

## МОРФОЛОГИЯ И АНАТОМИЯ

УДК 581.93:581.524.2(571.63)

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *RHODIOLA KIRILOWII* (REGEL) MAXIM. И *R. SEMENOVII* (REGEL & HERD.) BORISS. (CRASSULACEAE DC.) В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ОСВЕЩЁННОСТИ EX SITU В СТЕПНОЙ ЗОНЕ

© А.З. Глухов, Л.В. Привалко

ГУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, ДНР

Дана оценка влияния освещённости местопрорастания на биологические особенности и сезонную динамику развития *R. kirilowii* (Regel) Maxim. и *R. semenowii* (Regel & Herd.) Boriss. *ex situ* в условиях степной зоны. Выявлено, что при выращивании *R. kirilowii* и *R. semenowii* в различных условиях освещённости у растений достоверно изменяются показатели высоты, количества вегетативных и генеративных побегов, ширины листовой пластинки и количества цветков в соцветиях. Сезонная динамика развития *R. kirilowii* лабильна при изменении светового режима, при этом на затенённых участках на 20% сократился период цветения. Поэтому данный вид можно использовать при озеленении участков только с высокой степенью освещённости. У *R. semenowii* освещённость местопрорастания достоверно не повлияла на сезонную динамику развития и продолжительность периодов максимальной и общей декоративности, что позволяет рекомендовать данный вид для фитокомпозиций с различным световым режимом.

**Ключевые слова:** биологические особенности, *Rhodiola kirilowii*, *Rhodiola semenowii*, освещённость, степная зона, декоративность

#### Введение

Свет является одним из ведущих факторов, регулирующих процессы морфогенеза растений. При интродукции растений в условия с иной длиной светового дня часто отмечается их замедленное развитие, образование меньшего количества генеративных побегов или их отсутствие (Хржановский В.Г. и др., 1986), так как со сменой светового режима изменяется биосинтез функционально-активных продуктов, что приводит к изменению морфологических особенностей растений и, в частности, влияет на их декоративность (Куперман Ф.М., 1978; Ничипорович А.А. и др., 1985).

Для степной растительности важна способность выдерживать повышенный уровень солнечной радиации, длительные засухи и высокие температуры воздуха и почвы летом, а также морозные малоснежные зимы. Для видов, у которых снижается декоративность при высоких показателях освещённости и температуры, перспективным может оказаться их выращивание в затенённых местопрорастаниях, что может существенно расширить ассортимент видов, используемых в зелёном строительстве степной зоны. Поэтому актуальным является изучение влияния светового режима на рост, развитие и декоративность растений.

Виды рода *Rhodiola* L. (Родиола) семейства Crassulaceae DC. растут в горных системах Центральной Азии, Восточной и Западной Европы, на Памире, Тянь-Шане, Алтае, в Саянах, реже – в Северной Америке на каменистых почвах, по скалам, на лесных лугах, альпийских лужайках (Флора Казахстана, 1961; Флора Западной Сибири, 1964; Краснов Е.А. и др., 1979) и характеризуются устойчивостью к засушливым условиям, морозостойкостью, нетребовательностью к плодородию почвы и продолжительным периодом декоративности (Полетико и др., 1967; Привалко, 2010), благодаря чему заслуживают более широкого использования в фитодизайне.

**Цель работы** – выявить биологические особенности *R. kirilowii* и *R. semenowii* в условиях разной освещённости *ex situ* в степной зоне. Для этого проанализировано влияние освещённости местопрорастания на биологические характеристики и сезонную динамику развития исследованных видов рода *Rhodiola*, а также определена корреляция между световым режимом и их ростом, развитием и декоративностью.

#### Материал и методика

По биоэкологической паспортизации (Бельгардт, 1980) *R. kirilowii* и *R. semenowii* – вегетативно неподвижные стержнекорневые короткокорневищные многолетники; гемикриптофиты; мало- или умеренно требовательные к плодородию почвы; энтомофильные эуксерофиты; барохоры; *R. kirilowii* – сциогелиофит, петрофит, хасмофит, *R. semenowii* – гелиофит, хасмофит, сильвант, горное. Экологически *R. kirilowii* приурочена к трещинам скал, склонам, перевалам Средней Азии (Тянь-Шань, Памиро-Алай, Тибет), *R. semenowii* – к увлажненным каменистым почвам, берегам рек, горным лесам, перевалам, мохово-альпийским лужайкам и болотцам, высоте до 3500 м в Средней Азии (Тянь-Шань, Памиро-Алай, эндем) (Борисова, 1970).

Мобилизацию объектов исследования провели семени, полученными в 2003 г.: *R. kirilowii* – из Мюнхенского ботанического сада (Германия), *R. semenowii* – из университетского ботанического сада г. Грац (Австрия). Видовые названия указаны с учетом современных номенклатурных сводок (The Plant List, 2013).

Территориально Донецкий ботанический сад (ДБС) расположен в Донецком округе Приазовско-Черноморской степной и Причерноморской степной провинций Европейско-Азиатской степной зоны Голарктического Доминиона (Геоботаничне районування Української РСР, 1977). Для района характерна годовая суммарная солнечная радиация 1200–1400 кВт/м<sup>2</sup>. Среднегодовое количество осадков 450–520 мм, из них за вегетационный период выпадает 260–310 мм. Наибольшее их количество приходится на первую половину лета, наименьшее – на февраль. В течение лета нередки продолжительные периоды без осадков. Количество засушливых дней – 38–59. Засухи и суховеи отмечаются преимущественно во второй половине лета, а в отдельные годы и весной. Средняя годовая температура воздуха +6,0–7,8°С. Продолжительность периода со среднесуточными температурами выше +10°С составляет 165–170 дней. Сумма температур за этот период равна 2900–3100°С. Последние весенние заморозки прекращаются в среднем 21–28 апреля, а первые осенние начинаются 6–12 октября. Зимы чаще всего малоснежные, с неустойчивым снежным покровом и частыми оттепелями. Иногда наблюдаются резкие перепады температур, приводящие к образованию изморозей и гололеда (Бабиченко В.Н. и др., 1984).

Для проведения исследований на территории ДБС были заложены 2 варианта экспериментальных участков – освещенные и затененные – в трех повторностях. На все участки высадили по 30 шт. предварительно укорененных в условиях защищенного грунта черенков изучаемых видов. Растения выращивали без дополнительного полива, в условиях естественной длины дня и интенсивности освещения. Степень освещенности участков измеряли люксметром Ю–116 ежедневно в 8<sup>15</sup>, 12<sup>00</sup> и 15<sup>45</sup>.

Определение влияния степени освещенности местопрорастания на биоморфологические характеристики растений проводили по методике Р.М. Клейна и Д.Т. Клейн (1974). Высоту и диаметр растений, размер листовых пластинок, количество вегетативных и генеративных побегов, количество цветков в соцветии и их диаметр определяли ежегодно в течение пяти лет во время массового цветения, так как в этот период побеги, листья, соцветия и цветки уже окончательно сформированы.

Для статистического анализа полученных данных использовали методику Ю.Г. Приседского (1999).

Наблюдения за изменением ритма сезонного развития растений под влиянием разной степени освещенности и обработку полученных результатов проводили по общепринятым методикам (Карписонова, 1972, Зайцев, 1974, Лапин, 1981).

### Результаты и их обсуждение

За 5 лет наблюдений на незатененных экспериментальных участках минимальная среднемесячная освещенность отмечена в январе (17000 люкс), максимальная – в июле (36000 люкс), максимальная за год – 23000 люкс, минимальная за год – 20000 люкс; на затененных – соответственно 8000 люкс, 19000 люкс, 10000 люкс и 11000 люкс.

У *R. kirilowii* на затененных экспериментальных участках отмечена достоверная тенденция к уменьшению высоты растений, количества вегетативных и генеративных побегов и увеличению ширины листовой пластинки, а также количества цветков в соцветиях (табл. 1). Диаметр растений, длина листовой пластинки и диаметр цветков существенно не изменялись. При этом незначительная лабильность вариационного ряда (менее 10%) отмечена у показателей длины и ширины листовой пластинки и диаметра цветков; средняя (10–20%) – высоты и диаметра растений и количества цветков в соцветии при затенении; высокая (21–33%) – количества вегетативных и генеративных побегов и количества цветков в соцветии на незатененных участках.

У *R. semenowii* на затененных участках происходило достоверное уменьшение высоты растений и количества вегетативных и генеративных побегов и увеличение ширины листовых пластинок и количества цветков в соцветии (табл. 2). Остальные показатели достоверно не изменялись. Незначительный коэффициент вариации (менее 10%) отмечен у показателей длины листовой пластинки и диаметра цветков, а также высоты растений на освещенных участках, ширины листовой пластинки при затенении; средний (10–20%) – диаметра растений, а также на освещенных участках ширины листовой пластинки, количества вегетативных и генеративных побегов, количества цветков в соцветии; высокий (21–33%) – на затененных участках у высоты растений и количества генеративных побегов. Коэффициент вариации показателей количества вегетативных побегов (при затенении) и количества цветков в соцветии (на освещенных участках) превышает 33%, что свидетельствует о неоднородности выборки.

При введении в культуру растений инорайонных флор одним из приспособлений к новым условиям произрастания является изменение сезонной ритмики их развития. В условиях степной зоны у *R. kirilowii* и *R. semenowii* надземное развитие проходит при положительной сумме среднесуточных температур воздуха и прекращается с наступлением заморозков. Вегетационный период составляет в среднем 210 дней. Наиболее подвержены колебаниям сроки начала весеннего отрастания, бутонизации и цветения. Меньше варьируют сроки плодоношения, приходящегося на традиционные для степной зоны жаркие летние месяцы, а также сроки отмирания листьев и окончания вегетации, как правило, сопряженные с осенними заморозками.

Определение зависимости сроков прохождения видом фенологических фаз от освещенности его местопрорастания необходимо для прогнозирования декоративности вида в составе фитокомпозиций с различным световым режимом. В течение пяти лет (табл. 3) *R. kirilowii* на затененных участках с опозданием вступала во все фенологические фазы, за исключением фаз «отмирание листьев» и «окончание вегетации». Главным критерием при подборе травянистых растений для создания тех или иных типов зеленых насаждений в разных экологических условиях являются сроки и продолжительность периода их вегетации и цветения, то есть сроки и продолжительность общей и максимальной декоративности. Продолжительность периода «на-

Таблица 1

Биометрические показатели *Rhodiola kirilowii* пятого года жизни в условиях разной освещенности местопроизрастаний

Биометрические показатели	Условия освещенности				
	○		Т	●	
	CV	M±m		CV	M±m
Высота растений, см	18,70	46,22±2,88	4,44***	10,83	32,00±1,41
Диаметр растений, см	10,53	27,20±1,28	0,14	18,66	28,20±2,35
Длина листовой пластинки, см	8,73	6,06±0,19	0,96	6,47	6,32±0,18
Ширина листовой пластинки, см	6,12	1,33±0,03	6,83***	6,55	1,74±0,05
Количество вегетативных побегов, шт.	21,37	5,67±0,49	7,04***	21,35	2,29±0,18
Количество генеративных побегов, шт.	21,37	5,67±0,49	7,04***	21,35	2,29±0,18
Количество цветков в соцветии, шт.	30,82	28,33±3,57	3,35**	16,44	44,40±3,26
Диаметр цветков, см	3,51	1,56±0,02	0,06	3,80	1,44±0,02

Примечания: условия освещенности местопроизрастаний: символ «○» – высокая освещенность, символ «●» – затенение; CV – коэффициент вариации; M±m – среднее арифметическое ± ошибка среднего; Т – t-критерий Стьюдента; различия достоверны при P≥0,99 (\*\*), P≥0,999 (\*\*\*).

Таблица 2

Биометрические показатели *Rhodiola semenowii* пятого года жизни в условиях разной освещенности местопроизрастаний

Биометрические показатели	Условия освещенности				
	○		Т	●	
	CV	M±m		CV	M±m
Высота растений, см	9,66	39,50±1,35	13,46***	21,77	15,00±1,23
Диаметр растений, см	19,07	39,63±2,67	3,27**	18,67	28,50±2,17
Длина листовой пластинки, см	9,59	5,57±0,20	5,35***	4,26	6,80±0,12
Ширина листовой пластинки, см	13,96	1,91±0,10	3,60**	2,28	2,27±0,02
Количество вегетативных побегов, шт.	19,85	12,14±0,91	11,22***	93,54	1,14±0,40
Количество генеративных побегов, шт.	19,85	12,14±0,91	10,06***	22,29	2,88±0,23
Количество цветков в соцветии, шт.	15,66	33,88±1,88	1,23	34,15	28,50±3,97
Диаметр цветков, см	3,42	1,58±0,02	1,00	0,00	1,60±0,00

Примечания: условия освещенности местопроизрастаний: символ «○» – высокая освещенность, символ «●» – затенение; CV – коэффициент вариации; M±m – среднее арифметическое ± ошибка среднего; Т – t-критерий Стьюдента; различия достоверны при P≥0,99 (\*\*), P≥0,999 (\*\*\*).

Таблица 3

Средние за 5 лет даты начала фенологических фаз у *Rhodiola kirilowii* и *R. semenowii* в условиях степной зоны

Условия освещенности	Даты вступления растений в фенологические фазы							
	B <sub>1</sub>	Б	Ц <sup>1</sup>	Ц <sup>2</sup>	Пл <sup>1</sup>	Пл <sup>2</sup>	Л <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>
<i>Rhodiola kirilowii</i>								
○	18.03–4.04	16.05–1.06	24.05–11.06	20.6–29.06	20.06–30.06	24.07–8.08	21.10–24.10	21.10–24.10
●	22.03–15.04	26.05–1.06	02.06–03.07	25.06–2.07	20.06–12.07	31.07–8.08	21.10–24.10	21.10–24.10
<i>R. semenowii</i>								
○	19.03–25.04	11.06–29.06	20.06–04.07	12.07–18.07	30.06–28.07	10.08–27.08	21.10–24.10	21.10–24.10
●	02.04–04.05	11.06–29.06	20.06–04.07	12.07–20.07	11.07–28.07	10.08–27.08	21.10–24.10	21.10–24.10

Примечания: условия освещенности местопроизрастаний: символ «○» – высокая освещенность, символ «●» – затенение; B<sub>1</sub> – начало весеннего отрастания, Б – появление бутонов, Ц<sup>1</sup> – начало цветения, Ц<sup>2</sup> – окончание цветения, Пл<sup>1</sup> – завязывание плодов, Пл<sup>2</sup> – полное созревание плодов, Л<sup>1</sup> – отмирание листьев, B<sup>2</sup> – окончание вегетации.

чало весеннего отрастания – окончание вегетации» у *R. kirilowii* на освещённых участках – до 220-ти дней, на затенённых – до 216-ти, периода «начало–конец цветения» – до 36-ти и 30-ти дней соответственно. То есть, у *R. kirilowii* при затенении значительно (на 20%) сокращается период максимальной декоративности и несущественно общей.

У *R. semenowii* (табл. 3) при затенении позже начинались весеннее отрастание и завязывание плодов, в остальные фазы растения на всех участках вступали синхронно. Период «начало весеннего отрастания – окончание вегетации» на освещённых участках длился до 219-ти дней, на затенённых – до 205-ти, период «начало–конец цветения» – до 28-ми и 30-ти дней соответственно. То есть освещённость местопроизрастания не оказала значительного влияния на продолжительность максимальной и общей декоративности *R. semenowii*.

#### Выводы

При выращивании *R. kirilowii* и *R. semenowii* в разных условиях освещённости *ex situ* в степной зоне достоверно различаются показатели высоты растений, количества вегетативных и генеративных побегов, ширины листовой пластинки и количества цветков в соцветиях.

У *R. kirilowii* при изменении светового режима местопроизрастания сезонная динамика развития лабильна. При этом в затенении на 20% сокращается период цветения. В связи с этим, *R. kirilowii* рекомендуется использовать при озеленении участков только с высокой степенью освещённости.

Сезонная динамика развития и продолжительность периодов максимальной и общей декоративности *R. semenowii* достоверно не зависят от освещённости местопроизрастания, что позволяет рекомендовать данный вид для использования в фитокомпозициях с различным световым режимом.

#### ЛИТЕРАТУРА

Бабиченко В.Н., Барабаш М.Б., Логвинов К.Т. и др. Природа Украинской ССР: Климат. – Киев: Наук. думка, 1984. – 232 с.

Бельгардт А.Л. К вопросу об экологическом анализе и структуре лесных фитоценозов в степи // Вопросы биологической диагностики лесных биогеоценозов Приморья. – Днепропетровск, 1980. – С. 12–43.

Борисова А.Г. Конспект системы сем. Crassulaceae DC. флоры СССР (добавления и изменения) // Новости систематики высших растений. – Л., 1969. – Т.6. – С. 112–121.

Геоботаничне районування Української РСР. – К.: Наук. думка, 1977. – 302 с.

Зайцев Г.Н. Обработка результатов фенологических наблюдений в ботанических садах // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. 1974. – Вып. 94. – С. 3–10.

Карпионов П.А. Методика фенологических наблюдений за травянистыми многолетниками в ботанических садах СССР. – М., 1972. – 135 с.

Клейн Р.М. Методы исследования растений. – М., 1974. – 526 с.

Куперман Ф.М. Исследование закономерностей морфогенеза растений методом выращивания их в условиях разных световых режимов // Свет и морфогенез растений / Под ред. Ф. М. Купермана, Е.И. Ржановской. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. – С. 8–43.

Краснов Е.А., Саратиков А.С., Суров Ю.П. Растения семейства Толстянковых. – Томск, 1979. – 207 с.

Лалин П.И. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Бюл. ГБС СССР. 1981. – Вып. 113. – С. 3–8.

Ничипорович А.А., Кефели В.И., Акназаров О.А. Действие световых факторов высокогорий Памира на жизнедеятельность растений. – Душанбе: Дониш, 1985. – 216 с.

Полетико О.М., Мищенко А.П. Декоративные травянистые растения открытого грунта. Справочник по номенклатуре родов и видов. – Л., 1967. – 207 с.

Привалко Л.В. Декоративные толстянковые для использования в ландшафтном фитодизайне: рекомендации / Под общ. ред. А.З. Глухова. – Донецк, 2010. – 20 с.

Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк, 1999. – 210 с.

Флора Западной Сибири. – Томск, 1964. – Т.12. – 327 с.

Флора Казахстана: в 9 т. Алма-Ата, 1961. – Т. 4. – 344 с.

Хржановский В.Г., Викторова В.С., Литвак П.В., Родионов Б.С. Ботаническая география с основами экологии растений. – М.: Агропромиздат, 1986. – 255 с.

The Plant List, 2013. Version 2; URL: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения 20.02.2017).

Статья поступила в редакцию 12 марта 2017 г.

#### BIOLOGICAL FEATURES OF *RHODIOLA KIRILOWII* (REGEL) MAXIM. AND *R. SEMENOWII* (REGEL & HERD.) BORISS. (CRASSULACEAE DC.) IN CONDITIONS OF DIFFERENT ILLUMINATION *EX SITU* IN THE STEPPE ZONE

A.Z. Glukhov, L.V. Privalko

Donetsk Botanical Garden, Donetsk, Ukraine

**Key words:** biological features, *Rhodiola kirilowii*, *Rhodiola semenowii*, illumination, steppe zone, decorative

This work gives the estimation of habitat illumination effect on the biological features and seasonal development dynamics of *R. kirilowii* (Regel) Maxim. and *R. semenowii* (Regel & Herd.) Boriss. in *ex situ* conditions of the steppe zone. The study has shown that *R. kirilowii* and *R. semenowii* plants significantly change their height, number of vegetative and generative shoots, leaf width and the number of flowers per inflorescence when grown in different lighting conditions. Seasonal dynamics of *R. kirilowii* development is labile in changing light conditions, moreover, a 20% reduced flowering period is observed in the shaded areas. Therefore, this species has good prospects for landscaping in well-lit areas only. As far as *R. semenowii* is concerned, habitat illumination has no significant influence on the seasonal development dynamics, peak periods and general decoration duration of this plant. It can be recommended for use in flower beds with various site light conditions.

Tabl. 3. Bibl. 18.