

## СИСТЕМАТИКА, ФИЛОГЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

Научная статья  
УДК 582.675.1:575.21(571.1)  
DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-169-177



### Изменчивость фенологических и морфологических признаков *Caltha palustris* L. *in situ* и *ex situ* в условиях западносибирской лесостепи

Т. И. Фомина

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Татьяна Ивановна Фомина, [fomina-ti@yandex.ru](mailto:fomina-ti@yandex.ru)

**Актуальность.** *Caltha palustris* L. известна как лекарственное, пищевое, декоративное растение. Это циркумбореальный вид, гигрогелофит. Благодаря экологической специфике данный вид может быть использован для изучения реакции растений на резкую смену условий при переносе в культуру. Цель настоящей работы – оценка изменчивости фенологических и морфологических признаков *C. palustris* в условиях лесостепи Западной Сибири.

**Материалы и методы.** Исследованы фенотипические признаки местной популяции и образцов, привлеченных из Кемеровской области и Алтайского края. Фенологические наблюдения проведены по общепринятой методике для травянистых многолетников. Морфометрические данные обработаны в программе PAST с использованием статистических показателей: средняя арифметическая с ошибкой ( $M \pm m_M$ ), минимальное и максимальное значения признака ( $lim$ ), коэффициент вариации ( $C_v$ ). Достоверность различий оценивали на 5-процентном уровне значимости по критерию Стьюдента ( $P$ ), а для признаков, отклоняющихся от нормального распределения, – с помощью критерия Манна – Уитни ( $P_{MW}$ ) по медианным значениям признака ( $Me$ ) также на 5-процентном уровне значимости.

**Результаты и выводы.** Изученные образцы значительно различаются по срокам и длительности фенофаз. Растения местной популяции позже отрастают и продолжительно цветут из-за варьирования микроусловий. Растения в коллекции образуют вторую генерацию розеточных побегов, способны к длительной вегетации, при этом алтайский образец отличается поздним развитием и короткими фенофазами. По морфологическим признакам побега все образцы существенно различаются. При интродукции растения калужницы произрастают в неоптимальных для этого вида экологических условиях и потому уступают местной популяции (особенно алтайский образец) в высоте побега, размерах листьев, числе цветков. Ввиду высокой индивидуальной и межпопуляционной вариабельности признаков перспективна мобилизация *C. palustris* из разных природных популяций для отбора наиболее декоративных и устойчивых в культуре образцов.

**Ключевые слова:** калужница болотная, фенотипические признаки, интродукционные образцы, природная популяция, декоративный вид

**Благодарности:** исследование выполнено в рамках государственного задания по проекту АААА-А21-121011290025-2 «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).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Для цитирования:** Фомина Т.И. Изменчивость фенологических и морфологических признаков *Caltha palustris* L. *in situ* и *ex situ* в условиях западносибирской лесостепи. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023;184(3):169-177. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-169-177

## SYSTEMATICS, PHYLOGENY AND GEOGRAPHY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-169-177

### *In situ* and *ex situ* variability of phenological and morphological features in *Caltha palustris* L. under the conditions of the West Siberian forest steppe

Tatyana I. Fomina

Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

**Corresponding author:** Tatyana I. Fomina, fomina-ti@yandex.ru

**Background.** *Caltha palustris* L. is known as a medicinal, food, and ornamental plant. It is a circumboreal species, and hygrophilous. Due to its ecological specificity, this plant can be used to study the response to an abrupt change in environments. The goal was to assess the variance in phenological and morphological features of *C. palustris* in the forest steppe of Western Siberia.

**Materials and methods.** Phenotypic characters of the native population and the accessions introduced from Kemerovo Province and Altai Territory were studied. Phenological observations followed a well-known technique for herbaceous perennials. Morphometric data were processed in the PAST program using statistical indicators: the arithmetic mean with an error ( $M \pm m_m$ ), minimum and maximum values of the trait (lim), and coefficient of variation ( $C_v$ ). Significance of differences was assessed using Student's *t*-test ( $P$ ) at a 5% significance level. For traits deviating from the normal distribution, the significance of differences was assessed using the Mann–Whitney criterion ( $P_{MW}$ ) by median values of the trait (Me) at the same 5% level.

**Results and conclusions.** The accessions varied significantly in the timing and duration of phenophases. Plants in the native population grew later and bloomed for a long time because of the variation in microconditions. *Ex situ* plants produced the second generation of rosette shoots and were capable of long vegetating, but the Altai accession differed in later growth and shorter phenophases. All accessions significantly differed in morphological characteristics of the shoot, except for flower size. The introduced accessions were inferior to the native ones in shoot height, leaf size, and number of flowers due to non-optimal cultivation environments. Since *C. palustris* demonstrated high individual and interpopulation variability, it is promising to study this species in different natural populations and select the most ornamental and sustainable accessions.

**Keywords:** marsh marigold, phenotypic characteristics, introduced accessions, native population, ornamental species

**Acknowledgements:** the study was carried out within the framework of the state task under Project AAAA21-121011290025-2 "Assessment of the morphogenetic potential of plant populations in Northern Asia by experimental methods". The manuscript was prepared using the materials of the Bioresource Scientific Collection of the Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the RAS, and Unique Scientific Unit 440534 "Collections of living plants in open and protected ground". The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**For citation:** Fomina T.I. *In situ* and *ex situ* variability of phenological and morphological features in *Caltha palustris* L. under the conditions of the West Siberian forest steppe. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(3):169-177. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-169-177

## Введение

Современные климатические изменения оказывают непредсказуемое влияние на видовой состав и распределение растительного покрова. Поэтому исследования, связанные с реакцией отдельных видов на смену условий как в естественных сообществах, так и при переносе в культуру, весьма актуальны. Одним из разносторонне изучаемых объектов является *Caltha palustris* L. – калужница болотная. Это гигрогелофит, широко распространенный в холодных и умеренно теплых районах по берегам водоемов, болотам, заболоченным лугам и лесам. Ареал вида принадлежит к циркумбореальному: охватывает Европу, Казахстан, Монголию, Китай, Корею, Японию, Северную Америку, в пределах России – европейскую часть, Сибирь, Дальний Восток (Gleason, Cronquist, 1993; Malyshev, Peschkova, 2003). *C. palustris* редка в Восточной Европе (Biró et al., 2014), Украине, Молдове, Крыму, Ростовской области и Москве (Samoylov, Morozova, 2011; Fedyaeva, 2014; Yena, Fateryga, 2015). В составе водно-болотных ценозов данный вид играет важную роль в аккумуляции макро- и микроэлементов (особенно Mg, Ca, Sr, Fe), поэтому может применяться для фиторемедиации (Parzych et al., 2018).

*C. palustris* издавна используется как лекарственное, пищевое и декоративное растение (Liakh et al., 2020). Свежие части калужницы ядовиты и имеют горький вкус из-за присутствия протанемонина, который разрушается при термической обработке. Отварные бутоны употребляли в качестве заменителей каперсов в США, Польше, Эстонии, а листья поныне используются в пищу населением Тибета и Турции (Kang et al., 2014; Çakir, 2017). Растение широко применяется в этномедицине при кожных и нервных заболеваниях, как противовоспалительное, ранозаживляющее, спазмолитическое средство. Лечебные свойства калужницы обусловлены присутствием протанемонина, фенольных веществ, каротиноидов, полисахаридов (Plant resources..., 1984; Martynov et al., 2017). *C. palustris* – ценный раноцветущий многолетник для оформления прибрежных зон водоемов (Fomina, 2009).

В пределах обширного ареала *C. palustris* отличается значительным морфологическим разнообразием, затрагивающим форму и размер базальных листьев, цветков, зрелых листовок, структуру побега и другие признаки (Cieślak, 2004; Kumar, Singhal, 2008). Установлено, что вид обладает высокой пластичностью, способностью адаптироваться к широкому диапазону местообитаний без значительной генотипической дифференциации. В природных популяциях модификации морфологических признаков имеют характер непрерывной изменчивости, обусловленной различиями в условиях произрастания (Woodell, Kootin-Sanwu, 1971; Blagojević et al., 2013). В культуре наибольшие различия по морфологическим признакам и семенной продуктивности растений связаны с происхождением популяций (Falińska, 1981).

Литературные данные об адаптивных изменениях биоморфологических признаков калужницы немногочисленны. В экспериментах по моделированию потепления в естественных фитоценозах с участием *C. palustris* (Lindborg et al., 2021) показано, что растения вида в высоких широтах положительно реагируют на повышение температур: увеличились их размеры, количество листьев, цветков и корней. По данным A. P. Grootjans et al. (1996), генеративные особи этого поликарпика могут выживать на дренированных участках не менее 14 лет,

но не возобновляются. S. Brotherton et al. (2019) при переносе растений с пойменного луга на сухоходольный отмечают неуклонное снижение их численности, размеров и количества листьев, цветков, периодичности цветения (через 5 лет цвели всего 20% особей). Однако реакция на смену условий проявилась с запаздыванием, спустя три года после переноса (тогда как другие лугово-болотные виды среагировали немедленно), что свидетельствует о высоком адаптационном потенциале вида. Представляет интерес интродукция калужницы в обычные, как правило неоптимальные для нее, условия культуры, а также сравнение параметров роста и развития с растениями местной природной популяции.

*Цель настоящей работы* – оценка изменчивости фенологических и морфологических признаков *C. palustris* в условиях лесостепи Западной Сибири.

## Материалы и методы

Исследование выполнено в Центральном сибирском ботаническом саду (Новосибирск) в коллекции декоративных растений природной флоры и на его территории, в окрестностях Академгородка. Интродукционные образцы *C. palustris* привлечены из природных популяций Таштагольского района Кемеровской области (N 52°50.401', E 087°48.649') в 2010 г. (кемеровский образец) и Целинного района Алтайского края (N 53°09.376', E 085°58.105') в 2017 г. (алтайский образец). В первом случае растения собраны в пихтово-березовом лесу, а во втором – в русле ручья на дне балки. В коллекции *C. palustris* выращивается на участках с естественным увлажнением, притененных высокорослыми многолетниками. Естественные травяно-болотные ценозы с участием этого вида на территории ботанического сада произрастают по берегам озера и в пойме р. Зырянка (Banaev et al., 2014).

Основные исследования выполняли в период 2016–2019 гг., используя классические подходы интродукции растений. За образец принимали группу особей, изъятых из природных местообитаний и перенесенных в коллекцию на участок ботанического сада. Образцы калужницы представлены четырьмя особями каждый, в естественной популяции для измерений отбирали 5–10 особей. Фенологические наблюдения проводили по общепринятой методике (Veideman, 1974). Морфометрические показатели растений (высоту побегов, размеры цветков и листьев, число цветков на побеге) определяли в фазы «массовое цветение» и «плодоношение». Объемы выборки включали от 7 до 78 определений в зависимости от признака и доступности материала, с наибольшими значениями для числа и размера цветков.

Статистическая обработка результатов проведена с использованием программы PAST (Hammer et al., 2001). Проверка исследованных морфологических признаков с помощью критерия Shapiro–Wilk показала, что они подчиняются нормальному распределению, за исключением числа цветков на побеге и длины черешка розеточных листьев. Данные обработаны с использованием статистических показателей: средняя арифметическая с ошибкой ( $M \pm m_M$ ), минимальное и максимальное значения признака ( $lim$ ), коэффициент вариации ( $C_v$ ). Достоверность различий показателей оценивали по параметрическому критерию Стьюдента ( $P$ ) на 5-процентном уровне значимости  $\alpha = 0,05$ . При  $p \geq \alpha$  различие показателей считается существенным. Для признаков, отклоняющихся от нормального распределения, достоверность различий



оценивали с помощью непараметрического критерия Mann–Whitney U test ( $P_{MW}$ ) по медианным значениям признака (Me), также на 5-процентном уровне значимости. Вариабельность признаков принимали за низкую ( $C_v = 0-10\%$ ), среднюю ( $C_v = 11-20\%$ ) или высокую ( $C_v > 20\%$ ) (Zaitsev, 1973).

### Результаты и обсуждение

*Особенности фенологического развития интродукционных образцов и местной популяции*

*C. palustris* – травянистый гемикриптофит с ранневесеннецветущим летнезеленым феноритмотипом (рис. 1, А). Отрастание растений весной в природе начинается позже, чем на коллекционном участке, что связано с наличием прошлогодней травы и высокого уровня талых вод (рис. 2). При его понижении у кромки воды появляются растения. В течение 3–13 дней формируются бутоны, и побеги зацветают. Побег несет, как правило, 2–4 листа

и 3–8 цветков. Распускание в соцветии дружное (одновременно раскрыты все цветки, иногда 1-2 распускаются позже) или последовательное. Цветки в процессе цветения растут, как и побеги, достигая от 2,0 см до 3,5–3,7 см в диаметре. В пасмурную погоду цветки закрыты. При отцветании ярко-желтые доли околоцветника обесцвечиваются (на них появляются белые полосы), затем осыпаются. Продолжительность жизни одного цветка от распускания до опадания составляет около 12 дней. Как ранцвещающий многолетник, *C. palustris* устойчива к весенним возвратным понижениям температур (рис. 1, Б).

Характерно одновременное прохождение фенофаз у растений местной популяции в зависимости от микроусловий. В момент наблюдения присутствуют особи в различных фазах: «вегетативная», «бутонизация», «начало цветения», «полное цветение». Из-за асинхронности в сроках и темпах развития цветение продолжительное, в зависимости от погодных условий длится 4–7 недель, тогда как у растений в коллекции – до трех недель.



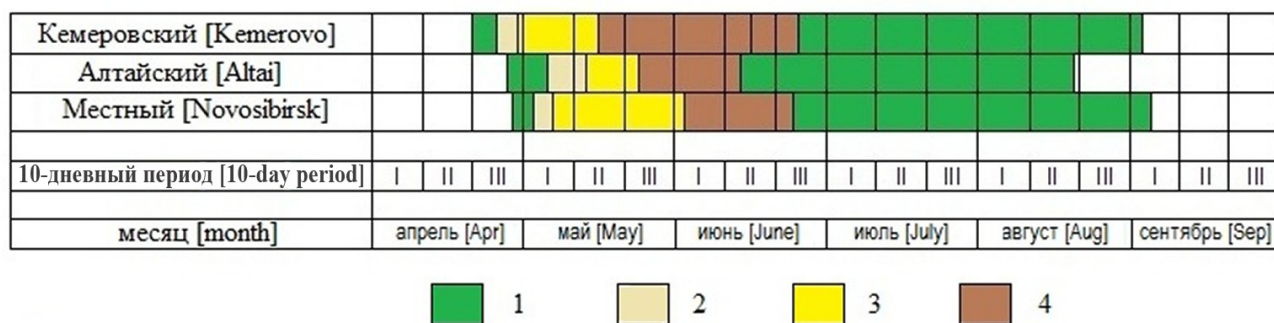
А



Б

**Рис. 1.** *Caltha palustris* L.: А – Кемеровская область, Таштагольский район, опушка пихтово-березового леса; синусия ранневесенних травянистых поликарпиков (26 мая 2010 г.); Б – Новосибирск, коллекция природной флоры; цветущие побеги полегли под тяжестью снега (2 мая 2017 г.) (фото Т. И. Фоминой)

**Fig. 1.** *Caltha palustris* L.: А – Tashtagolsky District, Kemerovo Province, edge of a fir-and-birch forest; synusium of early-spring herbaceous polycarpics (May 26, 2010); Б – Novosibirsk, collection of the natural flora; flowering shoots lodged under the weight of snow (May 2, 2017) (photo by T. I. Fomina)



**Рис. 2.** Фенологические спектры *Caltha palustris* L. *in situ* и *ex situ* в условиях Новосибирска (2011–2021 гг.): 1 – вегетация; 2 – бутонизация; 3 – цветение; 4 – плодоношение

**Fig. 2.** *In situ* and *ex situ* phenological spectra of *Caltha palustris* L. under the conditions of Novosibirsk (2011–2021): 1 – vegetating; 2 – budding; 3 – flowering; 4 – fruiting

В смешанном лесу Академгородка одновременно с *C. palustris* цветут *Tussilago farfara* L., *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem., *Ranunculus monophyllus* Ovcz., *Viola hirta* L., а на древесных растениях начинается распускание листьев. Отцветает калужница при полном развитии листвы на деревьях, в фазу массового цветения *Trollius asiaticus* L. и *Ranunculus propinquus* С.А. Mey.

Созревание плодов длится около полутора месяцев. Листовки в жаркую и влажную погоду раскрываются по вентральному шву зелеными, к фазе «начало созревания семян» (листовки побурели) диссеминация завершается. Вегетация *C. palustris* заканчивается, как правило, в августе – начале сентября. У интродукционных образцов возможно образование второй генерации розеточных побегов после плодоношения. Вторичное отрастание наблюдалось также в естественном ценозе после скашивания травяного покрова. В этом случае период вегетации продлевается до заморозков, составляя в среднем  $140 \pm 7$  дней. Формирование второй генерации побегов у раноцветущего полурозеточного гемикриптофита, обычно имеющего только весенние побеги, служит признаком изменения ритма развития при адаптации к новому местообитанию (Krylova, 1967).

Сезонные ритмы интродукционных образцов заметно различаются. Растения из кемеровской популяции раньше отрастают и зацветают, префлоральный период короткий ( $7 \pm 2$  дня), но период созревания семян растянутый – до 44–49 дней. Напротив, особи алтайского происхождения характеризуются поздним и медленным развитием, начинают цвести спустя  $16 \pm 4$  дня с начала отрастания, при этом все основные периоды сезонного цикла проходят в короткие сроки. Растения ежегодно цветут и плодоносят, однако кемеровский образец отличается более устойчивым, сбалансированным сезонным ритмом и по фенологическим признакам декоративнее, чем алтайский.

*Изменчивость морфологических признаков у растений разного происхождения*

Изучение морфометрических признаков растений, привлеченных из различных популяций, в сравнении с природными экземплярами дает представление о диапазоне изменчивости при переносе в культуру. Нами определены показатели, значимые для декоративности вида: высота цветоносного побега, размеры листьев, число и размеры цветков. Одним из наиболее лабильных признаков у травянистых растений является высота побега. У *C. palustris* вегетативно-генеративные (цветоносные) побеги формируются в числе 1–8 на особь и растут до фазы плодоношения. В фазу «массовое цветение» их высота составляет в среднем 15–21 см при наименьших значениях для алтайского образца (табл. 1). Плодоносящие побеги местных растений удлинняются вдвое – до 55 см, как следствие развития травяного покрова. Побеги особой кемеровской образцы увеличиваются в 1,5 раза, достигая 43 см, тогда как прирост у особей алтайского образца незначительный.

Размеры базальных (розеточных) листьев наибольшие в местной популяции, обитающей в оптимальных для вида условиях увлажнения (рис. 3, А). Длина черешка, в несколько раз превышающая таковую у растений в культуре, обусловлена также фитоценотическим окружением. Растения кемеровского образца имеют крупные листья, но с более короткими, чем у особей местной популяции, черешками, поэтому форма куста компактная (рис. 3, Б). Растения алтайского образца более низкорослые, с относительно мелкими листьями. По числу цветков на побеге они уступают кемеровскому образцу и тем более местной популяции. В естественной среде длительное цветение *C. palustris* обусловлено не только разновременной фенологией, но и развитыми соцветиями – до 18 цветков на побеге.



А



Б

**Рис. 3. Общий вид растений *Caltha palustris* L.:** А – окрестности Академгородка, в пойме р. Зырянка (24 мая 2019 г.); Б – в коллекции природной флоры (26 апреля 2016 г.) (фото Т. И. Фоминой)

**Fig. 3. General appearance of *Caltha palustris* L. plants:** А – near Akademgorodok, in the Zyryanka river floodplain (May 24, 2019); Б – in the collection of natural flora (April 26, 2016) (photo by T. I. Fomina)



Таблица 1. Морфологические признаки *Caltha palustris* L. *in situ* и *ex situ* в Новосибирске (2016–2021 гг.)  
Table 1. *In situ* and *ex situ* morphological indicators of *Caltha palustris* L. (2016–2021)

Показатель / Indicator	Алтайский образец / Altai accession			Кемеровский образец / Kemerovo accession			Новосибирск, местная популяция / Novosibirsk, native population		
	$M \pm m_m$	lim	V, %	$M \pm m_m$	lim	V, %	$M \pm m_m$	lim	V, %
Высота побега в фазу цветения, см / Flowering shoot height, cm	14,9 ± 1,7	7–21	38,4	21,3 ± 0,8	15–27,5	20,9	20,1 ± 0,4	13–25,5	14,8
Число цветков на побеге / Number of flowers per shoot	3,6 ± 0,7	1–8	63,0	3,7 ± 0,2	1–8	31,0	5,7 ± 0,3	1–18	50,5
Диаметр цветка, см / Flower diameter, cm	2,7 ± 0,0	2,2–3,2	9,6	3,2 ± 0,1	2,3–4	13,4	2,8 ± 0,0	2–3,7	12,8
Высота побега в фазу плодоношения, см / Fruiting shoot height, cm	15,3 ± 2,0	10–23	34,8	31,5 ± 1,4	21,5–42,5	17,1	40,6 ± 1,5	22–55	20,9
Длина листовой пластинки, см / Leaf blade length, cm	4,9 ± 0,2	3,6–6,3	15,5	7,5 ± 0,4	2,4–13,2	33,3	8,2 ± 0,5	4–17,3	36,5
Ширина листовой пластинки, см / Leaf blade width, cm	5,4 ± 0,3	3,6–6,5	16,5	8,7 ± 0,5	2,2–15,6	37,6	9,1 ± 0,6	4,2–16,5	38,8
Длина черешка, см / Petiole length, cm	6,1 ± 0,5	4–10,2	27,0	12,9 ± 1,5	3,9–28,5	61,1	26,2 ± 2,5	8–53	60,4

Примечание: приведены размеры розеточных листьев.  $M \pm m_m$  – среднее арифметическое с ошибкой; lim – минимальное и максимальное значения признака; V, % – коэффициент вариации  
Note: rosette leaf sizes are presented.  $M \pm m_m$  – arithmetic mean with an error; lim – minimum and maximum values of the indicator; V, % – coefficient of variation

У *C. palustris* околоцветник простой, ярко-желтый, обычно состоит из пяти долей. Цветки у растений местной популяции достаточно мелкие, как у алтайского образца, при этом их размеры более изменчивы в связи с варьированием микроусловий. В пойме р. Зырянка встречаются вполне развитые цветки 1,5–1,9 см в диаметре (рис. 4). Наиболее крупные цветки, по средним и лимитным значениям, наблюдаются у кемеровских растений; кроме того, для них характерна вариабельность по числу долей околоцветника: у 25% цветков (2017–2018 гг.) их было 6, очень редко встречается 4 или 7 долей. Для исследованных морфологических признаков *C. palustris* характерна средняя и высокая изменчивость. Менее вариабельны размеры цветка, у кемеровских и местных особей также высота побега, у алтайских – размеры листьев. Наиболее изменчивы число цветков на побеге и длина черешка.

Вариабельность признаков у кемеровского образца соответствует ее уровню в местной природной популяции, у растений алтайского происхождения – в целом несколько ниже. Как известно, выявление изменчивости

признаков, не уступающей природной, позволяет судить о высоком адаптационном потенциале вида и перспективах его культивирования (Skvortsov, 1986). Морфологические показатели и связанная с ними декоративность образцов указывают на перспективы кемеровской популяции *C. palustris* как источника материала для введения в культуру.

Сравнение полученных данных с использованием статистических критериев ( $P_t$ ,  $P_{Mw}$ ) выявило существенные различия между интродукционными образцами и этих образцов с местной популяцией по большинству признаков (табл. 2). Кемеровский и алтайский образцы значительно различаются по исследованным морфологическим параметрам, кроме числа цветков на побеге. Алтайский образец по всем признакам, кроме размера цветка, весьма отличается от местной популяции. Между тем у растений кемеровского образца и местной популяции различий гораздо меньше. Возможно, отчасти это обусловлено более длительной интродукцией кемеровского образца (12 лет) в отличие от алтайского (5 лет).



**Рис. 4.** Вариабельность размеров цветка *Caltha palustris* L. в пойме р. Зырянка, окрестности Академгородка, 8 мая 2018 г. (фото Т. И. Фоминой)

**Fig. 4.** Variability in *Caltha palustris* L. flower size in the Zyryanka river floodplain, near Akademgorodok, May 8, 2018 (photo by T. I. Fomina)

**Таблица 2.** Достоверность различий образцов *Caltha palustris* L. по морфологическим признакам

**Table 2.** Significance of differences in the morphological indicators of *Caltha palustris* L. accessions

Признак / Indicator	К vs. М	К vs. А	М vs. А
Диаметр цветка / Flower diameter	<b>5,32·10<sup>-6</sup></b>	<b>8,86·10<sup>-7</sup></b>	0,198
Число цветков на побеге / Number of flowers per shoot	<b>4,12·10<sup>-5*</sup></b>	0,181*	<b>0,013*</b>
Высота цветоноса в фазу цветения / Flowering shoot height	0,153	<b>4,76·10<sup>-4</sup></b>	<b>5,17·10<sup>-5</sup></b>
Высота цветоноса в фазу плодоношения / Fruiting shoot height	<b>4,50·10<sup>-4</sup></b>	<b>1,94·10<sup>-6</sup></b>	<b>5,80·10<sup>-9</sup></b>
Длина листовой пластинки / Leaf blade length	0,237	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>
Ширина листовой пластинки / Leaf blade width	0,627	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>
Длина черешка / Petiole length	<b>5,81·10<sup>-5*</sup></b>	<b>0,002*</b>	<b>4,29·10<sup>-6*</sup></b>

Примечание: достоверность различий оценивалась на 5-процентном уровне значимости по критерию Стьюдента ( $P_t$ ), а для признаков, распределение которых отличается от нормального, – по критерию Манна – Уитни ( $P_{Mw}$ )\*. Статистически значимые различия показаны полужирным шрифтом.

Образцы: А – алтайский, К – кемеровский, М – Новосибирск, местный

Note: significance of differences was assessed at a 5% significance level using Student's *t*-test ( $P_t$ ), and for traits whose distribution differed from normal, using the Mann–Whitney criterion ( $P_{Mw}$ )\*. Statistically significant differences are boldfaced.

Accessions: A – Altai accession; K – Kemerovo accession; M – Novosibirsk, native population

По числу цветков на побеге, характеризующему репродуктивный потенциал вида, интродукционные образцы уступают местной популяции. Существенные отличия по высоте побега с плодами и длине черешка базальных листьев, очевидно, связаны с фитоценологическими условиями произрастания местных особей под пологом леса и травяного покрова, то есть с экологической изменчивостью. В целом высокая вариабельность морфологических признаков свидетельствует о значительном потенциале *C. palustris* при введении в культуру как декоративно ценного многолетника.

### Заключение

Изучена изменчивость фенологических и морфологических признаков *Caltha palustris* в условиях Новосибирска у растений местной популяции и двух образцов, интродуцированных из Кемеровской области и Алтайского края.

Выявлены значительные различия образцов по этапам сезонного развития. Растения местной популяции позже возобновляют вегетацию и продолжительно цветут, что обусловлено эколого-фитоценологическими условиями их местообитания. Интродукционные образцы также различаются по времени наступления и длительности фенофаз: алтайский характеризуется более поздним и ускоренным развитием.

Исследованные образцы существенно различаются по морфологическим признакам побега. Это обусловлено различиями в условиях произрастания местной популяции и интродукционных образцов, а также разным происхождением последних. Кемеровский образец по совокупности биоморфологических признаков более декоративен в культуре.

Полученные данные показывают возможность выращивания калужницы в лесостепи Западной Сибири на полутенистых участках с естественным увлажнением. В связи с обширным природным ареалом вида перспективны дальнейшие испытания и отбор высоко декоративных, устойчивых в культуре образцов.

### References / Литература

Banaev E.V., Vlasenko A.V., Vlasenko I.A., Gorbunova I.A., Zykova E.Yu., Korolyuk A.Yu., Korolyuk E.A., Lashchinsky N.N., Mamontov Yu.S., Naumenko Yu.V., Pisarenko O.Yu., Pshenichkina Yu.A., Sedelnikova N.V., Tomoshevich M.A. Plant diversity in the Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the RAS (Rastitelnoye mnogoobrazniye Tsentralnogo sibirskogo botanicheskogo sada SO RAN). I.Yu. Koropachinsky, E.V. Banaev (eds). Novosibirsk: Geo; 2014. [in Russian] (Банаев Е.В., Власенко А.В., Власенко И.А., Горбунова И.А., Зыкова Е.Ю., Королюк А.Ю., Королюк Е.А., Лашчинский Н.Н., Мамонтов Ю.С., Науменко Ю.В., Писаренко О.Ю., Пшеничкина Ю.А., Седельникова Н.В., Томосевич М.А. Растительное многообразие Центрального сибирского ботанического сада СО РАН / под ред. И.Ю. Коропачинского, Е.В. Банаева. Новосибирск: Гео; 2014).

Beideman I.N. Methodology for studying the phenology of plants and plant communities (Metodika izucheniya fenologii rasteniy i rastitelnykh soobshchestv). Novosibirsk: Nauka; 1974. [in Russian] (Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука; 1974).

Biró E., Babai D., Bódis J., Molnár Z. Lack of knowledge or loss of knowledge? Traditional ecological knowledge of population dynamics of threatened plant species in East-Central Europe. *Journal for Nature Conservation*. 2014;22(4):318-325. DOI: 10.1016/j.jnc.2014.02.006

Blagojević J., Jovanović V., Adnađević T., Budinski I., Vujošević M. Chromosome status of marsh marigold, *Caltha palustris* L. (Ranunculaceae) from Serbia. *Genetika*. 2013;45(3):793-798. DOI: 10.2298/GENSRI1303793B

Brotherton S.J., Joyce C.B., Berg M., Awcock G.J. Immediate and lag effects of hydrological change on floodplain grassland plants. *Plant Ecology*. 2019;220(3):345-359. DOI: 10.1007/s11258-019-00918-z

Çakir E.A. Traditional knowledge of wild edible plants of Iğdir Province (East Anatolia, Turkey). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2017;86(4):3568. DOI: 10.5586/asbp.3568

Cieślak E. Morphological variability of the *Caltha palustris* L. complex (Ranunculaceae) in Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2004;73(3):193-201. DOI: 10.5586/asbp.2004.026

Falińska K. Variability of *Caltha palustris* L. populations in garden culture. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 1981;50(3):493-513. DOI: 10.5586/asbp.1981.072

Fedyeva V.V. (ed.). Red book of Rostov Province. Vol. 2. Plants (Krasnaya kniga Rostovskoy oblasti. T. 2. Rasteniya). 2nd ed. Rostov-on-Don: Ministry of Nature of Rostov Province; 2014. [in Russian] (Красная книга Ростовской области. Т. 2. Растения / под ред. В.В. Федяевой. 2-е изд. Ростов-на-Дону: Минприроды Ростовской области; 2014). URL: <http://www.ecodon.dspl.ru/docs/Красная%20книга%202014/Том%202%20Растения.pdf> [дата обращения: 23.09.2021].

Fomina T.I. Marsh marigold – *Caltha* L. (Kaluzhnitsa – *Caltha* L.). In: V.P. Sedelnikov (ed.). *Illustrated encyclopedia of plant life in Siberia (Illyustrirovannaya entsiklopediya rastitel'nogo mira Sibiri)*. Novosibirsk: Arta; 2009. p.181. [in Russian] (Фомина Т.И. Калужница – *Caltha* L. В кн.: *Иллюстрированная энциклопедия растительного мира Сибири* / под ред. В.П. Седельникова. Новосибирск: Арта; 2009. С.181).

Gleason H.A., Cronquist A. Manual of vascular plants of northeastern United States and adjacent Canada. 2nd ed. New York, NY: New York Botanical Garden; 1993.

Grootjans A.P., Fresco L.F.M., de Leeuw C.C., Schipper P.C. Degeneration of species-rich *Calthion palustris* hay meadows; some considerations on the community concept. *Journal of Vegetation Science*. 1996;7(2):185-194. DOI: 10.2307/3236318

Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: paleontological statistics software. Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001;4(1):4. Available from: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf) [accessed Sept. 03, 2021].

Kang Y., Łuczay Ł., Kang J., Wang F., Hou J., Guo Q. Wild food plants used by the Tibetans of Gongba Valley (Zhouqu county, Gansu, China). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2014;10:20. DOI: 10.1186/1746-4269-10-20

Krylova I.L. The rhythm of development of some wild plants under cultivation (Ritm razvitiya nekotorykh dikorastushchikh rasteniy v usloviyakh kultury). *Bulletin Main Botanical Garden*. 1967;(67):9-13. [in Russian] (Крылова И.Л. Ритм развития некоторых дикорастущих растений в условиях культуры. *Бюллетень Главного ботанического сада*. 1967;(67):9-13).



- Kumar P., Singhal V.K. Cytology of *Caltha palustris* L. (Ranunculaceae) from cold regions of Western Himalayas. *Cytologia*. 2008;73:137-143. DOI: 10.1508/CYTOLOGIA.73.137
- Liakh V., Konechna R., Mylyanych A., Zhurakhivska L., Hubytska I., Novikov V. *Caltha palustris*. Analytical overview. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*. 2020;2(24):51-56. DOI: 10.15587/2519-4852.2020.201616
- Lindborg R., Ermold M., Kuglerová L., Jansson R., Larson K.W., Milbau A. et al. How does a wetland plant respond to increasing temperature along a latitudinal gradient? *Ecology and Evolution*. 2021;11(22):16228-16238. DOI: 10.1002/ece3.8303
- Malyshev L.I., Peschkova (eds). Flora of Siberia. Vol. 6. Portulacaceae – Ranunculaceae. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 2003.
- Martynov A.M., Dul V.N., Dargaeva T.D., Chuparina Ye.V. Study of chemical composition of marsh marigold grass (*Caltha palustris* L.). *Journal of Pharmaceuticals Quality Assurance Issue*. 2017;4(18):66-71. [in Russian] (Мартынов А.М., Дул В.Н., Даргаева Т.Д., Чупарина Е.В. Изучение химического состава травы калужницы болотной (*Caltha palustris* L.)). *Вопросы обеспечения качества лекарственных средств*. 2017;4(18):66-71).
- Parzych A., Jonczak J., Sobisz Z. Bioaccumulation of macro- and micronutrients in herbaceous plants of headwater areas – a case study from northern Poland. *Journal of Elementology*. 2018;23(1):231-245. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.1.1415
- Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, and utilization. Vol. 1. Magnoliaceae – Limoniaceae families (Rastitelnye resursy SSSR: Tsvetkovye rasteniya, ikh khimicheskiy sostav, ispolzovaniye. T. 1. Semeystva Magnoliaceae – Limoniaceae). Leningrad: Nauka; 1984. [in Russian] (Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Т. 1. Семейства Magnoliaceae–Limoniaceae. Ленинград: Наука; 1984).
- Samoylov B.L., Morozova G.V. (eds). Red book of the City of Moscow (Krasnaya kniga goroda Moskvy). 2nd ed. Moscow; 2011. [in Russian] (Красная книга города Москвы / под ред. Б.Л. Самойлова, Г.В. Морозовой. 2-е изд. Москва; 2011).
- Skvortsov A.K. Intraspecific variability and new approaches to plant introduction (Vnutrividovaya izmenchivost i novye podkhody k introduktsii rasteniy). *Bulletin Main Botanical Garden*. 1986;(140):18-25. [in Russian] (Скворцов А.К. Внутривидовая изменчивость и новые подходы к интродукции растений. *Бюллетень Главного ботанического сада*. 1986;(140):18-25).
- Woodell S.R.J., Kootin-Sanwu M. Intraspecific variation in *Caltha palustris*. *New Phytologist*. 1971;70(1):173-186. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1971.tb02522.x
- Yena A.V., Fateryga A.V. (eds). Red book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi. Simferopol: ARIAL; 2015. [in Russian] (Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / под ред. А.В. Ены, А.В. Фатерыги. Симферополь: ИТ АРИАЛ; 2015). URL: [https://meco.rk.gov.ru/file/Krasnaya\\_kniga\\_Respubliki\\_Krym\\_2015.pdf](https://meco.rk.gov.ru/file/Krasnaya_kniga_Respubliki_Krym_2015.pdf) [дата обращения: 09.09.2021].
- Zaitsev G.N. Methodology of biometric calculations. Mathematical statistics in experimental botany (Metodika biometricheskikh raschetov. Matematicheskaya statistika v eksperimentalnoy botanike). Moscow: Nauka; 1973. [in Russian] (Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. Москва: Наука; 1973).

#### Информация об авторе

**Татьяна Ивановна Фомина**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, 630090 Россия, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, [fomina-ti@yandex.ru](mailto:fomina-ti@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4724-2480>

#### Information about the author

**Tatyana I. Fomina**, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 101 Zolotodolinskaya St., Novosibirsk 630090 Russia, [fomina-ti@yandex.ru](mailto:fomina-ti@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4724-2480>

Статья поступила в редакцию 17.12.2021; одобрена после рецензирования 21.07.2022; принята к публикации 04.09.2023. The article was submitted on 17.12.2021; approved after reviewing on 21.07.2022; accepted for publication on 04.09.2023.