

**НАО «Медицинский университет Астана»**

УДК: 615.322:581.4(043)

**Каргасеков Темирлан Талгатович**

**Фармакогностическое изучение Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) произрастающей на территории Катон-Карагайского государственного национального парка**

7М10104 – «Фармация»

Магистерская диссертация  
на соискание степени магистра медицинских наук

Научный руководитель: к.фарм.н., доцент Смагулова Фатима Магауяевна

**Астана 2024 г.**

## Содержание

	Введение	3
1	Теоретическое обоснование проводимого исследования	5
1.1	Общая характеристика Родиолы четырехчленной ( <i>Rhodiola quadrifida</i> )	5
1.2	Химический состав, фармакологические свойства, применение в медицине	11
1.3	Условия произрастания Родиолы четырехчленной ( <i>Rhodiola quadrifida</i> )	19
1.4	Фазы вегетации Родиолы четырехчленной ( <i>Rhodiola quadrifida</i> )	34
1.5	Заготовка сырья Родиолы четырехчленной ( <i>Rhodiola quadrifida</i> )	35
2	Объект и методы исследования	37
3	Эмпирическое исследование Родиолы четырехчленной ( <i>Rhodiola quadrifida</i> )	39
3.1	Результаты макроскопического исследования: морфометрические показатели Родиолы четырехчленной ( <i>Rhodiola quadrifida</i> )	39
3.2	Анализ результатов микроскопического исследования и обсуждение	48
	Заключение	55
	Список использованных источников	57

## Введение

**Актуальность исследования.** Взятое в качестве объекта исследования лекарственное растение – Родиола четырехчленная является ценным источником различных биологически активных соединений, таких как дубильные вещества, гликозиды, флавоноиды. Родиола четырехчленная занесена в Красные книги отдельных Республик и областей являющимися субъектами Российской Федерации, так как имеет ограниченный ареал распространения и следовательно ограниченную популяцию. Но несмотря на свою эндемичность, растение широко применяется как биологически активная добавка к пище. В народной медицине в качестве сырья используются корневища с корнями из которых готовят настойки, отвары для лечения различных заболеваний. Родиола четырехчленная не является фармакопейным лекарственным растением в Казахстане. Именно поэтому фармакогностическое изучение Родиолы четырехчленной произрастающей на территории Казахстана является актуальным вопросом сегодняшнего дня.

**Цель исследования.** Изучить морфолого-анатомические признаки Родиолы четырехчленной произрастающей на территории Катон-Карагайского государственного национального природного парка для проведения сравнительного анализа внутривидовой изменчивости.

**Задачи исследования:**

- изучение фаз вегетации Родиолы четырехчленной;
- проведение макро- и микроскопических анализов заготовленного лекарственного растения Родиолы четырехчленной.

**Объект исследования.** Объектом исследования является лекарственное растение Родиола четырехчленная – *Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. et C.A. Meu., относящаяся к семейству Толстянковых (*Crassulaceae*).

**Предмет исследования.** Предметом исследования являются макро- и микроскопические диагностические признаки Родиолы четырехчленной.

**Методы исследования.** Методы используемые в исследовательской работе включают:

- макроскопический анализ;
- микроскопический анализ.

**Научная новизна исследования.** Научная новизна заключается в том, что будут изучены макро- и микроскопические диагностические признаки Родиолы четырехчленной произрастающей на территории Катон-Карагайского государственного национального природного парка.

**Практическая значимость.** Изученные данные фармакогностического анализа Родиолы четырехчленной могут быть использованы в качестве рекомендаций и методических указаний для дальнейших научных исследований в области медицины, фармакологии и фармакогнозии.

**База проведения исследования.** Кафедра фармацевтических дисциплин  
НАО «Медицинский университет Астана», г. Астана.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- Сравнительный анализ морфометрических показателей популяций Родиолы четырехчленной, произрастающей в одной территориальной единице;
- Микроскопические показатели внутренней структуры заготовленного сырья Родиолы четырехчленной.

## 1 Теоретическое обоснование проводимого исследования

### 1.1 Общая характеристика Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Родиола четырехчленная (*Rhodiola quadrifida*) является видом растения, относящимся к многолетним травам рода Родиола (*Rhodiola*) из семейства Толстянковые (*Crassulaceae*).

У данного растения имеется несколько названий, которые равнозначно используются в науке. Среди них различают:

- родиола четырехчастная;
- родиола четырехнадрезанная;
- родиола четырехраздельная;
- сибирский женьшень;
- родиола четырехчленная.

В народе данное растение носит название «Красная щетка», что связывают с внешним видом корневой системы этого представителя флоры, которое образует вид щетки.



Рисунок 1 – Родиола четырехчленная (*Rhodiola quadrifida*)

Наименование рода связывают с интерпретацией присвоенного растениям названия из-за их внешнего вида, что в переводе с латинского языка означает «маленькая роза».

Начало исследования Родиолы четырехчленной относится к XVIII веку. Впервые данный представитель был описан естествоиспытателем Палласом П. С. и его учеником Соколовым Н. Ими был собран уникальный гербарий растительного мира, в состав которого входили представители высокогорной флоры и в том числе Красная щетка. Данный вид растения впоследствии был

назван Палласом П. С. «*Sedum quadrifidum*». Сегодня Родиола широко применяется в народной медицине.

Родиола четырехчленная считается редким представителем флоры и обладает уникальными свойствами в виде лечебного эффекта. Ввиду этого данный представитель растений занесен в Красную Книгу [1, с. 26-31].

С точки зрения ботанического описания данный вид растения является невысоким и достигает в высоту до 15 см. Высота самых наименьших экземпляров варьирует в пределах до 8 см. Вследствие того, что цветки женского и мужского пола растут на разных растениях, оно является двудомным. Опыление происходит перекрестным способом [2].

Цветки Родиолы имеют лепестки желтого цвета с красноватой каемкой, расположенной снаружи и в верхней части. Цветки появляются у растения в начале лета. Листья являются сидячими и имеют мелкозубчатое строение. Листья густо расположены на стеблях в большом количестве и характеризуются трубчатым и полым строением, которые восходят по направлению вверх от корневища. Листья характеризуются яркой зеленой окраской, которая сменяется на красный оттенок ближе к осени и в осенний период. Корневая система представляет собой стержневой вид. Плодом является листовка. Готовые плоды с содержащимися в них семенами созревают обычно осенью, но иногда бывают случаи, когда достигают полной спелости к концу лета.



Рисунок 2 – Цветки *Rhodiola quadrifida*

Ким Е. Ф. и Ачимова А. А. исследуя состав флоры Республики Алтай, выявили в ходе проведения своих исследований, что Родиола четырехнадрезанная представляет собой многолетнее травянистое растение с коротким корневищем. Корень имеет толстую структуру с поперечно-морщинистым и длинным строением. Соцветия у данного представителя флоры характеризуются цветками в количестве от трех до пяти, выступающих как 4-5-мерные. Листья имеют цельнокрайное и мясистое строение, а также отличаются

своей линейностью. В качестве плода у данного растения рассматривается листовка, которая обычно имеет темно-красное и бурое строение. Семенам характерна продолговатая форма, а также они обычно имеют коричневый и бурый цвет [3, с. 153-154]. Стебли выступают в роли тонких, многочисленных, густо облиственных структур, характерных для данного растения, и имеют прямостоячее строение. При этом данное растение может размножаться как вегетативно, так и с помощью семян. Развитие Родиолы протекает достаточно медленно, то есть после прорастания цветение может начаться только через несколько лет. Цветение чаще всего наблюдается в период июня или июля. В период роста растение очень восприимчиво к воздействиям окружающей среды. К примеру, негативное воздействие оказывают условия избыточной влажности, что может проявляться в отмирании стеблей или даже отдельных особей. Согласно фундаментальным исследованиям в данной области, было выявлено, что основным местом произрастания для Родиолы четырехчленной являются скалы и склоны, при этом, бывают и случаи, когда она встречается в мохово-лишайниковых тундрах на каменистом субстрате [4].



Рисунок 3 – Корни Родиолы четырехчленной

Обычно данное растение произрастает в районах высокогорья, на каменистом грунте, высокогорных территориях и участках. Чаще всего данная трава произрастает немногочисленными группами, редко встречаются форматы массовых зарослей [1, с. 26-31; 5, с. 26-31; 6, с. 26-31].

Родиола четырехчленная является объектом исследования и Казахстанских ученых.

Исследования *Rh. quadrifida* проводились также в условиях Казахстана, в ходе реализации которых было выявлено, что в большинстве случаев Родиола обычно встречается в качестве одиночных особей, не образуя при этом существенных плотных зарослей. Соцветия имеют характерную им строение в

формате пяти цветков, где три четверти из них приходится на плоды, то есть около 3,7 части всех цветков занимают именно они. Только чуть более трети всех семян в дальнейшем развиваются в сеянки. Характеристика данного растения с точки зрения семяношения демонстрирует, что ему характерно наличие обильного количества семян с определяемым коэффициентом семинификации в 51,4 %. Практические исследования ученых показывают, что на плодоносящие генеративные побеги приходится около 56 % всех побегов. Данный представитель флоры ветроопыляем, что позволяет разносить его семена на далекие расстояния. Обычно семенам данного растения характерен немного изогнутый контур и продолговато-яйцевидная форма. Они обычно представлены в коричневом цвете и имеют достаточно гладкую поверхность. Семена легкие, поэтому на одну тысячу семян обычно приходится около 0,2 грамма. Длина данных структур генеративных органов варьирует от 1,85 до 2,75 мм, а ширина определяется в пределах 0,56 мм. В связи с ветроопыляемостью растения и маленьким размером семян, большая их часть после созревания обычно падает между камнями и их обломками, где отсутствуют условия для их дальнейшего развития, и только часть семян попадает на грунт неподалеку от материнских растений, и дают начало развитию новых особей. В связи с этим, доля грунтовой всхожести семян составляет примерно 75 %, что подтверждается обнаруживаемыми проростками в пределах данных территорий. Однако, несмотря на относительно высокие показатели всхожести, порядка 85 % проростков погибает после первой же перезимовки, на что влияют в основном суровые условия произрастания данных растений. В конечном итоге, до наступления генеративного состояния доживают только несколько растений, которые, собственно, и формируют тот самый растительный покров зарослей Родиолы четырехчленной.



Рисунок 4 – Субстраты для произрастания Родиолы четырехчленной

Казахстанские ученые-исследователи (Кубентаев С. с коллегами) изучали особенности Красной щетки. В своих работах они отмечают, что условия



произрастания растения характеризуются образованием мощных подушкообразных дернин, которые состоят обычно из каудекса с плотной структурой, окруженной при этом остатками стеблей, оставшихся после прошлых лет. Накапливающийся отпад, создает условия для обеспечения точки возобновления растения дополнительными условиями защиты.

Побеги растения защищены чешуями и обеспечивают тем самым защиту растения от возможных повреждений в результате воздействия морозов. Почки, рассматриваемые как точки возобновления, зимуют в условиях грунта посредством погружения в субстрат. У основания побега иногда наблюдается образование корней, имеющих укороченную длину, и которые формируют при этом придаточные корни, относящиеся к корням второго и третьего порядков. Для побега характерно также покрытие специальной корой, которая имеет темно-бурый оттенок.

Отмечено, что корневая система данного растения имеет стержневой тип, где главный корень после 25 сантиметров разветвляется на несколько корней первого порядка. Каудекс многолетнего корня состоит из различных сгнивших элементов чешуек и продуктов разложения прошлых лет. Практические исследования морфологического строения растения продемонстрировали, что оно имеет обычно более толстые и длинные ветви с той стороны, которая произрастает в северо-восточном направлении по отношению к сторонам света. Корни, произрастающие с юго-западной стороны, характеризуются более утонченным и укороченным строением. Особи в основном, которые отличаются своим возрастом, могут претерпевать прохождение процесса некроза ветвей каудекса. При этом, некроз в таких случаях обычно протекает в ветвях первого порядка, которые теряют связь с материнской особью за счет окоренения у своего основания. Также важно отметить, что в основном разрушение каудекса характерно для той части растения, которая располагается с хорошо обдуваемой стороны и с хорошим освещением. Некроз, поражающий корни, обычно воздействует на корни таким образом, что вызывает уплотнение корневых элементов с последующим разделением их на лентовидные структуры. Почки, которые готовятся к зиме, имеют округлую форму с небольшим уплощением наверху и чешуйками светло-рыжего цвета. При этом в данных почках содержатся побеги примерной длиной до 10 мм.

Казахстанские исследователи, изучая биологические и экологические особенности распространения Родиолы, определили основные места и условия территории её произрастания на хребте Ивановский в Восточно-Казахстанской области (рисунок 5)

В ходе проведения ряда исследований, учеными было выявлено, что произрастание Родиолы в пределах моховой растительности благоприятно влияет на вегетативное развитие растения. Особи характеризуются рыхлой подушкой с ветвями корневища, имеющими сравнительно удлиненное строение и достигающими в длину примерно от 8 до 12 сантиметров. Ветви корневища снабжены специализированными спящими почками, которые обычно имеются в количестве от 7 до 10-11. Данные почки могут давать начало

развитию побегам корневища. Такие побеги зачастую имеют столоновидное строение. Это оказывает влияние на растение в период старения: ветви с корнями отделяются от материнского растения и те ветви, которые не имеют корней, обычно погибают за неимением возможности самостоятельно существовать, питаться и расти. Разложение таких корней обычно протекает медленно. Свободное пространство между такими особями чаще всего зарастает мхами и органическими природными компонентами. Все данные условия в совокупности определяют возможность существования Родиолы четырехчленной в различных природных условиях [7].



Рисунок 5 – Популяция *Rh. quadrifida* на хребте Ивановский Восточно-Казахстанской области [7]

Таким образом, *Rh. quadrifida* является одним из редких представителей флоры, который обладает лечебным эффектом, но в традиционной медицине ещё не нашел широкого применения. Это ветроопыляемое растение произрастает в холмистых районах, на каменистом грунте, высокогорных территориях и участках, встречается в качестве одиночных особей, не образуя

при этом существенных плотных зарослей. С точки зрения ботанического описания данный вид растения является невысоким, двудомным, с перекрестным опылением. Ему характерна стержневая корневая система, листья густо расположены на стеблях в большом количестве, плод – листовка. Из-за уникальных условий произрастания и редкой численности в некоторых странах охраняется законом.

## **1.2 Химический состав, фармакологические свойства, применение в медицине**

Важность использования правильно собранного и обработанного растительного материала в качестве сырья сегодня играет существенную роль в производстве лекарственных средств. Ценность лекарственных средств заключается в эффекте, оказываемом биологически активными веществами, содержащимися в них и воздействующими на организм и отдельные его части. Востребованность лекарственных растений обуславливается фармакологическими свойствами их компонентов и уникальностью химического состава [8].

Лекарственные растения отличаются варьированием в их составе различных химических веществ, которые обладают лечебными свойствами. С точки зрения своей биологической активности они характеризуются свойственными им фармакологическими преимуществами.

Каждое из содержащихся веществ может иметь различный эффект в зависимости от варьирования внутри своей группы.

Вопросы влияния Родиолы четырехчленной на иммунную и сердечно-сосудистую систему изучались Бучаевской М., а также Скопинской-Рожевской Э.

Фитотерапевтическим эффектом обладает корень и корневище исследуемого растения. Из них обычно изготавливают сборы, фиточаи для приготовления настоев и отваров. Получаемый из Родиолы экстракт, применяется в травяных сиропах, в виде фитосуппозиторий и настаивания на спирту [9, с. 308-311].

Состав биологически активных веществ освещался в работах Омаровой А. Л., Бошкаревой А. К. и Ахеловой А. Л. Фитохимический состав экстрактов растения исследовался Фурмановой М., Виденфельдом Х.

Благоприятное воздействие на организм и отдельные системы органов определяется лечебными свойствами растения. В состав биологически активных веществ входят такие компоненты как: фенолы, эфирное масло, антрагликозиды, сахара, воски, жиры, белки, дубильные вещества, таннины, флавоноиды, органические кислоты, стерины, летучие масла, третичные спирты, полифенолы, гликозиды, а также некоторые микроэлементы: серебро, цинк, марганец, молибден, кобальт, никель, хром, медь [10].

Определялось влияние такого биологически активного вещества как салидрозид, что исследовалось Васютински А., Скопинской-Рожевской Э. и

Малиновски А. Антоцианы выступают в роли специальных лекарственных компонентов, которые отличаются оказанием благоприятного эффекта на подавление развития заболеваний грибковой, вирусной и бактериальной этиологии. Такие исследователи как Кутикова Г. А., Трощенко А. Т. описывали в своих работах значение выделяемого растением родиолозида. Учеными выявлено, что данный салидрозид оказывает подавляющее действие на развитие опухолевых и раковых клеток. Вонг М. и Лоо В. Т. занимались работой в области описания роли использования Красной щетки в лечении раковых заболеваний молочных желез [6, с. 26-31; 11, с. 26-31].

Родиола сегодня находит повсеместное применение в народной медицине, где её используют для лечения мочеполовой системы, при аденоме предстательной железы, а также при возникновении простатита. Данное растение широко используется в комплексной терапии против новообразований, в борьбе с гинекологическими заболеваниями, в частности миомами и эндометриозами. Также оно выступает в роли адаптогена, противогрибкового, кровоостанавливающего, иммуностимулирующего средства и даже может оказывать омолаживающий и тонизирующий эффект [12, с. 542-550]. Дополнительно к этому оно используется при гормональных заболеваниях, дисбалансе функций надпочечников и щитовидной железы. Медицинский потенциал растения позволяет выступать ему в роли антиаллергена, а также лекарственного компонента для лечения мастопатии, поликистоза, гормонального дисбаланса, нарушений регулярности менструального цикла, бесплодия и сниженного иммунитета.

Сегодня известно, что Родиоловые занимают существенное место в восточной медицине и применяются в Монголии, Тибете, Китае, где зарекомендовали себя в качестве средства, обладающего антидепрессивным и противовоспалительным эффектом. Несмотря на относительно недавнюю известность в литературных источниках, Родиола четырехчленная ещё задолго до этого была известна как лекарственное растение и повсеместно применялось в Алтае для приготовления отваров и снадобий [13].

Однако, практическое использование Родиолы не характеризуется только с точки зрения положительного воздействия. Применение данного растения может также иметь определенные противопоказания, которые связаны с запретом использования Красной щетки в период лактации и беременности, людям с повышенным артериальным давлением, а также в случаях индивидуальной непереносимости отдельных компонентов, входящих в фитохимический состав растения. При этом, не допускается использование Родиолы также вместе с гормональными препаратами, поскольку Красная щетка сама по себе является фитогормоном [14, с. 122-128].

На сегодняшний день начато большое количество исследований в области совершенствования работы по направлению изучения лечебного эффекта Родиолы. Ведется работа учеными Китая, Германии и России. На сегодняшний день уже разработан ряд аспектов в области данного направления, что касается создания фиточая, обладающего противовоспалительным эффектом и

используемого в борьбе с гинекологическими заболеваниями. Польские ученые проводили *in vivo* исследования, в которых были изучены крысы и мыши, для определения эффективности действия спиртовой настойки. В данном случае предполагается, что настойка из данного растения направлена на проведение борьбы с заболеваниями в области онкологии для облегчения их последствий.

Казахстанские ученые медицинского университета имени С. Д. Асфендиярова – Бошкарева А. К., Омарова Р. А., Ахелова А. Л., Сатмбекова Д. К., Оспанова Г. Ш. вместе со студентами исследовали Родиолу (*Rh. quadrifida*) как источник биологически активных веществ. В качестве сырья для образцов своих исследований учеными были выбраны образцы, отобранные на территории Восточного Казахстана в пределах Алтайского края. Они определяли в растении содержание органических кислот, флавоноидов, фенолокислот и 4-оксикумаринов. В ходе реализации своих исследований ими проведена стандартизация высушенных экземпляров растений, определено содержание сухого вещества, объем тяжелых металлов, а также влаги.

В результате проведения исследований, из флавоноидов, то есть полифенольных соединений, были экстрагированы такие вещества как апигенин, цинарозид, лютеолин, алигенин-7-глюкуронид. К группе веществ, принадлежащих к фенолкарбоновым кислотам, относят шикимовую кислоту, кофейную, феруловую, хинную, неохлорогеновую и хлорогеновую кислоты. Ими были определены содержание дубильных компонентов, антоцианов, флавоноидов, что дает возможность для дальнейшей работы над разработкой лекарственных средств из данного растительного сырья [15, с. 180-182].

Популяции Красной щетки, произрастающей в условиях Восточной Сибири, а именно, её южной части, продемонстрировали свою превалированную распространенность в пределах данной территория, в то время как для районов Средней Азии в большинстве своем была характерна Родиола разнозубчатая (*Rhodiola heterodonta* (Hook. f. & Thomson)). Оленниковым Д. и Чириковой Н. было определено, что для того, чтобы Родиола была внедрена в официальную медицину, необходимо подтверждение о содержании в ней соответствующих маркерных соединений, а также выбор критериев стандартизации. В связи с этим, данными исследователями предпринята попытка исследования фенольных спиртов, а также относящихся к ним родоспецифичных гликозидов. В качестве метода для определения содержания данных веществ используется метод жидкостной и тонкослойной хроматографии. Проведенные исследования показали, что для *Rh. quadrifida* в основном характерны тирозол и салидрозид, в то время как розарин встречается исключительно у *Rh. rosea*. Полученные результаты могут быть использованы в качестве метода идентификации вида родиол в соответствии с их хроматографическими профилями, а данные о содержащихся в них соединениях могут применяться с целью стандартизации видов [16, с. 1048-1054].

Представители рода Родиола отличаются своей разно-векторностью практического применения в соответствии с различным содержанием БАВ-в

(биологически активных веществ). Некоторые зарубежные исследователи (Чанг Х. М., Чен Х. К., Лю З., Лю Ю., Лю К. и другие) отмечают в своих работах, что для растений, относящихся к роду Родиола, характерен примерно похожий фитохимический профиль, характеризующийся различными химическими веществами. К таким компонентам растения относят фенольные кислоты, флавоноиды, органические кислоты, проантоцианидины, соединения моно- и тритерпенового характера, полифенольные соединения, эфирные масла [17, с. 359-369; 18].

Учеными Российской Федерации Родиола рассматривается как один из вариантов биологически активной добавки широко применяемой в народной медицине. Установлено, что *Rh. quadrifida* довольно часто используется для лечения таких заболеваний как аменорея, дисменорея, поликистоз яичников, эндометриоз, то есть гинекологических заболеваний. Однако, несмотря на свою востребованность в народной медицине, официальное её применение несколько ограничено, ввиду отсутствия достаточного количества исследований и сведений о химическом составе растения. В соответствии с этим, определяется, что сведения о критериях стандартизации достаточно ограничены [19].

Определение химического состава данного растения является действительно очень важным аспектом ввиду того, что именно различия в химическом составе дают возможность объективно определять принадлежность растения к определенному виду, так как визуальная оценка не может давать соответствующих сведений об этом по причине существенных сходных характеристик с точки зрения морфологического строения. Вследствие этого, подтверждается необходимость и существенная роль видоспецифичного профилирования, данные которого дают возможность для дальнейшей стандартизации [20, с. 477-482].

Проведенные лабораторные исследования зарубежных медицинских специалистов и ученых с применением метода ТСХ подтверждают, что изучаемое нами растение содержит такие вещества как тирозол и салидрозид, которые относятся к родоспецифичным фенолоспиртам. Также выявлено, что розмарин, к примеру, данному виду не свойственен. Полученные результаты высокоэффективной жидкостной хроматографии продемонстрировали коррелирование результатов с полученными данными в ходе ВЭТСХ анализа. Сравнительный анализ *Rh. quadrifida* и *Rh. rosea* показали, что последний вид помимо салидрозида и тирозола содержит также розарин и другие вещества, которые по своей химической структуре достаточно близки к розарину.

Содержание фенольных спиртов и гликозидов в *Rh. quadrifida* представлено на рисунке 6, которое определялось в корнях данного растения. В соответствии с полученными данными было установлено, что розарин при спиртовом извлечении не был идентифицирован как родоспецифическое соединение. На рисунке 7 проиллюстрировано содержание фенольных соединений в трех видах растений рода Родиола. Представленное

распределение фенолов в различных видах Родиолы указывает на превалирование тирозола по отношению к салидрозиду у *Rh. quadrifida*.

Проведенный ряд исследований позволил подтвердить отсутствие производных коричневого спирта в составе *Rh. quadrifida*. Также установлено, что помимо широко распространенных салидрозид и тирозол в составе имеется ещё как минимум порядка шести различных соединений. Помимо последних доминантных компонентов не было установлено других соединений, которые могли бы выполнять функцию доминантов для идентификации принадлежности Родиолы к определенному виду.

Параметры хроматографического профиля фенольных спиртов и их гликозидов в корневищах с корнями родиолы четырехлепестной

Родоспецифичные соединения	Объект исследования	Номер пика на хроматограмме	Время удерживания, мин (R <sub>t</sub> )	Площадь пика (S)
Салидрозид	Раствор СО	1	5.86	1048938
	Спиртовое извлечение <i>R. quadrifida</i>	4	5.90	708493
Тирозол	Раствор СО	2	9.4	127331
	Спиртовое извлечение <i>R. quadrifida</i>	5	9.46	118462
Розарин	Раствор СО	3	24.56	129689
	Спиртовое извлечение <i>R. quadrifida</i>	Не идентифицирован		

Рисунок 6 – Содержание фенольных спиртов и гликозидов в *Rh. quadrifida*

Содержание родоспецифичных фенольных соединений в трех видах родиол

Родоспецифичные фенольные соединения	70% спиртовые извлечения корневищ с корнями					
	<i>R. rosea</i>		<i>R. quadrifida</i>		<i>R. heterodonta</i>	
	X <sub>ср</sub> ± ΔX <sub>i</sub> , %	ε, %	X <sub>ср</sub> ± ΔX <sub>i</sub> , %	ε, %	X <sub>ср</sub> ± ΔX <sub>i</sub> , %	ε, %
	(n=6)					
Тирозол	0.092±0.001	2.94	0.210±0.016	1.22	0.440±0.010	0.54
Салидрозид	0.059±0.003	0.31	0.162±0.020	0.61	0.236±0.001	0.14
Розарин	0.745±0.395	6.76	Не идентифицирован			

Рисунок 7 – Содержание родоспецифических фенольных соединений в *Rh. quadrifida* [21, с. 1864-1870]

Изучалось также влияние салидрозид на способность ингибирования пролиферации, инвазии и возможной миграции раковых клеток, а также благоприятном воздействии на индуцирование апоптоза клеток, вызывающих возникновение раковых опухолей (экспреименты проведены в условиях *in vitro*) и подавление их роста (экспреименты проведены в условиях *in vivo*) [21, с. 1864-1870; 22, с. 2553-2560]. Было также выявлено, что для данного вещества характерна способность оказывать защитное воздействие на развитие клеток эндотелия [23; 24, с. 262-273. 25, с. 771-778], а также благоприятно влиять на протекание острого респираторного дистресс синдрома и течение болезни Альцгеймера [26, 27]. Оценивая всю важность и роль данного компонента, можно сделать заключение о том, что *Rh. quadrifida* является перспективным растением для дальнейшего изучения в медицинской науке. При этом

ключевым моментом является именно уделение основного внимания оценке фармакологической активности вещества, содержащегося в составе Родиолы, с последующим выделением некоторых биологически активных веществ в индивидуальном формате.

Изучение химического состава Родиолы четырехчленной в Монголии (Цэцэг Сум, провинция Ховд) проводилось на основе оценки содержания микро- и макроэлементов. Для получения объективных данных использовался метод рентгеновской флуоресценции, в ходе применения которого было определено, что в составе исследованных образцов Родиолы содержится большое количество оксида калия, магния, кальция, а также диоксида кремния [28].

Польскими учеными проведен ряд исследований, целью которых было изучение влияния экстрактов Родиолы четырехчленной на лимфоциты в крови свиней. Исследование показало, что стимулирующий эффект оказывался на те клетки, по отношению к которым использовались более низкие концентрации родиоловых экстрактов. При повышении дозы с 10 мкг/мл до 20 мкг/мл стимулирующий эффект исчезал, что характеризуется как дозозависимость [29, с. 105-111.; 30, с. 399-405].

В результате, исследование данных ученых подтвердило, что полученные результаты в отношении влияния концентрации химического вещества на культуральную среду определяли лабораторные наблюдения. Аналогичные исследования проводились не только для Родиолы четырехчленной, но и для Родиолы розовой, по отношению к которой были получены похожие данные. Также выявлено, что более высокие концентрации оказывают ингибирующий эффект на клеточные культуры. При этом не выявлено отличий в отношении контрольных культур. В результате этого, ингибирование ответа *ConA* концентрацией экстрактов 50 мкг/мл не было связано с их цитотоксичностью. Предположительно, ингибирование может быть связано с более сильной активацией Т-супрессорных клеток, в соотношении с остальными Т-лимфоцитами, при наличии более высоких доз экстрактов Родиолы в культуральной среде. Альтернативно, это может быть связано с конкурентным блокированием рецепторов митогена высокой концентрацией некоторых соединений экстракта Родиолы, в частности теми, которые содержат сахарные фрагменты. Также отмечается, что стимулирующее и ингибирующее действие экстрактов Родиолы в зависимости от концентраций может быть обусловлено наличием в экстрактах некоторых полифенолов [31, с. 6907-6011]. Действие родиолы на *ConA*-индуцированную активацию лимфоцитов может быть также связано с их влиянием на высвобождение катехоламинов и уровень cAMP. Также определено, что некоторые соединения, которые присутствуют в экстрактах Родиолы, могут действовать как адренергические агонисты через что будут иметь возможность влиять на *ConA*-индуцированную пролиферацию лимфоцитов. Таким образом, определено, что влияние химических компонентов Родиолы, может проявляться как вторичное явление по отношению к их способности индуцировать биосинтез опиоидных пептидов и



способности индуцировать опиоидные рецепторы. Было выявлено, что некоторые эндогенные опиоидные пептиды оказывают благоприятное воздействие на индуцирование и активацию иммунных функций. Установлено влияние компонентов Родиолы как одного из элементов кардиопульмональной и адаптогенной защиты центральной нервной системы с позиции влияния на уровень опиоидных пептидов и моноаминов (например, бета-эндорфины) [32, с. 287-300]. Таким образом, установлено, что *Rh. quadrifida* имеет ряд преимуществ по отношению к обеспечению защитных функций организма. В данном случае очень важно правильно и целесообразно подходить к оценке потенциальных результатов практического применения экстрактов родиолы, которые оказывают благоприятное воздействие на ингибирование развития раковых клеток [33, с. 166-170].

Некоторыми польскими исследователями также устанавливалась распространенность данного растения в пределах Европейских стран. Малиновски М., Васютински А, Соммер И. и другие отражали в своих работах сведения о том, что не установлено ангиотропной, иммунотропной и противоопухолевой активности компонентов, содержащихся в составе Родиолы четырехчленной. Исследование этих ученых было направлено на оценку степени влияния салидрозида, содержащегося в экземплярах Родиолы монгольского происхождения, на ангиогенез, который индуцируется опухолью. В качестве подопытного материала использовали мышей и метод трансплантации им сингенных клеток саркомы L-1. В результате проведенного исследования обнаружены новообразованные кровеносные сосуды, что определяет *Rh. quadrifida* как растение, оказывающее благоприятное воздействие на снижение неоваскулярной реакции вне зависимости от используемой дозы [34, с. 97-104].

Установлено, что *Rh. quadrifida* обладает целебными свойствами, которые присваиваются данному растению ввиду наличия характерных ему биологически активных веществ. Данные вещества идентифицируются в условиях проведения эксперимента *in vivo* и *in vitro*. Мирмазлум И., Кисс А., Ладани М. изучали содержание в образцах родиолы фенилпропаноидов и фенилэтаноидов. Из фенилпропаноидов обнаружены розарин, розавин и канифоль, то есть вещества, которые относятся к гликозидам циннамилевого спирта. Фенилэтаноиды в свою очередь были представлены салидрозидом и тирозолом. Они определены как продукты, которые формируются в ходе шикиматного пути. При этом, исследователями было отмечено, что синтез данных веществ имеет ряд отличий, которые определяются на уровне аминокислот ароматической группы, а именно: фенилаланина для первой и тирозина для второй групп. Лабораторные исследования позволили установить, что образование салидрозида происходит в результате гликозилирования тирозола, в то время как аналогичный процесс, связанный с коричневым спиртом, приводит к образованию гликозида канифоли, который является источником формирования розарина и розавина [35, с. 129-137]. Линь П. Т., Ким Ю. Х. и др. делали акцент на том, что именно уровень содержания некоторых химических

компонентов является определяющим фактором, который дает объективную оценку качества сырья. В таком случае такими веществами являются розавин и салидрозид [36, с. 349-352; 37, с. 1231-1244].

Родиола четырехчленная является одним из наиболее широко применяемых в медицинских целях растением, которое довольно сложно приспособляется к условиям окружающей среды, в частности, тем условиям, которые являются в различном своем проявлении специфическими. В связи с этим, данному растению характерен низкий уровень интродукционного потенциала [38, с. 20-26]. В связи с этим, видится необходимость поиска альтернативных способов, направленных на получение оптимального растительного сырья, которые могут быть использованы в фармакологии и традиционной медицины. Проводимые в данной области исследования указывают на то, что сегодня выращивание растений, которые очень требовательны к условиям окружающей среды, находит очень широкое применение в биотехнологии. Отмечается, что растительная биомасса может быть выращена *in vitro* в виде каллусных культур, суспензий, а также некоторых вариантов дифференцированных структур. При этом, среди изученных исследований, выявлено только одно, которое содержит информацию о получении каллусной культуры растения *Rh. quadrifida*, а также где оценена роль салидрозидов как одного из ценнейших вторичных метаболитов [39, с. 1237-1240]. Не было обнаружено публикаций, которые представляли информацию о волосистых корнях Родиолы. Важным является аспект, касающийся синтеза веществ, который, как выявлено, обычно различается в дифференцированных и недифференцированных структурах культур растения *in vitro*. Также литературный поиск не дал положительных результатов относительно сравнительных данных, касающихся характеристик корнеклубнеплодов и каллусной культуры. Подобного рода исследования необходимы в основном для поиска и оптимального использования биотехнологических подходов, которые оказывают благоприятное воздействие на исследование механизмов, определяющих формирование фенольных соединений данным представителем флоры.

Степанова А., Малунова М., Саламейкина С., Селимов Р. и Соловьева А. изучали способность растений к осуществлению биосинтеза фенольных метаболитов, а также взаимосвязь данного процесса с показателями по ростовым характеристикам растений. Было выявлено, что увеличение роста гораздо стремительнее протекает в волосатых корнях Родиолы в сравнении с каллусной культурой. Отмечено отсутствие розавина в составе корней. При этом биосинтез характерен в основном каллусу. Данные отличия обычно могут быть объяснены присутствием синтезирующих ферментов розавина в тех тканях, которые сходны с органами запасаания. На стимулирование биосинтеза фенолов может оказывать влияние также 2,4-D, однако косвенно, то есть воздействие на процесс ингибирования развития тканей. Также отмечается, что содержание салидрозидов в каллусной ткани примерно похоже на таковое в составе корневищ Родиолы, произрастающей в условиях естественного

местообитания. Именно данный аспект делает Родиолу четырехчленную культурой, которая может считаться наиболее перспективной для использования в биотехнологических исследованиях [40, с. 543-552].

Таким образом, *Rh. quadrifida* богата различными химическими веществами, которые оказывают благоприятное воздействие на организм и отдельные системы органов. Содержит: фенолы, эфирное масло, антрагликозиды, сахара, воски, жиры, белки, дубильные вещества, танины, флавоноиды, органические кислоты, стерины, летучие масла, третичные спирты, полифенолы, гликозиды, а также некоторые микроэлементы: серебро, цинк, марганец, молибден, кобальт, никель, хром, медь. Является источником лекарственного сырья в борьбе с различными заболеваниями, в основном в народной медицине.

### **1.3 Условия произрастания Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)**

*Rhodiola quadrifida* (Pall. Fisch. Et C.A. Mey) относится к суккулентно-листовым растениям и считается короткокорневищным поликарпиком [41]. Кулюгина Е. Е. и Тетерюк Л. В. исследовали произрастание Родиолы в условиях Уральского хребта и Большеземельской тундры на территории Южной Сибири и Монголии. Ими выделены основные пределы произрастания данного поликарпика, которые охватывают в большинстве своем арктические районы в пределах Дальнего Востока, Сибири, Европы и Монголии. К данным местностям относят арктоальпийский вид, относящийся к сибирской категории растений семейства Crassulaceae. Кроме этого, также ещё выделяют и Уральский фрагмент ареала данного представителя, территорию произрастания которого ассоциируют с плейстоценом. Исследователи делают акцент на том, что именно в период плейстоцена данный вид проник из Азиатских стран на территорию Уральской части, посредством интродукции с перигляциальной растительностью [42, с. 154-158].

Условия произрастания растения выступают в роли одного из основных и лимитирующих факторов, оказывающих влияние на распространение растения.

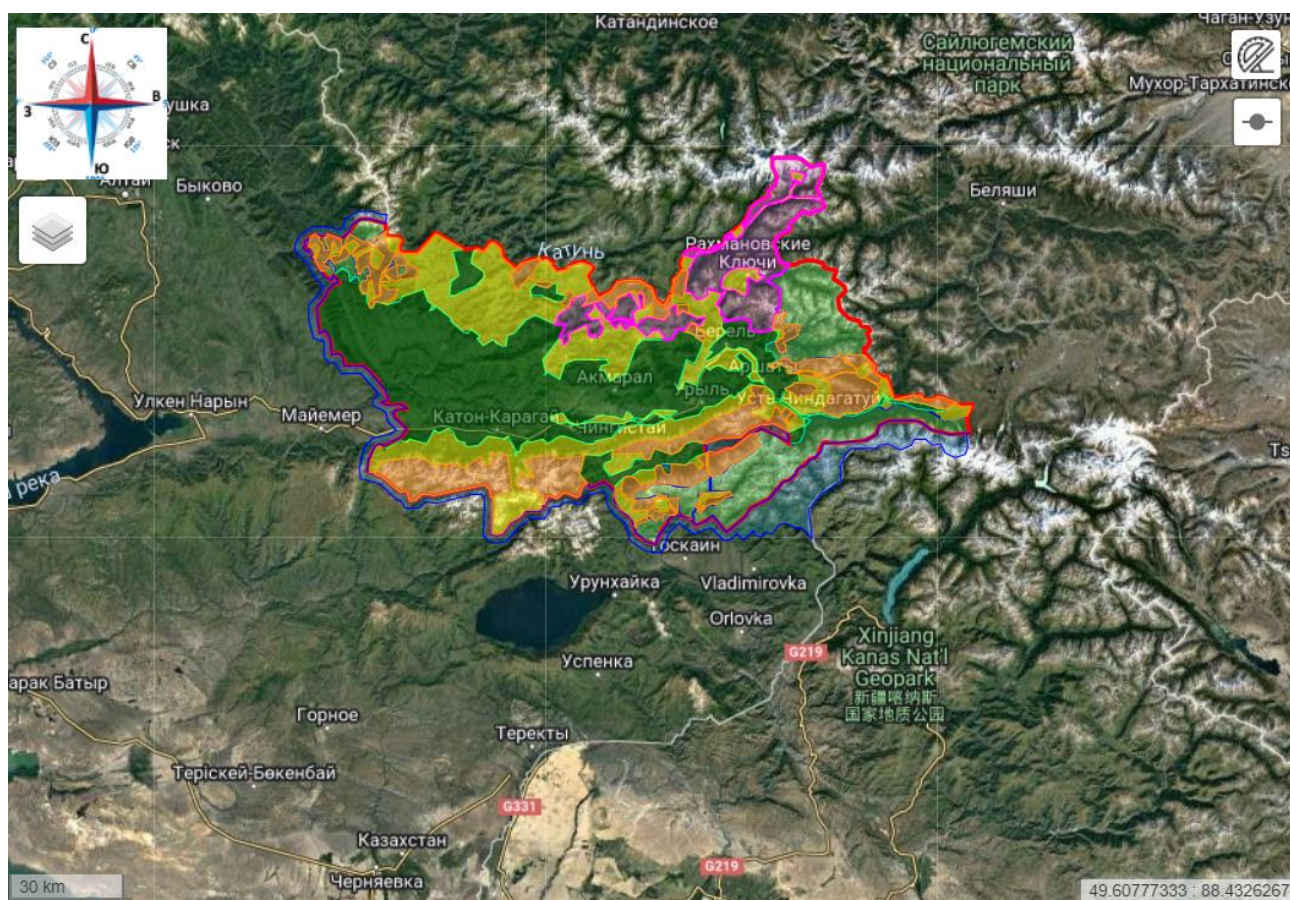
Из литературных источников следует, что Родиола четырехчленная, выступает в роли растения, которое считается приспособленным к экстремальным значениям абиотических факторов (нестабильность температурных показателей, существенное варьирование факторов окружающей среды). Это объясняется условиями её произрастания (в условиях высокогорья, на каменистом грунте, холмисто-высокогорных территориях и районах). Для приспособления к таким территориям у растения имеются свои особенности, что проявляется в развитии специализированной корневой системы, которая позволяет удерживать растение в высокогорном грунте и обеспечивать при этом его необходимой водой. Также стебли за предыдущий вегетационный период после отмирания опадают и формируют своего рода «островков», который способствует формированию основы роста растения и

удержания его в грунте, что также обеспечивает его защиту от неблагоприятных условий среды [1, с. 26-31].

Для оценки общего состояния растительности в определенной местности очень важно понимать, что именно условия произрастания оказывают немаловажное воздействие на распространение растительных сообществ.

В рамках проводимого исследования основное внимание уделяется именно популяции Родиолы четырехчленной, которая произрастает на территории национального парка. Парк был создан путем слияния и реорганизации государственных учреждений по охране лесов и животного мира постановлением Правительства Республики Казахстан от 17 июля 2001 года «О создании Катон-Карагайского государственного национального природного парка». Территория национального парка (рисунок 8) делится на определенные зоны, которые разграничиваются различными цветами в зависимости от назначения их использования.

Данный ГНПП стал считаться особо охраняемой природной территорией, входящей в состав наследия ЮНЕСКО, куда он вошел с 2014 года. Национальный парк подотчетен Комитету лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Центральный офис данного парка располагается в Восточно-Казахстанской области, Катон-Карагайском районе, селе Катон-Карагай на расстоянии около 360 км от города Усть-Каменогорск.



## Рисунок 8 – Государственный Национальный Природный Парк «Катон-Карагайский» [43]

Северная и восточная часть Национального парка граничит с Республикой Алтай, простираясь на юго-востоке до Китая, а на юге до реки Темир-Каба, проходя через Муз-Бельскую лесную дачу, относящуюся к Шингистайскому лесничеству (Курчумский район). Граница парка на западе простирается в пределах реки Фарпусная (другое название: Шуршутсу) с охватом части Большенарымского лесного хозяйства. Территория ГНПП включает также верховья реки Бухтармы и некоторую долю Катунского хребта.

Катон-Карагайский национальный парк отличается присущими ему представителями флоры и фауны. Фауна нацпарка представлена 10 тысячами беспозвоночных животных, 277 видами представителей орнитофауны (филин, журавль красавка, беркут, сапсан, алтайский улар, сокол балобан, серый журавль и др.), 68 видами млекопитающих, 9 видами костных рыб (таймень и др.) и 6 видами пресмыкающихся. Пять видов птиц на сегодняшний день считаются включенными в список МСОП: *Crex crex* (коростель), *Circus macrourus* (степной лунь), *Emberiza aureola* (дубровник), *Falco naumanni* (степная пустельга) и *Aegypius monachus* (черный гриф). Среди представителей беспозвоночной фауны встречаются также и эндемики, среди которых известны парнасец феб, червонец монгольский и голубянка люцифер.

На территории парка насчитывается достаточно небольшая численность пресмыкающихся и амфибий, среди которых наиболее часто встречающимися являются:

- обыкновенный щитомордник (*Gloydius halys*);
- узорчатый полоз (*Elaphe dione*);
- живородящая ящерица (*Zootoca vivipara*);
- прыткая ящерица (*Lacerta agilis*);
- обыкновенная гадюка (*Vipera berus*);
- остромордая лягушка (*Rana arvalis*).

На территории ООПТ можно встретить также виды, которые занесены в Красную Книгу, имеющую Международный статус. К ним относят: ночницу Иконникова (*Myotis ikonnikovi*), архара-аргали (*Ovis ammon*), снежного барса (*Panthera uncia*) и каменную куницу (*Martes foina*).

Отличительной чертой Катон-Карагайского национального парка можно также считать растительный мир. Особенностью данной местности является произрастание большой численности сосудистых растений, превышающих порядка двух тысяч, грибов, лишайников и мхов. Многие растения являются реликтовыми, основными представителями которых считаются: княжик сибирский, мятлик алтайский, ветреница алтайская и другие.

Особый интерес представляют растения, которые подлежат охране и присвоению им особого статуса. Выявлена категория растений, к которым относят порядка сорока видов, находящихся в условиях выживания, то есть они

занесены в Красную Книгу Казахстана из-за того, что их положение оценивается как «на грани исчезновения». К ним относят:

- башмачок пятнистый (*Cypripedium guttatum*);
- болотник Верещагина (*Limnas vereschaginii*);
- пион Марьин-корень (*Paeonia anomala*);
- дифазиаструм альпийский (*Diphasiastrum alpinum*);
- астрагал тонкостебельный (*Astragalus leptocaulis*);
- тюльпан разнолепестный (*Tulipa heteropetala*);
- родиола розовая (*Rhodiola rosea*);
- арника Ильина (*Arnica iljinii*);
- мухомор щетинистый (*Amanita solitaria*);
- клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus*);
- толокнянка обыкновенная (*Arctostaphylosuva-ursi*);
- адонис пушистый (*Adonis villosa*) и другие.

Часть растений, произрастающих в пределах парка, относят к исчезающим и редким видам. Например: лук алтайский, пырей якутский, параколподиум алтайский, володушка Крылова, родиола холодная и другие. Также к числу данной категории растений национального парка можно отнести Родиолу четырехчленную, ценность которой с каждым годом все больше повышается.

Местность, которую охватывает национальный парк, относится к региону, считающемуся особенно богатым на лесные ресурсы. Определяется, что подобного рода территории очень важны с точки зрения их физического проявления в общем составе растительности, поэтому леса в основном выполняют водорегулирующую и почвозащитную роль, обеспечивая стабилизацию общего состояния флоры [43].

Васильева А. Н. исследуя флору Казахстана в 1960-е годы писала о том, что поскольку Родиола четырехчленная является аркто-альпийским видом растений, она может произрастать в основном на каменистых склонах, скалах, мохово-лишайниковой и щебнистой тундре, а также на осыпях около ледников. Для Казахстана же данный вид в основном характерен высокогорным зонам и встречается обычно в пределах хребта Тарбагатай и Алтая [44]. Данный вид зачастую распространен на территории России (Саяны и территория Алтая), Монголия, пределы Восточной Сибири (Монгольский Алтай, Ховсгол, Хангай, Хэнтий, Ховд), а также территория Китая (плато Цинхай-Тибет, территория Синьцзян) [45, с. 179-181]. Попова О. А., Чащина Н. А., Лесков А. П. и др. изучали структуру популяции *Rh. quadrifida* с точки зрения его эколого-фитоценотической характеристики на территории Забайкалья и Северного Урала [46, с. 162-165; 47, с. 66-87.]. Такими учеными как Чжао Р., Чжан Х. и Ан Л. проведены исследования условий произрастания Родиолы в Китае [48, с. 199-209]. Однако биологические особенности и экотипическая приуроченность исследуемого вида ранее в Казахстане не изучалась именно в условиях естественного произрастания Родиолы четырехчленной. При этом имеются сведения о том, что сегодня начинает активно наращивать темпы роста спроса на сырье *Rh. quadrifida*, считающееся лекарственным. В связи с этим во многих

странах данное растение сегодня существенно подвергается антропогенному влиянию.

Кубентаев С. с коллегами исследовали вопросы формирования и существования ценопопуляций *Rh. quadrifida* в условиях Восточного Казахстана, которые представлены изолированными микрофитоценозами. Ввиду горных условий произрастания, для биоценоза формируется специфический характер температурного и светового режима. Поверхностные горизонты оголяются в период зимы за счет влияния юго-западных и юго-восточных ветров, которые также приводят к охлаждению грунта и понижению температуры почвы. Такие условия способствуют обеспечению резких суточных перепадов температур в период с апреля по май. Максимальное количество тепла в почве накапливается к концу июня с невысокой влажностью до 15 %. Такие показатели обуславливаются составом почвы с точки зрения его механического слоя, что влияет на развитие исследуемого вида и особенности его роста. Авторами также исследован вопрос формирования количественных показателей и морфологических характеристик вида в условиях разнообразных популяций, в соответствии с рисунком 9.

Морфолого-количественные характеристики изученных ЦП *Rh. quadrifida*

Морфолого-количественные параметры	Ивановская популяция		Коксинская популяция	Линейская популяция	
	ЦП1	ЦП2	ЦП3	ЦП4	ЦП5
	М±м	М±м	М±м	М±м	М±м
Высота растения	6,2±0,31	10,33±0,81	9,6±0,61	9,6±0,42	7,86±0,47
Диаметр куста	12,6±0,77	22,6±1,32	15,13±1,29	12,3±1,01	22,3±2,00
Число побегов на куст	36,23±3,21	55,2±4,71	45,1±2,91	26,6±1,82	22,2±1,33
Диаметр соцветия	1,7±0,17	2,3±0,21	2,0±0,32	1,8±0,21	1,6±0,17
Число цветков в соцветии	3,2±0,32	6,1±0,52	6,9±0,46	4,5±0,59	5,3±0,45
Примечание: * p<0,001					

Рисунок 9 – Количественные показатели и морфологические характеристики *Rh. quadrifida*

В соответствии с морфолого-количественными показателями изученных ценопопуляций выявлены пять групп растений, которые классифицированы на различные категории:

- ЦП 1 – родиолово-дриадово-осоковая;
- ЦП 2 – родиолово-осоковая;
- ЦП 3 – родиолово-овсяницево-осоковая;
- ЦП 4 – родиолово-овсянищевая;
- ЦП 5 – Патриниево-родиолово-осоковая.

Первая и вторая группа, объединяясь, образуют Ивановскую популяцию, третья группа представляет собой Коксинскую популяцию, а четвертая и пятая именуется линейскими. В ходе исследования данных популяций и групп растений с точки зрения морфолого-количественных параметров, можно

установить, что наибольшие показатели по высоте растений, числу побегов на куст и диаметру соцветия характерны для второй группы, то есть родиолово-осоковой, в то время как родиолово-дриадово-осоковая показывает обратные пропорциональные показатели. Параметры диаметра куста доминируют у ЦП 2 и ЦП 5. При этом, число цветков в соцветии преобладает в основном у Коксинской популяции. На рисунке 10 приведены места распространения ценопопуляций *Rh. quadrifida* в пределах Восточного Казахстана.

Установлено, что популяция, именуемая Ивановской, распространяется на территории северо-западного склона хр. Ивановский. При этом, уровень её произрастания варьирует на высоте до 2400 метров над уровнем моря. Популяции с преобладанием Родиолы четырехчленной в основном характерны для участков высотой 2000 метров. Пределы исследуемого участка при этом не превышают площади в 150 квадратных метров. В связи с тем, что участок, на который приходится распространение исследуемых растений, в зимний период обычно бывает открытым, что формирует условия для частичного вымерзания некоторых точек возобновления Родиолы. При этом, ежегодное накопление опада и его последующее перепревание приводит к формированию условий для распространения пионерных рядов, одним из которых выступает *Rh. quadrifida*.

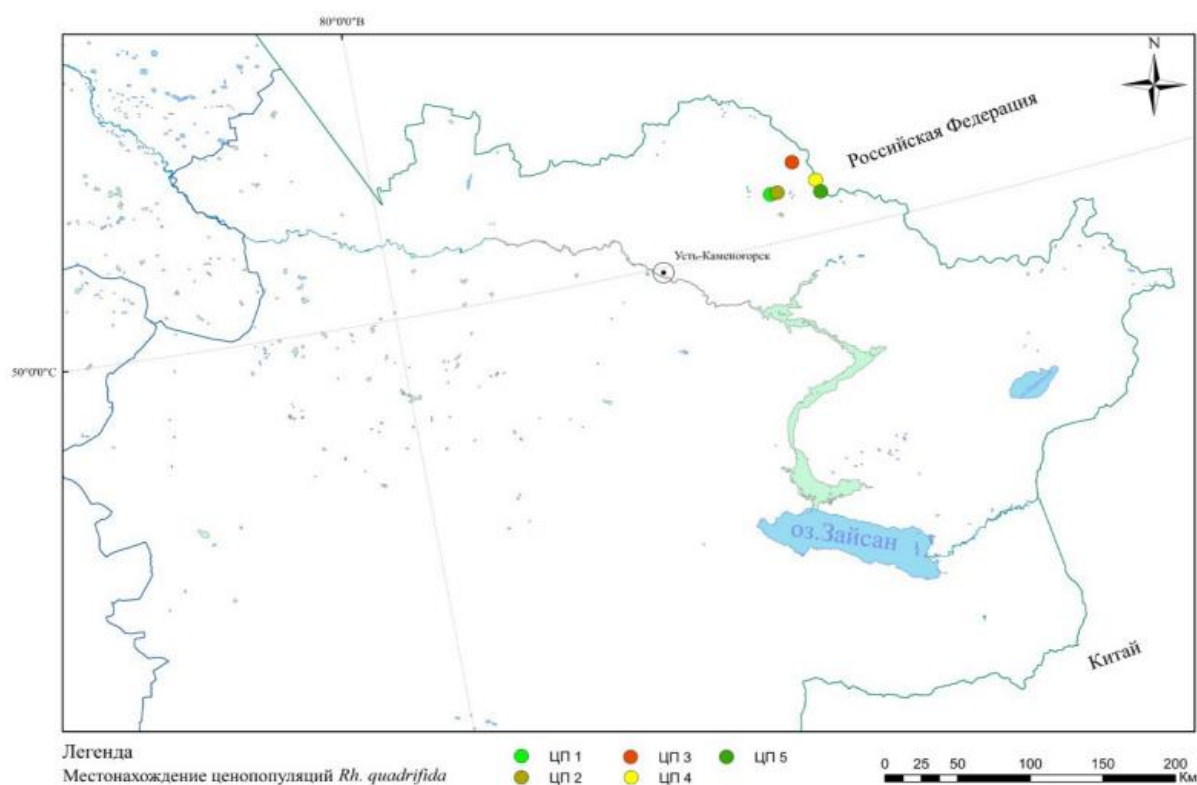


Рисунок 10 – Карта местонахождений ценопопуляций *Rh. quadrifida* в условиях Восточного Казахстана

Выявленные условия распространения растений показали, что растительность не образует целостного единого покрова с разнообразным



проявлением в видовом отношении, а превалирует исключительно в виде пятен с проективной долей покрытия в 3,5 %. В таких ценопопуляциях основная доля представителей растений выступает с точки зрения стареющих экземпляров, где наблюдается нарушение возрастного состава растений. Отсутствие целостного растительного покрова приводит к тому, что часть растений вымерзает и корень становится слаборазвитым, цветовая окраска растений тоже изменяется, верхние слои растения отслаиваются и растение увядает. Таким образом, установлено, что *Rh. quadrifida* встречается в исследуемых условиях в форме изолированных микроценозов.

Второй вид ценопопуляции характерен для верхнего течения реки Большая Поперечка и скального массива, где высота распространения растений при этом составляет в пределах 2300 метров над уровнем моря. Среда обитания исследуемого вида в основном представлена обломками древней морены, трещинами, образующимися в скалах, и заросшими уступами. Также в пределах данных территорий произрастают лишайники и мхи.

Растительный покров родиолово-осоковой популяции с участием *Rh. quadrifida* образует около 10–15 % покрытия растительности. Скорость возобновления семян низкая, в основном преобладают взрослые особи. Соцветия растений данных территорий очень часто существенно повреждены заморозкам, на долю которых приходится до 35 %.

Коксинская популяция характерна для юго-западной территории склона хребта Коксинский с проявлением популяции на уровне 1950-2000 метров над уровнем моря. *Rh. quadrifida* в данном случае можно считать одним из составляющих компонентов разнотравно-пионерного фитоценоза. Родиола занимает участки между различными углублениями и трещинами в скалах, постепенно переходя на каменистые склоны. Популяция Родиолы в данном случае считается молодой, поскольку формируется на основе заноса семян с других местностей. Продуктивность образования плодов достаточно низкая. Большая часть соцветий вымерзает ещё в период раннего развития растения. Из всех выживших особей плодоносят только около 5 %. Общее количество растений произрастает среди обломков пород. При этом, до 90 % надпочвенного покрова представлено лишайниками и мхами. Условия, обеспечивающие поддержание развития растений, формируются за счет вегетативного и семенного размножений.

Линейская популяция формируется в пределах северо-восточного склона хребта Линейский, где на северо-западе граничит с Западно-Алтайским государственным природным заповедником. Максимальная высота распространения растительности достигает до 2200 метров. При этом рельеф территории характеризуется распространением скалистых расщелин, долин ручьев и рек. Для данной территории характерны южные ветра, однако несмотря на них снег обычно достаточно хорошо задерживается между расщелинами в склонах. Плотность растительного покрова в данном случае составляет до 70 %.

Четвертый тип ценопопуляции Родиолы четырехчленной располагается на северо-восточной территории скал с покрытием до 50 %. Территория охвачена горными породами разных видов с выступающими на поверхность глыбами. Как правило, большая часть корней размещается в пределах трещин с охватом глубины до 15 сантиметров. Высота растений при этом не превышает 11 сантиметров в связи с экстремальными условиями абиотических факторов среды. Распространение семян и семеношение растений происходит только под глыбами. В данной ценопопуляции количество проростков многочисленно, однако доля их выживаемости низкая даже несмотря на все приспособления, которые присущи растению, для обеспечения их защиты от неблагоприятных факторов.

Патриниево-родиолово-осоковая популяция растительности характеризуется произрастанием в условиях щебнистого и каменистого склонов. Распространение растений встречается в основном среди крупных обломков породы, в то время как почвы данных территорий отличаются своей гумусированностью с примесью щебня. Надпочвенный покров при этом на 30 % покрыт лишайниками и мхами.

Распространенность растительности в основном представляется в виде полос и различных пятен, простирающихся по направлению к северо-западу и юго-востоку. Родиола четырехчленная зачастую произрастает с подветренной стороны в юго-западном направлении. На рисунке 11 представлена онтогенетическая структура популяции Родиолы.

Возрастная структура ценопопуляций *Rh. quadrifida*

Возрастные состояния (%)	Ивановская популяция		Коксинская популяция	Линейская популяция	
	ЦП1	ЦП2	ЦП 3	ЦП4	ЦП5
Проростки	-	3,8±0,27	0,3±0,01	8,9±0,52	3,2±0,28
Ювенильные	-	-	-	1,3±0,45	2,8±0,44
Иматурные	-	0,8±0,03	1,5±0,10	-	0,4±0,07
Виргинильные	2,5±0,32	0,2±0,01	1,8±0,21	0,67±0,23	-
Генеративные	0,3±0,08	0,4±0,06	0,8±0,12	1,33±0,24	1,6±0,19
Сенильные	0,9±0,02	-	0,8±0,06	0,4±0,09	1,1±0,29

Примечание: \* p<0,001

Рисунок 11 – Ценопопуляции *Rh. quadrifida*: онтогенетическая структура

В соответствии с возрастной структурой популяции было определено соотношение различных категорий растений в данном случае. Среди представителей ЦП 1 наиболее распространенными являются виргинильные стадии, ЦП 2 – проростки, в то время как наименьшее количество характерно для генеративных и виргинильных форм, соответственно. В Коксинской популяции преобладают в основном виргинильные стадии развития растений, а меньше всего встречается представителей начальной возрастной категории. В

Линейской популяциях в основном преобладают проростки, а меньше всего встречается сенильных форм для ЦП 4 и иматурных форм для ЦП 5.

Проведенный анализ исследований Казахских ученых позволил установить, что на территории произрастания *Rh. quadrifida* растительный покров характеризуется своей относительной бедностью. Основные территории местообитания данного растения включают горно-тундровый и альпийский пояса. Изучаемый нами представитель флоры в основном характерен для скал, осоковых тундр, обломочных осыпей и других участков с экстремальными условиями существования. Выявлено, что основная доля обследованных представителей вида размножается посредством вегетативного способа, в частности, в условиях мохового покрытия. Также важно отметить, что для первых двух популяций отмечается нарушение возрастного состава за счет неэффективного размножения вегетативным способом и, как следствие, нарушения возрастного состава популяции. Три другие ценопопуляции могут размножаться как посредством вегетативного, так и через семенное размножение. В соответствии с этим, отмечается достаточно низкая конкурентоспособность Родиолы четырехчленной. Также важно отметить, что при зарастании участков корневищными злаками или дерновиной, данный представитель исчезает из фитоценоза. По причине того, что он считается достаточно редко распространенным видом, численность которого сегодня активно сокращается, поэтому авторы научной работы делают предположение о том, что целесообразным было бы включение данного вида растения в Красную книгу Казахстана [7].

Проведенные исследования на территории России позволили установить, что *Rh. quadrifida* является охраняемым видом практически в тринадцати регионах Российской Федерации [49]. До 2018 года Родиола была известна на территории Пермского края только в одном образце в пределах северной части тундровых скал и хребта Курыксар [50, с. 14-18].

В 2022 году Селивановым А. Е., Печенкиной К. О. и Карасевым К. А. проведено исследование численности *Rh. quadrifida* в пределах северо-запада Курыксарского хребта в условиях заповедника «Вишерский». Выявленные пределы территории, на которые приходится распространение Родиолы, представлены на рисунке 12.

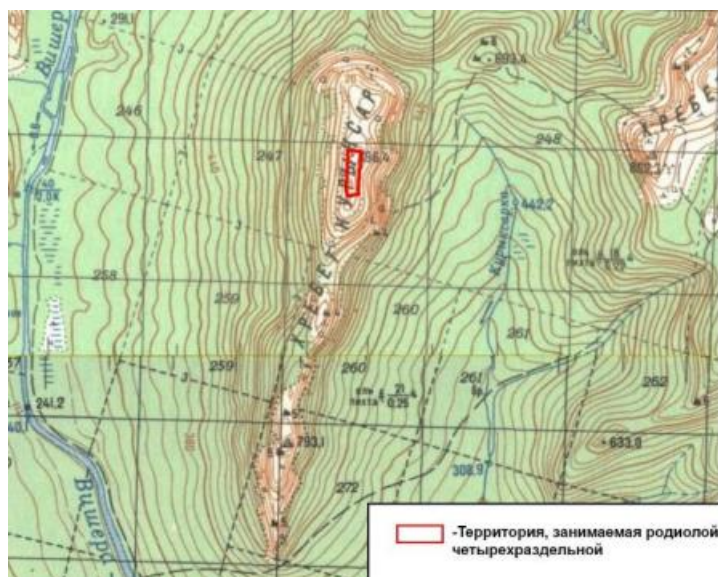


Рисунок 12 – Схема расположения местообитания *Rh. quadrifida* [50, с. 14-18; 51, с. 56-61]

В результате изученного исследователями распространения Родиолы установлены основные условия экологических и фитоценологических характеристик её существования. Проведенные исследования представляют обитание вида в нескольких форматах: в условиях скал горно-тундровой зоны (рисунок 13), а также кустарничково-травяно-лишайниково-моховой тундре (рисунок 14).

Семенова В.В. и Павлова П.А. в своих работах отмечали, что обычно, средняя плотность Родиолы четырехчленной составляет порядка 0,7 экз./м<sup>2</sup>. Наблюдается низкий процент генеративных образцов растений, доля которых составляет порядка 28 %. Оставшаяся часть приходится на виргинильные растения. В связи с тем, что виду свойственен низкий уровень конкурентоспособности, это приводит к необходимости освоения им новых территорий. При поселении на скалах и в горной местности вид встречает минимальную долю конкуренции именно среди сосудистых растений, поэтому принято считать, что большая численность Родиолы характерна горно-холмистым местностям.



Рисунок 13 – *Rh. quadrifida* на скале



Рисунок 14 – *Rh. quadrifida* в условиях тундры

Объективно говоря, современное состояние популяции растений, относящихся к исследуемому нами виду, характеризуется как удовлетворительное. Однако, для полноценного обеспечения стабильных условий развития растений очень важно соблюдение заповедного режима на территории ООПТ, рациональная эксплуатация природных ресурсов, исключение рекреационной нагрузки на сохранение реликтовой популяции края. Исследование экологических и геологических условий распространения *Rh. quadrifida* дает основание для дальнейшего развития систем и методов поиска наиболее перспективных местонахождений Родиолы в пределах Северных Уральских гор. Изучение распространения Родиолы также очень важно для подбора оптимальных способов адаптации и интродукции данного вида на новые территории. Поскольку, результаты исследований в данном направлении показывают, что Родиола, подвергающаяся интродуцированию,

считается достаточно слабоустойчивым видом. В связи с этим, при попытке её интродукции, не формирует зрелых семян [52, с. 78-81]. Предположительно, выделяют вариант рассматриваемого вида в качестве интродуцента в ботанические сады, либо в качестве варианта его внедрения в культуру.

Ограничение ареала обитания данного растения зачастую обеспечивается именно лимитирующими факторами, к которым относят следующие:

- низкая конкурентоспособность;
- слабое проявление экологической пластичности;
- существенная антропогенная нагрузка;
- уничтожение местообитаний растений и условий их существования, влияющее на трансформацию растительного покрова.

Выявлено, что для минимизации антропогенной нагрузки необходимо соблюдение строгого режима охраны с организацией особо охраняемой природной территории.

Горчаковский П. Л. и Шурова Е. А. рассматривали *Rh. quadrifida* как перигляциальный реликтовый вид, проникший на территорию Урала с Азиатских районов [53, 54]. В пределах Республики Коми выявлен фрагмент ареала Родиолы, охватывающий местности Приполярного и Полярного Урала. В изучаемой Мартыненко В.А. и Дёгтевой С.В. местностях выявлены несколько ареалов существования растений: гольцовый и тундровый, где первый включает высоту рельефа от 920 до 1000 метров, в то время как второму характерны пределы высоты от 620 до 820 метров. Исследователями установлены южные локации изучаемого вида Родиолы близ города Хальмерсале и выявлено, что раннее сведений о данных местонахождениях не встречается [55, 56]. Изученная популяция Северного Урала *Rh. quadrifida* в работах Валуйских О. Е., Дубровского Ю. А., Кулюгиной Е. Е. и Канева В. А. демонстрируют приуроченность местообитаний Родиолы в основном на оголенном субстрате. Треть растений представлена генеративными вариантами растений, а две трети виргинильными. Остальные возрастные категории в пределах обследуемых территорий обнаружены не были. Половое соотношение растительных особей характеризуется как 3 к 1, где большая часть приходится на мужские растения. В остальном же состоянии популяции растений можно охарактеризовать как удовлетворительное. Однако для периодического обновления сведений о популяции Родиолы необходимо проведение постоянного мониторинга за состоянием экологических особенностей данного растения.

Южная часть окрестностей Северного Урала характеризуется локальным характером распространения растений. Исследованы численность, условия существования, половая, онтогенетическая, фитоценотическая и экологическая структура популяции на территории национального парка «Югыд ва» [57, с. 66-87].



Рисунок 15 – Ареал распространения *Rh. quadrifida* [58]

Грубов В. И. и Губанов И. А. считают, что Родиолу можно отнести к редкому виду растений, которому присваивается статус № 3. Они изучали произрастание данного вида на территории Монголии и отмечали, что его произрастание в пределах шести районов, выделяемых по ботанико-географическому критерию в пределах Северной Монголии [59, 60]. Западный фрагмент популяции Родиолы четырехчленной обнаружен на Полярном Урале, а низовьям Оби характерны два местонахождения. Наибольшая часть представителей вида известны для Приморского и Хабаровского края на Дальнем Востоке, а также горной части Южной Сибири [61, с. 220-221]. Выявлены зоны произрастания Родиолы в Забайкальском крае. Отмечены популяции в Удокане, Кодаре и Каларском в пределах Станового хребта. Также по причине того, что была выявлена его единственная популяция в пределах города Сохондо, данный вид включен в Красную книгу, отражающую редкие и исчезающие виды Забайкальского края. Выявлена очень низкая численность интересующего нас вида, а также модель его распространения в виде одиночных особей [62, с. 115-117].

Представители вида *Rh. quadrifida* были также обнаружены в районе озера Шебеты на территории Чикоконского хребта. Численность растений была также мала, в связи с чем данный вид занесен в Красную книгу Забайкальского края [63].

Родиола четырехчленная исследована также в условиях Сохондинского заповедника. Данная ООПТ является государственным природным биосферным заповедником, где из 39 раннецветущих растений охраняется только 11 видов. *Rh. quadrifida* является одним из таких растений. В основном данный вид встречается в высокогорном и лесном поясах. Большая часть территории биосферного заповедника представлена солонцеватыми почвами и адаптированными под данные условия представителями флоры. Среди галофитовой степной растительности встречается достаточно большое количество полидоминантных и леймусовых злаков. В таких относительно

экстремальных условиях произрастают отдельные экземпляры *Rh. quadrifida* [64, с. 30-36].

Изучение популяции Родиолы четырехчленной в условиях Якутии показало, что в пределах данных территорий этот вид растения интродуцирован и произрастает уже на протяжении более 15 лет. Основными местами произрастания *Rh. quadrifida* является Алдано-Учурский хребет, Алданское нагорье и Токинский Становик в пределах высоты над уровнем моря до 2000 метров. Данное растение может встречаться в виде одного из представителей флоры альпийских лугов, мохово-лишайниковых, а также щебнистых и каменистых тундр [65, с. 191-194]. Классифицируется как редкая категория и занесен в Красную книгу Якутии [66].

Некоторые экземпляры *Rh. quadrifida* произрастают на каменистых осыпях альпийской зоны Курайского хребта в пределах северной территории, где данный экземпляр образует совместные ассоциации с мхами. Волков И. В. и Ревушкин А. С. отразили в своих исследованиях данные о том, что среди обнаруженной плотной подушки гипновых мхов проникали некоторые побеги Родиолы четырехчленной. Последние экземпляры растения определялись как каркас обнаруженной ассоциации. При этом сложно определить тип взаимоотношений между вышеупомянутыми растениями. Предполагается, что формирование подобного рода сообщества не случайно, то есть между данными видами растений определенно прослеживается некоторая связь. Установлена взаимосвязь между *Rh. quadrifida* и такими представителями мхов как: *Blepharostoma trichophillum*, *Sanionia uncinata*, *Saxifraga terekensis*. Предполагается, что произрастающие мохообразные растения образуя плотные скопления, создают специфические условия со стабильными показателями температурного режима. Такие условия влияют на формирование субстрата, богатого питательными веществами, и с индивидуально сформированным режимом влажности. Это указывает на то, что некоторые бриофиты могут сосуществовать в толще растений-подушек и дерновин растений, образуя тем самым плотные растительные образования [67, с. 105-108].

Подушковидные растения произрастают в условиях объединения в ассоциации с другими представителями флоры. Пространство, образуемое между побегами, формирует «внутриподушечное» пространство, которое от случая к случаю может быть не заполнено специальным субстратом в виде *Rh. quadrifida*. Бриофиты обеспечивают производство уплотнения структуры растительных сообществ за счет продувания ветром и сохранения наряду с этим влаги. Отмирающие экземпляры растений способствуют образованию гумуса. В условиях произрастания некоторых привлекательных экземпляров растений оценивается роль бриофитов на жизнедеятельность *Rh. quadrifida* [68, с. 114-116].

Ряд ученых провели исследования направленные на оценку влияния биотических и абиотических условий на изменение морфологических структур и биометрических показателей *Rh. quadrifida*.



Семеновой В. В. и Павловой П. А. оценена интродукционная устойчивость некоторых видов из семейства Crassulaceae в условиях Красноярского края, в частности *Rh. quadrifida*. Выявлено, что интродуцированный вид может показывать достаточно высокие показатели по семенной всхожести при условии благоприятных абиотических условий произрастания растения, также очень важным условием является соблюдение технологии посева. Местное население не рассматривает данного представителя флоры как лекарственное растение, в связи с этим наблюдается сокращение численности данных растений [52, с. 78-81].

Установлено, что флористическое пространство оценивается с точки зрения географической дифференциации флоры в соответствии с лидирующими условиями окружающей среды. Трансформация флористической композиции происходит под влиянием изменения некоторых конкретных и локальных флор с учетом изменения экотопологической структуры, частью которых является *Rh. quadrifida* [69]. Исследование растений, относящихся к флоре природных ресурсов Арктики и сопутствующих ей зон становится наиболее актуальным по причине того, что данный вопрос сегодня начинает активно обсуждаться на различных политических заседаниях [70, с. 15-43].

Иерархическая система парциальной флоры (ПФ) сегодня более активно исследуется различными учеными. В качестве одного из представителей данной флоры можно рассматривать *Rh. quadrifida* [42, с. 154-158; 71, с. 385-399.; 72, с. 28-47.; 73]. Данная категория растений характеризуется отдельными участками флористических сообществ, произрастающих в условиях горных местностей на высоте 180-200 метров над уровнем моря. Основными территориями произрастания данных растений являются Полярный, Приполярный Урал и территория Северного Урала, где в качестве одного из представителей данной флоры выступает Родиола четырехчленная [74, с. 15-33; 75].

Таким образом, *Rh. quadrifida* – растение, произрастающее в условиях экстремальных абиотических факторов (нестабильность температурных показателей, существенное варьирование факторов окружающей среды). Для условий среды характерно произрастание в условиях высокогорья, на каменистом грунте, холмисто-высокогорных территориях и районах. Приспособленность к суровым климатическим и атмосферным условиям проявляется в развитии специализированной корневой системы, которая позволяет удерживать растение в высокогорном грунте и обеспечивать при этом растение необходимой водой. Стебли за предыдущий вегетационный период образуют «островок», который способствует формированию основы роста растения и удержания его в грунте, что также обеспечивают его защиту от неблагоприятных условий среды.

#### 1.4 Фазы вегетации Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

*Rh. quadrifida* является травянистым видом растения, произрастающим в условиях горных районов Казахстана, России, Китая, Монголии. Ввиду своих лекарственных свойств сегодня приобретает все большую популярность в народной медицине. В связи с этим возникает необходимость изучения периодов развития растения.

Родиоле четырехчленной характерны разнообразные фазы роста. Первая стадия роста представляет собой прорастание спящего семени, которое в последующем превращается в проросток. На прорастание семени обычно влияют экзогенные абиотические факторы, в частности, температурный режим. Оптимальным условием существования растения и развития семени считается температура в пределах от 25°C до 32°C. Наиболее активный рост наблюдается в период лета, где оптимальной температурой считается 30°C. В период активного роста растения условия солнечного режима играют важную роль, поскольку именно от количества поступающей солнечной радиации зависит дальнейший уровень и качество развития представителя флоры. Также отмечается, что наиболее быстрыми являются фазы цветения и бутонизации, в то время как на фазу плодоношения отводится наибольшее количество времени.

Павлова П. А. в своей работе отмечает, что *Rh. quadrifida* является весенним растением, относящимся ко второй группе. Данная категория растений начинает цвести в период третьей декады мая с достижением максимальных показателей по цветению в первые десять дней июня [76, с. 64-61].

Не следует недооценивать влияние плотности произрастания на феноритмические показатели растения. Фаза плодоношения чаще всего протекает в период первой и второй июльской декады. Плотность произрастания может оказывать влияние на развитие генеративных побегов и его морфологические признаки. Также в весенний и осенний периоды *Rh. quadrifida* может размножаться вегетативным путем – листьями [77].

Семенова В. В. и Павлова П. А. в своей работе отражают фенологическое развитие некоторых видов Родиолы в соответствии с рисунком 16.

Исходя из диаграммы прослеживается, что появление розетки характерно для первой декады мая, в то время как во вторую декаду мая протекает начало бутонизации, массовая бутонизация и начинается цветение. До конца мая цветение Родиолы четырехчленной приобретает массовый характер. Первая декада июня завершается окончанием процесса цветения и до конца июня наблюдается процесс созревания семян [52, с. 78-81].

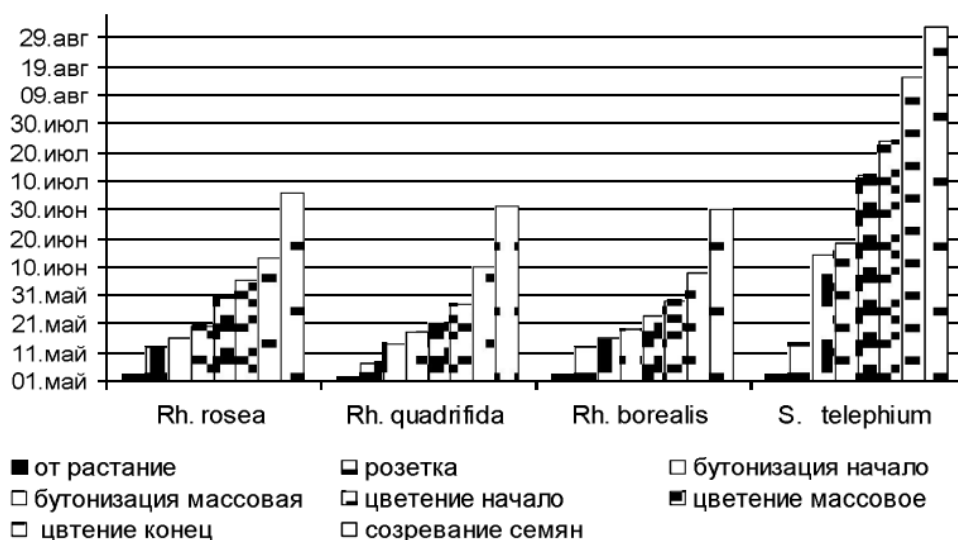


Рисунок 16 – Фенологическое развитие некоторых видов Родиолы в условиях культуры

Таким образом, было выявлено, что фазы вегетации Родиолы четырехчленной являются практически типичными для представителей травянистой флоры. Наиболее активный рост протекает в летний период при условии оптимального температурного режима и поступления достаточного количества солнечного света. Также установлено, что среди феноритмических показателей наибольшее время отводится на фазу плодоношения, поскольку именно в ходе протекания данной фазы формируются генеративные органы.

### 1.5 Заготовка сырья Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Получение любого растительного материала вне зависимости от его назначения предполагает рациональный подход к организации процесса его заготовки. Особого внимания требует растительное сырье, которое направляется на применение его в медицинских целях. В качестве сырья используется как сама трава, так и корневище с корнями.

Заготовка сырья *Rh. quadrifida* основывается на сборе растительного материала на специально отведенных для этого участках, в соответствии с лицензиями заготовительных организаций и лесных хозяйств. Заготовка материала осуществляется начиная с периода цветения растения и продолжается вплоть до первой декады сентября включительно. Оптимальным периодом для заготовки травянистой части является фаза бутонизации или цветения. Для этого наземную часть срезают на расстоянии 2-3 см от почвы. Для того чтобы получить подземные органы растения их выкапывают специальной узкой лопатой или киркой. Выкапывание обычно осуществляется после того, как заканчивается период вегетации растения. После того, как необходимое сырье было получено, его промывают под проточной водой и просушивают на сквозняке вдали от солнца.

В ходе сушки, на провяленном корневище делают поперечные надрезы с получением кусков длиной от 2 до 10 см. После этого полученные части корневища просушиваются на открытом воздухе, но в тени, под навесами, при этом очень важным условием является избегание солнечного света.

Последним этапом является хранение подготовленного сырья. Хранение осуществляется в хорошо проветриваемом помещении с максимальным сроком годности сырья до трех лет. Именно данный период считается наиболее важным, поскольку в зависимости от созданных на данный период условий, зависит дальнейшее качество и пригодность растительного сырья [78].

Таким образом, качество сырья зависит от правильности соблюдения всех мер, направленных на заготовку растительного материала, что определяет дальнейшую пригодность растения.

## 2 Объект и методы исследования

В рамках проводимого исследования в качестве основного объекта исследования выбрана Родиола четырехчленная (*Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. et C.A. Mey.), относящаяся к семейству Толстянковые (*Crassulaceae*) и произрастающая на территории Катон-Карагайского государственного национального природного парка.

Предметом исследования являются макро- и микроскопические диагностические признаки Родиолы четырехчленной.

Практическая часть исследования основывалась на использовании макроскопического и микроскопического анализов.

В соответствии с техникой, описанной в работах Жигжитжаповой С. В., Рандаловой Т. Э., Раднаевой Л. Д. [79], Лукашевич Н. П., Ковалевой И. В., Шлома Т. М., Зеньковой Н. Н., Шимко И. И. [80, с. 5-15], Мирович В. М., Горячкиной Е. Г., Федосеевой Г. М., Бочаровой Г. И. [81], Буркиной Н. А. Костенко Е. М. [82] проведен макроскопический и микроскопический анализ растительного сырья Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*), собранного за вегетационный период 2023 года.

Макроскопический анализ представляет собой изучение морфологической структуры и соответствующих особенностей растительного сырья, что позволяет отличить изучаемый вид растения от других близких видов. Проведение макроскопического анализа осуществляется невооруженным глазом или путем использования лупы с увеличением до 10 раз. Данный вид анализа включает в себя исследование в целом всего внешнего вида растения и внешних признаков отдельных его частей. Допускается также применение органолептических проб, в ходе которых устанавливается цвет, вкус и запах изучаемого сырья.

Микроскопический анализ предполагает определение особенностей и признаков, связанных с анатомическим строением растительного образца. Было проведено исследование продольных поперечных срезов корня Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*). Собранный в ходе вегетационного периода корневой материал был помещен в раствор глицерина, спирта и очищенной воды в пропорции 1:1:1 в котором выдерживался на протяжении двух суток. По истечении заданного времени осуществлена подготовка микропрепаратов и получены продольные поперечные срезы в соответствии со стандартной методикой. Микропрепараты исследованы под световым микроскопом.

Полученные данные проанализированы, синтезированы и интерпретированы с детальным описанием результатов.

Проведена статистическая обработка полученных данных в соответствии с необходимыми к расчету показателями. Рассчитаны и получены:

- средние значения по выборкам;
- квадратическое отклонение;
- дисперсия;

- дисперсия для генеральной совокупности;
- среднеквадратическое отклонение;
- коэффициент корреляции.

В результате проведенного анализа установлена взаимосвязь между различными вариантами показателей:

- высота надземной части растения и диаметр куста;
- высота надземной части растения и число побегов на один куст;
- число цветков в соцветии и диаметр соцветия;
- число побегов на один куст и число цветков в соцветии;
- число побегов на один куст и диаметр соцветия.

Среднеквадратическое отклонение позволяет определить, насколько значения полученных выборок могут отличаться от средних показателей. Дисперсия – статистический показатель, демонстрирующий степень разброса данных вокруг показателей средней арифметической. Расчет статистических показателей проведен в программе Excel 2019.

### 3 Эмпирическое исследование Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

#### 3.1 Результаты макроскопического исследования: морфометрические показатели Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Полученные образцы растений (надземная и подземная части) проанализированы и определены их основные морфолого-количественные параметры. Исследованы такие параметры надземной части (рисунок 17) как:

- высота надземной части растения;
- число цветков в соцветии;
- число побегов на один куст;
- диаметр куста;
- диаметр соцветия.



Рисунок 17 – Надземная часть (*Rhodiola quadrifida*)

В общем исследованы две популяции (*Rhodiola quadrifida*) в пределах Катон-Карагайского национального природного парка. Показатели основных морфолого-количественных характеристик и результаты статистической обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Усредненные морфолого-количественные характеристики надземной части Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Морфолого-количественная характеристика	Популяция №1	Популяция №2
высота надземной части растения	6,87±0,32	6,97±0,33
число цветков в соцветии	3,89±0,37	3,84±0,32
число побегов в расчете на один куст	27,57±1,82	28,29±1,53
диаметр куста	12,71±1,01	12,73±1,09
диаметр соцветия	1,69±0,15	1,66±0,15

Результаты исследования усредненных морфолого-количественных характеристик надземной части Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) показали несущественную разницу по основным критериям оценки внешнего строения растения в двух популяциях, что скорее всего связано с одинаковыми условиями произрастания растений и схожими погодного-климатическими условиями региона. Высота надземной части растения в первой популяции составляет 6,87 см, в то время как во второй популяции данный показатель на 0,1 см выше. Среднее число цветков варьирует от 3,84 до 3,89 в пользу первой популяции. Разница между средним диаметром куста и диаметром соцветия не превышает 0,02 см и 0,03 и достигает наибольшего значения во второй (12,73 см) и первой (1,69 см) популяциях, соответственно. Наибольший разрыв характерен числу побегов в расчете на один куст, где у первой популяции он составляет 27,57 см, а у второй 28,29 см. В целом, значимой разницы между популяциями не выявлено, что позволяет изучать морфолого-количественные характеристики исследуемых растений в едином формате.

Исследовано влияние морфолого-количественных характеристик друг на друга и установлена их взаимосвязь между собой в разных вариациях.

Взаимосвязь и результаты расчета статистических показателей высоты надземной части растения и диаметра куста и основных статистических показателей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета и взаимосвязь между статистическими показателями высоты надземной части растения и диаметра куста Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Статистический показатель	Высота надземной части растения	Диаметр куста
средние значения	4,008	7,417
квадратическое отклонение	139,669	472,437



Продолжение таблицы 2

дисперсия	12,697	42,949
дисперсия для генеральной совокупности	11,639	39,370
среднеквадратическое отклонение	3,563	6,554
коэффициент корреляции	0,992	

На основе расчета основных статистических данных было установлено, что между такими показателями как высота надземной части растения и диаметр куста прослеживаются довольно сильная взаимосвязь в связи с тем, что коэффициент корреляции равен 0,992. Это указывает на то, что по мере увеличения надземной части растения увеличивается и диаметр куста. Следовательно, данные показатели имеют тесную связь друг с другом.

Взаимосвязь и результаты расчета статистических показателей высоты надземной части растения и числа побегов в расчете на один куст представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета и взаимосвязь между статистическими показателями высоты надземной части растения и числа побегов в расчете на один куст Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Статистический показатель	Высота надземной части растения	Число побегов в расчете на один куст
средние значения	4,008	16,083
квадратическое отклонение	139,669	2348,917
дисперсия	12,697	213,538
дисперсия для генеральной совокупности	11,639	195,743
среднеквадратическое отклонение	3,563	14,613
коэффициент корреляции	0,958	

Оценка высоты надземной части растения и числа побегов на один куст показала также довольно сильную взаимосвязь двух рассматриваемых показателей (коэффициент корреляции – 0,958). Это подтверждает, что по мере роста растения увеличивается количество побегов в расчете на один куст, что вполне обоснованно стандартными морфолого-физиологическими процессами, происходящими в организме растений.

Взаимосвязь и результаты расчета статистических показателей числа цветков в соцветии и диаметра соцветия представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчета и взаимосвязь между статистическими показателями числа цветков в соцветии и диаметра соцветия Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Статистический показатель	Число цветков в соцветии	Диаметр соцветия
средние значения	2,267	0,983
квадратическое отклонение	44,587	8,637
дисперсия	4,053	0,785
дисперсия для генеральной совокупности	3,716	0,720
среднеквадратическое отклонение	2,013	0,886
коэффициент корреляции	0,964	

Результаты расчета взаимосвязи между статистическими показателями числа цветков в соцветии и диаметра соцветия показали, что данные показатели также связаны между собой довольно тесно, что проявляется в значении коэффициента корреляции – 0,964. Данная связь характеризуется как более выраженная по сравнению с показателями высоты надземной части растения и числа побегов в расчете на один куст и менее выраженная по сравнению с показателями высоты надземной части растения и диаметра куста.

Взаимосвязь и результаты расчета статистических показателей числа побегов в расчете на один куст и числа цветков в соцветии представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчета и взаимосвязь между статистическими показателями числа побегов в расчете на один куст и числа цветков в соцветии Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Статистический показатель	Число побегов в расчете на один куст	Число цветков в соцветии
средние значения	16,083	2,267
квадратическое отклонение	2348,917	44,587
дисперсия	213,538	4,053
дисперсия для генеральной совокупности	195,743	3,716

Продолжение таблицы 5

среднеквадратическое отклонение	14,613	2,013
коэффициент корреляции	0,976	

Установлено, что коэффициент корреляции между числом побегов на один куст и числом цветков в соцветии составляет 0,976. Это указывает на то, что число цветков в соцветии увеличивается по мере роста числа побегов на один куст растения, что вполне объясняется тем, что вместе с увеличением количества побегов прослеживается и рост цветков в соцветии Родиолы четырехчленной.

Взаимосвязь и результаты расчета статистических показателей числа побегов на один куст и диаметра соцветия представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты расчета и взаимосвязь между статистическими показателями числа побегов в расчете на один куст и диаметра соцветия Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Статистический показатель	Число побегов в расчете на один куст	Диаметр соцветия
средние значения	16,083	0,983
квадратическое отклонение	2348,917	8,637
дисперсия	213,538	0,785
дисперсия для генеральной совокупности	195,743	0,720
среднеквадратическое отклонение	14,613	0,886
коэффициент корреляции	0,963	

Объективная оценка взаимосвязи между статистическими показателями числа побегов на одном кусту и диаметра соцветий показала, что отмечается такая же тесная взаимосвязь, как и между другими рассмотренными показателями. При этом коэффициент корреляции составляет 0,963, что определяется как среднее значение среди выявленных.

В связи с тем, что определенный коэффициент корреляции различных показателей выше 0,9, это является признаком того, что связь между данными показателями имеет существенную связь. В соответствии с этим, построена кривая по коэффициентам корреляции различных моделей показателей, которая представлена на рисунке 18.

В соответствии с представленной на рисунке кривой коэффициентов корреляции, было установлено, что наибольшая взаимозависимость характерна

для высоты надземной части растения и диаметра куста. В сравнении с другими показателями, отмечается относительно существенный отрыв от наименьшего показателя, который составляет 0,034. Наименьшая зависимость среди изученных данных характерна для высоты надземной части растения и числа побегов в расчете на один куст. Это дает возможность сделать вывод о том, что высота растения и размеры куста являются наиболее очевидно зависящими друг от друга показателями. Это позволяет установить, что зависимость диаметра соцветия от числа цветков в соцветии, последнего от числа побегов на одном кусту, а также диаметра соцветия и числа побегов в расчете на один куст имеет прямую связь.

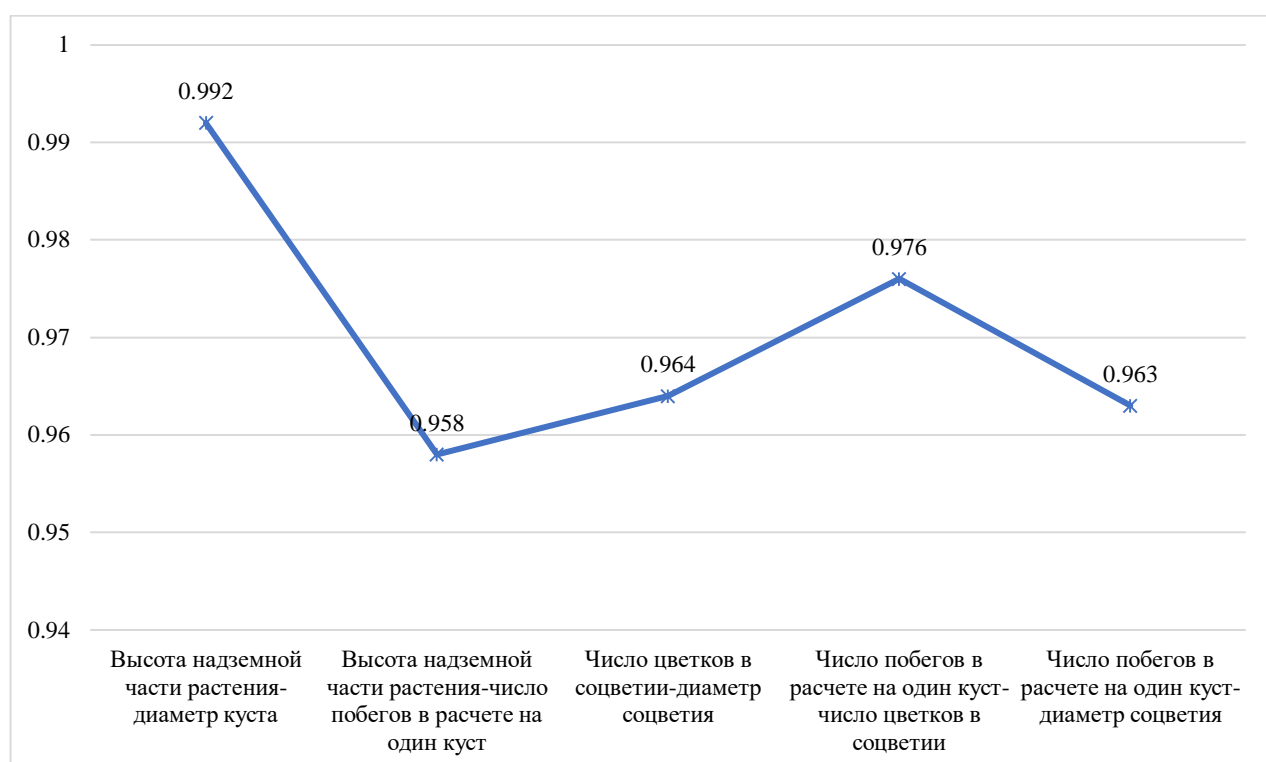


Рисунок 18 – Корреляционная взаимосвязь между различными моделями показателей

В целом, ботаническая характеристика Родиолы четырехчленной позволяет охарактеризовать её как невысокое двудомное растение до 8 см в высоту с красными цветками, которые имеют характерную им каемку в верхней и с наружной части растения. Листья имеют мелкозубчатое строение, яркую зеленую окраску и представлены в большом количестве на стеблях. Они растут по направлению вверх от корневища.

Также была изучена подземная часть растения и определены её морфометрические показатели для каждой популяции в виде длины и ширины корневой системы (таблица 7, рисунок 19, 20, 21, 22). Визуальная оценка корней позволила установить, что корневой системе был характерен коричнево-бордовый цвет с некоторыми светлыми участками. В целом корневая система представлена в «собранном» виде, но имеются и выделяющиеся корни.

Таблица 7 – Усредненные морфометрические показатели подземной части Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Морфометрическая характеристика	Популяция №1		Популяция №2	
	длина корневой системы	ширина корневой системы	длина корневой системы	ширина корневой системы
средние значения	10±0,5	7,6±0,3	19,1±0,5	7,5±0,25
квадратическое отклонение	307,947	171,687	1071,029	168,563
дисперсия	27,995	15,608	97,366	15,324
дисперсия для генеральной совокупности	25,662	14,307	89,252	14,047
среднеквадратическое отклонение	5,291	3,951	9,867	3,915
коэффициент корреляции	0,953		0,973	



Рисунок 19 – Отобранные пробы корневой системы Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) из популяции № 1



Рисунок 20 – Отобранные пробы корневой системы Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) из популяции № 2



Рисунок 21 – Корневая система Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) из популяции № 1



Продолжение рисунка 21 – Корневая система Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) из популяции № 1



## Рисунок 22 – Корневая система Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) из популяции № 2

Наибольшая длина корневой системы отмечена у второй популяции и характеризуется в пределах 19,1 см, в то время как у первой популяции была практически в два раза меньше. Ширина общего объема корневой системы была почти аналогичной с различием в 0,1 см в пользу первой популяции. В результате расчета статистических показателей определен коэффициент корреляции, который у двух популяций продемонстрировал достаточно высокие показатели (популяция №1 – 0,953, популяция №1 – 0,973).

Более существенный корреляционный показатель был отмечен для второй популяции, где ширина находится немного в большей взаимосвязи с длиной. Это указывает на то, что по мере роста корня Родиолы четырехчленной в длину, обязательно происходит его увеличение в ширину. Однако то же самое не характерно для более коротких корней, у них ширина корня зачастую остается стабильной.

В целом, полученные результаты макроскопического анализа можно охарактеризовать как среднестатистические. Показатели имеют примерно похожую тенденцию с ранее описанными в литературных источниках. Расчет корреляционного коэффициента позволил установить, что морфометрические и морфолого-количественные данные исследуемых растений находятся в тесной взаимосвязи друг с другом, что указывает на прямо пропорциональную зависимость между такими показателями.

### **3.2 Анализ результатов микроскопического исследования и обсуждение**

В рамках проведения микроскопического исследования были рассмотрены подземные органы Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*), поскольку зачастую именно они представляют особый интерес при изготовлении настоев и отваров.

Подготовленные микроскопические препараты были исследованы с помощью светового микроскопа (рисунки 23-28).



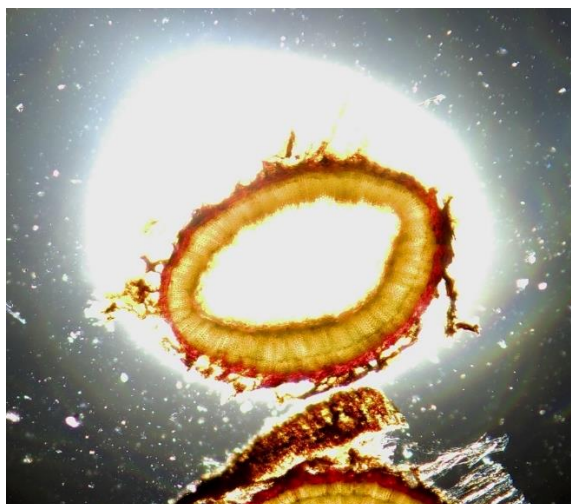


Рисунок 23 – Поперечный срез корня Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) под микроскопом

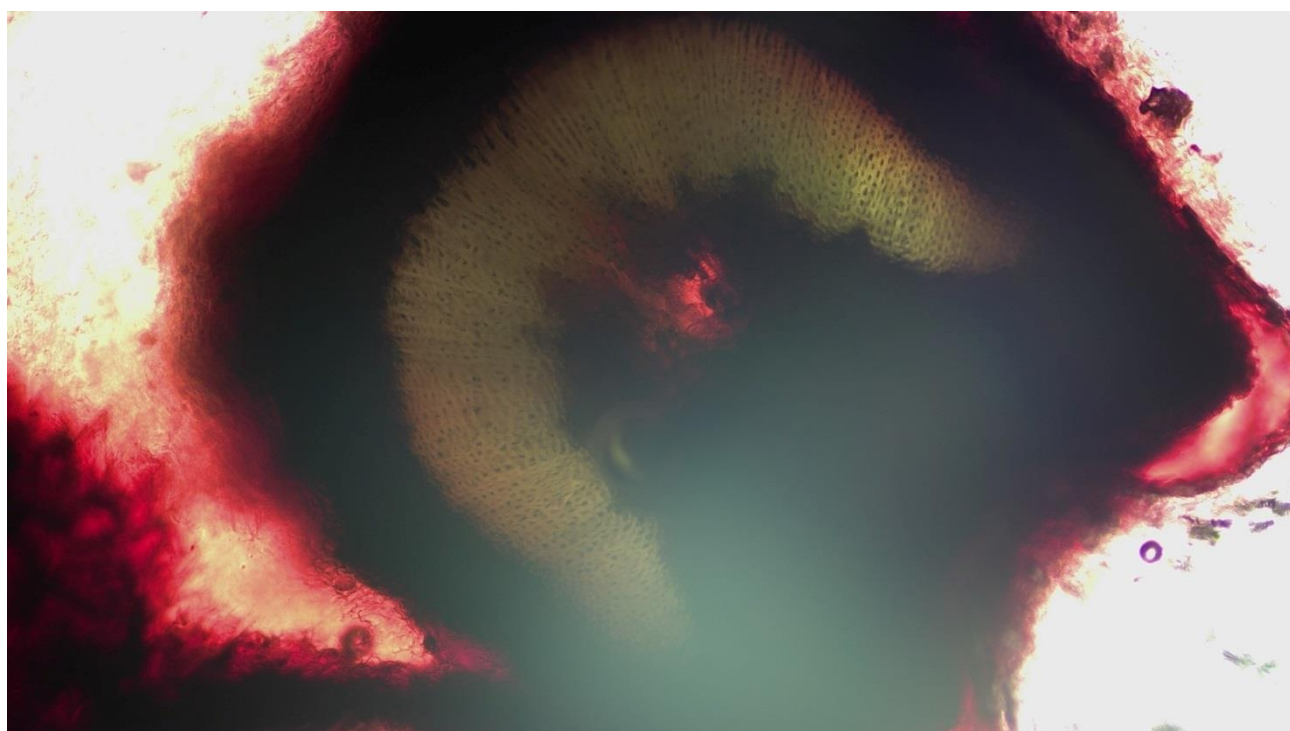


Рисунок 24 – Общий вид поперечного среза корня Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) под микроскопом при более высоком увеличении

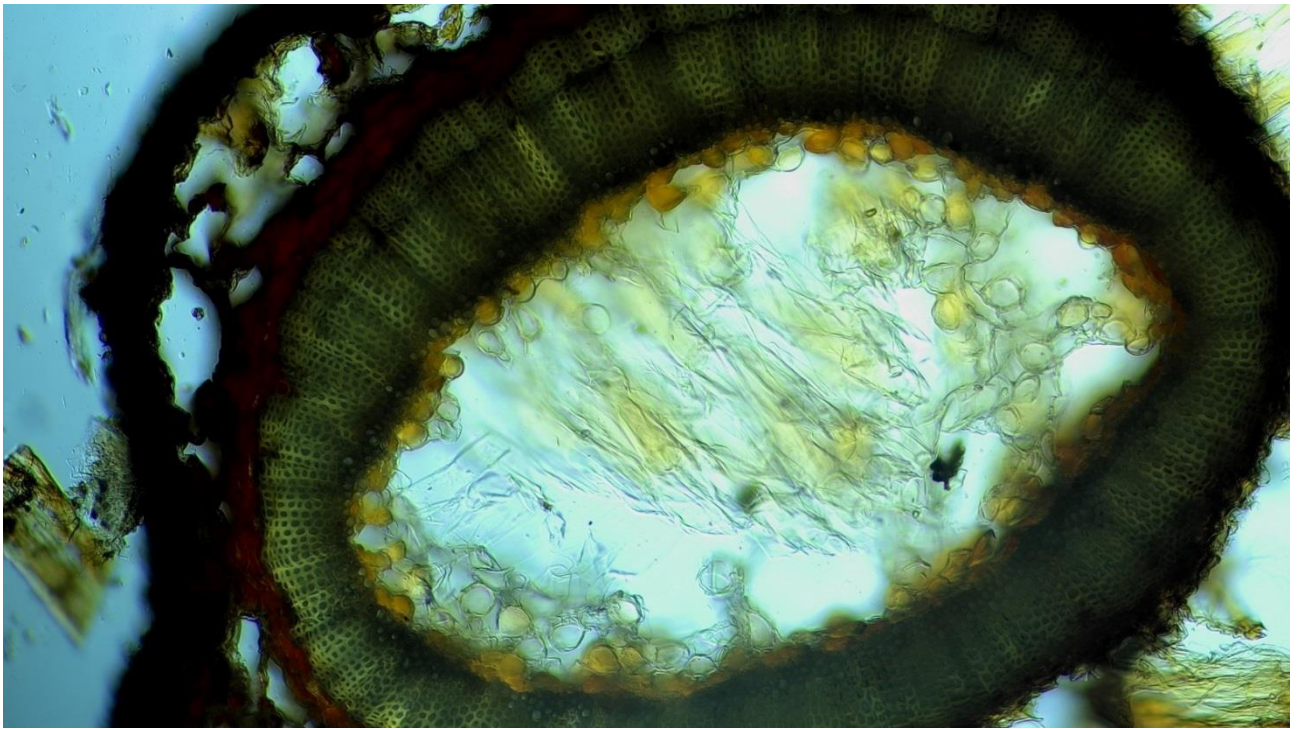


Рисунок 25 – Общий вид поперечного среза корня Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) под микроскопом при более высоком увеличении

Наружная бордово-коричневая и темного цвета растительная ткань представляет собой клетки пробкового слоя, а именно наружные и внутренние клетки пробкового слоя, за которыми следует паренхима коры, флоэма, камбий, сосуды ксилемы и сердцевина.

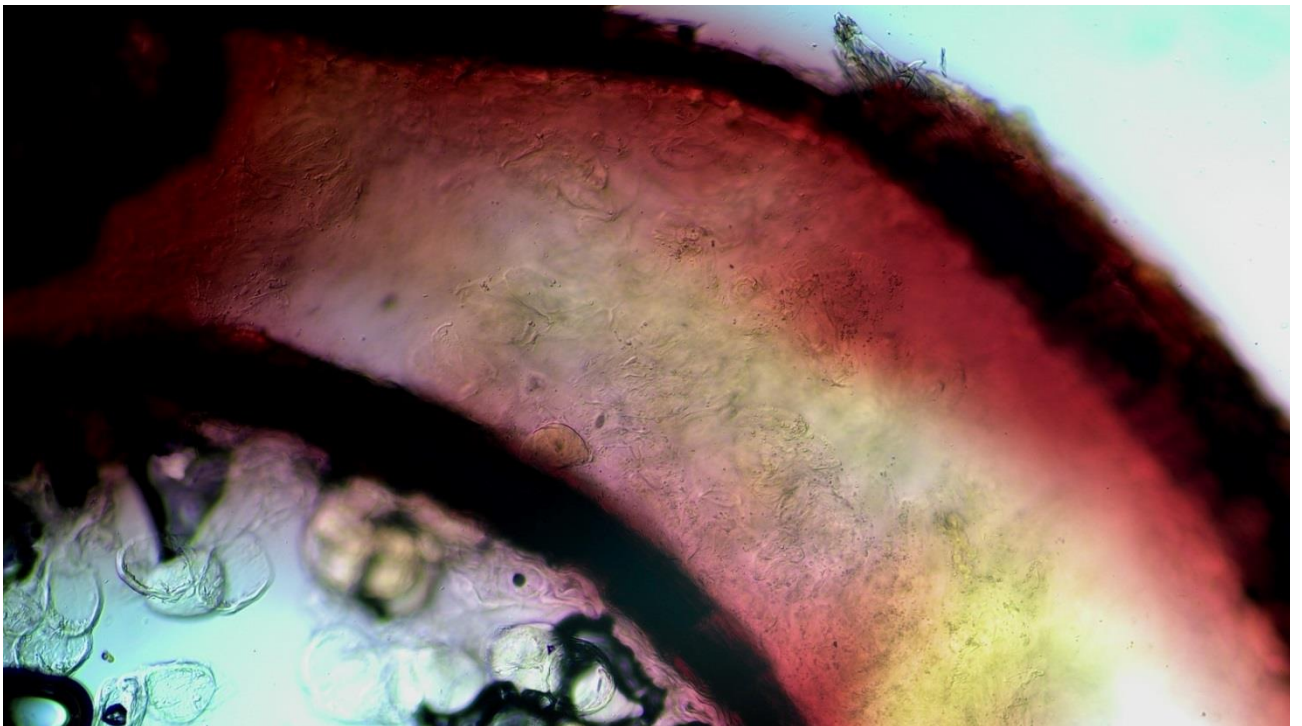


Рисунок 26 – Фрагмент покровной ткани поперечного среза корневища Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) под микроскопом

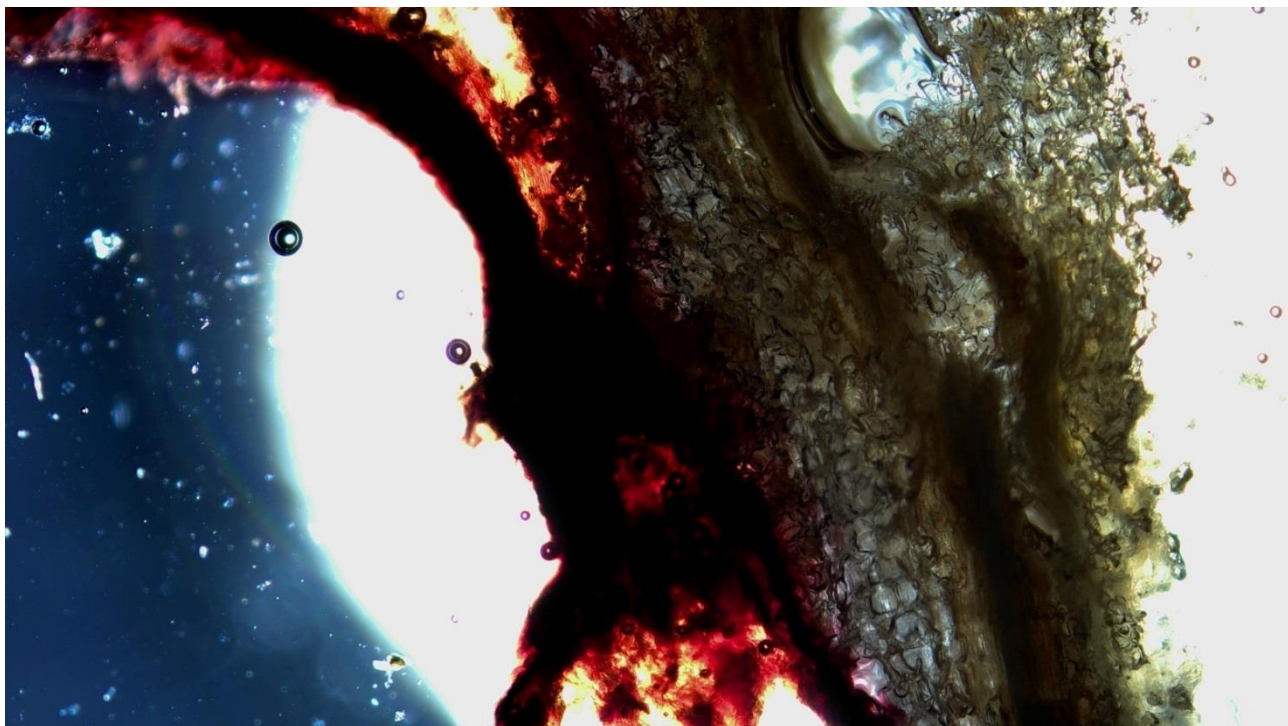


Рисунок 27 – Фрагмент покровной ткани поперечного среза корневища Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) под микроскопом при более высоком увеличении

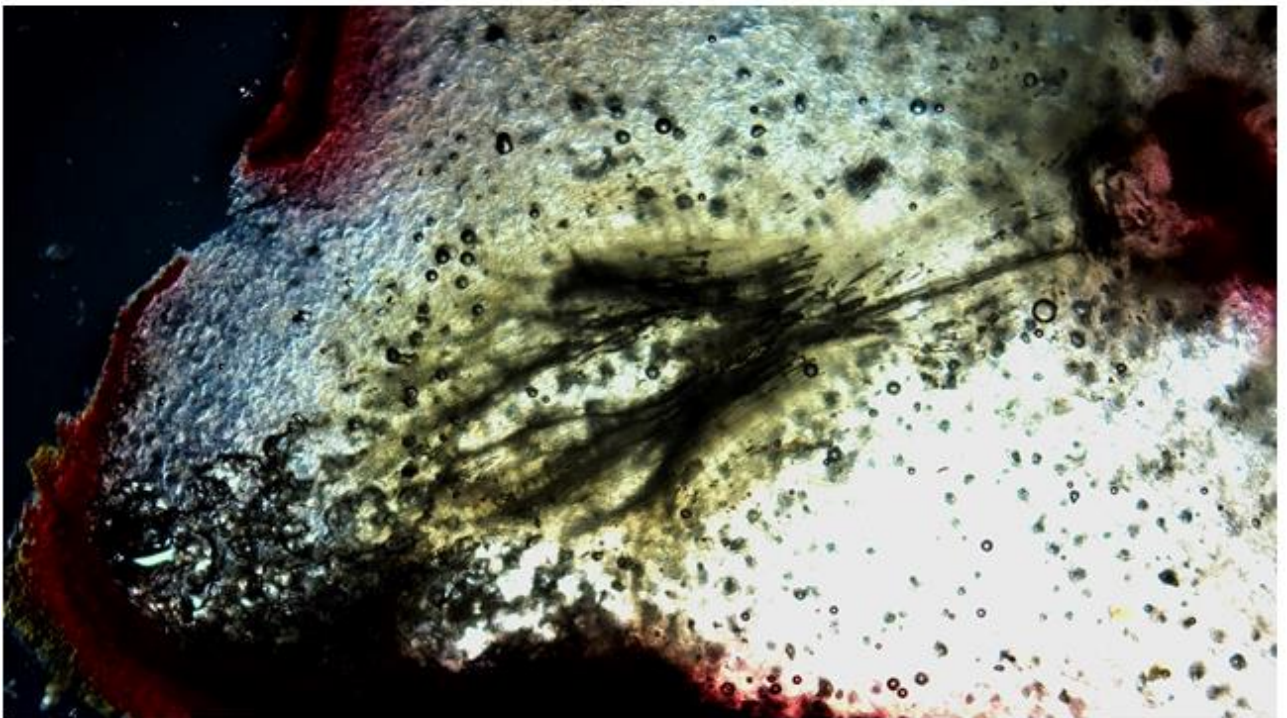
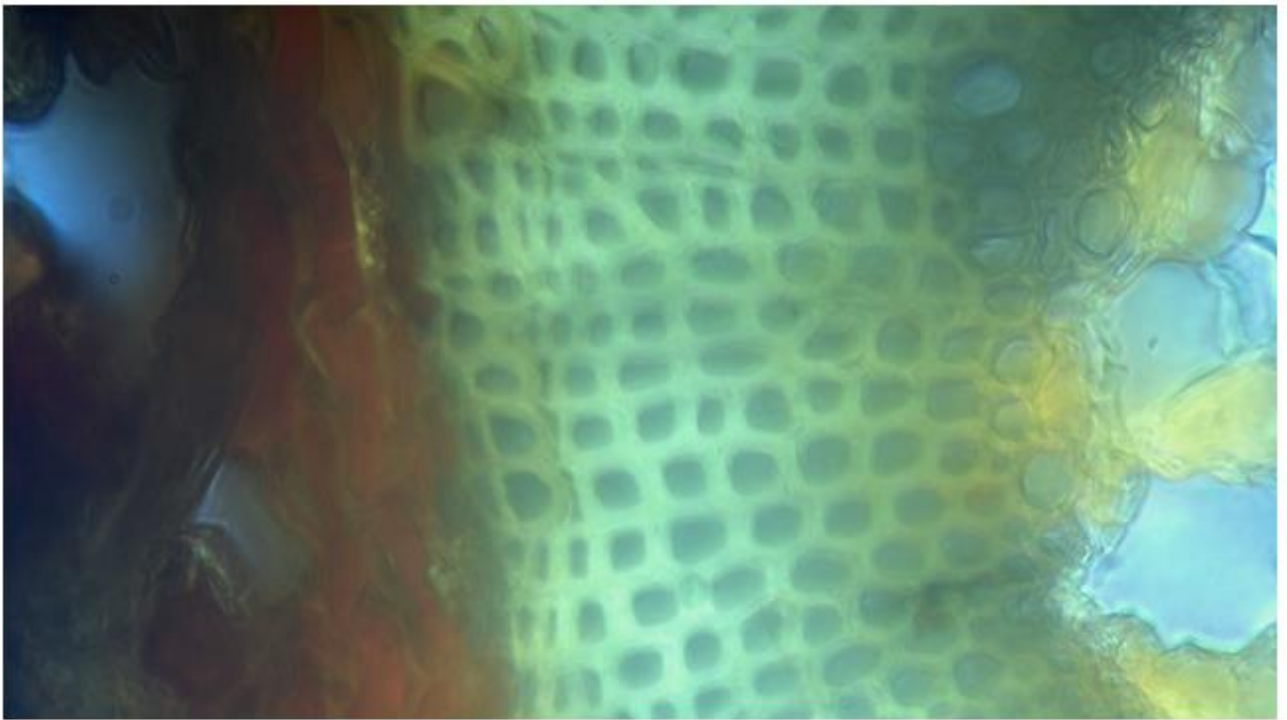


Рисунок 28 – Фрагмент проводящей ткани поперечного среза корневища Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) под микроскопом

Изучение микроскопических признаков Родиолы четырехчленной позволило выявить, что внутренняя структура существенно отличается по своему типу строения от фармакопейного вида Родиолы розовой. В соответствии с этим, в таблице 8 приведены основные анатомо-диагностические признаки Родиолы четырехчленной.

Таблица 8 – Основные анатомо-диагностические признаки Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Элемент анатомической структуры	Характеристика элемента анатомической структуры
Тип строения	Непучковый
Пробка	Характеризуется слоистостью, имеет много слоев. Клетки представлены в формате двух видов (имеются округлые и вытянутые). Прослеживается их постепенная дифференциация.
Паренхима коры	Имеется, однако отличается существенным нарушением структурных элементов
Паренхима сердцевин	Имеется

Анализ поперечного среза демонстрирует пробку со слоистым строением, уплощенные и немного деформированные, с толстыми стенками и поперечно вытянутые в длину наружные и внутренние клетки пробкового слоя, где последние представлены в виде округлых клеток с толстыми стенками, расположенные в 15-20 рядов. От центра к периферии наблюдается постепенная деформация клеток. Клетки паренхимы коры имеют тонкие стенки и крупный размер, а также могут содержать крахмальные зерна. Рыхлость корневища формируется за счет отслоения коры в связи с разрушением паренхимы пробки. Элементы, формирующие кору окрашены в красно-коричневый цвет, что скорее всего объясняется содержанием в ней дубильных веществ. Строение корневища характеризуется непучковым типом. На поперечном среде корневища виднеется камбий снаружи от которого флоэма, а ближе к центру прослеживаются радиальные сосуды ксилемы. Клетки сердцевинной паренхимы с тонкими стенками имеют крупное строение.

Также была определена приблизительная концентрация полезных веществ в воздушно-высушенном виде корневища, которые используются для приготовления фиточая и приема внутрь в виде таблеток (таблица 9).

Таблица 9 – Содержание активных веществ в Родиоле четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*)

Активные вещества	Стандартное содержание активных веществ в 200 мл настоя	Содержание активных веществ в 1 гр. сухого сырья
Салидрозиды	1,58 мг	0,53 мг
Дубильные вещества в пересчете на галловую кислоту	33,1 мг	11,03 мг

Продолжение таблицы 9

Активные вещества	Стандартное содержание активных веществ в 3 таблетках по 500 мг (суточная доза)	Содержание активных веществ в 1 таблетке
Салидрозид	0,3 мг	0,1 мг
Нерастворимые пищевые волокна	1 г	0,33 г
Флавоноиды в пересчете на рутин	4,5 мг	1,5 мг
Витамин С	15 мг	5 мг

Таким образом, проведенное микроскопическое исследование позволило установить отличительные характеристики Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) и выявить основные особенности данного представителя лекарственных растений среди других. Полученные данные также позволяют судить о содержании основных активных веществ в различных препаратах, изготавливаемых из данного вида Родиолы. Выявлено также, что данный вид растения используется не только для приготовления фиточая, но и для приема внутрь в виде таблеток, что существенно расширяется спектр фармакогностических свойств Родиолы четырехчленной.

## Заключение

В ходе исследования было проведено фармакогностическое изучение Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*), произрастающей на территории Катон-Карагайского национального парка.

Исследованы фазы вегетации, основные этапы заготовки сырья Родиолы четырехчленной. Определено, что *Rh. quadrifida* представляет собой растение, произрастающее в условиях экстремальных абиотических факторов, среди которых выделяют нестабильность температурных показателей, существенное варьирование факторов окружающей среды. Данный представитель флоры отличается условиями среды, для которых характерно произрастание на каменистом грунте, холмисто-высокогорных территориях и районах. Приспособленность к суровым климатическим и атмосферным условиям проявляется в развитии специализированной корневой системы, которая позволяет удерживать растение в высокогорном грунте и обеспечивать его при этом необходимой водой. Стебли за предыдущий вегетационный период образуют «островок», который способствует формированию основы роста растения и удержания его в грунте, что также обеспечивают его защиту от неблагоприятных условий среды.

Установлено, что *Rh. quadrifida* выступает в роли одного из редких представителей флоры, обладающего лечебным эффектом, однако не нашедшего в традиционной медицине ещё широкого применения.

Выявлено, что *Rh. quadrifida* богата различными химическими веществами, оказывающими благоприятное воздействие на организм в целом и отдельные системы органов, что объясняется содержанием таких веществ и микроэлементов, как: фенолы, эфирное масло, антрагликозиды, сахара, воски, жиры, белки, дубильные вещества, танины, флавоноиды, органические кислоты, стерины, летучие масла, третичные спирты, полифенолы, гликозиды, серебро, цинк, марганец, молибден, кобальт, никель, хром, медь. Также данное растение является источником лекарственного сырья в борьбе с различными заболеваниями, в основном в народной медицине.

Проведены макро- и микроскопические анализы заготовленного лекарственного растения Родиолы четырехчленной. Проанализированы основные морфолого-количественные признаки, произведена интерпретация полученных результатов с точки зрения статистических показателей. Проведена статистическая обработка полученных данных в соответствии с необходимыми к расчету показателями. Рассчитаны и получены: средние значения по выборкам, квадратическое отклонение, дисперсия, дисперсия для генеральной совокупности, среднеквадратическое отклонение, коэффициент корреляции. В результате проведенного анализа установлена взаимосвязь между различными вариантами показателей. Согласно кривой коэффициентов корреляции, было выявлено, что наибольшая взаимозависимость характерна для высоты надземной части растения и диаметра куста. В сравнении с другими показателями, отмечается относительно существенный отрыв от наименьшего

показателя, который составляет 0,034. Наименьшая зависимость среди изученных данных характерна для высоты надземной части растения и числа побегов в расчете на один куст. Это дает возможность сделать вывод о том, что высота растения и размеры куста являются наиболее очевидно зависящими друг от друга показателями. Это позволяет установить, что зависимость диаметра соцветия от числа цветков в соцветии, последнего от числа побегов на одном кусту, а также диаметра соцветия и числа побегов в расчете на один куст имеет прямую связь.

В ходе проведения исследования также установлено, что более существенный корреляционный показатель был отмечен для второй популяции, где ширина находится немного в большей взаимосвязи с длиной. Это указывает на то, что по мере роста корня Родиолы четырехчленной в длину, обязательно происходит его увеличение в ширину. Однако то же самое не характерно для более коротких корней, у них ширина корня зачастую остается стабильной. Объективно, полученные результаты макроскопического анализа можно охарактеризовать как среднестатистические. Показатели имеют примерно похожую тенденцию с ранее описанными в литературных источниках. Расчет корреляционного коэффициента позволил установить, что морфометрические и морфолого-количественные данные исследуемых растений находятся в тесной взаимосвязи друг с другом, что указывает на прямо пропорциональную зависимость между такими показателями.

Проведенное микроскопическое исследование позволило установить отличительные характеристики Родиолы четырехчленной (*Rhodiola quadrifida*) и выявить основные особенности данного представителя лекарственных растений среди других. Полученные данные также позволяют судить о содержании основных активных веществ в различных препаратах, изготавливаемых из данного вида Родиолы, что существенно расширяется спектр её фармакогностических свойств.



## Список использованных источников

- 1 Елисеева Т., Ткачева Н. Родиола (лат. *Rhodiola*). Журнал здорового питания и диетологии. – 2017. – Т. 2 (2). – С. 26-31. doi: 10.59316/.vi2.10
- 2 Красная книга Алтайского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений. – Барнаул: ОАО «ИПП «Алтай», 2006. – 262 с.
- 3 Ким Е. Ф., Ачимова А. А. Родиола четырехнадрезанная, четырехчленная // Красная книга Республики Алтай : Растения. – Горно-Алтайск : Изд-во ГАГУ, 2017. – 267 с.
- 4 Флора СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. – Т. 9.
- 5 Путырский И. Н., Прохоров В. Н. Универсальная энциклопедия лекарственных растений. – Минск: Книжный дом; М.: Махаон, 2000
- 6 Tkacheva N., Eliseeva T. *Rhodiola* (lat. *Rhodiola*) // Journal of Healthy Nutrition and Dietetics. – 2017. – Vol. 2. – No. 2. – P. 26-31.
- 7 Kubentayev S., Kotukhov Yu. A., Zhumagul M., Izbastina K. S., Алибеков Д., Mukhtubaeva S. K. Ecological and biological characteristics and phytocenotic structure of *Rhodiola quadrifida* populations in east Kazakhstan // Experimental Biology. – 2021. – Vol. 89. 10.26577/eb.2021.v89.i4.07
- 8 Каухова И. Е. Теоретические и экспериментальные основы разработки эффективных ресурсосберегающих технологий лекарственных средств растительного происхождения: автореф. дисс. доктора фарм. наук / И. Е. Каухова. – СПб, 2007. – 48 с.
- 9 Widenfeld H., Dumaа M., Malinowski M., Narantuya S. Phytochemical and analytical studies of extracts from *Rhodiola rosea* and *Rhodiola quadrifida* // Pharmazie. – 2007. – No. 62. – P. 308-311.
- 10 Решетникова М. Д. Химический анализ биологически активных веществ лекарственного растительного сырья и продуктов животного происхождения: Учебное пособие / М. Д. Решетникова, В. Ф. Левинова, А. В. Хлебников и др.; под ред. проф. Г.И. Олешко. – Пермь, 2004. – 335 с.
- 11 Елисеева Т., Ткачева Н. Родиола (лат. *Rhodiola*) // Журнал здорового питания и диетологии. – 2017. – Vol. 2 (2). – С. 26-31. doi: 10.59316/.vi2.10
- 12 Effects of phytoestrogens derived from red clover on atherogenic adhesion molecules in human endothelial cells / T. Simoncini, S. Garibaldi, X. D. Fu et al. // Menopause. – 2008. – Vol. 15. – P. 542-550.
- 13 Пастушенков Л. В. Лекарственные растения. Использование в народной медицине и быту. – БХВ-Петербург, 2012. – Издание 4. – 432 с.
- 14 Occhiuto F., Zangla G., Samperi S. et. al. The phytoestrogens isoflavones from *Trifolium pratense* L. (Red clover) protects human cortical neurons from glutamate toxicity // Phytomedicine. – 2008. – Vol. 5. – P. 122-128.
- 15 Бошкаева А. К., Омарова Р. А., Ахелова А. Л., Сатмбекова Д. К., Оспанова Г. Ш., Олатаева З., Кимелова Ж. Изучение Родиолы

четырёхраздельной (*Rhodiola quadrifida*) как источника биологически активных веществ // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2014. – Т. 5. – С. 180-182.

16 Olennikov D., Chirikova N. New Flavonol Glycosides from *Rhodiola quadrifida* // Chemistry of Natural Compounds. – 2020. – Vol. 56. – P. 1048-1054. DOI: 10.1007/s10600-020-03224-7.

17 Chiang H. M., Chen H. C., Wu C. S., Wu P. Y., Wen K. C. *Rhodiola* plants: Chemistry and biological activity // Journal of Food and Drug Analysis. – 2015. – Vol. 23. – No. 3. – P. 359-369. DOI: 10.1016/j.jfda.2015.04.007.

18 Liu Z., Liu Y., Liu C. et al. The chemotaxonomic classification of *Rhodiola* plants and its correlation with morphological characteristics and genetic taxonomy // Chemistry Central Journal. – 2013. – Vol. 7. – 118 с. DOI: 10.1186/1752-153X-7-118.

19 Lee S.-Y., Shi L.-S., Chu H., Li M.-H., Ho C.-W., Lai F.-Y., Huang C.-Y., Chang T.-C. *Rhodiola crenulata* and Its Bioactive Components, Salidroside and Tyrosol, Reverse the Hypoxia-Induced Reduction of Plasma-Membrane-Associated Na,K-ATPase Expression via Inhibition of ROS-AMPK-PKC Pathway // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. – 2013. – P. 284150. DOI: 10.1155/2013/284150.

20 Wang Q., Ruan X., Jin Z.H., Yan Q.C., Tu S. Identification of *Rhodiola* species by using RP-HPLC // Journal of Zhejiang University-SCIENCE B. – 2005. – Vol. 6. – P. 477-482. DOI: 10.1631/jzus.2005.B0477.

21 Yang D. W., Kang O. H., Lee Y. S., Han S. H., Lee S. W., Cha S. W., Seo Y. S., Mun S. H., Gong R., Shin D. W., Kwon D. Y. Anti-inflammatory effect of salidroside on phorbol-12-myristate-13-acetate plus A23187-mediated inflammation in HMC-1 cells // International Journal of Molecular Medicine. – 2016. – Vol. 38. – P. 1864-1870. DOI: 10.3892/ijmm.2016.2781.

22 Zhao G., Shi A., Fan Z., Du Y. Salidroside inhibits the growth of human breast cancer in vitro and in vivo // Oncology Reports. – 2015. – Vol. 33. – P. 2553-2560. DOI: 10.3892/or.2015.3857.

23 Song D., Zhao M., Feng L., Wang P., Li Y., Li W. Salidroside attenuates acute lung injury via inhibition of inflammatory cytokine production // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2021. – Vol. 142. – P. 111949. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.111949.

24 Seo E.-J., Fischer N., Efferth T. Phytochemicals as inhibitors of NF- $\kappa$ B for treatment of Alzheimer's disease // Pharmacological Research. – 2018. – Vol. 129. – P. 262-273. DOI: 10.1016/j.phrs.2017.11.030.

25 Gao J., Zhou R., You X. Salidroside suppresses inflammation in a D-galactose-induced rat model of Alzheimer's disease via SIRT1/NF- $\kappa$ B pathway // Metabolic Brain Disease. – 2016. – Vol. 31. – P. 771-778. DOI: 10.1007/s11011-016-9813-2

- 26 Yuan Y., Wang Z., Nan B., Yang C., Wang M., Ye H., Xi C., Zhang Y., Yan H. Salidroside alleviates liver inflammation in furan-induced mice by regulating oxidative stress and endoplasmic reticulum stress // *Toxicology*. – 2021. – Vol. 461. – P. 152905. DOI: 10.1016/j.tox.2021.152905.
- 27 You L., Zhang D., Geng H. Salidroside protects endothelial cells against LPS-induced inflammatory injury by inhibiting NLRP3 and enhancing autophagy // *BMC Complementary Medicine and Therapies*. – 2021. – Vol. 21. – P. 146. DOI: 10.1186/s12906-021-03307-0
- 28 Amarjargal A., Bayarkhuu B. Исследование макро и микроэлементов *Rhodiola quadrifida*. – 2023.
- 29 Skopińska-Różewska E., Wójcik R., Siwicki A. K., et al. Влияние экстрактов родиолы четырехстворчатой на клеточный иммунитет у мышей и крыс // *Polish Journal of Veterinary Sciences*. – 2008. – Vol. 11. – P. 105-111.
- 30 Войчик Р., Сивицки А. К., Скопинска-Руёвска Е. и др. Влияние экстрактов китайской лекарственной травы родиолы кириловой на клеточный иммунитет у мышей и крыс // *Polish Journal of Veterinary Sciences*. – 2009. – Vol. 12. – P. 399-405.
- 31 Sehm J., Polster J., Pfaffl M. W. Влияние различных концентраций EGCG и (+)-катехина на экспрессию мРНК провоспалительных цитокинов в ConA-стимулированных первичных культурах лейкоцитов // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2005. – Vol. 53. – P. 6907-6011.
- 32 Panossian A., Wikman G., Wagner H. Растительные адаптогены III. Более ранние и более поздние аспекты и концепции их способа действия // *Фитомедицина*. – 1999. – Vol. 6. – P. 287-300.
- 33 Wojcik R., Siwicki A., Skopińska-Różewska E., Bakula T., Furmanowa M. The in vitro effect of *Rhodiola quadrifida* and *Rhodiola kirilowii* extracts on pigs blood lymphocyte response to mitogen Concanavalin A // *Central-European Journal of Immunology*. – 2009. – Vol. 34. – P. 166-170.
- 34 Skopińska-Różewska E., Malinowski M., Wasiutyński A., Sommer E., Furmanowa M., Mazurkiewicz M., Siwicki A. The influence of *Rhodiola quadrifida* 50% hydro-alcoholic extract and salidroside on tumor-induced angiogenesis in mice // *Polish journal of veterinary sciences*. – 2008. – Vol. 11. – P. 97-104.
- 35 Mirmazlou, I., Kiss A., Ladányi M., Györg Z. Production of cinnamyl alcohol glycosides by biotransformation in roseroot callus cells // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. – 2019. – Vol. 39. – P. 129-137.
- 36 Linh P. T., Kim Y. H., Hong S. P., Jian J. J., Kang J. S. Quantitative determination of salidroside and tyrosol from the underground part of *Rhodiola rosea* by high performance liquid chromatography // *Archives of Pharmacal Research*. – 2000. – Vol. 23(4). – P. 349-352. DOI 10.1007/BF02975446.

- 37 Kurkin V. A., Zapesochaya G. G. Chemical composition and pharmacological properties of *Rhodiola rosea* L. // *Khimiko-Farmatsevticheski Zhurnal*. – 1986. – Vol. 20. – P. 1231-1244.
- 38 Altantsetseg K., Przybyl J., Węglarz Z., Geszprych A. Content of biologically active compounds in roseroot (*Rhodiola sp.*) raw material of different derivation // *Herba Polonica*. – 2007. – Vol. 53. – P. 20-26.
- 39 Sheng C. Z., Hu T. Q., Bi H., Yuan Y. J., Jiang Y. Effects of plant growth substances on induction and culture of callus from *Rhodiola quadrifida* // *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. – 2005. – Vol. 30. – P. 1237-1240.
- 40 Stepanova A., Malunova M., Salamaikina S., Selimov R., Solov'eva A. Establishment of *Rhodiola quadrifida* Hairy Roots and Callus Culture to Produce Bioactive Compounds // *Phyton*. – 2021. – Vol. 90. – P. 543-552. 10.32604/phyton.2021.013223.
- 41 Овеснов С. А., Ефимик Е. Г., Козьминых Т. В. и др. Иллюстрированный определитель растений Пермского края. – Пермь: Книжный мир, 2007. – 742 с.
- 42 Кулюгина Е. Е., Тетерюк Л. В. Парциальная флора сообществ с участием *Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. et C. A. Mey на территории северных секторов Уральского хребта и предгорных территорий северо-восточной части Большеземельской тундры // *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. – 2021. – № 20-2. – С. 154-158.
- 43 Государственный Национальный Природный Парк «Катон-Карагайский» [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.oopt.kz/categories/view/katon\\_karagay/](https://www.oopt.kz/categories/view/katon_karagay/) (дата обращения: 08.01.2024)
- 44 Флора Казахстана. Васильева А.Н. – Алма-ата: Изд. АН КазССР, 1961. – Т. 4. – 547 с.
- 45 Skopińska-Różewska E., Bychawska M. A., Sommer E., Siwicki A. K. The in vivo effect of *Rhodiola quadrifida* extracts on the metabolic activity of blood granulocytes in mic // *Central European Journal of Immunology*. – 2008. – Vol. 33. – P. 179-181.
- 46 Попова О. А., Лесков А. П., Чащина Н. А., Щеглова С. Н., Андриевская Е. А. Редкие виды сосудистых растений национального парка «Чикой» (Забайкальский край) // *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. – 2020. – № 19-1. – С. 162-165.
- 47 Валуйских О. Е., Дубровский Ю. А., Кулюгина Е. Е., Канев В. А. Редкие растения окрестностей г. Хальмерсале (северный урал): эколого-фитоценотическая приуроченность, структура популяций, охрана // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. – 2017. – № 40. – С. 66-87.
- 48 Zhao R., Zhang H., An L. Anthropogenic disturbances affect population size and biomass allocation of two alpine species from the headwater area of the

urumqi river, China // Pakistan Journal of Botany. – 2018. – Т. 50. – № 1. – С. 199-209.

49 Красная книга Пермского края / под общ. ред. М. А. Бакланова. – Пермь: Алдари, 2018. – 232 с.

50 Безгодков А. Г., Печенкина К. О. Дополнение к флоре сосудистых растений заповедника «Вишерский» (Пермский край) // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Сер. № 2. Физико-математические и естественные науки. – 2018. – № 1/2. – С. 14-18.

51 Селиванов А. Е., Печенкина К. О., Карасев К. А. Местообитание и состояние ценопопуляции Родиолы четырехраздельной в Пермском крае // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 2. Физико-математические и естественные науки. – 2022. – № 1. – Р. 56-61. doi: 10.24412/2308-720X-2022-1-56-61

52 Семенова В. В., Павлова П. А. Интродукционная устойчивость некоторых видов из семейства *Crassulaceae* // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 11 (62). – С. 78-81.

53 Горчаковский П. Л., Шурова Е. А. Редкие и исчезающие растения Урала и Приуралья. – М. : Наука, 1982. – 208 с.

54 Горчаковский П. Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала // Труды Института экологии растений и животных / под ред. С.А. Мамаева. – Свердловск, 1969. – № 66. – 286 с.

55 Мартыненко В. А., Дёгтева С. В. Конспект флоры национального парка «Югыд-ва» (Республика Коми). – Екатеринбург : УрО РАН, 2003. – 107 с.

56 Лавренко А. Н., Улле З. Г., Сердитов Н. П. Флора Печоро-Илычского биосферного заповедника. – СПб. : i Наука, 1995. – 256 с.

57 Валуйских О. Е., Дубровский Ю. А., Кулюгина Е. Е., Канев В. А. (2017). Редкие растения окрестностей г. Хальмерсале (Северный Урал): эколого-фитоценотическая приуроченность, структура популяций, охрана // Вестник Томского государственного университета. Биология. – Т. 40. – С. 66-87.

58 Free and open access to biodiversity data [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gbif.org/> (дата обращения: 10.01.2024).

59 Грубов В. И. Определитель сосудистых растений Монголии. – Л.: Наука, 1982. – 443 с.

60 Губанов И. А. Конспект флоры Внешней Монголии (сосудистые растения). – М.: «Валанг», 1996. – 136 с.

61 Казановский С. Г. Родиола четырехнадрезанная – *Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. et Mey; Родиола перистонадрезанная – *Rhodiola pinnatifida* Boriss. // Красная книга Иркутской области. – Иркутск : ООО Изд-во «Время странствий», 2010. – С. 220-221.

- 62 Рыбкина В. Н. Родиола перистонадрезанная – *Rhodiola pinnatifida* Boriss.; Родиола четырехнадрезанная – *Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. et Mey // Красная книга Забайкальского края. Растения. – Новосибирск: ООО «Дом мира», 2017. – С. 115-117.
- 63 Красная книга Забайкальского края. Растения. – Новосибирск: ООО «Дом мира», 2017. – 384 с.
- 64 Попова О. А. Редкие виды раннецветущих растений Забайкальского края и их охрана // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Биологические науки. – 2012. – Т. 1. – с. 30-36.
- 65 Павлова П. А. Редкие виды травянистой флоры в интродукции в якутском ботаническом саду // Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География. – 2010. – № 4. – С. 191-194.
- 66 Красная книга Республики Саха (Якутия). Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. – Якутск: НИПК «Сахаполиграфиздат», 2000. – Т. 1. – 256 с.
- 67 Волков И. В., Ревушкин А. С. К изучению температурного режима подушковидных растений Юго-Восточного Алтая // Ботанический журнал. – 2000. – Т. 85. – № 3. – С. 105-108.
- 68 Волков И. В., Волкова И. И. К исследованию ценологических связей различных биологических групп высокогорных растений. *Krylovia* // Сибирский ботанический журнал. – 2001. – Т. 3 (1). – С. 114-116.
- 69 Арктическая флористическая область. – Л.: Наука, 1978. – 166 с.
- 70 Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н. Государственная арктическая политика России // Федерализм. – 2021. – Т. 26. – № 1 (101). – С. 15-43. DOI: [10.21686/2073-1051-2021-1-15-43](https://doi.org/10.21686/2073-1051-2021-1-15-43)
- 71 Юрцев Б. А. Сравнительная флористика в России: вклад школы А. И. Толмачёва // Ботанический журнал. – 2004. – Т. 89. – № 3. – С. 385-399.
- 72 Пospelова Е. Б., Пospelов И. Н. Парциальные флоры двух смежных ландшафтов подзоны типичных тундр центрального Таймыра: эколого-топологическая дифференциация // Ботанический журнал. – 1998. – Т. 83. – № 3. – С. 28-47.
- 73 Ребристая О. В. Флора востока Большеземельской тундры. – Л., 1977. – 334 с.
- 74 Юрцев Б. А. О некоторых дискуссионных вопросах сравнительной флористики // Актуальные проблемы сравнительного изучения флор: Мат. III рабочего совещания по сравнительной флористике. – Кунгур. СПб.: Наука. – 1988. – С. 15-33.
- 75 Юрцев Б. А., Камелин Р. В. Основные понятия и термины флористики: Учеб. пособие по спецкурсу. – Пермь: Пермский ун-т., 1991. – 80 с.

76 Павлова П. А. Цветение травянистых многолетников природной флоры в якутском ботаническом саду // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 10. – С. 64-61.

77 Как позаботиться о *Rhodiola Quadrifida* [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.picturethisai.com/ru/care/Rhodiola\\_quadrifida.html](https://www.picturethisai.com/ru/care/Rhodiola_quadrifida.html) (дата обращения: 15.01.2024).

78 Фармакогностический анализ аптечного сырья «Родиолы розовой корневища и корни» [Электронный ресурс]. – URL: [https://studwood.net/1589511/meditsina/botanicheskaya\\_harakteristika](https://studwood.net/1589511/meditsina/botanicheskaya_harakteristika) (дата обращения: 15.01.2024).

79 Жигжитжапова С. В., Рандалова Т. Э., Раднаева Л. Д. Фармакогностический анализ лекарственного растительного сырья: макроскопический, микроскопический и фитохимический анализ. – Улан-Удэ : Бурятский государственный университет, 2015. – 124 с.

80 Лукашевич Н. П., Ковалева И. В., Шлома Т. М., Зенькова Н. Н., Шимко И. И. Фармакогнозия: учебно-методическое пособие для студентов по специальности «Ветеринарная фармация». – Часть 1. – Витебск: ВГАВМ, 2015. – 88 с.

81 Минович В. М., Горячкина Е. Г., Федосеева Г. М., Бочарова Г. И. Макроскопический анализ лекарственного растительного сырья : учеб. пособие. ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России. – Иркутск, 2013.– 101 с.

82 Буркина Н. А. Костенко Е. М. Микроскопический анализ лекарственного растительного сырья: учебно-методическое пособие. – Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2018. – 61 с.