

УДК 582.594:581.41+581.522.4(571.14)

DOI 10.37279/2414-4738-2021-25-82-91

Морфометрическая изменчивость видов рода *Cypripedium* в коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН

Герасимович Л. В.

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения РАН
Новосибирск, Россия
gerasimovitch77@mail.ru

Статья посвящена исследованию видов рода *Cypripedium* L., три из которых занесены в Красную книгу Российской Федерации. Биологический материал взят из природных фитоценозов Новосибирской области и Республики Алтай и интродуцирован на коллекционном участке ЦСБС. Изучалась адаптационная реакция особей на морфологическом уровне в зависимости от изменения окружающей среды в условиях *ex situ*. Наличие в фенологическом цикле у адаптирующихся представителей трёх видов всех основных этапов (кроме плодоношения у *Cypripedium* × *ventricosum*) является показателем оптимальных экологических условий для *ex situ*. Проведён сравнительный анализ морфометрических признаков у генеративных особей и выявлены значительные отличия между *in situ* и *ex situ*. Так же были выявлены адаптационные изменения, связанные с ответом на естественные абиотические экологические условия. Выявленные отличия морфометрических данных для трёх видов позволяют нам отметить наличие значительной адаптационной реакции у *C. calceolus* и *C. macranthon* и относительную адаптационную инертность у *C. × ventricosum*. Экологическим оптимум в абиотических факторах для трёх изученных видов из рода *Cypripedium* являются показатели за 2018 год. Факторы за 2018 год стали оптимальными для развития генеративных почек, что привело к 100 % цветению особей у *C. macranthon* в 2019 году. Также был проведен стоматографический анализ нижней поверхности прицветника у трёх видов и изучена морфология устьичного аппарата. Нами отмечены значительные отличия между видами, при одинаковых эко-условиях в *ex situ*, в размерах устьиц и их количестве на 1 см².

Ключевые слова: Orchidaceae, *Cypripedium calceolus*, *Cypripedium macranthon*, *Cypripedium* × *ventricosum*, адаптационная изменчивость, морфометрия, морфология, стоматография прицветника, устьичный аппарат.

ВВЕДЕНИЕ

Формирование коллекции (УНУ № USU 440534) рода *Cypripedium* L. при лаборатории интродукции декоративных растений началось с 2011 года. Биологический материал был собран в виде живых растений в Республике Алтай (РА) и Новосибирской области (НСО). На 2020 год коллекция насчитывает 15 особей: по одному экземпляру *Cypripedium calceolus* L. (НСО) и *Cypripedium* × *ventricosum* Sw. (НСО); *Cypripedium macranthon* Sw. девять особей (НСО, РА); *Cypripedium guttatum* Sw. четыре (НСО, РА). Три вида, кроме *C. guttatum*, занесены в Красную книгу Российской Федерации (Красная книга..., 2008). Два вида *C. calceolus* L. и *C. macranthon* Sw. занесены в Красную книгу НСО (Красная книга..., 2008), *C. × ventricosum* Sw. рекомендуется включить в перечень при составлении нового издания книги. Вследствие этого изучение биологии и экологии представителей данных видов носит актуальный характер в решении вопроса их охраны и позволяет выполнять основную задачу ботанических садов.

Немало современных учёных занимается экологией (Юшкова, Бурова, 2014; Сулейманова, Егорова, 2020) и особенностями морфологии и географической изменчивости (Фадеева, Лукоянова, 2011; Блинова, 2012; Кириллова, 2016; Железная и др., 2017; Райская, 2017) рода *Cypripedium* в разных регионах России и не только.

Целью работы стало изучение влияния абиотических факторов трофического типа прямодействия (Заугольнова и др., 1988) на морфометрические показатели особей трёх видов орхидей рода *Cypripedium* L. в условиях *ex situ*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами наших исследований были произрастающие на территории Западной Сибири четыре вида рода *Cypripedium*. *Cypripedium macranthon* Sw., *Cypripedium calceolus* L., *Cypripedium* × *ventricosum* Sw. относятся к короткочерешчатой жизненной форме, *Cypripedium guttatum* Sw. к длиннокорневищной летнезеленой (Татаренко, 1996). Коллекционные растения произрастают в одинаковых экологических условиях в берёзово-сосново-разнотравном лесу. Биологический материал взят из природных фитоценозов. По приуроченности к фитоценозам *C. macranthon* является лугово-лесным видом, остальные башмачки – лесные. В пределах НСО местообитания рода сконцентрировано в юго-восточной части области, где произрастают в лиственных и смешанных лесах.

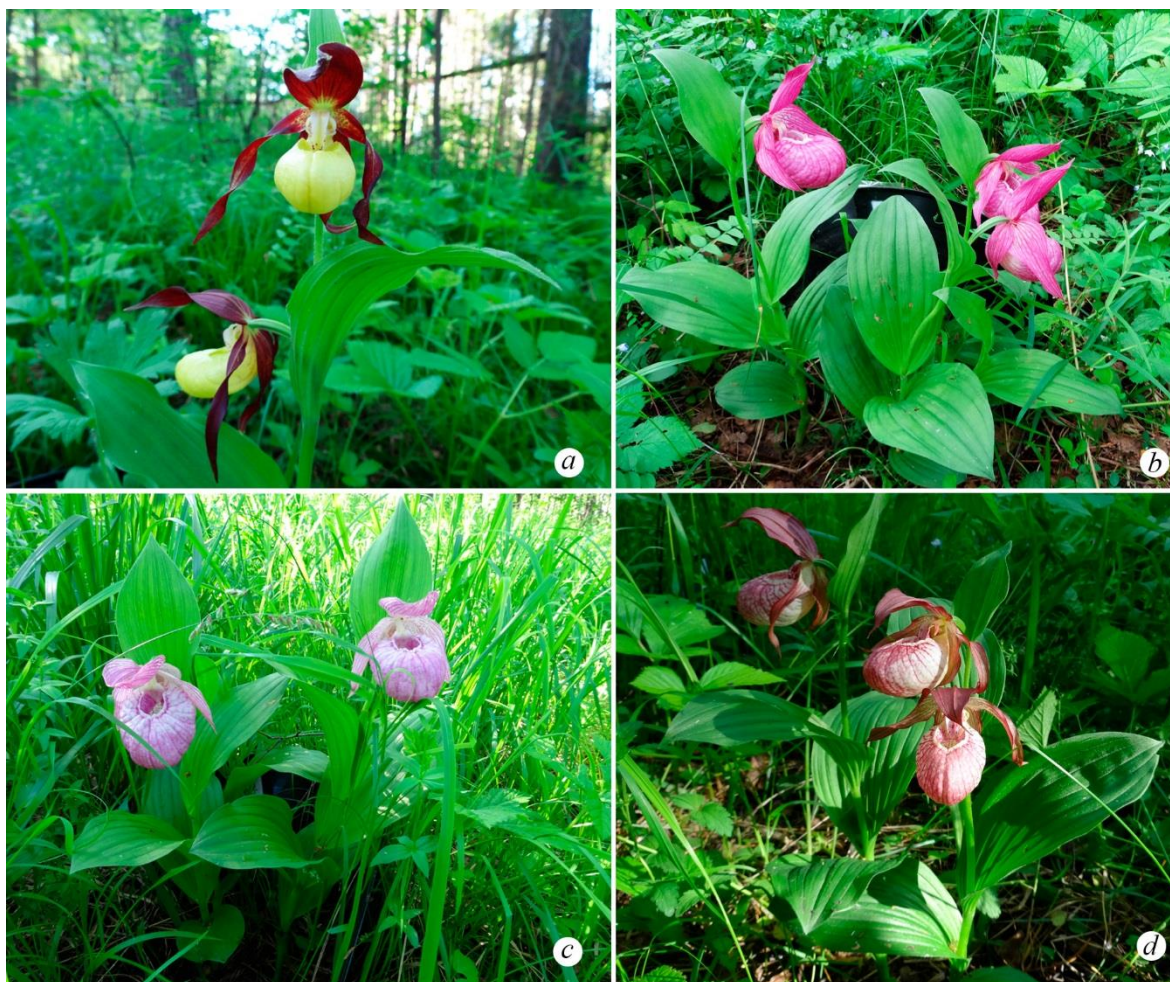


Рис. 1. Орхидеи коллекции Центрального сибирского ботанического сада
Сибирского отделения РАН

a – башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.); *б, в* – башмачок крупноцветковый (*Cypripedium macranthon* Sw.); *г* – башмачок вздутый (*Cypripedium* × *ventricosum* Sw.). Фото Л. В. Герасимович.

Растения вида *C. guttatum* (интродуцируемые с 2014 года из окрестностей села Аскат (6 шт.) и села Черга, РА (2 шт.), окрестности села Красный факел, НСО (5 шт.)) за период адаптации не образовывали генеративные побеги. Единичное растение *C. calceolus* интродуцированное в 2015 году с берега реки Койниха, НСО, с 2016 по 2020 год регулярно образовывало генеративные побеги. Особи *C. macranthon* интродуцируются с 2011 года (из окрестностей озера Манжерок, РА (7 шт.) и берег реки Койниха, НСО (3 шт.)) и образуют

генеративные побеги с переменной регулярностью. Единственное растение вида *C. × ventricosum* имеет одно место происхождения с *C. calceolus*, привезено в 2017 году, цвело на следующий год и в 2020, в 2019 году вегетировало.

Описания местообитаний в *in situ* подробно изложены в монографии и статье, посвящённых исследованиям семейства Orchidaceae (Герасимович, 2012, 2019). Стоит отметить, что это в основном светлые разреженные лиственные, берёзово- или осиново-сосновые леса со злаково-разнотравным покровом.

Коллекционные виды произрастают в одних экологических условиях в смешанном, местами закустаренном, берёзово-сосново-разнотравном лесу из *Betula pendula* Rott и *Pinus sylvestria* L., где сомкнутость крон 0,5–0,6. Подлесок представлен *Sorbus sibirica* Hedl., *Populus tremula* L. *Padus avium* Mill. Травостой, покрытие которого достигает 50–60 %, состоит из *Rubus saxatilis* L., *Dactylis glomerata* L., *Veronica chamaedrys* L., *Thalictrum appendiculatum* C. A. Mey., *Aegopodium podagraria* L., *Lotus sergiewskiae* R. Kam. et Kovalevsk., *Lathyrus pratensis* L., *Carex macroura* Meinsh., *Galium palustre* L., *Astragalus glycyphyllos* L., *Melilotoides platycarpus* (L.) Sojak, *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce.

Ещё с начала прошлого столетия было известно, что «Культура грунтовых башмачков очень легка и заключается в подражании тем условиям, при которых они растут в природе...» (Кессельринг, 1911). Культивирование башмачков описаны и в современных работах (Клюйкова, 2007; Пименова, 2018; Широков и др., 2014). Сложности в пересадке и при интродукции возникают у растений вида *C. guttatum*, так из 13 привезённых растений выжило всего 4, при этом не одно из растений так и не цвело. Проблемы с *C. guttatum* отмечал и В. Кессельринг (1911). Растения остальных трёх видов *Cypripedium* хорошо перенесли пересадку. Учитывая, что почва на не тронутой агротехникой территории при ЦСБС является лёгким суглинком, мы использовали простой метод пересадки особей с большим объёмом земли для сохранения целостности подземной части. Далее никаких агротехнических мер не предпринималось.

С учётом большого влияния на формирования биомассы были выбраны следующие климатические факторы:

- 1) $\sum T^{\circ} > 0$ – сумма температур выше 0 °С,
- 2) \sum солн. дней – число солнечных дней,
- 3) \sum осадков – сумма осадков.

Все морфометрические описания и замеры коллекционного материала проводили в период цветения растений в течение четырёх лет (с 2017 по 2020 годы) у всех генеративных побегов.

Общий процент завязывания плодов D (%) рассчитывался по формуле

$$D = A \div B \times 100 \%,$$

где: A – количество образованных плодов, B – количество цветков со всех изучаемых растений одного вида.

Для решения вопроса о принадлежности размеров устричных аппаратов и их числа на см² к видовым признакам была проведена сравнительная стоматография. Для чего брали пробу с прицветника (*ex situ*), четвёртый сантиметр от верхушки с правой стороны от центральной жилки (у *C. calceolus* был выбран нижний прицветник). Снимали по три зоны с одной пробы у каждого генеративного растения (у *C. macranthon* с трёх растений). Фотографии сделаны при помощи сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM-1000, измерения на фотографиях сделаны в программе SIAMS Photolab на базе «Центра коллективного пользования ЦСБС СО РАН». При анализе использовали методики С. Ф. Захаревича (1954). Статистический анализ сделан с использованием программы Microsoft Excel 2010.

Названия видов приводятся по С. К. Черпанову (1995).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За три года исследования *C. calceolus* цвёл каждый год, но только в 2017 году образовал плод – коробочку с полноценными семенами. *C. × ventricosum* цвёл в 2017 и 2018 годах, не плодоносил, в 2019 вегетировал. *C. macranthon* цвёл и образовывал плоды регулярно, его общий процент завязывания плодов достигал 33 % (табл. 1). Наличие в фенологическом цикле у трёх видов всех основных этапов (кроме плодоношения у *C. × ventricosum*) является показателем оптимальных экологических условий в ех situ.

Таблица 1

Плодоношение представителей видов рода *Cypripedium* (ex situ)

Вид	Годы исследований			
	2017	2018	2019	2020
<i>Cypripedium calceolus</i>	1 / 2 / 4 / 1 / 25	1 / 2 / 3 / 0 / 0	1 / 2 / 2 / 0 / 0	1 / 3 / 3 / 1 / 33
<i>Cypripedium macranthon</i>	7 / 12 / 12 / 4 / 33	7 / 13 / 13 / 2 / 15	9 / 19 / 19 / 7 / 37	8 / 15 / 15 / 4 / 27
<i>Cypripedium × ventricosum</i>	1 / 3 / 6 / 0 / 0	1 / 2 / 3 / 0 / 0	0 / 0 / 0 / 0 / 0	1 / 2 / 2 / 0 / 0

Примечание к таблице. Число генеративных растений / число г-побегов / количество цветков / количество плодов / общий процент завязывания плодов.

Исследуя зависимость метрических данных от климатических факторов, следует учитывать, что генеративный побег (г-побег) у видов *C. calceolus* и *C. macranthon* закладывается в течение двух лет. Первый год происходит заложение вегетативной части, во второй год цветка или соцветия (Амельченко и др., 1986; Полынцева и др., 1986). Изучение морфометрических показателей у г-побегов выявило наличие морфологических признаков, реагирующих на изменения климатических факторов (табл. 2 и 3). Уменьшение осадков в 2016 году привело к отсутствию в 2018 году у *C. calceolus* четырёхлистных г-побегов, а у *C. macranthon*, наоборот все особи были с четырьмя листьями. Низкие температурные показатели в 2018 году привели к появлению в 2020 году у *C. macranthon* и *C. calceolus* особей с четырёхметомерными побегам (три листа и одна чешуйка). Для *C. calceolus* самыми благоприятными показателями эко-факторов в формировании двухцветковых г-побегов оказались показатели за 2016 год, которые привели к образованию трёх г-побегов с одним и двумя цветками в 2017 году. Количество цветков у *C. × ventricosum* и *C. calceolus* зависит от суммы температур за период май-июнь предыдущего года (если сумма превышает 1000, то происходит заложение двухцветкового г-побега).

Увеличение метрических параметров цветков всех видов наблюдается при низких показателях суммы осадков текущего года, при высоких её показателях у *C. macranthon* и *C. calceolus* увеличиваются размеры листьев.

Таблица 2

Изменение климатических параметров

Параметры климата	Годы				
	2015	2016	2017	2018	2019
$\sum T^{\circ} > 0$ (°C)*	2683 / 1148	2700 / 1130	2570 / 1140	2470 / 920	2565 / 940
\sum солнечных дней*	103 / 36	80 / 24	73 / 22	86 / 22	92 / 21
\sum осадков (мм)*	380 / 105	260 / 67	350 / 110	333 / 140	300 / 70

Примечание к таблице. * – общий вегетационный период (апрель – октябрь) / период от отрастания до цветения включительно (май – июнь).

В таблице 4 представлены сравнительные морфометрические данные представителей видов в in situ (РА, НСО) и ex situ (ЦСБС). Следует отметить, что *C. calceolus* на территории РА отличается низкими показателями морфометрических параметров. Введение материала в

Данные морфометрии g-побегов трёх видов орхидей рода *Cypripedium* (ex situ)

Морфологический признак g-побега	Количественная оценка признака			
<i>Cypripedium calceolus</i>				
Высота генеративного побега, см	29,0–34,0	34,0–48,0	39,5–40,0	28,0–34,0
Число листьев (чешуек)	3(2)–4(2)	3(2)	3(2)–4(2)	3(1)–4(1)
Длина листа средней формации, см	13,5–15,0	12,5–15,0	13,5–14,5	13,5–15
Ширина листа средней формации, см	5,7–7,0	6,0–7,0	5,0–5,5	4,5–4,8
Число цветков	1–2	2	1	1
Длина верхнего листочка наружного круга, см	4,0–4,8		5,0–6,0	4,8–5,0
Ширина верхнего листочка наружного круга, см	1,0–1,3		0,8–1,0	1,6–2,0
Длина бокового листочка внутреннего круга, см	4,5–5,4		5,0–6,0	4,0–5,0
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см	0,5		0,5	0,4–0,5
Длина губы, см	2,4–2,7		3,0	3,0–3,3
Ширина губы, см	1,4–1,5		1,7–2,0	2,0–2,3
Длина прицветника, см	7,0–10,7	5,5–11,0	8,4–11,0	8,0–11,2
Ширина прицветника, см	1,2–5,2	2,0–5,5	3,0–3,5	1,9–3,4
Число генеративных побегов	3	2	2	3
Число вегетативных побегов	1	1	3	1
<i>Cypripedium macranthon</i>				
Высота генеративного побега, см	28,0–41,0	38,0–48,0	33,0–48,5	31,0–40,0
Число листьев (чешуек)	3(2)–4(2)	4(1–2)	3(2)–4(1–2)	3(1–2)–4(1–2)
Длина листа средней формации, см	12,5–16,0	13,0–19,5	13,5–19,0	12,5–19,5
Ширина листа средней формации, см	6,9–9,5	5,5–9,5	6,0–10,5	4,8–8,0
Число цветков	1	1	1	1
Длина верхнего листочка наружного круга, см	3,5–5,0	4,0–5,0	3,5–6,0	4,0–5,0
Ширина верхнего листочка наружного круга, см	2,0–4,0	2,5–3,5	2,0–4,0	2,6–3,6
Длина бокового листочка внутреннего круга, см	3,5–5,0	4,5–6,0	4,0–5,5	4,5–5,7
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см	0,9–1,8	1,5–2,5	1,0–2,5	1,5–2,6
Длина губы, см	3,0–5,5	3,5–6,0	3,5–6,5	4,5–6,0
Ширина губы, см	2,0–4,0	2,5–4,0	3,0–4,5	3,4–5,0
Длина прицветника, см	7,0–9,8	8,5–11,0	8,5–11,5	7,4–13,0
Ширина прицветника, см	3,2–5,8	3,5–6,5	3,0–6,5	3,0–6,4
Число генеративных побегов,	(0)1–2(4)	1–3	1–3(4)	(0)1–3
Число вегетативных побегов	1–2(3)	(0)1–3(7)	0–2(4)	(0)1–3(7)
<i>Cypripedium × ventricosum</i>				
Высота генеративного побега, см		33,0–35,0		32,0–39,0
Число листьев (чешуек)		3(2)–4(1)		3(2)–4(2)
Длина листа средней формации, см		13,5–14,0		15,5–16,5
Ширина листа средней формации, см		7,5–8,5		8,5–9,7
Число цветков		1–2		1
Длина верхнего листочка наружного круга, см		4,5–5,0		5,0–5,3
Ширина верхнего листочка наружного круга, см		2,0–2,5		2,6–3,2
Длина бокового листочка внутреннего круга, см		4,5–5,5		5,5–5,6
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см		0,8–1,0		1,0–1,2
Длина губы, см		3,5–4,0		4,5–5,0
Ширина губы, см		2,5		3,2–3,4
Длина прицветника, см		5,0–10,0		10,2–11,5
Ширина прицветника, см		3,0–6,0		5,4–6,4
Число генеративных побегов		2	0	2
Число вегетативных побегов		1	3	1

ex situ привело к уменьшению размеров вегетативной части и незначительному увеличению генеративной части побега. У *C. macranthon* особи в условиях ex situ проявили адаптационную реакцию в сторону уменьшения практически всех морфометрических параметров. Самым адаптационно индифферентным из трёх видов оказался их гибрид *C. × ventricosum*, у которого особь в условиях ex situ ни чем не отличилась от особей in situ.

Изложенные выше данные позволяют нам отметить наличие значительной адаптационной реакции у *C. calceolus* и *C. macranthon* и относительную адаптационную инертность у *C. × ventricosum*. Таким образом, экологическим оптимумом в абиотических факторах для трёх изученных видов из рода *Cypripedium* являются показатели за 2018 год. Которые стали оптимальными для заложения в почках возобновления зачатков цветков, что привело к 100 % цветению особей у *C. macranthon* в 2019 году. Климатическими факторами изменения которых приводили к изменениям в морфометрии g-побегов у исследуемых видов стали факторы – сумма температур выше 0 °С и сумма осадков.

Таблица 4

Морфометрические характеристики g-побегов трёх видов орхидей из рода *Cypripedium* из разных регионов (ex situ, in situ)

Морфологические признаки g-побегов	Республика Алтай* (in situ)	Новосибирская область** (in situ)	Коллекция ЦСБС (ex situ)
1	2	3	4
<i>Cypripedium calceolus</i>			
Высота генеративного побега, см	17,0–50,0	30,0–60,0	28,0–48,0
Число листьев	3–4	3–4	3–4
Длина листа, см	10,0–13,0	13–15,5	12,5–15,0
Ширина листа, см	3,0–6,0	4,0–10,5	4,5–7,0
Число цветков	1–2	1–2	1–2
Длина верхнего листочка наружного круга, см		3,5–5,5	4,0–6,0
Ширина верхнего листочка наружного круга, см		1–2	0,8–2,0
Длина бокового листочка внутреннего круга, см		4,0–5,1	4,0–6,0
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см		0,4–0,5	0,4–0,5
Длина губы, см		3,0–3,5	2,4–3,3
Ширина губы, см		1,5–2,0	1,4–2,3
Длина прицветника, см	4,0–5,0	7,5–9,5	5,5–11,2
Ширина прицветника, см	1,5–2,0	2,5–5,5	1,2–5,5
Число генеративных побегов		1–6(26)	2–3
Число вегетативных побегов		(0)2–3(6)	1–3
<i>Cypripedium macranthon</i>			
Высота генеративного побега, см	30,0–40,0	29,0–50,0	28,0–48,5
Число листьев	3–5	3–5	3–4
Длина листа, см	11,0–14,0	11,0–19,0	12,5–19,5
Ширина листа, см	6,0–7,6	5,0–12,0	4,8–10,5
Число цветков	1	1	1
Длина верхнего листочка наружного круга, см		4,5–5,2	3,5–6,0
Ширина верхнего листочка наружного круга, см		3,3–4,0	2,0–4,0
Длина бокового листочка внутреннего круга, см		4,9–6,5	3,5–6,0
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см		1,9–2,7	0,9–2,6
Длина губы, см	4,5–5,0	4,0–6,5	3,0–6,5
Ширина губы, см	3,8–4,5	3,0–5,0	2,0–5,0
Длина прицветника, см	7,5–11,0	9,0–14,2	7,0–13,0
Ширина прицветника, см	2,7–5,8	3,5–8,5	3,0–6,5
Число генеративных побегов	1–2	3–5 (11)	(0)1–3(4)
Число вегетативных побегов	0–3(7)	1–3	(0)1–3(7)
<i>Cypripedium × ventricosum</i>			
Высота генеративного побега, см	15,0–60,0	27,0–60,0	32,0–39,0
Число листьев	3–4	3–4	3–4
Длина листа, см	6,0–16,0	11,5–17,5	13,5–16,5

Таблица 4 (Продолжение)

Ширина листа, см	4,0–10,0	4,0–10,2	7,5–9,7
Число цветков		1–2	1–2
Длина верхнего листочка наружного круга, см		3,0–6,5	4,5–5,3
Ширина верхнего листочка наружного круга, см		1,8–3,5	2,0–3,2
Длина бокового листочка внутреннего круга, см		4,0–6,2	4,5–5,6
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см		0,6–1,0	0,8–1,2
Длина губы, см	3,0–5,0	3,5–5,2	3,5–5,0
Ширина губы, см	2,0–3,0	2,0–3,7	2,5–3,4
Длина прицветника, см		8,5–13,2	5,0–11,5
Ширина прицветника, см		3,6–7,2	3,0–6,4
Число генеративных побегов		7–13 (51)	0–2
Число вегетативных побегов		1–2 (7)	0–3

Примечание к таблице. * – характеристики *C. calceolus* и *C. × ventricosum* приводятся по Л. В. Герасимович (2012), характеристики *C. macranthon* – по особям из региона донора в 2011 году (озеро Манжерок). ** – данные по всем видам собраны с 2011 по 2020 год.

Нижний эпидермис прицветников не имеет отличий от такового у листьев. Описание нижнего эпидермиса представлено нами на примере представителей вида *C. macranthon* в статье (Герасимович, 2019). В данном исследовании нами были обнаружены значительные отличия в метрических данных устьичного аппарата в нижнем эпидермисе прицветников среди исследуемых видов рода *Cypripedium* (табл. 5, рис. 1). Самые крупные, но с низким

Таблица 5

Морфометрические характеристики устьичного аппарата у трёх видов рода *Cypripedium* (2018–2020 гг.)

Параметры	<i>Cypripedium calceolus</i>		<i>Cypripedium macranthon</i>		<i>Cypripedium × ventricosum</i>	
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
$\bar{x} \pm S$ (мкм)	49,92±4,16	47,95±4,26	58,34±6,11	51,98±4,58	46,02±4,63	46,11±5,71
S_x	0,25	0,26	0,52	0,39	0,24	0,30
V (%)	8,33	8,88	10,47	8,81	10,06	12,38
r	0,20		0,11		0,13	
min–max (мкм)	37–62	3–64	42–77	40–64	31–60	33–69
Число устьиц	26–30		27–34		40–54	

Примечание к таблице. \bar{x} – среднее арифметическое значение признака; S – стандартное отклонение; S_x – ошибка среднего арифметического значения; V (%) – коэффициент вариации (до 10 % – незначительная изменчивость, 10–20 % – средняя, выше 20 % – значительная); r – коэффициент корреляции.

коэффициентом корреляции между длиной и шириной, устьичные аппараты были обнаружены у *C. macranthon*. Самые мелкие у *C. × ventricosum*, но здесь размер компенсируется их численностью на 1 см², при этом средние значения длины и ширины практически равны. Средней величины устьица у *C. calceolus* отличаются самыми высокими среди видов коэффициентами корреляции и вариации.

Если сравнивать размеры устьичного аппарата и количество на 1 см² с данными из Приморского края (Солохин, 2005), видно, что размеры у особей из коллекции ЦСБС больше, а количество, кроме *C. × ventricosum*, меньше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбранное нами место для интродукции отличается оптимальными эко-условиями, что подтверждается наличием у адаптирующихся особей всех основных этапов в фенологическом цикле (кроме плодоношения у *C. × ventricosum*).

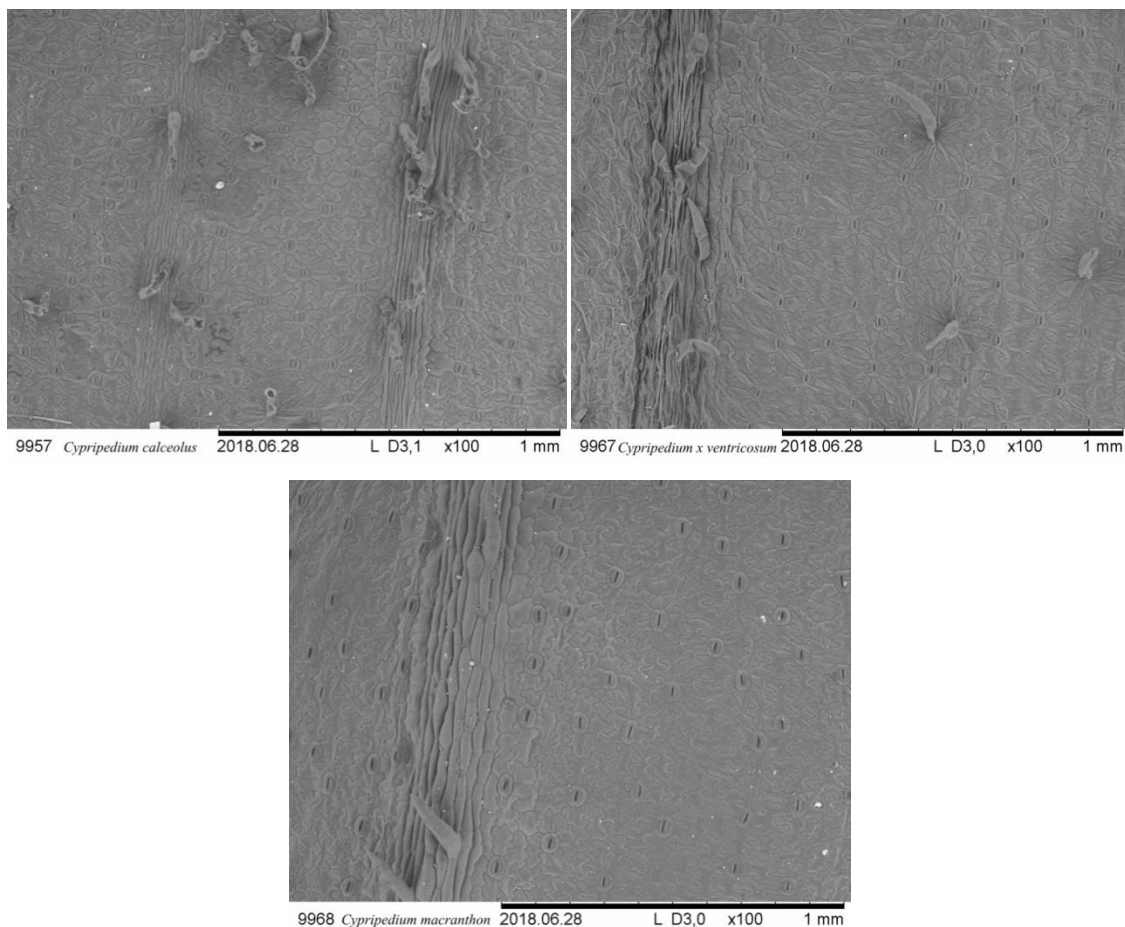


Рис. 1. Нижний эпидермис прицветника трёх видов орхидей из рода *Cypripedium*

При проведении сравнительного анализа морфометрических признаков у генеративных особей видов рода *Cypripedium* были выявлены морфометрические изменения, связанные с ответом на изменения естественных экологических условий. Введение *C. calceolus* в *ex situ* привело к уменьшению размеров вегетативной части и незначительному увеличению генеративной части побега. У *C. macranthum* в условиях *ex situ* уменьшились практически все морфометрические параметры. Особь *C. × ventricosum*, в условиях *ex situ* ничем не отличилась от особей *in situ*.

Среди абиотических факторов экологическим оптимумом для трёх изученных видов из рода *Cypripedium* являются показатели за 2018 год. Факторы этого же года стали оптимальными для развития почек возобновления в зачатки цветка, что привело к 100 % цветению особей у *C. macranthum* в 2019 году.

Нами отмечены значительные отличия, при одинаковых эко-условиях, в размерах устьиц и их количестве на 1 см² у разных видов. Самые крупные, но с низким коэффициентом корреляции между длиной и шириной, устьица были обнаружены у *C. macranthum*. Самые мелкие у *C. × ventricosum*, с высокой численностью до 54 штук на 1 см². Средней величины устьица у *C. calceolus* отличаются самыми высокими среди видов коэффициентами корреляции и вариации.

Проведенные нами исследования в совокупности с полученными данными дают нам возможность формировать представления об экологии, биологии и адаптационных возможностях представителей семейства Orchidaceae.

Исследования выполнены в рамках проекта Анализ биоразнообразия сохранения и восстановления редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов (AAAA-A21-121011290025-2).

Список литературы

- Амельченко В. П., Игнатенко Н. А., Агафонова Г. И., Польшцева Н. А., Утемова Л. Д. Башмачок настоящий – *Cypripedium calceolus* L. // Биологические особенности растений Сибири, нуждающихся в охране / [Отв. ред. К. А. Соболевская]. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 18–26.
- Блинова И. В. Особенности географической изменчивости ряда наземных европейских орхидных // Экология. – 2012. – № 2. – С. 106–111.
- Герасимович Л. В. Орхидные (Orchidaceae) Горного Алтая. – Новосибирск: Академ. изд-во ГЕО, 2012. – 120 с.
- Герасимович Л. В. Экологическая зависимость морфологических признаков генеративных побегов *Cypripedium macranthon* от типа фитоценоза // Экосистемы. – 2019. – № 19. – С. 78–84.
- Железная Е. Л., Гарджуло Р., Фэй М. Ф. Популяционно-генетические особенности *Cypripedium calceolus* L. в России // Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению: Матер. межд. науч. конф. посвящённой 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета. (Тверь, 8–11 ноября 2017 г.) – Тверь, 2017. – 2017. – С. 97–99.
- Заугольнова Л. Б., Жукова А. А., Комарова А. С., Смирнова О. В. Ценопопуляция растений (очерки популяционной биологии). – М.: Наука, 1988. – 180 с.
- Захаревич С. Ф. К методике описания эпидермиса листа // Вестник Ленинградского университета. – 1954. – № 4. – С. 65–75.
- Кессельринг В. Культура грунтовых орхидей // Прогрессивное садоводство и огородничество. – 1911. – № 1. – С. 13–15. / Орхидология на рубеже XIX–XX столетий / [Ред. Р. В. Иванников]. – Киев: НБС им. Н. Н. Гришко, 2016. – С. 117–118.
- Кессельринг В. Культура грунтовых орхидей // Прогрессивное садоводство и огородничество. – 1911. – № 3. – С. 81–83. / Орхидология на рубеже XIX–XX столетий / [Ред. Р. В. Иванников]. – Киев: НБС им. Н. Н. Гришко, 2016. – С. 120–121.
- Кириллова И. А. Фенотипическая изменчивость *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) на северном пределе распространения // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2016. – № 4 (28). – С. 46–54.
- Клейко И. С. Орхидные природной флоры в коллекции ботанического сада Тверского государственного университета // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и Экология». – 2007. – № 3. – С. 183–186.
- Красная книга Новосибирской области: Животные, растения и грибы. – Новосибирск: Арта, 2008. – 528 с.
- Красная книга Российской Федерации. – М., 2008. – 856 с.
- Пименова А. А. Особенности выращивания лесных видов семейства Orchidaceae отечественной флоры в коллекции БИН РАН им. В. Л. Комарова // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: Сборник матер. межд. научно-практ. конф. молодых учёных / [Под общей редакцией А. А. Егорова] (Санкт-Петербург, 13–14 ноября 2007). – Санкт-Петербург, 2008. – С. 110–112.
- Польшцева Н. А., Утемова Л. Д., Амельченко В. П., Игнатенко Н. А., Агафонова Г. И. Башмачок крупноцветковый – *Cypripedium macranthon* Sw. // Биологические особенности растений Сибири, нуждающихся в охране / [Отв. ред. К. А. Соболевская]. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 7–17.
- Райская Ю. Г. Морфологические показатели *Cypripedium macranthon* Sw. (Orchidaceae) на побережье Подкаменной Тунгуски (Южная Эвенкия) / Проблемы изучения растительного покрова Сибири. Матер. VI межд. науч. конф., посвящённой 100-летию со дня рождения А. В. Положий. (Томск, 24–26 октября 2017 г.). – Томск, 2017. – С. 224–226.
- Солохин А. В., Волкова С. А., Горовой П. Г. Стоматография листьев короткокорневищных видов *Cypripedium* (Orchidaceae) Восточной Сибири и Дальнего Востока. // Turczaninowia. – 2005. – №8 (2). – С. 69–74.
- Сулейманова В. Н., Егорова Н. Ю. К экологии *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) в Кировской области // Учёные записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72). – № 2. – С. 234–248.
- Татаренко И. В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны. – М.: Аргус, 1996. – 207 с.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – Русское издание СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
- Широков А. И., Салохин А. В., Сырова В. В., Крюков Л. А. Результаты создания коллекции рода *Cypripedium* в НИИ Ботанический сад Нижегородского государственного университета // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского. – 2014. – № 3 (3). – С. 150–153.
- Юшкова А. А., Бутова Н. В. Экологическая характеристика местообитаний *Cypripedium calceolus* L. на территории Архангельской области // Евразийский Союз Учёных. Биологические науки. – 2014. – № 7 – 2 (7). – С. 150–151.
- Фардеева М. Б., Лукоянова С. В. Виталитетная структура и различные подходы к её изучению на примере *Cypripedium calceolus* L. // Журнал «Филология и культура. Philology and Culture». – 2011. – № 2 (24). – С. 60–65.

Gerasimovich L. V. The genus *Cypripedium* in the collection of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch Russian Academy of Sciences // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 82–91.

The article is devoted to the study of the genus *Cypripedium* L., three of the studied species of this genus are included in the Red Book of the Russian Federation. Biological material was taken from natural phytocenoses of the Novosibirsk region and the Altai Republic and introduced on the collection site of the Central Siberian Botanical Garden. The adaptive response of individuals was studied at the morphological level depending on environmental changes in ex situ conditions. The presence of all main stages in the phenological cycle in the adapting representatives of the three species (except for fruiting in *Cypripedium* × *ventricosum*) is an indicator of optimal ecological conditions for ex situ. A comparative analysis of morphometric characters in generative individuals was carried out and significant differences between in situ and ex situ were revealed. The adaptive changes associated with the response to natural abiotic ecological conditions were also identified. The revealed differences in morphometric data for the three species allow us to note the presence of a significant adaptive reaction in *C. calceolus* and *C. macranthon* and relative adaptive inertia in *C. × ventricosum*. The ecological optimum in abiotic factors for the three studied species from the genus *Cypripedium* is the indicators for 2018. The factors for 2018 became optimal for the development of generative buds, which led to 100 % flowering of individuals in *C. macranthon* in 2019. We also performed a dental analysis of the lower surface of the bracts in three species and studied the morphology of the stomatal apparatus. We have noted significant differences between the species, under the same eco-conditions, in the size of stomata and their number per 1 cm².

Key words: Orchidaceae, *Cypripedium calceolus*, *Cypripedium macranthon*, *Cypripedium* × *ventricosum*, adaptive variability, morphometry, morphology, bracts stomatography, stomatal apparatus.

Поступила в редакцию 21.08.20
Принята к печати 28.10.20