

Platonova N. B.

*Federal Research Centre
the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Sochi, Russia, e-mail: natali1875@bk.ru*

The paper presents long-term data on the main antioxidants content in 3-leaf tea flushes. The highest content of theaflavins was recorded in the forms 582, 855 and 2264 (0.12 mg/g, 0.11 mg/g and 0.11 mg/g), thearubigins (1.60 mg/g, 1.35 mg/g and 1.35 mg/g, respectively). The analysis of the data showed that the forms 855 (268.7 g/100 g) and 2264 (265.2 g/100 g) differ mostly in the number of anthocyanins. 11 amino acids were identified, the content of which shows high dynamism and varietal differences. The richest in amino acids were the cultivar 'Sochi' (2 272 mg/g) and the form 582 (1 904 mg/g). For a more complete characteristic of the studied objects, we determined the content of total polyphenols. The form 582 (17.50 mg/g) is characterized by a high content of phenols. Studies have shown that the investigated forms have significantly higher accumulation of the main antioxidants than the control cultivar 'Kolkhida'.

Key words: tea plant, antioxidants, flavonoids, amino acids, ascorbic acid, total polyphenols, resistance.

УДК 582.099

doi:10.31360/2225-3068-2021-77-141-150

**АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
RHODIOLA ROSEA L. В УСЛОВИЯХ КУЛЬТУРЫ
ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА
(МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Шмакова Н. Ю., Ермолаева О. В.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина
Кольского научного центра Российской академии наук»,
г. Кировск, Россия, e-mail: shmanatalya@yandex.ru*

Приведены результаты исследования мезоструктуры и функциональной активности фотосинтетического аппарата листьев *Rhodiola rosea* L. культивируемой в Мурманской области на территории Полярно-альпийского ботанического сада. Выявлены признаки адаптации растений к дефициту влаги и высокой инсоляции: толстая листовая пластинка, дорсовентральное строение мезофилла листа, увеличение количества слоёв палисадной ткани, преобладание устьиц на верхней стороне листа. Палисадная ткань *R. rosea* вносит больший вклад в фотосинтетическую продуктивность (количество хлоропластов в 1,6 раза больше, чем в губчатой). *R. rosea* характеризуется средним содержанием хлорофиллов (7,23 мг/г сухой массы) и низким каротиноидов (1,29 мг/г сухой массы). Диапазон оптимальных для фотосинтеза

температур составил 10–17 °С при освещённости 15–30 кЛк. Интенсивность фотосинтеза в оптимальных условиях составила около 18 мг СО₂/дм². Показано, что фотосинтетический аппарат *R. rosea* адаптирован к условиям холодного климата Хибин, а в условиях культуры проявляет себя как устойчивый вид.

Ключевые слова: *Rhodiola rosea*, анатомия листа, биометрия, пигменты пластид, СО₂–газообмен, Мурманская область.

Rhodiola rosea L. (родиола розовая) широко известна как лекарственное растение, обладающее целым рядом фармакологических свойств. Аркто-альпийский вид с циркумполярным ареалом, горного происхождения [12]. В Мурманской области распространён на побережье и островах Белого и Баренцева морей; изредка наблюдается в районах, удалённых от морского берега: полуострова Рыбачий и Средний, скальные массивы среднего течения р. Чёрной [8]. Оптимальные экологические условия обитания характеризуются проточным увлажнением, наличием большого количества мелкозёма, почвы мелкие, супесчаные. Вид – сильный нитрофил, наибольшего развития достигает в орнитогенных и в несомкнутых ценозах, психрофит [2]. Самым типичным местообитанием родиолы розовой являются приморские скалы и выходы коренных пород. *R. rosea* – вид Красной книги Мурманской области: статус и категория редкости – 3 (редкий, находящийся в состоянии, близком к угрожаемому). В Мурманской области введение *R. rosea* в культуру (Полярно-альпийский ботанический сад-институт, ПАБСИ) имеет перспективу в использовании и сохранении этого растения.

R. rosea выращивается в питомниках ПАБСИ с 1936 г. посадками взрослых особей, а с 1950 – посевом семян [2]. Вопросы введения в культуру *R. rosea* в ПАБСИ освещаются в ряде работ [1, 16, 17]. В течение короткого лета растения *R. rosea* успевают пройти полный цикл развития побегов, сформировать семена, способные к прорастанию. Опыты по изучению жизнеспособности семян *R. rosea* с Кольского полуострова указывают на сохранность всхожести в течение нескольких лет [2]. В адаптации растений к условиям обитания ключевую роль играет структура и интенсивность работы фотосинтетического аппарата.

Цель исследования – изучение мезоструктуры листа и активности фотосинтетического аппарата растений *Rhodiola rosea* культивируемой в Мурманской области (ПАБСИ, 67°38'48"N, 33°38'51"E).

Объекты и методы. Объектом исследования были растения *Rhodiola rosea* культивируемые на питомниках Полярно-альпийского ботанического сада-института. Питомник расположен у подножья горы Вудъяврчорр (Хибинский горный массив), в лесном поясе на высоте

около 320 м над уровнем моря. Для этого района характерны резкие колебания температурного режима, повышенная облачность, обилие туманов, большое число дней с сильными ветрами. Средняя годовая температура ($-0,5$ °С), средняя самого холодного месяца – февраля – ($-11,6$ °С), самого тёплого – июля – ($12,5$ °С). Годовое количество осадков около 900 мм, из них почти 50 % выпадает зимой. Продолжительность бесснежного периода колеблется от 80 до 160 дней, безморозный период длится 2,5–3,0 месяца, но заморозки на почве возможны в любой день лета. Бывают засухи до 2–3 недель [14].

Анатомо-физиологические параметры изучали на завершивших рост листьях генеративных побегов. Параметры мезоструктуры листа определяли по методике А. Т. Мокроносова и Р. А. Борзенковой [9]. Срезы средней части листовых пластинок (отбирали по 3 листа с 5 побегов) анализировали при помощи светового микроскопа МИКМЕД-6 (ЛОМО, Россия). Измерения показателей (толщина листьев, размеры устьиц, размеры клеток тканей) проводили с помощью окуляр-микрометра WF10X/22 мм. Определение типа устьичного аппарата, подсчёт устьиц и измерение их размеров проводили на продольных парадермальных срезах [13].

Содержание пигментов пластид ассимилирующих органов определяли в спиртовых вытяжках (96 %) по оптической плотности в максимумах поглощения хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов с помощью спектрофотометра UV-1800 (фирма «Shimadzu», Япония) [18, 19]. Пробы листьев каждого вида отбирали в 5-кратной биологической повторности, а затем анализировали их в 3-кратной аналитической повторности. Определение наблюдаемого фотосинтеза проводили с помощью инфракрасного газоанализатора ГАММА-100 (Россия) в открытой системе при скорости тока воздуха 60 л/час. Для выявления количественной связи между содержанием хлорофиллов и скоростью фотосинтеза, рассчитали ассимиляционное число (A_c), выражаемое в миллиграммах CO_2 в час на 1 мг хлорофилла [3].

Площадь листа и удельную поверхностную плотность листа (УПП – сухой вес единицы площади листа, г/дм²) измеряли с помощью фотографирования 30–50 сформированных листьев. Содержание сухого вещества определяли высушиванием при температуре 105 °С до абсолютно сухого веса.

Период исследования 2018–2020 гг. Статистическая обработка данных проведена с использованием стандартных пакетов программ Microsoft Excel 7.

Результаты и их обсуждение. Фенологические наблюдения за ритмом сезонного развития *R. rosea* в условиях культуры питомника показали, что начало роста особей этого вида определяется временем схода

снега. Наиболее ранними периодами по данным, опубликованным ранее сотрудниками ПАБСИ, были 31 мая – 2 июня, поздними – 23–25 июня, но в основном это происходит в первой декаде июня. Период весенней вегетации длится от 4–5 до 20 дней, после которой наступает фаза бутонизации, продолжительность которой может достигать от 8–12 дней до 24 дней. В среднем продолжительность от начала отрастания до момента цветения составляет 21 день. Массовое цветение в середине июля. Продолжительность цветения популяции определяется погодными условиями и может составлять 24–38 дней. Самой продолжительной фазой развития *R. rosea* является плодоношение, в среднем 53 дня. Созревание плодов и начало их обсеменения обычно происходит в сентябре. Продолжительность периода вегетации в условиях питомника может составлять 96–125 дней, в среднем 109 дней [2].

Мезоструктура листа. Лист *R. rosea* имеет типично дорсовентральное строение. Ассимиляционная ткань листовой пластинки имеет чётко выраженную дифференциацию на палисадный и губчатый мезофилл. Палисадный мезофилл расположен на адаксиальной стороне листа, губчатый мезофилл – на абаксиальной стороне. Толщина листовой пластинки составляет в среднем 730 мкм (табл. 1), с низким коэффициентом вариации (CV – 8,8 %). Покровная ткань на поперечном срезе представлена однослойной верхней и нижней эпидермой (индекс формы – отношение длины к ширине – составляет 2,2 и 2,1, соответственно). Клетки нижней эпидермы несколько крупнее, чем клетки верхней эпидермы. Коэффициент вариации их размеров свидетельствует о большей изменчивости длины клеток, чем толщины (CV – 37–45 % и 18–26 %, соответственно). На обеих сторонах эпидермы располагаются овальные, хаотично расположенные устьица. Тип клеточного окружения замыкающих клеток – анизокитный. Количество и площадь устьиц на верхней стороне листа в 1,2 раза больше, чем на нижней. Отметим, что устьица на обеих сторонах листа имеют одинаковую длину и этот показатель относительно стабилен (CV – до 11 %). Различия проявляются по ширине (на нижней стороне устьица в 1,2 раза уже), а коэффициент вариации указывает на средний уровень изменчивости этого показателя (CV – 13–16 %).

У культивируемой в ПАБСИ *R. rosea* палисадный мезофилл листа состоит из 3–4 рядов плотно расположенных довольно крупных (81×42 мкм) вытянутых клеток (индекс формы – 1,9). Губчатый мезофилл образован 7 слоями слегка вытянутых клеток (индекс формы – 1,3), объём которых сильно варьирует (CV – 67 %). Объём клеток палисадного мезофилла почти в 2 раза больше объёма клеток губчатого мезофилла (табл. 1). Коэффициент палисадности (отношение толщины палисадной к толщине

губчатой ткани) оказался довольно высоким – 0,65. Для сравнения, у *R. rosea* культивируемой вблизи г. Сыктывкара [5], этот коэффициент составил 0,59 и 0,46 (уральского и арктического происхождения, соответственно).

Таблица 1

Показатели мезоструктуры листьев *Rhodiola rosea* культивируемой на питомниках ПАБСИ, Мурманская область

Показатели	M ±m	CV, %
Площадь листа, мм ²	292 ±41	36,7
Толщина листа, мкм	727 ±37	8,8
Д × Ш клеток эпидермы, мкм, В/Н	50,7 ±22,9/53,3 ±25,8	45,3–26,1/37,5–18,1
Число устьиц эпидермы, шт./мм ² , В/Н	123 ±5/95 ±3	12/9,9
Д × Ш устьица, мкм, В/Н	29,6 ±15,1/30,3 ±12,5	6,3–13,6/10,6–16,3
Площадь устьица, мкм ² , В/Н	352 ±13/293 ±12	16,5/13,1
Д × Ш клеток мезофилла, мкм, П/Г	81,2 ±41,9/50,2 ±38,8	16,8–17,4/16,8–25,1
Объём клетки, тыс. мкм ³ , П/Г	79 ±9/44 ±9	42,5/67,4
Число хлоропластов на клетку, шт., П/Г	50 ±2/31 ±2	16,8/13,5
Объём клетки, соответствующий 1 хлоропласту, тыс. мкм ³ , П/Г	1,6 ±0,1/1,4 ±0,2	26,8/37,3

Примечание: M ±m – среднее арифметическое ± стандартная ошибка;

CV – коэффициент вариации;

Эпидерма: В – верхняя (адаксиальная), Н – нижняя (абаксиальная);

Мезофилл: П – палисадный, Г – губчатый; Д – длина, Ш – ширина

Количество хлоропластов в клетках варьирует в пределах 30–60 штук. В клетках палисадного слоя количество хлоропластов в 1,6 раза больше, чем в губчатом. Можно предположить, что именно палисадная ткань вносит больший вклад в общую продуктивность фотосинтеза *R. rosea* на севере. Объём клетки, соответствующий одному хлоропласту (КОХ), в палисадном мезофилле в 1,1 раза больше, чем в губчатом, что связано с большим объёмом клеток палисадного мезофилла. Полученный коэффициент вариации этого показателя (CV 26–37 %) свидетельствует о повышенном уровне изменчивости КОХ.

Сравнение анатомической структуры листа *R. rosea* культивируемой в ПАБСИ с растениями уральского и арктического происхождения культивированных вблизи г. Сыктывкара [5] показало, что все растения имеют дорсовентральное строение мезофилла. Т. К. Головки с соавторами [6] предполагают, что дифференцированный мезофилл возник у

R. rosea при формировании вида в горных условиях, и этот признак закрепился генетически. Ряд исследователей [4, 7, 11] считают, что растения с таким строением мезофилла листа обладают значительной экологической пластичностью, что позволяет им произрастать в широком диапазоне условий обитания. Отметим, что по толщине листовой пластинки, количеству хлоропластов в клетках мезофилла исследуемый вид близок к виду арктического происхождения; по таким показателям, как площадь листа, толщина эпидермы, объём клеток палисадного и губчатого мезофилла – сходен с видом уральского происхождения. Явное отличие от видов, культивируемых вблизи г. Сыктывкара – это увеличение количества слоев палисадной ткани.

Биометрия листа. Высота средневозрастных генеративных побегов *R. rosea* составляла в среднем 25 ± 6 см. На стадии вегетации и бутонизации форма и размер листьев наиболее вариабельны (ИПЛ, отношение длины листа к максимальной ширине, варьировал от 1,2 до 2,6), в фазу цветения параметры листьев варьировали менее (ИПЛ – 1,1–1,8), в конце вегетации ИПЛ зрелого листа составил в среднем 2,3. Согласно исследованиям И. А. Паутовой [10] *R. rosea* относится к растениям с ИПЛ 2–4.

Размеры листьев увеличиваются от фазы вегетации к фазе плодоношения (длина – в 1,8, ширина – в 1,5 раза). Длина пластинки листьев более изменчивый показатель, чем ширина (CV – 9–13 % и 7–9 %, соответственно). В фазу плодоношения масса и площадь листа в среднем достигает 23 мг сухого веса и 4,6 см², соответственно. Удельная поверхностная плотность листа от фазы вегетации к фазе плодоношения увеличивается от 0,37 до 0,50 (табл. 2). По данным Т. К. Головки и др. [5] этот показатель у видов местных генераций и арктических популяций составил 0,50–0,55, что указывает на согласованность полученных данных.

Содержание пигментов пластид. Среднее содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях *R. rosea* культивируемой в ПАБСИ по годам изменялось незначительно (диапазон пластичности составляет 10–12 %). Фонд зелёных пигментов составил в среднем 7,23 мг/г сухой массы, жёлтых – 1,29 мг/г сухой массы, соотношение хлорофиллов *a/b* – 3,4. Судя по высокой величине соотношения хлорофилл/каротиноиды (5,6), листья *R. rosea* характеризуются относительно низким накоплением жёлтых пигментов. Величина светособирающего комплекса (ССК) составила 52 % и мало варьировала в течение вегетации. Некоторое снижение до 48 % было отмечено в период цветения *R. rosea*. Полученные данные характеризуют *R. rosea* как вид светлюбивого типа, не испытывающий потребности в защите ассимиляционного аппарата от избытка солнечного света.

Таблица 2

**Морфометрические показатели
и фотосинтетическая активность листьев *Rhodiola rosea*
в разные фазы развития**

Показатели	Фаза роста			
	Вегетация	Бутонизация	Цветение	Плодоношение
Длина листа, мм	19,5 ±1,7	21,5 ±2,8	22,3 ±2,0	35,1 ±3,7
Ширина листа, мм	10,8 ±1,0	12,8 ±2,3	14,9 ±1,1	16,1 ±3,7
Масса листа, мг сухой массы	6,5 ±0,8	8,8 ±0,9	11,8 ±0,8	23,1 ±2,8
Площадь листа, см ²	1,8 ±0,2	2,4 ±0,9	2,6 ±1,1	4,6 ±1,9
УПП, г/дм ²	0,37 ±0,02	0,38 ±0,03	0,45 ±0,06	0,50 ±0,08
СО ₂ -газообмен, мг СО ₂ /дм ²	10,6 ±5,3	9,4 ±1,5	13,2 ±4,9	7,3 ±3,7
A _c , мг СО ₂ /мг хлорофилла в час	2,8 ±1,2	2,8 ±1,1	4,3 ±1,7	2,7 ±1,4
Хлорофиллы (a + b), мг/дм ²	3,7 ±0,6	3,4 ±1,2	3,3 ±0,4	2,9 ±0,4

Примечание: данные – среднее арифметическое ± стандартное отклонение;

УПП – удельная поверхностная площадь листа;

СО₂-газообмен – скорость видимого фотосинтеза в области светового насыщения;

A_c – ассимиляционное число

Одним из важных показателей, характеризующих особенности фотосинтетической активности растений, является степень развития фотосинтетического аппарата, которую можно оценить количеством хлорофилла в ассимилирующих органах на единице площади [15]. Выявлено (табл. 2), что наибольшее значение содержания хлорофиллов в листьях *R. rosea* в условиях культуры на питомниках ПАБСИ отмечено в фазу вегетации (около 3,7 мг/дм²), в фазы бутонизации и цветения концентрация зелёных пигментов снижена в среднем на 10 %, а в фазе плодоношения — уже на 22 %. Наши данные сопоставимы с величинами уральских растений *R. rosea* в разные годы наблюдений: в наиболее благоприятные вегетационные сезоны содержание хлорофиллов составило 2,4–4,2 мг/дм² [5].

СО₂-газообмен. Уровень углекислотного газообмена *R. rosea* измеряли при естественном свете (5–60 клк) и диапазоне температур 8–25 °С. Видимое поглощение СО₂ в листьях может начинаться уже при 2–3 клк. При увеличении освещённости до 12–15 клк скорость

ассимиляции пропорционально увеличивается до 9–14 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2$. При освещённости 15–30 клк отмечали насыщение фотосинтеза светом, скорость видимого фотосинтеза составляла до 18 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2$. При освещённости 40 клк и выше наблюдали признаки светового ингибирования. Результаты световой зависимости характеризуют *R. rosea* как умеренно светолюбивый вид. Зона температурного оптимума составляет 10–17 °С, что свидетельствует об адаптированности фотосинтетического аппарата *R. rosea* к пониженным температурам. Оптимальными температурами для этого вида, культивируемого вблизи Сыктывкара, являются 8–18 °С, а при 25–28 °С также отмечали полуденную депрессию фотосинтеза [6].

Во все фазы развития *R. rosea* при оптимальных свето-температурных условиях был определён уровень CO_2 -газообмена. Максимальные величины характерны для фазы цветения — в среднем 13,2 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2$. В фазу вегетации, когда активно развиваются все ростовые процессы, скорость фотосинтеза ниже на 20 %, а в период созревания семян интенсивность поглощения CO_2 снижается уже на 45 %. Для оценки эффективности работы фотосинтетического аппарата листьев *R. rosea* использовали показатель – ассимиляционное число (табл. 2), которое показывает активность работы пигментного комплекса по ассимиляции углекислоты единицей площади листа. Показано, что наиболее активны листья в фазу цветения ($A_c - 4,3$), в остальные фазы развития этот показатель ниже на 35 %.

Заключение. Данные о мезоструктуре и функциональной активности фотосинтетического аппарата *R. rosea*, культивируемой в ПАБ-СИ, выявили, что толстая листовая пластинка, дорсовентральное строение мезофилла листа, увеличение количества слоёв палисадной ткани, преобладание устьиц на верхней стороне листа, обусловлены адаптацией растений к дефициту влаги и высокой инсоляции. Листья характеризуется средним содержанием хлорофиллов, которые позволяют поддерживать высокую скорость ассимиляции CO_2 , а полученные свето-температурные зависимости фотосинтеза позволяют судить об адаптированности фотосинтетического аппарата к условиям холодного климата. В целом можно заключить, что в Мурманской области в условиях культуры *R. rosea* проявляет себя как устойчивый вид, который может быть использован в озеленительном ассортименте.

Библиографический список

1. Андреев Г.Н., Архипова Г.Ф., Новикова Л.А. Интродукция видов рода *Rodiola* L. в Хибинских горах // Проблемы рационального использования ресурсов Севера. – Сыктывкар, 1979. – С. 15-16.
2. Андреева В.Н., Похилько А.А., Царева В.Т. Семейство *Crassulaceae* – Толстянковые // Биологическая флора Мурманской области. – Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1987. – С. 21-39.

3. Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. – М.: Наука, 2000. – 135 с. – ISBN 5-02-004362-1.
4. Василевская Н.В. Экология растений Арктики. – Мурманск, 2014. – 183 с. – ISBN 978-5-4222-0221-8.
5. Головки Т.К., Далькэ И.В., Бачаров Д.С., Бабак Т.В., Захожий И.Г. Толстянковые в холодном климате (биология, экология, физиология). – СПб.: Наука, 2007. – 205 с. – ISBN 978-5-02-026275-1.
6. Головки Т.К., Далькэ И.В., Бачаров Д.С. Мезоструктура и активность фотосинтетического аппарата трёх видов растений сем. *Crassulaceae* в холодном климате // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – № 5. – С. 671-680.
7. Горышина Т.К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. – Л.: Ленинградский университет, 1989. – 204 с.
8. Красная книга Мурманской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. / отв. ред. Н.А. Константинова, А.С. Корякин, О.А. Макарова, В.В. Бианки. – Кемерово: Азия-принт, 2014. – 584 с. – ISBN 978-5-85905-446-6.
9. Мокроносков А.Т., Борзенкова Р.А. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтетических тканей и органов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1978. – Т. 61. – Вып. 3. – С. 119-1334.
10. Паутова И.А. Онтогенез и возможность интродукции в Санкт-Петербурге видов *R. Rodiola* L., перспективных для использования в пищевой и фармакологической промышленности: автореф. дис... канд. биол. наук. – СПб., 1993. – 20 с.
11. Пьянков В.И. Роль фотосинтетической функции в адаптации растений к условиям среды: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1993. – 103 с.
12. Раменская М.Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. – Л.: Наука, 1983. – 215 с.
13. Сауткина Т.А., Поликсенова В.Д. Морфология растений. – Минск, 2011. – 24 с. – ISBN 978-985-518-702-9.
14. Семко А.П. Климатическая характеристика Полярно-альпийского ботанического сада // Флора и растительность Мурманской области. – Л.: Наука, 1972. – С. 73-130.
15. Тужилкина В.В., Бобкова К.С. Хлорофилльный индекс в фитоценозах коренных ельников Европейского Северо-Востока // Лесной журнал. – 2010. – № 2. – С. 17-23. – ISSN 0536-1036.
16. Филиппова Л.Н. Родиола арктическая – перспективный вид для введения в культуру в Заполярье // Изучение растительных ресурсов Мурманской области. – Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1976. – С. 3-10.
17. Филиппова Л.Н. Биология северных растений при введении их в культуру. – Л.: Наука, 1981. – 177 с.
18. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents // Biochem. Soc. Trans. – 1983. – Vol. 11. – № 5. – P. 591-592.
19. Maslova T.G., Popova I.A. Adaptive properties of the plant pigment systems // Photosynthetica. – 1993. – Vol. 29. – № 2. – P. 195-203.

**ANATOMICAL
AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF *RHODIOLA ROSEA* L. IN CULTURE OF THE POLAR-ALPINE
BOTANICAL GARDEN (MURMANSK REGION)**

Shmakova N. Yu., Yermolayeva O. V.

Federal State Budgetary Scientific Institution
“N. A. Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute Kola Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences”,
Kirovsk, Russia, e-mail: shmanatalya@yandex.ru

The paper presents a study of the mesostructure and functional activity in the photosynthetic leaf apparatus of *Rhodiola rosea* L. cultivated in Murmansk region on the territory of the Polar-Alpine Botanical Garden. The following signs of plant adaptation to moisture deficit and high insolation were revealed: a thick leaf blade, dorsoventral structure of leaf mesophyll, an increase in the number of palisade tissue layers, and the predominance of stomata on the leaf's upper side. The palisade tissue of *R. rosea* makes a greater contribution to photosynthetic productivity (the number of chloroplasts is 1.6 times higher than in the spongy tissue). *R. rosea* is characterized by average chlorophyll content (7.23 mg/g of dry weight) and low carotenoids (1.29 mg/g of dry weight). The range of temperatures optimal for photosynthesis was 10–17 °C at an illumination of 15–30 klx. The intensity of photosynthesis under optimal conditions was about 18 mg CO₂ /dm². It was shown that the photosynthetic apparatus of *R. rosea* is adapted to the cold climate of the Khibiny, and under culture it manifests itself as a resistant species.

Key words: *Rhodiola rosea*, leaf anatomy, biometrics, plastid pigments, CO₂-gas exchange, Murmansk region.