. Кемеровский и, особенно, горно-алтайский образцы значительно уступают местным растениям, вероятно, из-за резкой смены условий местообитания при переносе в культуру. Вегетационные периоды лет исследования значительно различались по климатическим показателям, но в целом отражали основную тенденцию изменения климата Новосибирска в сторону повышения температур и сокращения осадков. Полученные данные показывают, что и в этих условиях растения гигрофильного вида *C. palustris* продуцируют семена в

количестве, достаточном для их размножения и поддержания в культуре.

“Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами”. При подготовке статьи использовались материалы Биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН, УНУ “Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте”, USU 440534.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках государственного задания по проекту АААА-А21-121011290025-2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Flora of Siberia*. 2003. Vol. 6. Portulacaceae—Ranunculaceae. Enfield. 312 p.
2. Biró E., Babai D., Bódis J., Molnár Z. 2014. Lack of knowledge or loss of knowledge? Traditional ecological knowledge of population dynamics of threatened plant species in East-Central Europe. — *J. Nat. Conserv.* 22(4): 318–325. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.02.006>
3. Красные книги / ООПТ России. oopt.aagi.ru/rbdata
4. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Magnoliaceae—Limoniaceae. 1984. Л. 460 с.
5. Мартынов А.М., Дул В.Н., Даргаева Т.Д., Чупарина Е.В. 2017. Изучение химического состава травы калужницы болотной (*Caltha palustris* L.). — Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 4(18): 66–71. http://www.humanhealth.ru/images/conference/Jurnal_N_18.pdf
6. Kang Y., Łuczay Ł., Kang J., Wang F., Hou J., Guo Q. 2014. Wild food plants used by the Tibetans of Gongba Valley (Zhouqu county, Gansu, China). — *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 10(1): 20. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-20>
7. Çakir E.A. 2017. Traditional knowledge of wild edible plants of Iğdir Province (East Anatolia, Turkey). — *Acta Soc. Bot. Pol.* 86(4): 3568. <https://doi.org/10.5586/asbp.3568>
8. Полетико О.М., Мишенкова А.П. 1967. Декоративные травянистые растения открытого грунта: Справочник по номенклатуре родов и видов. Л. 208 с.
9. Иллюстрированная энциклопедия растительного мира Сибири. 2009. Новосибирск. 387 с.
10. Parzych A., Jonczak J., Sobisz Z. 2017. Bioaccumulation of macronutrients in herbaceous plants of mid-forest spring niches. — *Balt. For.* 23(2): 384–393. https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2017-23%5B2%5D/Baltic%20Forestry%202017.2_384-393.pdf
11. Parzych A., Jonczak J. 2018. Bioaccumulation of macro- and microelements in herbaceous plants in the river valley. — *JEE.* 19(3): 170–177. <https://doi.org/10.12911/22998993/86157>
12. Woodell S.R.J., Kootin-Sanwu M. 1971. Intraspecific variation in *Caltha palustris*. — *New Phytol.* 70(1): 173–186. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1971.tb02522.x>
13. Falińska K. 1981. Variability of *Caltha palustris* L. populations in garden culture. — *Acta Soc. Bot. Pol.* 50(3): 493–513. <https://doi.org/10.5586/asbp.1981.072>
14. Brotherton S., Joyce C.B., Berg M.J., Awcock G.J. 2019. Immediate and lag effects of hydrological change on floodplain grassland plants. — *Plant Ecol.* 220(3): 345–359. <https://doi.org/10.1007/s11258-019-00918-z>
15. Grootjans A.P., Fresco L.F.M., de Leeuw C.C., Schipper P.C. 1996. Degeneration of species-rich *Calthion palustris* hay meadows; some considerations on the community concept. — *J. Vegetation Sci.* 7(2): 185–194. <https://doi.org/10.2307/3236318>
16. Барыкина Р.П., Чубатова Н.В. 2000. Калужница болотная. — В кн.: Биологическая флора Московской области. Вып. 14. М. С. 87–100.
17. Сацыперова И. Ф. 1993. Основные аспекты и методы изучения репродуктивной биологии травянистых растений при их интродукции. — В кн.: Проблемы репродуктивной биологии семенных растений. СПб. С. 25–35.
18. Зайцев Г.Н. 1973. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М. 256 с.
19. Воронина Л.В., Гриценко А.Г. 2011. Климат и экология Новосибирской области. Новосибирск. 228 с.
20. Адаптация и изменчивость древесных растений в лесной зоне Евразии. 1993. Екатеринбург. 137 с.
21. Шамров И.И. 2020. Факторы снижения семенной продуктивности у цветковых растений. — *Раст. ресурсы.* 2020. 56(1): 4–15. <https://doi.org/10.31857/s0033994620010057>

Seed Productivity of *Caltha palustris* (Ranunculaceae) *in situ* and *ex situ* at the Plots of the Central Siberian Botanical Garden

T. I. Fomina*

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

*e-mail: fomina-ti@yandex.ru

Abstract—The seed productivity of the hygro-helophyte *Caltha palustris* L. under cultivation in the Central Siberian Botanical Garden (Altai, Mountainous Altai, Kemerovo, and St. Petersburg accessions) was studied and compared with natural Mountainous Altai and Novosibirsk populations. It was found that one marsh marigold shoot bears 3–6 fruits with 4–20 follicles on average. The potential seed productivity of the species is high, varying from 52 to 260 ovules per fruit. The real seed productivity varies from several to 132 seeds per fruit, while their number per follicle averages 2–10 pcs. The values of conditionally real and real seed productivity are close both in natural habitats and under cultivation, indicating the degradation of ovules at the early stages of seed formation. The single fruit seed weight is highest in Novosibirsk population, reaching 40 mg on average. All indicators of seed productivity are significantly higher *in situ*, except for the Altai accession. The seed productivity indicators tend to be highly variable, and in culture, these are primarily due to the accession provenance. The data demonstrate the possibility of seed reproduction of *C. palustris* under nonoptimal conditions of the forest-steppe, amid the rising temperatures and reduced precipitation during the growing season in Novosibirsk.

Keywords: *Caltha palustris*, seed productivity, natural populations, cultivated accessions, forest-steppe, Western Siberia

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out within the framework of the state assignment AAAA21-121011290025-2 under the project “Assessment of the morphogenetic potential of plant populations in Northern Asia by experimental methods”. In preparing the article, the materials of the Bioresource Scientific Collection of the Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, UNU “Collections of living plants in open and closed ground”, USU 440534 were used.

REFERENCES

1. *Flora of Siberia*. 2003. Vol. 6. Portulacaceae—Ranunculaceae. Enfield. 312 p.
2. Biró E., Babai D., Bódis J., Molnár Z. 2014. Lack of knowledge or loss of knowledge? Traditional ecological knowledge of population dynamics of threatened plant species in East-Central Europe. — *J. Nat. Conserv.* 22(4): 318–325. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.02.006>
3. [Red Data Books / Specially Protected Natural Territories of Russia]. oopt.aari.ru/rbdata
4. [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Magnoliaceae—Limoniaceae families]. 1984. Leningrad. 460 p. (In Russian)
5. Martynov A.M., Dul V.N., Dargaeva T.D., Chuparina Ye.V. 2017. Study of chemical composition of Marsh Marigold grass (*Caltha palustris* L.). — *J. Pharmaceuticals Quality Assurance Issues*. 4(18): 66–71. http://www.humanhealth.ru/images/conference/Jurnal_N_18.pdf (In Russian)
6. Kang Y., Łuczay Ł., Kang J., Wang F., Hou J., Guo Q. 2014. Wild food plants used by the Tibetans of Gongba Valley (Zhouqu county, Gansu, China). — *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 10(1): 20. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-20>
7. Çakir E.A. 2017. Traditional knowledge of wild edible plants of Iğdir Province (East Anatolia, Turkey). — *Acta Soc Bot Pol.* 86(4): 3568. <https://doi.org/10.5586/asbp.3568>
8. Poletiko O.M., Mishenkova A.P. 1967. [Ornamental herbaceous plants in open ground: A reference book on the nomenclature of genera and species]. Leningrad. 208 p. (In Russian)
9. [Illustrated encyclopedia of plant life of Siberia]. 2009. Novosibirsk. 387 p. (In Russian)
10. Parzych A., Jonczak J., Sobisz Z. 2017. Bioaccumulation of macronutrients in herbaceous plants of mid-forest spring niches. — *Balt For.* 23(2): 384–393. https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2017-23%5B2%5D/Baltic%20Forestry%202017.2_384-393.pdf
11. Parzych A., Jonczak J. 2018. Bioaccumulation of macro- and microelements in herbaceous plants in the river valley. — *JEE.* 19(3): 170–177. <https://doi.org/10.12911/22998993/86157>

12. Woodell S.R.J., Kootin-Sanwu M. 1971. Intraspecific variation in *Caltha palustris*. – New Phytol. 70(1): 173–186. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1971.tb02522.x>
13. Falińska K. 1981. Variability of *Caltha palustris* L. populations in garden culture. – Acta Soc Bot Pol. 50(3): 493–513. <https://doi.org/10.5586/asbp.1981.072>
14. Brotherton S., Joyce C.B., Berg M.J., Awcock G.J. 2019. Immediate and lag effects of hydrological change on floodplain grassland plants. – Plant ecol. 220(3): 345–359. <https://doi.org/10.1007/s11258-019-00918-z>
15. Grootjans A.P., Fresco L.F.M., de Leeuw C.C., Schipper P.C. 1996. Degeneration of species-rich *Calthion palustris* hay meadows; some considerations on the community concept. – J. Vegetation Sci. 7(2): 185–194. <https://doi.org/10.2307/3236318>
16. Barykina R.P., Chubatova N.V. 2000. [Marsh marigold]. – In: [Biological flora of the Moscow region. Issue 14]. Moscow. P. 87–100. (In Russian)
17. Satsyperova I.F. 1993. [Main aspects and methods of studying the reproductive biology of herbaceous plants during their introduction]. – In: [Problems of reproductive biology of seed plants. Saint-Peterburg]. P. 25–35. (In Russian)
18. Zaitsev G.N. 1973. [Methods of biometric calculations. Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow. 256 p. (In Russian)
19. Voronina L.V., Gritsenko A.G. 2011. [Climate and ecology of the Novosibirsk region]. Novosibirsk. 228 p. (In Russian)
20. [Adaptation and variability of woody plants in the forest zone of Eurasia]. 1993. Ekaterinburg: 137 p. (In Russian)
21. Shamrov I.I. 2020. Factors reducing seed productivity in flowering plants. – Rastitelnye Resursy. 56(1): 4–15. <https://doi.org/10.31857/s0033994620010057>