МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН»

На правах рукописи



Феськов Сергей Александрович

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОЗМАРИНА ЛЕКАРСТВЕННОГО НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры
(биологические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
Шевчук Оксана Михайловна

Ялта – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ …… 4

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОЗМАРИНА ЛЕКАРСТВЕННОГО …… 11

1.1 Систематическое положение, происхождение, культивирование и история интродукции …….. 11

1.2 Ботаническая характеристика …… 18

1.3 Биологически активные вещества сырья розмарина, хемотипическое разнообразие …… 21

1.4 Биологическая активность сырья розмарина лекарственного …… 32

1.5 Хозяйственная ценность и направления использования …. 36

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ……. 42

2.1 Объекты исследований ……... 42

2.2 Почвенно-климатические условия района исследований ... 44

2.3 Методика исследований …… 47

ГЛАВА 3 ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РОЗМАРИНА ЛЕКАРСТВЕННОГО В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА …….. 57

3.1 Фенoритмы развития в условиях ЮБК …… 57

3.2 Морфологическая изменчивость розмарина лекарственного …… 63

3.3 Анатомическое строение вегетативных и генеративных органов, гистохимическое выявление эфирного масла ….. 66

ГЛАВА 4 БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ РОЗМАРИНА ЛЕКАРСТВЕННОГО……... 78

4.1 Продуктивность надземной массы, содержание эфирного масла и фенольных соединений …….. 78
4.2 Компонентный состав эфирного масла, изменчивость, хемотипы ……... 81
4.3 Динамика продуктивности, содержания и компонентного состава эфирного масла в течении вегетационного сезона 92
4.4 Новые сорта и перспективные сортобразцы розмарина лекарственного …… 100
ГЛАВА 5 БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СЫРЬЯ РОЗМАРИНА ЛЕКАРСТВЕННОГО …….. 104
5.1 Антимикробная активность эфирного масла ……... 105
5.2 Гидролат розмарина лекарственного, состав и антимикробная активность …… 114
5.3 Экстракты из сырья розмарина лекарственного, состав и антимикробная активность …… 118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ……. 133
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ……. 140
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ……. 173
ПРИЛОЖЕНИЯ ……. 174
Приложение А. Авторские свидетельства и патенты ……,, 175
Приложение Б. Акты внедрения …… 179

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Современное состояние эфиромасличной отрасли в России характеризуется противоречивым сочетанием исторически сложившегося научно-технического потенциала и системных проблем, препятствующих её устойчивому развитию. С одной стороны, страна обладает уникальными агроклиматическими ресурсами для возделывания широкого спектра эфиромасличных культур, являющихся ценным сырьём для пищевой, фармакологической, косметической и других отраслей промышленности. С другой стороны, глубокая структурная перестройка постсоветского периода привела к значительному сокращению площадей промысловых плантаций, деградации части сырьевой базы и критической зависимости от импорта как готовой продукции, так и ключевых видов эфирных масел.

Лекарственные и эфиромасличные растения являются важнейшим источником биологически активных веществ, используемых в фармацевтической, пищевой и парфюмерно-косметической промышленности. Среди них особое место занимает розмарин лекарственный (*Salvia rosmarinus* Spenn., syn. *Rosmarinus officinalis* L.) - культура, экстракты из сырья которой обладают высокой антиоксидантной, противомикробной и противовоспалительной активностью благодаря наличию эфирного масла с высоким содержанием цинеола и камфоры, а также фенольных соединений (в первую очередь розмариновой и карнозиновой кислот, карнозола).

На Южном берегу Крыма (ЮБК) розмарин лекарственный успешно интродуцирован в ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» (НБС-ННЦ) и на протяжении десятилетий культивируется как промышленная эфиромасличная культура. Вместе с тем, до настоящего времени отсутствует комплексная оценка внутривидового хемотипического разнообразия, не изучена динамика накопления эфирного масла и фенольных соединений в зависимости от фенологической фазы

растений, а также не проводилось сравнительное исследование биологической активности экстрактов (включая CO_2-экстракты) перспективных форм в направлении разработки фитопрепаратов.

Степень разработанности темы. Вопросы получения эфирных масел на протяжении длительного времени находятся в центре внимания отечественных исследователей. В мировой литературе описаны различные хемотипы розмарина лекарственного (вербеноновый, камфорный, 1,8-цинеольный, α-пиненовый и др.), однако для коллекции НБС-ННЦ такие исследования были проведены лишь фрагментарно. Работы по динамике накопления эфирного масла розмарина в условиях ЮБК показали сезонную изменчивость, но не охватили весь спектр коллекционных форм. Исследования биологической активности водных, спиртовых и CO2-экстрактов растений коллекции (обозначили высокий потенциал, но не провели ранжирования форм по данному признаку). Комплексного диссертационного исследования, объединяющего оценку хемотипического разнообразия, продуктивности, качества сырья и биологической активности применительно к условиям ЮБК, до настоящего времени не проводилось.

Цель исследования: научно обосновать направления использования розмарина лекарственного в лекарственном растениеводстве и садоводстве Южного берега Крыма на основе комплексного изучения особенностей развития, накопления биологически активных веществ и оценки биологической активности растительного сырья.

Задачи исследования:

- Изучить особенности сезонного развития и морфологическую изменчивость розмарина лекарственного в условиях интродукции на Южном берегу Крыма.

- Выявить особенности анатомического строения вегетативных и генеративных органов розмарина лекарственного, установить локализацию липофильных веществ в их тканях и оценить генетическое разнообразие исследуемых образцов.

- Оценить основные хозяйственно ценные показатели сортов и образцов розмарина лекарственного, включая продуктивность надземной массы, массовую долю эфирного масла и содержание фенольных соединений.

- Изучить сезонную динамику накопления эфирного масла, определить его компонентный состав и оценить хемотипическую изменчивость исследованных образцов розмарина лекарственного.

- Выделить перспективные сортообразцы розмарина лекарственного по комплексу хозяйственно ценных признаков и биохимических характеристик для селекции и создания новых сортов.

- Оценить антимикробную и противогрибковую активность эфирного масла, гидролата, водных, спиртовых и CO_2-экстрактов из сырья розмарина лекарственного.

Научная новизна: изучены особенности развития, продуктивность и хемотипическое разнообразие эфирного масла розмарина лекарственного при интродукции в условия сухого субтропического климата средиземноморского типа Южного берега Крыма; выявлены особенности анатомического и гистохимического строения вегетативных и генеративных органов розмарина лекарственного; выявлено хемотипическое разнообразие эфирного масла розмарина лекарственного и установлены закономерности динамики его накопления в надземной массе растений; впервые получены данные об антимикробной и противогрибковой активности эфирного масла, гидролата и CO_2-экстракта из сырья сортов розмарина лекарственного селекции НБС-ННЦ.

Теоретическая значимость работы. Работа вносит вклад в теорию интродукции растений, предоставляя данные о степени и механизмах адаптации видов к новым условиям сухих субтропиков Южного берега Крыма. Расширены представления о внутривидовой морфологической и хемотипической изменчивости розмарина лекарственного в условиях интродукции; выявлены особенности и динамика накопления биологически активных веществ в надземной массе, установлены зависимости «химический состав – биологическая активность».

Практическая значимость работы. В работе дана оценка перспективности культивирования розмарина лекарственного в зоне сухого субтропического климата средиземноморского типа в открытом грунте, что является важным вкладом в развитие эфиромасличного и лекарственного растениеводства в регионе. Созданы сорта и выделены перспективные сортообразцы с высоким выходом эфирного масла ценных хемотипов для дальнейшей селекции и возделывания на ЮБК. Предложены сорта розмарина с доказанной противогрибковой и антимикробной активностью сырья для использования в разработке фитопрепаратов.

На основании результатов исследований определены оптимальные сроки уборки лекарственного растительного сырья розмарина для получения пряно-ароматического сырья, эфирного масла и экстрактов с наивысшей биологической активностью. Внедрение этих разработок будет способствовать расширению ассортимента лекарственных растений, возделываемых в регионе, в рамках импортозамещения.

Результаты исследования приняты к использованию на отечественных предприятиях (акты внедрения прилагаются) и также могут быть применены в учебном процессе при подготовке специалистов по садоводству и лекарственному растениеводству.

Методология и методы диссертационного исследования. Методологическая основа диссертационного исследования базируется на системном подходе, объединяющем теоретический анализ научно-технической литературы, экспериментальные исследования на лабораторных и опытно-промышленных установках, а также статистическую обработку полученных данных. Полевые и лабораторные исследования проводились с использованием комплекса классических и современных методов интродукционного и биохимического изучения ароматических и лекарственных растений. Результаты исследований проанализированы методом математической статистики с использованием программного обеспечения Microsoft Office (Excel).

Положения, выносимые на защиту:

Морфолого-анатомические особенности вегетативных и генеративных органов, фенологические характеристики и внутривидовая изменчивость розмарина лекарственного как показатели его приспособленности к условиям интродукции на Южном берегу Крыма.

Особенности накопления и компонентного состава эфирного масла, содержания фенольных соединений и биологической активности продуктов переработки растительного сырья розмарина лекарственного как основа оценки его биохимической ценности и перспектив целевого использования.

Дифференцированный отбор и использование новых сортов и перспективных сортообразцов розмарина лекарственного в садоводстве и лекарственном растениеводстве Южного берега Крыма на основе их морфобиологических особенностей, хозяйственной продуктивности и биохимических характеристик.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Достоверность результатов многолетних исследований подтверждена методами математической статистики. Обработка данных выполнялась с учетом доверительной вероятности $p \leq 0,05$, что соответствует общепринятому в биологических исследованиях уровню значимости. Основные результаты диссертации доложены на всероссийских и международных конференциях: V Международной научно-практической конференции «Аромакоррекция психофизического состояния человека» (Ялта, 27-29 октября 2015), 30th International Horticultural Congress (Стамбул, 12-16 августа 2018), VIII Международной научно-практической конференции «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты» (Ялта, 2018), XXV Российском национальном конгрессе «Человек и лекарство» (Москва, 9-12 апреля 2018), VII Всероссийской научно-практической конференции «Беликовские чтения» (Пятигорск, 5-6 декабря 2019), Всероссийской конференции «Коллекции как основа изучения генетических ресурсов растений и грибов» (Санкт-Петербург, 21-24 июня 2022).

Публикации. Основные положения и результаты диссертации отражены в 21 научной работе, патентах и авторских свидетельствах: 1 статья в рецензируемом журнале, рекомендованном ВАК РФ по специальности 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (биологические науки); 4 статьи в журналах, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus и WoS); 2 патента и авторских свидетельства; 7 публикаций в иных рецензируемых журналах; 1 – монография; 6 материалов и тезисов международных и всероссийских научных конференций. В опубликованных соискателем работах полностью отражены основные положения и результаты диссертационной работы.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, включающих аналитический обзор литературы, объекты и методы исследований, результаты собственных исследований, заключения, списка литературы (255 наименований) и двух приложений. Диссертация изложена на 183 страницах. Работа содержит 19 таблиц и 20 рисунков**.**

Диссертационная работа соискателем выполнена в рамках НИР ФГБУН «НБС-ННЦ»: «Выделить высокопродуктивные формы эфиромасличных и лекарственных растений для селекции на продуктивность, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам в целях получения качественного сырья для фармацевтической, косметической и пищевой промышленности с дальнейшей его стандартизацией в рамках импортозамещения» (АААА-А19-119082890073-2), «Создание сортов эфиромасличных и лекарственных растений, содержащих значимые для здоровья человека биологически активные вещества, разработка на их основе и испытание средств для улучшения качества жизни человека» (FNNS-2022-0006) и «Выявление закономерностей синтеза биологически активных веществ как основы создания сортов эфиромасличных и лекарственных растений – источников ценного растительного сырья и средств для улучшения качества жизни человека в рамках реализации программы импортозамещения» (FNNS-2025-0001); Гранта РНФ № 14-50-00079 «Сохранение и изучение растительного

генофонда Никитского ботанического сада и разработка способов получения высокопродуктивных сортов и форм садовых культур для юга России методами классической и молекулярной селекции, биотехнологии и биоинженерии».

Личный вклад соискателя: Разработка программы для проведения полевых экспериментов, сбор экспериментальных данных и их статистический анализ были выполнены автором совместно с научным руководителем, которые отражены в публикациях, представлены в отчетах НИР, на конференциях различного уровня.

Биохимические исследования проведены на базе ЦКП «Физиолого-биохимические исследования растительных объектов» ФГБУН «НБС-ННЦ РАН».

Анатомические, гистохимические исследования проведены совместно с лабораторией клеточной биологии ФГБУН «НБС-ННЦ РАН».

Исследования биологической активности сырья розмарина лекарственного проводили в сотрудничестве с кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Института «Медицинская академия им. С.И. Георгиевского»; ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова» и Пятигорским медико-фармацевтическим институтом – филиалом ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОЗМАРИНА ЛЕКАРСТВЕННОГО

1.1 Систематическое положение, происхождение, культивирование и история интродукции розмарина лекарственного

Розмарин лекарственный (*Salvia rosmarinus* Spenn., syn *Rosmarinus officinalis* L.) представляет собой типичный вид семейства Lamiaceae, которое объединяет около 236 родов и более 7200 видов, распространённых по всему земному шару (Andrade et al., 2018; Naghibi et al., 2005) и занимающих особое место среди цветковых растений благодаря исключительной способности накапливать в надземной части эфирные масла, фенольные соединения и другие вторичные метаболиты. Среди представителей этого семейства такие широко известные пряно-ароматические и лекарственные растения как базилик, лаванда, мята, шалфей, тимьян, душица и многие другие (Raja, 2012; Wagstaff et al., 1998). Разнообразие видов Lamiaceae и их биохимический потенциал привлекают внимание исследователей на протяжении столетий, однако систематика отдельных родов, включая род *Rosmarinus* L., остаётся предметом дискуссий.

Долгое время род *Rosmarinus* рассматривали как монотипный, чётко обособленный от родственного рода *Salvia* L. Основанием для такого разграничения служили морфологические признаки: строение андроцея, форма чашечки и некоторые анатомические особенности плодов (Ryding, 2010). Однако с развитием молекулярно-филогенетических методов представления о родственных связях внутри трибы Mentheae, к которой относятся оба рода, претерпели существенные изменения.

Исследования ряда ученых (Drew et al., 2017; Walker, 2004) убедительно показали, что род *Rosmarinus* является вложенным в род *Salvia* и не образует монофилетической группы. Ключевые результаты, изменившие таксономию розмарина, были получены при анализе ядерных и хлоропластных генов, в

частности последовательностей генов PPR-AT3G09060 и GBSSI. Иными словами, традиционные роды *Salvia* и *Rosmarinus* в их классическом объёме оказались парафилетическими. На основании этих данных было предложено расширить границы рода *Salvia*, включив в него не только *Rosmarinus*, но и роды *Dorystaechas*, *Meriandra*, *Perovskia* и *Zhumeria* (Drew et al., 2017). Такое таксономическое решение имеет не только фундаментальное научное, но и практическое значение. Во-первых, это унифицирует номенклатуру трибы *Mentheae* и устраняет парафилетию одного из крупнейших родов цветковых растений – *Salvia* (насчитывает около 1000 видов). Во-вторых, это открывает новые перспективы для сравнительных фитохимических и фармакологических исследований, поскольку позволяет рассматривать розмарин в контексте биоразнообразия шалфеев, многие из которых также являются ценными лекарственными растениями.

Несмотря на аргументированность этих номенклатурных изменений, в большинстве публикаций (особенно прикладного характера, фармакопейных, пищевых и агрономических) продолжает использоваться традиционное название *Rosmarinus officinalis* (Begum et al., 2013; Andrade et al., 2018; Ulbricht et al., 2010). Этот консерватизм объясним: название укоренено в мировой научной литературе, фармакопеях, патентах и нормативных документах, и его замена создала бы путаницу. В настоящей работе мы сохраняем традиционное название розмарин лекарственный (*Rosmarinus officinalis*), поскольку оно соответствует объекту нашего исследования данной культуры как эфиромасличной и лекарственной, и используется в отечественной нормативной документации.

Внутривидовое разнообразие *Rosmarinus officinalis* также является предметом изучения. На территории Туниса описано четыре разновидности: var. *typicus* Batt., var. *laxiflorus* De Noé, var. *troglodytorum* Maire и var. *lavandulaceum* Batt. (Pottier-Alapetite, 1981; Ben Arfa et al., 2022). Стелющаяся форма розмарина var. *prostratus* Mazziari распространена в Марокко и отличается низкорослостью, линейными листьями (до 5 см) и мелкими голубовато-белыми цветками (Bakkali et al., 2022), и представляет интерес для декоративного садоводства.

Розмарин лекарственный является аборигенным видом флоры Средиземноморского региона с естественным ареалом в Южной Европе, Северной Африке и Передней Азии (Begum et al., 2013). Произрастает на сухих каменистых склонах, прибрежных скалах и в зарослях маквиса и является частью типичного средиземноморского вечнозелёного жестколистного кустарникового сообщества (Arnold et al., 1997; Gonzalez-Minero et al., 2020). Приуроченный к прибрежным территориям, вид, однако, встречается и в горной местности (до высот 400 м и более) (Pintore et al., 2002). Такая экологическая пластичность делает розмарин перспективным для интродукции в различные регионы мира.

История распространения розмарина за пределы естественного ареала насчитывает тысячелетия. Уже в глубокой древности он был интродуцирован в Китай (около 220 г. до н.э.), а в эпоху Великих географических открытий – в Америку и Австралию (Gonzalez-Minero et al., 2020). В настоящее время розмарин культивируется во многих странах с субтропическим и умеренно-тёплым климатом. Основными мировыми производителями эфирного масла розмарина являются Испания, Марокко, Тунис, Франция и Италия (Flamini et al., 2002; Hernandez et al., 2016; Begum et al., 2013; Bakkali et al., 2022).

В Марокко промышленные плантации розмарина занимают значительные площади – около 55 000 га в Тиншерфи (регион Уджда), 30 000 га в Герс-Аллален (регион Миссур) и 1500 га в окрестностях Рабата (Lahlou, Berrada, 2003). Годовое производство эфирного масла в Марокко оценивается в 70 тонн, что уступает Испании (130 тонн), но превышает Тунис (50 тонн) (Lahlou, Berrada, 2003). В США в 2005 году было импортировано 109 тонн масла розмарина (Gonzalez-Minero et al., 2020). Приведенное наглядно демонстрирует экономическую значимость культуры.

Растительное сырьё розмарина используется для получения эфирного масла, а также в пищевой, парфюмерно-косметической и фармацевтической промышленности. Основные объёмы заготовки и производства эфирного масла сосредоточены в странах Средиземноморского региона, прежде всего в Тунисе, Марокко и Испании (Krifa, 2019).

Следует отметить, что достоверная статистика мирового производства эфирного масла розмарина ограничена. Получение сопоставимых данных по отдельным эфирным маслам затруднено, поэтому приводимые в литературе показатели следует рассматривать как отраслевые оценки, а не как официальную статистику производства за один календарный год (Krifa, 2019). Согласно приведённым данным, мировое производство эфирного масла розмарина оценивается примерно в 150-200 т в год. На долю Туниса приходится около 80 т, Марокко около 40 т, Испании около 28 т, Франции 5-10 т (Krifa, 2019) (Рисунок 1.1).

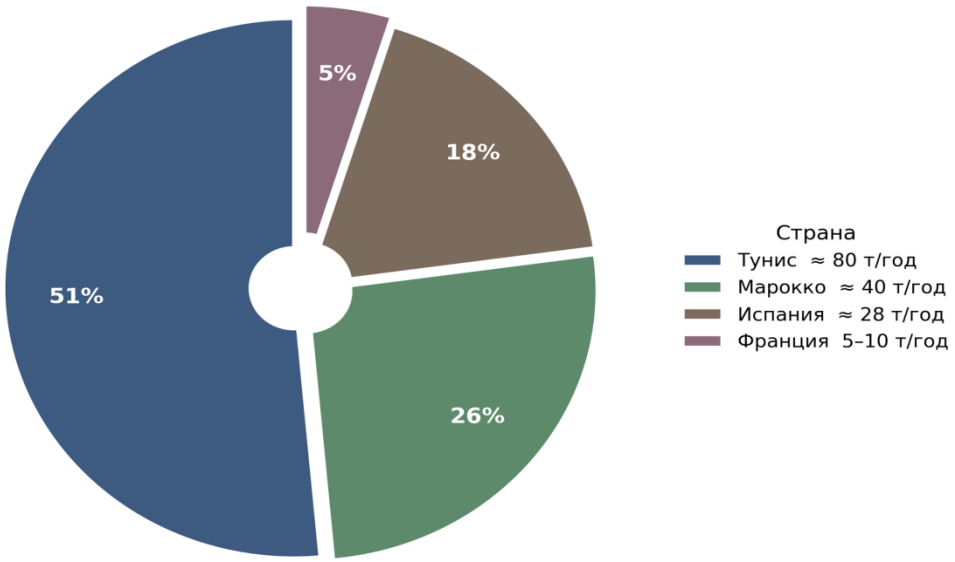


Рисунок 1.1 – Доля основных стран в мировом производстве эфирного масла розмарина лекарственного

Для Туниса характерно преимущественное использование природных популяций розмарина. Площадь эксплуатируемых формаций оценивается примерно в 346 тыс. га. Заготовка осуществляется в рамках лесного хозяйства и регулируемого использования природных ресурсов. По данным Daly-Hassen и соавт. (2005), в 2001 г. объём экспорта эфирного масла розмарина из Туниса составил 63,7 т, что характеризует значительный масштаб использования природного сырья в стране.

В Марокко значительные площади естественных зарослей розмарина сосредоточены в регионе Ориенталь. Их площадь оценивается примерно в 450 тыс. га. Наиболее крупные массивы расположены в районах Джерада, Дебду, Буарфа, Талсинт и Бумерьем (Naggar, Iharchine, 2016). Средняя фитомасса розмарина в рассматриваемых природных популяциях составляла около 560 кг зелёной массы/га, или около 365 кг сухой листовой фитомассы/га. Ежегодный объём использования природных ресурсов оценён примерно в 84 тыс. т зелёной фитомассы, или около 55 тыс. т сухой листовой фитомассы (Naggar, Iharchine, 2016).

Содержание эфирного масла в сырье розмарина характеризуется значительной вариабельностью и зависит от происхождения растений, экологических условий, фазы развития и условий заготовки. Для дикорастущих популяций в различных районах Средиземноморья в литературе приводятся значения порядка 0,6-2,7% от сухой массы сырья, тогда как у культивируемых растений в отдельных условиях содержание эфирного масла может достигать 3,2-3,3%. Эти показатели характеризуют выход масла относительно сухого сырья и поэтому не должны непосредственно сопоставляться с величинами, рассчитанными на свежую массу.

Таким образом, природные популяции розмарина представляют значительный ресурс эфирномасличного сырья. Однако фактическое получение эфирного масла определяется не только объёмом доступной фитомассы, но и содержанием эфирного масла в растительном сырье, которое существенно изменяется в зависимости от происхождения растений и условий их произрастания. Для культивируемых растений дополнительное значение имеют продуктивность насаждений, возраст растений, сроки уборки и особенности конкретного генотипа.

В целом производство эфирного масла розмарина имеет выраженную средиземноморскую локализацию и в значительной степени связано с использованием природных ресурсов, особенно в странах Северной Африки. Это определяет необходимость изучения возможностей выращивания розмарина в других регионах с подходящими почвенно-климатическими условиями, в том

числе на ЮБК, находящимся в зоне сухого субтропического климата средиземноморского типа (Плугатарь и др., 2015), где перспективность культуры может оцениваться с учётом продуктивности, содержания эфирного масла и хозяйственно ценных особенностей различных форм.

Мировое производство розмаринового эфирного масла сталкивается с рядом проблем, главная из которых – хемотипическая изменчивость, которая затрудняет его стандартизацию. В разных регионах произрастают популяции, эфирное масло которых существенно различается по химическому составу. Это ставит перед исследователями задачу не только оценивать количественные показатели урожайности, но и контролировать качественный состав сырья на всех этапах, от отбора сортов до оптимизации сроков сбора. Решением этой задачи может быть целенаправленная селекция.

На ЮБК розмарин лекарственный был интродуцирован в начале XIX века, и это событие относится к числу наиболее ранних задокументированных случаев введения вида в культуру за пределами его естественного средиземноморского ареала. В Никитский ботанический сад розмарин был завезён в 1813 году, всего через год после основания этого первого на юге России научного ботанического учреждения (Машанов и др., 1988). Выбор НБС в качестве интродукционного центра не был случайным: создатели Сада ориентировались на сходство климатических условий ЮБК с субтропическим средиземноморским регионом, что предопределило успешную акклиматизацию многих теплолюбивых средиземноморских видов.

Именно в Никитском ботаническом саду, как отмечают В.И. Машанов и соавторы (1988), впервые не только в СССР, но и в мировой практике были наиболее полно изучены вопросы биологии и агротехники розмарина. Особого внимания заслуживает разработанный метод отбора высокомасличных форм по эфиромасличным железкам – практический подход, позволивший вести целенаправленный отбор продуктивных генотипов на ранних этапах онтогенеза. Этот метод стал прообразом современных селекционных программ для эфиромасличных культур (Машанов и др., 1988).

Уже в первые десятилетия культивирования на юге России розмарин проявил себя перспективной эфиромасличной, пряно-ароматической и декоративной культурой. В парках ЮБК, а также на Черноморском побережье Кавказа, в Азербайджане и Средней Азии он стал встречаться как элемент озеленения (Машанов и др., 1988). Чуть позднее эта культура приобрела и промышленное значение, когда на ЮБК были заложены первые плантации розмарина для получения эфирного масла. Плантации эксплуатировались 25-30 лет, однако широкого распространения в Крыму розмарин не получил из-за недостаточной зимостойкости в отдельные суровые зимы и отсутствия адаптированных сортов (Машанов и др., 1988; Машанов, Покровский, 1991).

Интродукционное изучение в НБС-ННЦ прошли 70 форм, различающихся по морфологическим, биологическим и хозяйственно-ценным признакам. Содержание эфирного масла в них колебалось в широком диапазоне – от 0,2 до 3%, а урожайность варьировала от 40 до 50 ц/га (Машанов и др., 1988). Такая высокая вариабельность свидетельствовала о наличии в коллекции ценного генетического материала, пригодного для селекционной работы. По результатам были созданы были выделены сорта, которые, к сожалению, не сохранились до наших дней в виде промышленных насаждений (за исключением сорта 'Горизонт'), но имеющийся коллекционный фонд продолжает служить основой для дальнейшей успешной селекционной работы (Хлыпенко и др., 2015).

Важным практическим результатом исследований розмарина лекарственного в НБС стало детальное описание агробиологических особенностей выращивания розмарина в условиях ЮБК (Машанов и др., 1988).

Следует подчеркнуть, что селекционная работа с розмарином в Крыму является частью глобального процесса освоения этой культуры. В Эфиопии, например, в 2015 году были зарегистрированы первые три сорта, адаптированные к высокогорным условиям: WG-rosemary I (стелющийся, для эфирного масла), WG-rosemary II (прямостоячий, для сухих листьев) и WG-rosemary III (промежуточный, для свежих листьев), с урожайностью листьев 2,42–2,84 т/га и содержанием масла 0,53-1,05% (Banjaw et al., 2016). В Марокко и Испании также

ведутся активные селекционные программы, направленные на создание сортов с закреплённым хемотипом (Bakkali et al., 2022; Jordán et al., 2013). В этом контексте крымский опыт, начатый ещё в XIX веке, остаётся актуальным и сегодня.

Таким образом, розмарин имеет более чем двухвековую историю интродукции и изучения на Южном берегу Крыма. Никитский ботанический сад стал не только местом первичной интродукции, но и центром фундаментальных исследований по биологии, агротехнике и селекции этой ценной эфиромасличной культуры. Однако, несмотря на значительный накопленный опыт, комплексное хозяйственно-биологическое изучение розмарина в условиях Крыма с использованием современных методов (хромато-масс-спектрометрия, оценка антимикробной и антиоксидантной активности, стереологический анализ трихом) до настоящего времени остаётся недостаточно полным, что определяет актуальность настоящего исследования.

1.2 Ботаническая характеристика

Розмарин лекарственный – вечнозелёный ветвистый кустарник, достигающий в культуре высоты 1,0-1,8 м (Begum et al., 2013; Lorezi, Mattos, 2006). В условиях Крыма, по данным Машанова и соавторов (1988), высота и диаметр куста составляют 1-1,5 м (Машанов и др., 1988). Многолетние ветви темнеют с возрастом, их кора отслаивается, что характерно для многих древесных представителей Lamiaceae. Однолетние побеги покрыты густым опушением, что, вероятно, выполняет защитную функцию в условиях недостаточного увлажнения.

Листья розмарина заслуживают отдельного внимания. Они супротивные, сидячие, линейно-ланцетные, кожистые, что является типичной ксероморфной адаптацией. Длина листьев варьирует в широких пределах: 1,5-3,5 см (Машанов и др., 1988) или 1,0-4,0 см (по данным других авторов), ширина – 0,2-0,4 см (Arnold et al., 1997; Flamini et al., 2002; Машанов и др., 1988). Края листьев завернуты вниз, что уменьшает испарение. Верхняя поверхность листа тёмно-зелёная,

глянцевая, нижняя – серовато-войлочная, густо опушённая (Arnold et al., 1997; Flamini et al., 2002). Такое строение листа – классический пример ксерофитной листовой пластинки, где опушение и завёрнутые края создают микрокамеру, снижающую транспирацию и увеличивают устойчивость растений к дефициту влаги.

У стелющейся формы (var. *prostratus*) листья более крупные (до 5 см), что, по-видимому, связано с иными условиями обитания и меньшей потребностью в экономии воды (Bakkali et al., 2022). Эти данные свидетельствуют о том, что внутри вида существуют экологические формы, адаптированные к разным условиям.

Цветки розмарина мелкие, двугубые, собраны в короткие кистевидные соцветия на концах побегов. Окраска венчика варьирует от бледно-голубой до фиолетовой и белой (Arnold et al., 1997; Begum et al., 2013; Gonzalez-Minero et al., 2020; Машанов и др., 1988). Интересно, что окраска цветков коррелирует с сортовой принадлежностью и используется как один из маркёров при селекции. Так, сорт ′Аметист′ имеет синецветковую форму, а ′Новый Горизонт′ – белоцветковую.

Плод розмарина – ценобий, сухой дробный плод, характерный для семейства Lamiaceae. При созревании ценобий распадается на четыре односемянные части – эремы (орешки), заключённые в остающуюся чашечку. Эремы имеют яйцевидную форму, гладкую поверхность, окраска варьирует от светло- до тёмно-коричневой (Машанов и др., 1988; Begum et al., 2013).

Семена бурые, мелкие, масса 1000 семян 0,5-1,1 г. Корневая система мощная, сильно развитая, проникает в почву на глубину до 3-4 м (Машанов и др., 1988). Это позволяет растению использовать глубокие горизонты почвенной влаги, что критично в условиях длительной летней засухи.

Исследования ряда авторов (Herrera, 2004) показали значительную изменчивость размера цветков у розмарина в зависимости от высоты над уровнем моря. Масса цветков варьирует от 12 до 38 мг, при этом цветки прибрежных популяций были самыми мелкими (в среднем 17 мг), а горных – самыми

крупными (в среднем 25 мг). Корреляция между размером листьев и цветков была слабой, что свидетельствует о генетической природе этой изменчивости, а не о пластичности (Herrera, 2004).

По данным Zigene (2021), в эфиопских популяциях розмарина выделяются три типа габитуса: прямостоячий (40% образцов), полупрямостоячий (53,3%) и стелющийся (6,7%). Окраска цветков варьирует от светло-голубой (83%) до тёмно-голубой (9,7%) и средне-голубой (7,3%). Эти данные подтверждают высокий уровень морфологической изменчивости вида.

Листья розмарина покрыты трихомами (волосками) двух типов: простыми (нежелезистыми) и железистыми (капитчатыми и пельтатными). Железистые трихомы являются основными структурами, в которых происходит синтез и накопление эфирного масла (Marin et al., 2006; Boix et al., 2011; Bellumori et al., 2021).

Розмарин является многолетним ксерофитом, хорошо приспособленным к условиям с недостаточным увлажнением и высокими температурами. Растение предпочитает лёгкие, хорошо дренированные, известковые почвы с pH 6,0–7,5 и совершенно не переносит застоя влаги и тяжёлых глинистых почв (Missouri Botanical Garden, 2016; Gonzalez-Minero et al., 2020; Машанов и др., 1988).

По данным Машанова и соавторов (1988), розмарин засухоустойчив, требователен к свету и чувствителен к морозам. Молодые растения подмерзают при –5…–7 °C, а при длительных морозах –10…–15 °C погибают. Взрослые растения более устойчивы. Эта информация особенно важна для ЮБК, где зимние температуры могут опускаться до критических значений, но в последние годы наблюдается потепление климата (Плугатарь и др., 2015).

Размножается розмарин семенами, черенками, делением куста и отводками. В культуре предпочтение отдают черенкованию, так как семена обладают низкой всхожестью и дают неоднородное потомство (Flamini et al., 2002; Carrubba et al., 2020; Машанов и др., 1988). Лучший срок черенкования – сентябрь-октябрь (или весной, апрель-май). Черенки длиной 8-10 см с 3-4 междоузлиями высаживают в холодные парники, укореняемость составляет 60-80% (Машанов и др., 1988).

Посадку розмарина рекомендуется проводить на южных склонах с площадью питания 1,5×1 м. При хорошем уходе плантация эксплуатируется 25-30 лет и более (Машанов и др., 1988).

Онтогенез розмарина включает несколько фенологических фаз: вегетативный рост, бутонизация, цветение и плодоношение. Цветение на ЮБК начинается в феврале-марте, массовое – в конце апреля – начале мая, продолжается 20-25 дней. Семена созревают в июле-августе (Машанов и др., 1988).

Melito (2019) показали, что сезонные изменения существенно влияют на водный режим и накопление сухого вещества. В летний период при максимальных температурах (36,7°C) и минимуме осадков (15,1 мм) снижается влажность сырья и увеличивается сухая масса. Зимой обратная картина (Melito et al., 2019). Эти данные имеют прямое отношение к определению оптимальных сроков заготовки сырья, что будет рассмотрено в экспериментальной части работы.

1.3 Биологически активные вещества сырья розмарина, хемотипическое разнообразие

Эфирное масло розмарина представляет собой сложную многокомпонентную смесь летучих органических соединений, преимущественно монотерпенов и их кислородсодержащих производных (Bozin et al., 2007; Jiang et al., 2011; Andrade et al., 2018). Содержание эфирного масла в сырье варьирует в широких пределах – от 0,3 до 3,0% – в зависимости от генотипа, фазы вегетации, климатических условий и методов экстракции (Flamini et al., 2002; Elamrani et al., 2000; Laratta et al., 2025; Melito et al., 2019). Такая вариабельность создаёт как сложности для промышленного производства (нестабильность качества), так и открывает новые возможности для целенаправленного получения сырья с заданными свойствами.

Эфирное масло розмарина лекарственного привлекает внимание исследователей не только благодаря широкому спектру биологической

активности, но и вследствие высокой изменчивости химического состава. В отличие от многих других ароматических растений, у розмарина количественные соотношения основных монотерпенов могут различаться столь существенно, что это позволяет говорить о существовании устойчивых химических форм хемотипов. Понятие хемотипа в данном случае имеет не только теоретическое, но и вполне практическое значение: масла разных типов отличаются по запаху, направлению использования и потенциальной фармакологической активности.

Ещё в 1970-е годы были предложены первые схемы классификации эфирного масла розмарина. В них фигурировали, в частности, цинеольный (cineoliferum), камфорный (camphoriferum) и вербеноновый (verbenoniferum) типы. Позднее число описанных вариантов увеличилось. Появились данные о формах с доминированием α-пинена, борнеола, о смешанных профилях, в которых ведущие компоненты присутствуют в сопоставимых количествах. Обзоры последних десятилетий показывают, что в пределах вида можно выделить не менее пяти–семи относительно устойчивых химических групп, а в отдельных регионах их число может быть ещё больше (Satyal et al., 2017; Napoli et al., 2010).

Географический фактор играет заметную роль. В популяциях Северной Африки (Тунис, Марокко) часто преобладают масла с высоким содержанием 1,8-цинеола, иногда в сочетании с борнеолом. В Испании и ряде районов Южной Франции распространены камфорно-цинеольные профили. На Корсике и Сардинии нередко встречаются вербеноновые формы. В то же время даже внутри одного региона можно обнаружить несколько хемотипов, что указывает на существенный вклад генетической составляющей (Ismaili et al., 2017; Serralutzu et al., 2020; Melito et al., 2019).

По данным В.И. Машанова и соавторов (1988), в составе эфирного масла розмарина, культивируемого в Крыму, идентифицированы углеводороды, бициклические спирты, эфиры и окиси. Основным компонентом является α-пинен, содержание которого достигает 30-35%. Также в значительных количествах присутствуют камфен (3-20%), цингеол (17-35%), борнеол (10-18%), терпинеол (до 15%), камфора (6-15%), борнилацетат (до 2,5-3%) и сесквитерпеновые

соединения (до 10%) (Машанов и др., 1988). Эти данные, полученные ещё в советский период, заложили основу для понимания химического состава крымского розмарина, однако они требуют уточнения с использованием современных аналитических методов, в частности хромато-масс-спектрометрии.

Современные исследования существенно расширяют и детализируют представления о компонентном составе эфирного масла розмарина. Обобщение данных из различных регионов мира позволяет выделить следующие основные компоненты: 1,8-цинеол (эвкалиптол) – 15-55% (Begum et al., 2013; Andrade et al., 2018); α-пинен – 9-26% (Begum et al., 2013; Satyal et al., 2017); камфора – 5-21% (Begum et al., 2013; Hernandez et al., 2016); борнеол – 1,5-5,0% (Andrade et al., 2018); камфен – 2,5-12% (Begum et al., 2013); β-пинен – 2,0-9,0% (Andrade et al., 2018); лимонен – 1,5-5,0% (Begum et al., 2013); сесквитерпены – β-кариофиллен, α-гумулен (Jiang et al., 2011; Satyal et al., 2017).

При выращивании в условиях открытого грунта на Северном Кавказе выявлено наличие 59 компонентов, включая δ-пинен (8,0%), цинеол (19,6%), изоборнеол (8,4%), d-вербенон (7,9%) и борнилацетат (9,2%) (Никитина и др., 2016). Эти данные свидетельствуют о хемотипических различиях между образцами из разных регионов интродукции, что подтверждает необходимость региональных исследований.

Установлено, что в эфирном масле розмарина лекарственного из природных популяций на Сицилии, идентифицировано 82 компонента сгруппированных в четыре класса: монотерпеновые углеводороды, кислородсодержащие монотерпены, сесквитерпены и прочие соединения. Во всех образцах доминировали монотерпены, причём кислородсодержащая фракция была более представлена, за исключением одного образца, где преобладали монотерпеновые углеводороды (Napoli et al., 2015).

Обращает на себя внимание значительная вариабельность содержания мажорных компонентов, что свидетельствует о существенной хемотипической изменчивости эфирного масла розмарина. Так, доля 1,8-цинеола может варьировать от 15 до 55%, в зависимости от происхождения образца. Это

обстоятельство имеет принципиальное значение для стандартизации сырья и требует детального изучения факторов, определяющих химический состав.

Таким образом, эфирное масло розмарина характеризуется значительной хемотипической изменчивостью, обусловленной комплексным взаимодействием генетических факторов, географического происхождения и сезонных условий (Napoli et al., 2010; Satyal et al., 2017; Kwon et al., 2019; Bakkali et al., 2022). Это разнообразие – ключевая проблема для промышленного производства, поскольку разные хемотипы обладают различной биологической активностью и, следовательно, имеют разную коммерческую ценность.

На основе доминирующих компонентов выделяют несколько основных хемотипов.

Цинеольный хемотип (cineoliferum) характеризуется высоким содержанием 1,8-цинеола (более 40%). Он характерен для эфирных масел из Марокко, Туниса, Турции, Греции, Италии и Франции (Napoli et al., 2010; Lawrence, 2001; Elamrani et al., 2000; Bakkali et al., 2022). Именно цинеольный хемотип, по данным Никитиной (2016), доминирует в крымском розмарине.

Камфорный хемотип (camphoriferum) с содержанием камфоры более 20% встречается в Испании, Франции, Италии, Болгарии, Греции, а также в Марокко (регион Сефру) (Napoli et al., 2010; Jordán et al., 2013; Bakkali et al., 2022; Kostas et al., 2022).

Вербеноновый хемотип (verbenoniferum) с содержанием вербенона более 15% описан для Корсики, Сардинии, а также некоторых регионов Франции и Египта (Napoli et al., 2010; Casanova, Tomi, 2018; Satyal et al., 2017; Melito et al., 2019). Для Сардинии это специфический хемотип, в котором α-пинен, вербенон и ацетат борнила являются доминирующими компонентами (Pintore et al., 2002; Melito et al., 2019).

α-пиненовый хемотип характерен для розмарина из Италии, Марокко (регион Агадир), Алжира (Elamrani et al., 2000; Flamini et al., 2002; Lahlou, Berrada, 2003; Bakkali et al., 2022).

Мирценовый хемотип описан в Португалии, Аргентине, Бразилии (Napoli et al., 2010; Satyal et al., 2017).

Ацетатборнильный хемотип выделен для стелющейся формы в Марокко (регион Вади-Лау) (Bakkali et al., 2022).

Промышленное значение имеют два основных хемотипа розмарина, которые различаются по соотношению мажорных компонентов. Тунисско-марокканский тип характеризуется высоким содержанием 1,8-цинеола (38-55%), относительно низким содержанием камфоры (5-15%) и α-пинена (9-14%) (Napoli et al., 2010; Bakkali et al., 2022). Испанский тип имеет более низкое содержание 1,8-цинеола (16-23%) и более высокое – камфоры (12,5-22%) и α-пинена (18-26%) (Jordán et al., 2013; Bakkali et al., 2022). Эти два типа признаны в международной торговле как основные промышленные хемотипы. Обобщение литературных данных по хемотипам представлено в таблице 1.1.

Принципиальное значение для понимания природы хемотипической изменчивости имеют работы, в которых элиминировано влияние экологических факторов. Kwon et al., (2019) в результате изучения 18 популяций из района Тирренского моря (западное побережье Италии, Сардиния, Сицилия, Корсика и Испании) в одинаковых условиях в течение двух лет выделили три чётких хемотипа и сделали важный вывод: хемотипическая изменчивость в основном зависит от генетического фона, а не от экологических условий (Li et al., 2016; Kwon et al., 2019). Это положение подтверждается сохранением хемотипических различий после нивелирования почвенных и климатических факторов. Данный вывод принципиально важен для селекции, поскольку означает, что хемотип может быть закреплён в сорте путём целенаправленного отбора.

Особый интерес представляют данные о сезонной и суточной динамике компонентного состава эфирного масла. Shabir (2026) показали, что весенний сбор даёт более высокий выход масла (0,758%), чем осенний (0,741%), а утренний сбор (0,848%) превосходит вечерний (0,797%) и полуденный (0,603%) (Shabir et al., 2026). Rofouei (2021) установили, что выход масла максимален до восхода солнца (3,65%) и минимален после заката (1,61%).

Таблица 1.1 – Хемотипы эфирного масла розмарина лекарственного

Хемотип	Доминирующие компоненты	Регионы распространения	Источники
цинеольный (Тунисско-марокканский)	1,8-цинеол >40%	Марокко, Тунис, Турция, Греция, Италия, Франция	Napoli et al., 2010; Bakkali et al., 2022
камфорный (Испанский)	камфора >20%	Испания, Франция, Италия, Болгария, Марокко	Napoli et al., 2010; Jordán et al., 2013
вербеноновый	вербенон >15%	Корсика, Сардиния, Франция, Египет	Napoli et al., 2010; Melito et al., 2019
α-пиненовый	α-пинен >30%	Италия, Марокко (Агадир), Алжир	Elamrani et al., 2000; Bakkali et al., 2022
мирценовый	мирцен >15%	Португалия, Аргентина, Бразилия	Napoli et al., 2010; Satyal et al., 2017
ацетатборниль ный	борнилацетат >30%	Марокко (*var. prostratus*)	Bakkali et al., 2022

При этом содержание α-пинена снижается с 32,8% до 23,0%, а камфоры возрастает с 2,7% до 9,8% в течение дня (Rofouei et al., 2021). Эти данные свидетельствуют о том, что хемотип является динамической характеристикой, и для получения сырья с заданными свойствами необходимо учитывать не только сорт и регион, но и время сбора. В работе Raffo (2023) на основе анализа 95 генотипов из 24 природных популяций итальянского розмарина, выращенных в одинаковых условиях в течение четырёх лет, подтверждена генетическая природа хемотипической изменчивости. Авторы выделили три группы популяций: с

высоким содержанием вербенона, α-пинена и борнилацетата (Сардиния, о. Капрая); с доминированием камфоры (Лигурия); и с преобладанием 1,8-цинеола и β-пинена (Центрально-Южная Италия, Сицилия).

Состав эфирного масла розмарина подвержен значительной изменчивости, которая обусловлена комплексным взаимодействием генетических, экологических и агротехнических факторов. Выявление закономерностей этой изменчивости имеет не только фундаментальное, но и прикладное значение, поскольку определяет стратегию получения сырья с заданными химическими и фармакологическими свойствами.

Географическое происхождение и климатические условия являются одним из главных факторов, формирующих хемотипический профиль. Исследования Jordán (2013) в Испании показали, что в регионах с более низким термическим индексом выход эфирного масла выше, что, вероятно, связано с отсутствием теплового стресса и перераспределением ресурсов растения на синтез вторичных метаболитов. В зависимости от биоклиматической зоны, содержание 1,8-цинеола в эфирном масле варьировало от 18,9 до 22,1%, камфоры – от 15,0 до 24,0%, α-пинена – от 14,1 до 19,2% (Jordán et al., 2013). При этом авторы не выявили статистически значимых различий между зонами по соотношению трёх мажорных компонентов, что указывает на доминирующую роль генетических факторов над климатическими в определении хемотипа.

Исследованиями Lakušić (2012) на Балканском полуострове определено, что высота над уровнем моря и континентальность климата оказывают значительное влияние на содержание 1,8-цинеола и камфоры. В прибрежных популяциях преобладает цинеольный хемотип, тогда как в горных – камфорный. Это авторы связывают с адаптацией растений к различным температурным режимам. Закономерность подтверждается данными Herrera (2004), показавшего, что масса цветков розмарина увеличивается с высотой над уровнем моря (от 17 мг на побережье до 25 мг в горах), что свидетельствует о глубокой экологической дифференциации популяций.

Сезонная динамика – один из наиболее изученных факторов, влияющих на состав эфирного масла. Melito (2019) на пяти образцах из Сардинии показали, что выход эфирного масла максимален в летний период (0,78-0,89%) и минимален зимой (0,33-0,68%). Содержание β-пинена и ацетата борнила достигало максимума весной, γ-терпинена и терпинолена летом. При этом доминирующие компоненты (α-пинен, камфен, 1,8-цинеол, борнеол, камфора, вербенон, ацетат борнила) стабильно присутствовали во все сезоны, тогда как содержание 15 минорных компонентов варьировало в зависимости от генотипа (Melito et al., 2019). Авторы также отметили, что дискриминация образцов методом главных компонент (PCA) определялась местом сбора, а не сезоном, что подтверждает доминирующую роль генетических факторов.

В работе Shabir (2026) в условиях умеренного климата Индии показано, что весенний сбор даёт более высокий выход масла (0,758%) по сравнению с осенним (0,741%). Утренний сбор (0,848%) превосходит вечерний (0,797%) и полуденный (0,603%). Целые ветви дают больше масла (0,823%), чем листья (0,747%) или цветки (0,679%). Авторы объясняют это суточной динамикой метаболической активности: в утренние часы, при более низких температурах, летучие компоненты лучше сохраняются в тканях, тогда как в полуденные часы их потери возрастают из-за испарения.

Ещё более детальные данные по суточной динамике получены для образцов из Ирана: выход эфирного масла составил 3,65% до восхода солнца, 2,53% в полдень и 1,61% после заката при этом содержание α-пинена снижалось с 32,8% до 23,0%, а камфоры возрастало с 2,7% до 9,8% в течение дня (Rofouei et al., 2021). Это явление авторы связывают с суточной регуляцией биосинтетических путей монотерпенов, где освещённость и температура выступают в роли триггеров, переключающих метаболические потоки между α-пиненовым и камфорным путями.

При изучении сезонной динамики компонентного состава эфирного масла розмарина из провинции Кахраманмараш (Турция) (высота 530 м над уровнем моря) (Dıraz Yıldırım, 2018) установлено, что доминирующим компонентом является 1,8-цинеол, содержание которого варьировало от 41,25% зимой до

45,96% весной, при промежуточных значениях осенью (44,54%) и летом (43,61%). α-пинен также достигал максимума весной (11,22%) и осенью (9,55%), тогда как изоборнеол проявлял обратную тенденцию (14,89% зимой и 11,96% весной). Содержание α-терпинеола было максимальным осенью (8,41%) и минимальным весной (4,65%). Статистический анализ подтвердил значимость сезонных различий для всех мажорных компонентов ($P < 0,01$). Автор связывает эти изменения с температурным режимом и фазой цветения, которая в регионе исследования приходится на весенне-осенний период (Dıraz Yıldırım, 2018). Необходимо отметить, что в данном исследовании чётко прослеживается динамика, противоположная по некоторым компонентам (например, изоборнеол) по сравнению с данными Melito (2019), что подтверждает региональную специфику сезонных изменений.

Таким образом, данные из разных регионов – Средиземноморья (Melito et al., 2019), Ирана (Rofouei et al., 2021), Индии (Shabir et al., 2026), Турции (Dıraz Yıldırım, 2018) – демонстрируют закономерность: сезонные и суточные колебания выхода и состава эфирного масла являются универсальным феноменом, однако направленность и амплитуда этих колебаний зависят от конкретных климатических условий и генотипа. Для Крыма, где климат характеризуется переходными чертами между средиземноморским и умеренно-континентальным, характер сезонной динамики остаётся недостаточно изученным.

Эдафические факторы также влияют на состав эфирного масла. Рядом авторов показано, что тип почвы (известковые, кремнистые, вулканические) коррелирует с содержанием цинеола и камфоры в масле розмарина (Moretti et al., 1998). Установлено, что содержание 1,8-цинеола положительно коррелирует с содержанием органического вещества и калия в почве, тогда как камфора – с pH и содержанием кальция. Эти данные свидетельствуют о том, что агротехнические приёмы (известкование, внесение органических удобрений) могут влиять на химический состав эфирного масла (Bustamante et al., 2020).

Генетические особенности (генотип, сорт) – определяющий фактор хемотипического профиля. В работе Li et al. (2016) 18 популяций из района

Тирренского моря были выращены в одинаковых условиях в течение двух лет. Сохранение хемотипических различий после нивелирования экологических факторов доказало, что хемотип определяется в первую очередь генетическим фоном (Li et al., 2016). Исследования Sadeh (2019) показали, что при одинаковых условиях выращивания содержание 1,8-цинеола у разных генотипов варьировало от 12 до 48%, что указывает на высокий уровень генетического контроля биосинтеза монотерпенов. Эти данные имеют прямое отношение к селекционной работе: отбор по хемотипу возможен на ранних этапах онтогенеза.

Метод экстракции также влияет на состав получаемого масла. Сравнительные исследования ряда авторов (Bousbia et al., 2009) показали, что при микроволновой гидродиффузии и гравитации содержание кислородсодержащих монотерпенов выше, чем при классической гидродистилляции. Также установлено (Conde-Hernández et al., 2017), что сверхкритическая экстракция CO_2 даёт масло с более высоким содержанием сесквитерпенов по сравнению с паровой дистилляцией. Laratta (2025) показали, что выбор метода экстракции определяет не только состав, но и биологическую активность получаемого масла.

Условия сушки и хранения сырья имеют критическое значение для сохранения качества масла. Сушка при 40°C приводит к минимальным потерям летучих компонентов, тогда как сушка при 60°C ведёт к значительному снижению содержания α-пинена и камфена. Mulinacci (2011) установили, что длительное хранение сырья приводит к окислению монотерпенов и образованию кислородсодержащих производных, что снижает качество масла.

Для получения сырья с заданными свойствами необходимо учитывать все элементы этой сложной системы: выбор генотипа с закреплённым хемотипом, оптимизацию сроков сбора (сезон и время суток), контроль почвенных условий и соблюдение режимов сушки и хранения. В условиях ЮБК, где розмарин имеет более чем двухвековую историю интродукции, систематическое изучение влияния этих факторов на качество сырья до настоящего времени не проводилось, что определяет актуальность настоящего исследования.

Помимо эфирного масла, розмарин является богатым источником фенольных соединений, которые обладают выраженной антиоксидантной активностью и в значительной степени определяют фармакологический потенциал растения (Nieto et al., 2018; Andrade et al., 2018; Qiu et al., 2024). В отличие от эфирного масла, фенольные соединения не летучи и накапливаются преимущественно в вакуолях клеток, а не в железистых трихомах.

Дитерпены представляют собой наиболее изученную группу фенольных соединений розмарина. Карнозиловая кислота (1,5-2,5% от сухой массы листьев) является основным антиоксидантом розмарина, обладающим также противовоспалительной и противораковой активностью (Brückner et al., 2014; Andrade et al., 2018; Birité et al., 2015). Карнозол – продукт окисления карнозиловой кислоты, также мощный антиоксидант (Hanson, 2016; Andrade et al., 2018). Розманол, эпиросманол, изоросманол – другие дитерпеновые фенолы, присутствующие в меньших количествах (Nieto et al., 2018; Qiu et al., 2024).

Фенольные кислоты представлены преимущественно розмариновой кислотой – сложным эфиром кофейной кислоты и 3,4-дигидроксифенилмолочной кислоты, которая является характерным соединением для семейства Lamiaceae (Hanson, 2016; Petersen, Simmonds, 2003; Shekarchi et al., 2012). Также идентифицированы кофейная и хлорогеновая кислоты (Andrade et al., 2018; Qiu et al., 2024).

Флавоноиды розмарина представлены в основном флавонами: генкванин, цирсимаритин, диосмин, лютеолин, апигенин (Del Baño et al., 2004; Andrade, 2018; Mena et al., 2016). Также обнаружены флавоновые гликозиды: изоскутеллареин-7-О-глюкозид и гиспидулин-7-О-глюкозид (Bellumori et al., 2021; Mena et al., 2016).

Тритерпены – урсоловая кислота, олеаноловая кислота, бетулиновая кислота – также присутствуют в розмарине и обладают противовоспалительной и противоопухолевой активностью (Hanson, 2016; Andrade et al., 2018; Qiu et al., 2024).

Важной особенностью фенольных соединений является их относительная стабильность по сравнению с эфирным маслом. Rofouei (2021) показали, что в отличие от эфирного масла, содержание гидроксикоричных кислот (в пересчёте на

розмариновую кислоту) не зависит от времени сбора в течение дня и составляет 5,05-5,09% (Rofouei et al., 2021). Это указывает на различную регуляцию биосинтетических путей для этих групп соединений: если биосинтез монотерпенов эфирного масла чувствителен к суточным изменениям освещённости и температуры, то биосинтез фенольных соединений контролируется преимущественно генетическими факторами и не подвержен столь быстрым флуктуациям.

Napoli (2015) идентифицировали в экстрактах сицилийского розмарина 18 соединений, включая 13 флавонов, две органических кислоты и три дитерпена (Napoli et al., 2015). Карнозилова кислота была доминирующим соединением во всех образцах (29,6-408 мг/кг сухой массы), за ней следовали карнозол (7,72-85,6 мг/кг) и метилкарнозат (до 96,7 мг/кг) (Napoli et al., 2015). Авторы также отметили, что содержание карнозиловой кислоты варьировало более чем в 10 раз между разными образцами, что свидетельствует о значительной генотипической изменчивости и необходимости селекции на этот признак.

Таким образом, розмарин является источником двух основных групп биологически активных веществ – эфирного масла и фенольных соединений, каждая из которых обладает своими особенностями накопления, изменчивости и биологической активности. Эфирное масло характеризуется высокой хемотипической изменчивостью, зависящей от генетических и экологических факторов, тогда как фенольные соединения более стабильны и контролируются преимущественно генетически. Это различие имеет практическое значение для селекции и определения оптимальных сроков заготовки сырья.

1.4 Биологическая активность сырья розмарина лекарственного

Розмарин лекарственный традиционно используется как пряно-ароматическое и лекарственное сырьё, а его фармакологический потенциал связывают с сочетанием летучих терпенов, фенольных кислот, флавоноидов и

фенольных дитерпенов (De Macedo et al., 2020; Gonzalez-Minero et al., 2020; Luca et al., 2023). К наиболее характерным компонентам относят розмариновую и кофейную кислоты, производные лютеолина, карнозиновую кислоту и карнозол, а среди летучих веществ – α-пинен, 1,8-цинеол, камфору и борнеол.

Надземная часть розмарина лекарственного содержит комплекс биологически активных соединений, включая эфирное масло и фенольные соединения, в том числе розмариновую кислоту (Белопухов и др., 2017; Никитина и др., 2018б; Ермаченков и др., 2025), определяющих его биологическую активность. Для сырья розмарина, его экстрактов и эфирного масла описаны антиоксидантные, противовоспалительные, антибактериальные и противогрибковые свойства (Bozin et al., 2007; Özcan, Chalchat, 2008; Jiang et al., 2011; Ojeda-Sana et al., 2013; Rašković et al., 2014; Nieto et al., 2018; De Macedo et al., 2020; Гавриченко и др., 2022; Бурцева и др., 2023; Becer et al., 2023; Никитина и др., 2025).

Компонентный профиль является важным параметром стандартизации эфирного масла. ISO 1342:2012 регламентирует диапазоны содержания ряда характерных компонентов масла розмарина, включая α-пинен, 1,8-цинеол и камфору (International Organization for Standardization, 2012). Вместе с тем природные и культивируемые формы характеризуются существенно более широким диапазоном химической изменчивости по содержанию α- и β-пиненов, 1,8-цинеола, камфоры, борнеола, вербенона и других терпенов (Kwon et al., 2019; Sadeh et al., 2019; Ермаченков и др., 2025).

Характерной особенностью эфирного масла розмарина является выраженная внутривидовая вариабельность компонентного состава, обусловленная генотипическими особенностями растений и модифицируемая условиями произрастания, сезонной динамикой вторичного метаболизма, сроками заготовки сырья и технологией получения масла (Angioni et al., 2004; Белопухов и др., 2017; Moghaddam, Mehdizadeh, 2017; Kwon et al., 2019; Sadeh et al., 2019; Marko et al., 2020; Ермаченков и др., 2025). Существенный вклад генотипа подтверждён исследованиями образцов различного происхождения, культивируемых в

сопоставимых условиях (Kwon et al., 2019; Sadeh et al., 2019). Вариабельность соотношения мажорных и минорных терпенов служит основанием для выделения различных компонентных и хемотипических профилей. Выраженная межвидовая и межобразцовая вариабельность компонентного состава эфирных масел характерна и для других представителей семейства Lamiaceae, что показано, в частности, при сравнительном исследовании представителей рода *Thymus* (Tohidi et al., 2017).

Следовательно, принадлежность сырья к одному ботаническому виду не предполагает однородности компонентного состава и идентичности биологических свойств получаемого эфирного масла.

Антибактериальную активность эфирного масла розмарина связывают с совокупным действием моно- и сесквитерпенов, прежде всего 1,8-цинеола, α-пинена, камфоры, борнеола и вербенона (Angioni et al., 2004; Zaouali et al., 2010). Эффект может определяться не только содержанием отдельных мажорных компонентов, но и их соотношением, присутствием минорных соединений и межкомпонентными взаимодействиями, что обосновывает необходимость учитывать хемотипическую вариабельность при сравнительной оценке активности и стандартизации сырья (Zaouali et al., 2010; Sienkiewicz et al., 2013).

Антимикробные свойства растительных эфирных масел и экстрактов широко представлены в литературе (Hammer et al., 1999; Dorman, Deans, 2000; Burt, 2004). Для препаратов розмарина выраженность антимикробной активности зависит от химического состава, способа получения, концентрации и используемой тест-системы (Bozin et al., 2007; Okoh et al., 2010; Jiang et al., 2011; Wang et al., 2012; Amaral et al., 2019; Karadag et al., 2019).

Для полифенольных экстрактов показана связь антимикробного эффекта с содержанием карнозиновой и розмариновой кислот и других фенольных соединений (Moreno et al., 2006). Современные исследования также подтверждают активность препаратов розмарина в отношении бактерий и дрожжевых грибов, однако прямое сопоставление опубликованных величин затруднено различиями методов и форм экстрактов (Cintra et al., 2025).

Способ получения экстракта является одним из ключевых факторов, определяющих его фармакологически значимый профиль. Полярные водно-спиртовые системы преимущественно извлекают фенольные кислоты и флавоноиды, тогда как неполярные и сверхкритические среды обогащают продукт более липофильными компонентами.

Для спиртовых экстрактов и их фракций продемонстрирована антибактериальная активность как в отношении грамположительных, так и грамотрицательных микроорганизмов (Amaral et al., 2019). Показано также, что сочетание растительных экстрактов розмарина с антибиотиками может усиливать подавление биоплёнок *Pseudomonas aeruginosa*, что поддерживает концепцию использования отдельных фитокомпонентов как адъювантов, а не как безусловной замены стандартной антибактериальной терапии (Abu El-Wafa et al., 2020; Alam et al., 2022; Sanmuga et al., 2024).

Особый интерес представляют исследования ряда авторов, в которых сопоставлены эфирное масло, прямые сверхкритические CO_2-экстракты розмарина, растворительные экстракты исходного сырья и фракции постэкстракционного остатка (Luca et al., 2023). В прямых SC-CO_2-фракциях идентифицировано более 55 летучих соединений, тогда как LC-HRMS/MS полярных экстрактов выявил около 25 специализированных метаболитов, включая кофейную и розмариновую кислоты, сальвианоловые кислоты, производные лютеолина, розманола и карнозола.

Наиболее выраженная антимикробная активность отдельных фракций была зарегистрирована в отношении грамположительных бактерий; минимальные ингибирующие концентрации 15,6-62,5 мг/л получены, в частности, для *Micrococcus luteus, Bacillus cereus* и *Staphylococcus aureus*, включая MRSA. Эти данные подчёркивают зависимость биологической активности от экстракционной селективности и состава фракции.

1.5 Хозяйственная ценность и направления использования

Розмарин лекарственный – один из наиболее востребованных природных антиоксидантов в пищевой промышленности (Nieto et al., 2018; Ribeiro-Santos et al., 2015; Qiu et al., 2024). С 2008 года экстракт розмарина (E392) разрешён в Европейском Союзе в качестве пищевой добавки (EFSA, 2008; Younes et al., 2018). В США розмарин признан безопасным (GRAS) Управлением по контролю за продуктами и лекарствами (FDA, 2014a, 2014b).

Основные направления использования: антиоксидант для предотвращения окисления жиров и масел в мясных, молочных и кондитерских продуктах (Nieto et al., 2018; Teruel et al., 2015; Pesavento et al., 2015); пищевой консервант с антимикробной активностью против патогенных бактерий (*Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus, Escherichia coli*) (Jiang et al., 2011; Bozin et al., 2007; Hussain et al., 2010); ароматизатор в кулинарии, производстве соусов, маринадов, хлебобулочных изделий (Ribeiro-Santos et al., 2015; Peter, 2012); активная упаковка с добавлением эфирного масла или экстракта для продления срока хранения продуктов (Simić, Ulrich, 2026; Abdollahi et al., 2012; Sanches-Silva et al., 2014).

Антиоксидантная активность обусловлена карнозиловой кислотой, карнозолом и розмариновой кислотой, которые превосходят по активности синтетические антиоксиданты BHT и BHA (Beretta et al., 2011; Bozin et al., 2007; Rašković et al., 2014; Erkan et al., 2008).

Эфирное масло розмарина используется в парфюмерно-косметическом производстве, мыловаренном и кожевенном производствах. Молодые побеги с листьями как пряность применяются при изготовлении рыбных и мясных консервов, безалкогольных напитков (Машанов и др., 1988).

Благодаря антиоксидантным, противовоспалительным и антимикробным свойствам (González-Minero et al., 2020; Fiume et al., 2018; De Macedo et al., 2020), розмарин входит в состав 729 косметических формул, включая 474 с эфирным маслом и 404 с экстрактом листьев (Fiume et al., 2018). Применение в косметике: средства по уходу за волосами – стимуляция роста волос, лечение андрогенной

алопеции (эффективность сопоставима с миноксидилом 2%) (Panahi et al., 2015; Murata et al., 2013); антивозрастные средства – защита от УФ-излучения, нейтрализация свободных радикалов, ингибирование металлопротеиназ (Pérez-Sánchez et al., 2014; Martin et al., 2008); средства против целлюлита – улучшение микроциркуляции и лимфотока (Yimam et al., 2017); увлажняющие и тонизирующие средства (Montenegro et al., 2017; González-Minero et al., 2020).

Розмарин является одним из наиболее изученных лекарственных растений (Andrade et al., 2018; Ulbricht et al., 2010; Hamidpour et al., 2017). Европейское агентство по лекарственным средствам (EMA) одобрило применение эфирного масла розмарина при диспепсии, спастических расстройствах желудочно-кишечного тракта, для облегчения мышечных и суставных болей (EMA, 2010).

Противовоспалительная активность – ингибирование NF-κB, COX-2, iNOS, снижение уровня провоспалительных цитокинов (TNF-α, IL-1β, IL-6) (Borges et al., 2019; Gonçalves et al., 2022; Hamidpour et al., 2017; Altinier et al., 2007).

Антимикробная активность – эфирное масло и экстракты розмарина проявляют выраженное антибактериальное, противогрибковое и антимикробное действие (Kloy et al., 2020). Тохсырова и др. (2016) показали, что антимикробная активность эфирного масла розмарина, интродуцированного на Северном Кавказе, наиболее выражена в отношении *Staphylococcus aureus* и *Enterococcus faecalis*, менее выражена против *Escherichia coli* и *Candida albicans* и не проявляется против *Pseudomonas aeruginosa* и *Proteus vulgaris* (Тохсырова, 2016). Pintore (2002) исследовали эфирное масло розмарина (α-пинен/вербенон/борнилацетатный хемотип) и установили, что грамположительные бактерии более чувствительны (MIC 2,5-4 мг/мл), чем грамотрицательные. Эксперименты по времени контакта показали, что для полной инактивации бактериального инокулюма требуются пролонгированные периоды (60 мин) (Pintore et al., 2002).

Bakkali (2022) показали, что антимикробная активность эфирных масел розмарина из четырёх марокканских регионов наиболее выражена против *Mycobacterium smegmatis* (зона ингибирования до 37 мм для образца из Сефру) и *Bacillus subtilis* (до 30 мм), тогда как *Escherichia coli* проявляет большую

устойчивость (зона ингибирования 12-18 мм). Минимальная ингибирующая концентрация (МИК) для всех образцов составила 1/250-1/500 (v/v) в зависимости от штамма (Bakkali et al., 2022). Jordán (2013) показали, что все изученные хемотипы эфирного масла розмарина проявляют сильную антибактериальную активность против четырёх возбудителей пищевых инфекций. При этом высокое содержание α-пинена повышает эффективность против *Staphylococcus aureus*, а высокое содержание цинеола способствует активности против *Salmonella typhimurium* (Jordán et al., 2013). Обобщенные данные по антимикробной активности эфирного масла представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Антимикробная активность эфирного масла розмарина в зависимости от хемотипа

Микроорганизм	Группа	Чувствительность	Взаимосвязь с хемотипом	Источники
Staphylococcus aureus	Грам(+)	Высокая	α-пиненовый хемотип наиболее эффективен	Тохсырова, 2016; Jordán et al., 2013
Enterococcus faecalis	Грам(+)	Высокая	вербеноновый хемотип	Тохсырова а, 2016
Listeria monocytogenes	Грам(+)	Высокая	все хемотипы эффективны	Jordán et al., 2013
Salmonella typhimurium	Грам(−)	Высокая	цинеольный хемотип	Jordán et al., 2013
Escherichia coli	Грам(−)	Умеренная–высокая	вербеноновый и цинеольный хемотипы	Тохсырова, 2016; Bakkali et al., 2022
Pseudomonas aeruginosa	Грам(−)	Устойчив	не зависит от хемотипа	Тохсырова, 2016; Pintore et al., 2002
Mycobacterium smegmatis	Кислотоустойчивые	Высокая	камфорный хемотип	Bakkali et al., 2022

Нейропротекторная активность – ингибирование ацетил- и бутирилхолинэстеразы, защита нейронов от окислительного стресса при болезни Альцгеймера (Habtemariam, 2016; Ozarowski et al., 2013; Hamidpour et al., 2017; Orhan et al., 2008).

Антидиабетическая активность – снижение уровня глюкозы в крови, активация AMPK, ингибирование α-амилазы (Bakirel et al., 2008; Kabubii et al., 2024; Qiu et al., 2024).

Гепатопротекторная активность – защита печени от токсического действия CCl_4 за счёт антиоксидантных и детоксикационных механизмов (Rašković et al., 2014; Sotelo-Félix et al., 2002).

Антидепрессантная и анксиолитическая активность – модуляция моноаминергической системы (Machado et al., 2013; Sasaki et al., 2013).

Противоопухолевая активность – индукция апоптоза, ингибирование ангиогенеза, модуляция сигнальных путей (Petiwala, Johnson, 2015; Moore et al., 2016; Andrade et al., 2018; Aggarwal et al., 2008). Кормовые добавки для животных – улучшение продуктивности, антиоксидантного статуса и качества мяса (Hernandez et al., 2015; Mahgoub et al., 2019; Odhaib et al., 2018).

Биопестициды – инсектицидная и репеллентная активность против вредителей (Houzi et al., 2025; Ben Abada et al., 2020; Lahlou, Berrada, 2003).

Биоразлагаемая активная упаковка (Simić, Ulrich, 2026; Yeddes et al., 2022; Amjadi et al., 2020).

Декоративное садоводство и ландшафтный дизайн (Gonzalez-Minero et al., 2020; Begum et al., 2013). Розмарин используется для закрепления и озеленения склонов (Машанов и др., 1988).

Патентная активность

По данным El Boukhari, Fatimi (2023), за период с 1984 по 2023 год было подано 411 патентных документов, связанных с использованием экстрактов розмарина, из которых около 40% зарегистрировано в Китае (El Boukhari, Fatimi, 2023). Первый патент (US4450097A, 1984) касался метода получения антиоксиданта из розмарина. Современные патенты сосредоточены на

синергетических эффектах розмарина с другими соединениями, а также на использовании в активной упаковке и антимикробных композициях.

Утилизация отходов переработки (зелёная экономика)

В последние годы всё большее внимание уделяется переработке отходов после экстракции эфирного масла из розмарина (Laratta et al., 2025; Saha, Basak, 2020). Твёрдые остатки гидродистилляции содержат значительное количество фенольных соединений, включая розмариновую кислоту, которые могут быть извлечены и использованы в пищевой и косметической промышленности (Bouloumpasi et al., 2024; Sánchez-Vioque et al., 2015; Laratta et al., 2025).

По оценкам ряда авторов, ежегодно в мире образуется около 200 000 тонн твёрдых отходов от производства эфирных масел, что делает разработку методов их переработки актуальной задачей с точки зрения циркулярной экономики (Saha, Basak, 2020).

Рядом исследователей применена каскадная экстракция (гексан → этилацетат → этанол), демонстрирующая возможность полной переработки сырья розмарина с получением как эфирного масла, так и экстрактов фенольных соединений (Napoli et al., 2015).

Розмарин лекарственный является ценной лекарственной, пряно-ароматической и эфиромасличной культурой с многовековой историей использования и высоким потенциалом применения в различных отраслях промышленности, которая в настоящее время активно распространяется по миру. Однако вопросы оптимизации качества сырья, особенно в новых регионах интродукции, остаются актуальными.

Культура имеет более чем двухвековую историю интродукции на ЮБК (с 1813 года), где в Никитском ботаническом саду были проведены фундаментальные исследования по биологии, агротехнике и селекции розмарина, сделаны сорта, часть из которых использовалась в промышленном эфиромасличном производстве.

Для розмарина характерен высокий уровень фенотипического (габитус, окраска цветков, размер листьев) и хемотипического разнообразия. Выделяют несколько

хемотипов эфирного масла: цинеольный, камфорный, вербеноновый, α-пиненовый, мирценовый и ацетатборнильный хемотипы. Генетическая природа хемотипов подтверждена в работах Li (2016) и Raffo (2023), что обосновывает возможность закрепления хемотипа в сорте путём селекции (Kwon et al., 2019; Raffo et al., 2023).

Доказаны сезонные и суточные колебания выхода эфирного масла: весенний утренний сбор даёт максимальный выход (до 0,948% по данным Shabir et al., 2026), а полуденный сбор – минимальный (0,603%) (Shabir et al., 2026). Для Крыма характер сезонной динамики остаётся открытым вопросом, что определяет актуальность настоящего исследования.

Сырьё розмарина содержит широкий спектр биологически активных веществ, включая эфирное масло, фенольные соединения (карнозиловая кислота, карнозол, розмариновая кислота) и флавоноиды, что обусловливает его разнообразную биологическую активность.

Культура розмарина имеет высокую хозяйственную ценность и используется в пищевой, косметической, фармацевтической промышленности, а также в качестве кормовой добавки, биопестицида и декоративного растения.

Не смотря на многолетнюю историю интродукции на ЮБК, комплексное изучение хозяйственно-биологических особенностей розмарина лекарственного с использованием современных методов (хромато-масс-спектрометрия, стереологический анализ, оценка биологической активности) до настоящего времени не проводилось, что и определяет актуальность настоящего исследования.

Биологическая активность сырья и препаратов розмарина лекарственного определяется сложным взаимодействием терпеноидных и фенольных компонентов и существенно зависит от хемотипа, условий произрастания и технологии получения. Это обусловливает необходимость детальной характеристики компонентного состава при стандартизации сырья и оценке фармакологического потенциала, а также открывает перспективы использования отдельных фракций в качестве адъювантов антибактериальной терапии.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследований

Объектами исследования были шесть образцов розмарина лекарственного коллекции Никитского ботанического сада, различавшиеся происхождением, габитусом, параметрами листа и окраской венчика (Рисунок 2.1). Образец RO1 – в коллекции ароматических и лекарственных растений НБС-ННЦ с 2000 г., куст прямостоячий, серовато-зелёной окраски с узкими ланцетными листьями и густым опушением, цветки белые; RO2 – в коллекции с 2000 г., куст полупрямостоячий, зелёный, с узкими ланцетными листьями и выраженным опушением, цветки фиолетово-голубые; RO3 – куст раскидистый, зелёный, с узкими ланцетными листьями и густым опушением, цветки светло-голубые; RO4 – куст полупрямостоячий, зелёный, с очень узкими линейными листьями и густым опушением, цветки светло-лиловые; RP5 – var. *prostratus* Mazziari, куст стелющийся, зелёный, с узкими ланцетными листьями и выраженным густым опушением, цветки голубовато-фиолетовые; RP6 – var. *prostratus* f. *erecta*, куст полупрямостоячий, зелёный, с узкими ланцетными листьями и выраженным опушением, цветки фиолетово-голубые. Растительный материал образцов RO3-RP6 был получен из ботанических учреждений Черноморского побережья Кавказа в 2015 г.

Опыт заложен в 2015 г. черенками. С 2017 г. начаты исследования 10 растений каждого образца в возрасте 3 лет. В качестве контроля использовали сорт 'Горизонт' селекции НБС-ННЦ (автор В.И. Машанов, 2000), который в условиях ЮБК формирует раскидистый куст высотой до 130 см и диаметром до 1 м. Листья сидячие, линейные, очень узкие, длиной 2,8 см и шириной 1,9 мм. Окраска верхней стороны листа светло-зелёная, нижней – серо-белая, с густым пушением. Внешне куст имеет серовато-зелёный облик. Цветки белые с мелкими фиолетовыми точками на нижней губе, размер венчика 9,5 мм, чашечка 4,8 мм. Продуктивность 995±58 г с 1 растения. Массовая доля эфирного масла в период массового цветения составляет 0,80-0,88% от сырой массы (2,43% на абсолютно сухой вес) (Marko et al., 2018).



RO1



RO2



RO3



RO4



RP5



RP6



Сорт 'Горизонт' (контроль)

Рисунок 2.1 – Объекты исследований

2.2 Почвенно-климатические условия района исследований

Южный берег Крыма – северная граница субтропической зоны, климат данного района средиземноморского типа – сухой, с осенне-зимними осадками, умеренно жарким летом и мягкой зимой с частыми оттепелями. Средняя годовая температура воздуха 12-15 °С, абсолютный минимум −13 °С, максимум +39 °С. Осадков выпадает 620-730 мм в год. Сумма активных температур выше +10 °С за вегетацию составляла 3600-4300 °С, продолжительность периода с такими температурами 200-220 дней (Плугатарь и др., 2015).

Опытный участок расположен на высоте 200 м над уровнем моря. Почва участка – агрокоричневая среднегумусированная мощная карбонатная легкоглинистая. Гумуса в слое 0…20 см – 2,96% (по Тюрину в модификации ЦИНАО), легкогидролизуемого азота – 6,6 мг/100 г (по Тюрину и Кононовой), подвижного фосфора и калия 12,8 и 17,8 мг/100 г соответственно (по Мачигину), pH солевой 7,5. Сумма поглощённых оснований 15…20 мг-экв/кг, комплекс насыщен кальцием на 80…90% (Орёл, 2018).

Метеорологические условия 2017-2021 гг. приведены по данным агрометеостанции «Никитский сад» (ФГБУ «Крымское УГМС»). Среднегодовая температура за пять лет составила 14,1°С, значения варьировали от 13,4°С (2021 г.) до 14,5°С (2018 и 2020 гг.). Согласно данным, приведённым на рисунке 2.2, наиболее тёплым месяцем является август (24,8-26,6°С), а наиболее холодными январь и февраль (2,2-6,0°С).

Сумма эффективных температур выше 5°С за год варьировала от 3268°С (2021 г.) до 3612°С (2018 г.), в среднем составляя 3462°С (Рисунок 2.3). Сумма эффективных температур выше 10 °С характеризовалась несколько большей относительной изменчивостью: минимум отмечен в 2021 г. (1866°С), максимум в 2018 г. (2293°С), среднее значение за пятилетие составило 2089°С.

Несмотря на более низкую среднегодовую температуру 2021 г., именно в этом году накопилась наибольшая сумма тепла выше 10°С за счёт очень тёплых июля (26,3°С) и августа (25,1°С) (Рисунок 2.2).

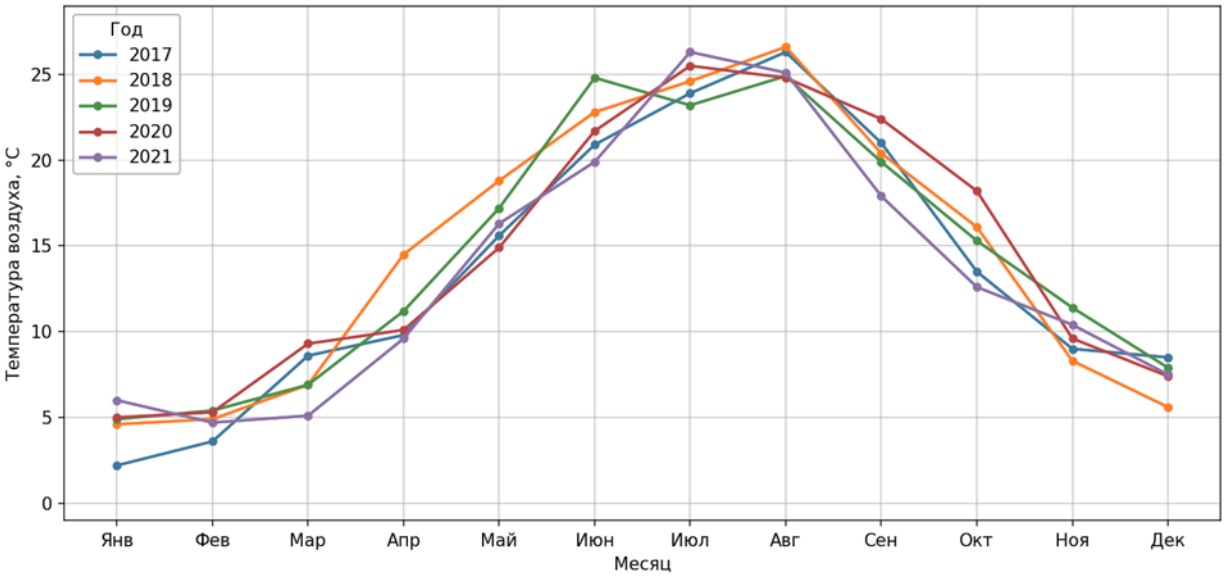


Рисунок 2.2 – Среднемесячная температура воздуха периода исследований (2017-2021 гг.)

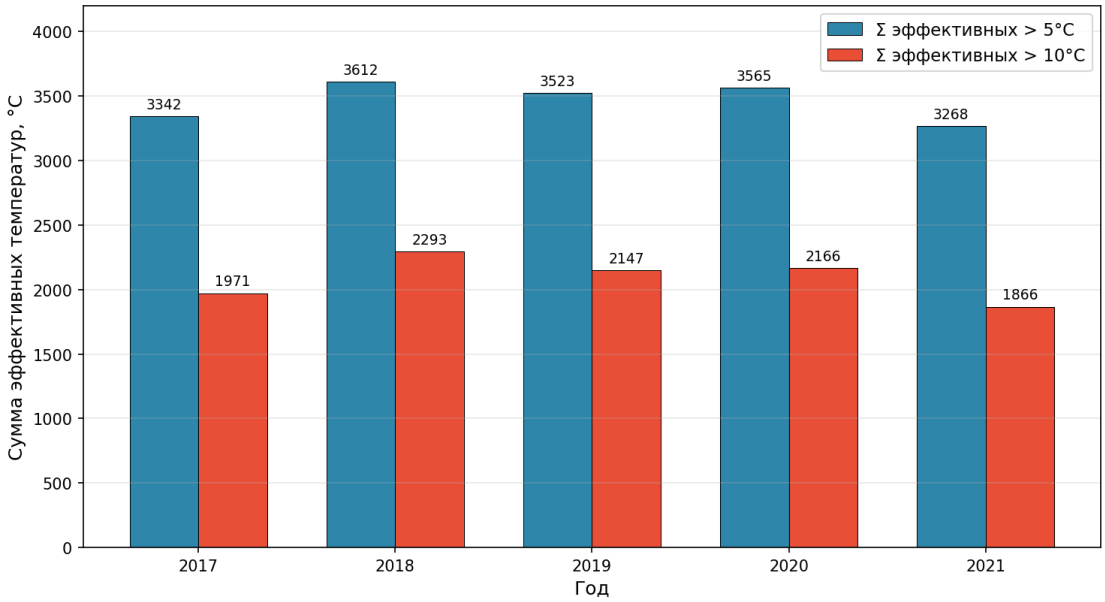


Рисунок 2.3 – Сумма эффективных температур воздуха (2017-2021 гг.)

Годовое количество осадков варьировало значительно сильнее, чем температурные показатели. Наиболее сухим оказался 2020 г. (361 мм), а наиболее влажным – 2021 г. (760 мм). В 2017 и 2018 гг. выпало 611 и 693 мм соответственно, в 2019 г. 489 мм. Средняя многолетняя сумма осадков за период составила около 583 мм. Распределение осадков по месяцам было неравномерным

(Рисунок 2.4). Аномально низким количество осадков было в апреле 2018 г. (0,1 мм) и мае 2019 г. (0,9 мм), высоким – в июне 2021 г. (175 мм).

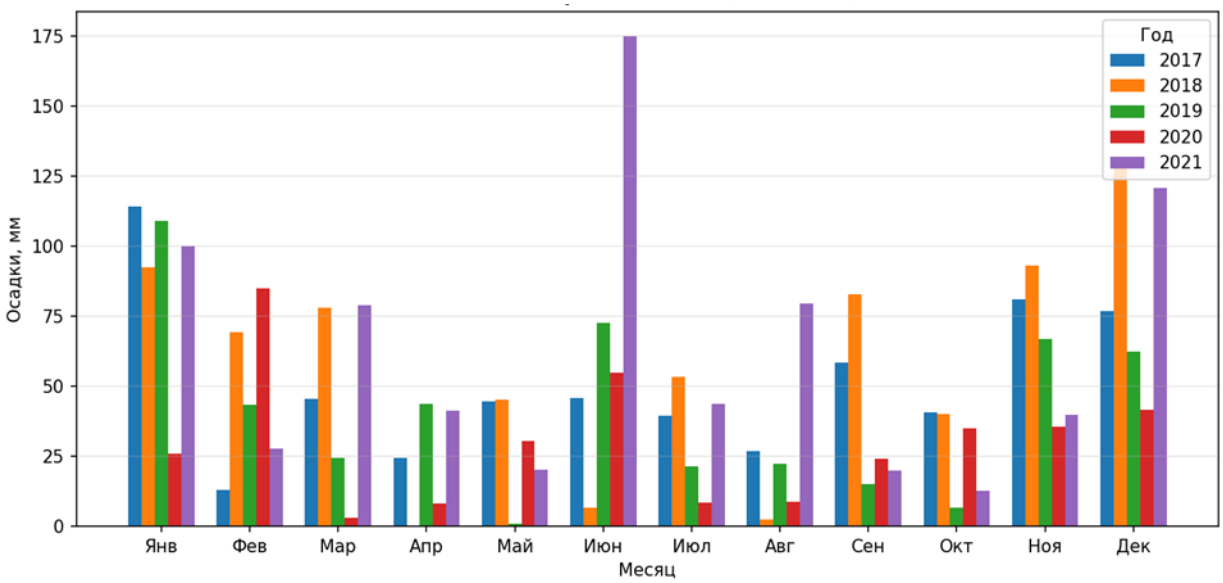


Рисунок 2.4 – Месячные суммы осадков периода исследований (2017-2021 гг.)

Что касается отрицательных температур, то они являются в холодный период года одним из лимитирующих факторов для розмарина лекарственного, который относится к теплолюбивым многолетним растениям и чувствителен к низким температурам. По данным Машанова и Покровского (1991), молодые растения могут подмерзать при −5…−7°C, а при продолжительных морозах −10…−15°C растения погибают (Машанов и др., 1988; Машанов, Покровский, 1991). Вместе с тем морозостойкость розмарина зависит от генотипа.

По данным ряда авторов (Reed et al., 2012), в полевом исследовании 89 генетически различных клоновых линий розмарина выявлена значительная изменчивость зимостойкости, выживаемость растений составляла от 0 до 100%, а отдельные линии переносили температуры до −21°C.

Для оценки условий перезимовки изучаемых образцов анализировали абсолютные минимумы температуры воздуха в декабре-феврале 2017-2021 гг. Они варьировали в пределах −7,8…−1,4°C. Наиболее низкая температура воздуха отмечена в январе 2017 г. (−7,8°C). В феврале 2020 г. и декабре 2021 г.

абсолютный минимум составил −7,1°С, в январе 2018 г. −3,5°С, а в январе-феврале 2019 г. минимальная температура не опускалась ниже −1,4°С. Таким образом, самыми холодными периодами были январь 2017 г., февраль 2020 г. и декабрь 2021 г., а наиболее мягкой была зима 2019 г.

Несмотря на кратковременные понижения температуры ниже 0°С, после зимнего периода визуальных признаков морозного повреждения изучаемых образцов розмарина не выявлено.

В целом климатические условия 2017-2021 гг. оставались типичными для Южного берега Крыма: среднегодовые температуры воздуха и суммы активных температур укладывались в пределы, обычные для данной зоны. Основные различия между годами касались режима увлажнения. Так, 2019 г. и особенно 2020 г. характеризовались заметно меньшим количеством осадков по сравнению со среднемноголетними значениями (в 2020 г. годовая сумма осадков составила лишь 61% нормы), тогда как 2021 г. был существенно более влажным, главным образом за счёт летних осадков. Таким образом, годы исследований существенно различались по режиму увлажнения, однако эти колебания не выходили за пределы естественной межгодовой изменчивости климата ЮБК и не препятствовали росту, развитию и перезимовке растений розмарина.

2.3 Методика исследований

Интродукционные и селекционные исследования проводили с использованием общепринятых методик и методических разработок лаборатории ароматических и лекарственных растений НБС-ННЦ (Шевчук и др., 2022а). Изучение особенностей развития розмарина лекарственного проводили в 2017-2021 гг. При изучении фенологических фаз развития растений определяли весеннюю бутонизацию, весеннее цветение, весеннее плодоношение, летнюю вегетацию, осеннюю бутонизацию, осеннее цветение и осеннее плодоношение (Шевчук и др. 2022а).

Анатомические исследования вегетативных и генеративных органов розмарина проводили на фиксированном материале (Барыкина и др., 2004; Солдатов и др., 2024). Из средней части листа делали высечки, обезвоживали в спиртах восходящей концентрации и заключали в парафин. Срезы толщиной 10–12 мкм изготавливали на ротационном микротоме, окрашивали метиленовой синью.

Из средней части листа делали высечки и переносили их в пенициллиновые флаконы с раствором формалина, ледяной уксусной кислоты, спирта изопропилового и воды с добавлением нескольких капель детергента Твин-20. Обезвоживание материала осуществляли в спиртах восходящей концентрации и толуоле (Вектон, Россия). Образцы заключали в парафиновую гомогенизированную среду Гистопоинт Экстра (МедТехникаПоинт, Россия). Срезы толщиной 10-12 мкм изготавливали на полуавтоматическом ротационном микротоме Ротмик 2А (ОрионМедик, Россия), окрашивали водным раствором метиленовой сини, заключали в раствор сахарозы.

Гистохимическое выявление эфирного масла в тканях листовых пластинок осуществляли 0,01% спиртовым раствором судана III, который даёт оранжевое окрашивание (Барыкина и др., 2004; Никитина и др., 2018б). Препараты исследовали с помощью микроскопа Микмед-6 (Ломо, Россия), оснащённого цифровой камерой.

Массовую долю эфирного масла в сыром сырье определяли в соответствии с ОФС.1.5.3.0010.15 (ГФ РФ XIII издания) методом гидродистилляции. Компонентный состав эфирного масла исследовали на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000.2» (Хроматэк, Россия) с масс-спектрометрическим детектором. Компоненты идентифицировали по результатам сравнения с данными библиотеки масс-спектров NIST14 MS Search (Ткачёв, 2008; Яшин и др., 2009).

Суммарное содержание фенольных соединений в сырье определяли с использованием реактива Фолина-Чокальтеу на спектрофотометре Unico 2100 (Unico, Китай). Определение состава фенольных соединений проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Гидролат из сырья растений получали методом паровой отгонки по методу Далматова (ГОСТ 34213-2017). Показатель преломления при температуре 20ºС определяли по ГОСТ 14618.10, ГОСТ ISO 280, кислотное число по ГОСТ 30143, массовую долю эфирного масла по ГОСТ ISO 7609, объемную долю этилового спирта по ГОСТ 3639, ГОСТ 29188.6, значение водородного показателя (pH) по ГОСТ 29188.2. Летучие гидрофильные соединения из гидролатов извлекали методом жидкостно–жидкостной экстракции (LLE) с использованием гексана в качестве растворителя и последующим концентрированием, полученной гексановой фракции (Акимов, 1983; Francezon, Stevanovic, 2017). Для этого необходимый объём пробы гидролата (100-200 мл) помещали в делительную воронку и проводили 3-х кратную экстракцию, используя на каждом этапе 5 мл гексана. Время экстракции 10 мин. После отстаивания отделяли и доводили объединённый экстракт до фиксированного объёма. В полученный гексановый экстракт добавляли внутренний стандарт в определённой концентрации. Компонентный состав летучих веществ гидролата определяли методом газовой хромато-масс-спектрометрии на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000.2». Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс - спектров с данными библиотеки NIST'14. Программа поиска и идентификации спектров MS Search. Индексы удерживания получены путём логарифмической интерполяции приведённых времён удерживания с использованием аналитического стандарта смеси реперных *н*-алканов С5-С24 по ТЗ 30112011 (Россия). Массовая доля компонентов эфирного масла в пробе определена методом процентной нормализации. Содержание доминирующего компонента в гидролате определено методом абсолютной градуировки с использованием аналитических стандартов определяемых веществ (Adams, 2007).

Антимикробную активность эфирного масла определяли дискодиффузионным методом Кирби-Бауэра и методом бульонных микроразведений (определение минимальной ингибирующей концентрации) согласно рекомендациям CLSI.

Антимикробная активность гидролата. Проводилось изучение воздействия гидролатов на колонии следующих бактериальных и грибных микрофлор: *Staphylococcus aureus* (референтный штамм – АТСС 25923), *Escherichia coli* АТСС (референтный штамм – 25922), *Candida albicans* (референтный штамм – ССМ 885) из коллекции живых культур кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Института «Медицинская академия им. С.И. Георгиевского» и синегнойной палочки (*Pseudomonas aeruginosa*).

Для изучения длительного воздействия гидролата на референтные штаммы бактерии культивировали в 96-луночном планшете. Из суточных культур бактерий готовили суспензии плотностью 10 ед. мутности по стандарту McFarland для бактерий и 4 ед. – для грибов. Объем инокулята составлял 20 мкл. Антимикробное действие гидролата определяли методом двукратных серийных разведений препаратов в жидкой питательной среде (агар-агар) согласно стандарту МУК 4.2.2316-08 (Методы контроля бактериологических питательных сред. Методические указания), включая приборную базу кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Института «Медицинская академия им. С.И. Георгиевского». При составлении эксперимента руководствовались следующим принципом: гидролат разбавляли в ростовой питательной среде (агар-агар) с добавлением штаммов в соотношении – 1:1, 1:2, 1:4, где 1 – гидролат, а 1, 2, 4 – питательная среда. Контролем служили образцы с культурами без добавления гидролата которые инкубировали в стерильной дистиллированной воде.

Оценка оптической плотности проводили с помощью прибора Multiscan (Thermo Scientific, США) при длине волны 540 нм в течение 24 ч роста при температуре 37°С. Измерения проводились через каждый час, но для подсчетов было выбрано время достижения максимальной скорости роста соответствующей культурой микроорганизма (Т макс.). Подавление роста стафилококков, эшерихий, кандид и синегнойной палочки в опытных образцах, в сравнении с контрольными, выражали в процентах.

Противогрибковую активность гидролатов оценивали по подавлению роста культур на плотной среде Сабуро. Накопительные культуры данных видов грибов предварительно выращивали на среде Сабуро при 27-28ºС в течение 7-10 дней. Затем вырезали участок агара 15х15 мм^2 вместе с частью колонии и помещали на поверхность свежей среды Сабуро с внесённым в неё гидролатом, посевы культивировали при 27-28ºС в течение 10 дней. Контролем служили чашки Петри с ростом на среде Сабуро без гидролата.

Противогрибковую активность CO_2-экстрактов оценивали методом «колодцев» в отношении штаммов *Candida*. Диаметр лунки составлял 10 мм, количество экстракта – 100 мкл.

Антимикробную активность эфирного масла семи образцов розмарина лекарственного исследовали на музейных тест-штаммах *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 и *Escherichia coli* ATCC 25922. Культуры выращивали на скошенном мясопептонном агаре при 37 °С в течение 24 ч. Для испытаний использовали агар Мюллера-Хинтона (Mueller-Hinton agar) согласно рекомендациям CLSI M02-A12 (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015b), разлитый в стерильные чашки Петри диаметром 90 мм слоем 4 мм. Эксперимент включал две независимые серии: А – 100%-ное эфирное масло, разведение тест-объектов 10^{-3}, 4 повторности (n=4) в 3 экспериментах; Б – 5%-ное эфирное масло в ДМСО, разведения 10^{-3} и 10^{-4}, 4 повторности (n=4) в 3 экспериментах.

Дискодиффузионное тестирование проводили модифицированным методом на основе протокола Кирби-Бауэра. Модификация заключалась в использовании эфирного масла (100 и 5% в ДМСО) вместо стандартных антибиотиковых дисков, а также последовательных десятикратных разведений инокулюма 10^{-3} и 10^{-4}. Суточную культуру доводили до 0,5 по стандарту МакФарланда (≈1,5×10^8 КОЕ/мл), после чего готовили соответствующие разведения. На поверхность агара вносили по 0,1 мл суспензии и равномерно распределяли стерильным шпателем. На поверхность помещали стерильные бумажные диски диаметром 6 мм, пропитанные 10 мкл эфирного масла соответствующей концентрации; на одну чашку помещали по 4 диска с каждым образцом. Инкубацию проводили в

перевёрнутом положении при 37±1 °C в течение 24 ч. Отрицательным контролем служили диски с 10 мкл стерильного ДМСО, положительным – диски с гентамицином 10 мкг/диск (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015c). Диаметр зон задержки роста измеряли штангенциркулем с точностью до 0,1 мм в двух противоположных направлениях, включая диаметр диска.

Для количественного определения МИК применяли метод бульонных микроразведений в 96-луночных планшетах согласно рекомендациям CLSI M07-A10 (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015a). Исходный 10%-ный раствор каждого масла (об./об.) готовили в стерильном ДМСО с добавлением 0,5% Твин-80. В стерильном бульоне Мюллера-Хинтона (МНВ) готовили двукратные серийные разведения: 5,0; 2,5; 1,25; 0,625; 0,3125; 0,156; 0,078; 0,039; 0,0195; 0,0098; 0,0049 и 0,0025%. В каждую лунку вносили по 100 мкл соответствующего разведения. Контролями служили: контроль роста – бульон с инокулюмом без масла; контроль стерильности – бульон без инокулюма; контроль растворителя – ДМСО + Твин-80 в соответствующих концентрациях без масла.

Суточные культуры *S. aureus* и *E. coli* доводили в стерильном физиологическом растворе до 0,5 по стандарту МакФарланда (≈$1{,}5\times10^{8}$ КОЕ/мл), затем готовили рабочее разведение 1:150 в МНВ до ≈$1{,}0\times10^{6}$ КОЕ/мл. В каждую лунку с маслом вносили по 100 мкл бактериальной суспензии, получая конечную концентрацию ≈5×10^{5} КОЕ/мл и конечный диапазон концентраций масла 2,5-0,00125%. Планшеты инкубировали при 37 °C в течение 18-24 ч; рост оценивали визуально по помутнению и дополнительно по оптической плотности при 600 нм (OD_{600}) на микропланшетном ридере BioTek ELx808 (USA). МИК определяли как наименьшую концентрацию масла, при которой отсутствовал видимый рост микроорганизмов ($OD_{600} \leq 0{,}05$). Эксперименты проводили в трёх независимых повторностях (n=3) с двумя техническими повторами; если МИК не достигалась при максимальной конечной концентрации 2,5%, результат регистрировали как >2,5%.

Статистическую обработку выполняли в Microsoft Excel 2019 и Statistica 12.0 (StatSoft, USA). Рассчитывали среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (SD), стандартную ошибку среднего (SEM) и 95%-ный доверительный

интервал (95% ДИ). Нормальность распределения оценивали критерием Шапиро-Уилка, однородность дисперсий – F-тестом Фишера. Для оценки ранговой согласованности результатов дискодиффузионного теста и бульонных микроразведений использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Для множественных сравнений использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с post-hoc тестом Тьюки, для парных сравнений (влияние разведения инокулюма, сравнение с контролем) – t-критерий Стьюдента для независимых выборок. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Как получали водный и спиртовый экстракты

Антимикробную активность экстрактов из растительного сырья исследовали диско-диффузионным методом в соответствии с рекомендациями Европейского комитета по определению чувствительности к антимикробным препаратам (Диско-диффузионный метод EUCAST. – Москва, 2017). Из суточных культур бактерий *S. aureus*, *E. coli*, *C. albicans* и *P. aeruginosa* готовили взвесь плотностью 0,5 ед. по МакФарланд, засевали шпателем в чашку Петри с питательным агаром, в центр чашки помещали стерильный бумажный диск диаметром 6,5 мм производства ФБУН им. Л. Пастера (СПб). По 0,01 мл экстракта наносили на диск, чашки инкубировали в термостате 24 ч, измеряли диаметр зоны отсутствия роста культуры вокруг диска. Подавление роста менее 15 мм оценивали как устойчивость, диаметр 16-20 мм как умеренную чувствительность, диаметр более 20 мм – как чувствительность, более 35 мм – как высокую чувствительность. Метод «колодцев»: диаметр лунки составлял 10 мм., количество экстракта составляло 100 мкл (или 0,1 мл)/«колодец». Результат оценивали по диаметру зоны отсутствия роста бактерий вокруг «колодца» с экстрактом.

Получение CO_2-экстрактов. CO_2-экстракты получали методом сверхкритической флюидной экстракции из сырья сорта ′Новый Горизонт′ на оборудовании Алуштинского эфиромасличного совхоз-завода.

Определение массовой доли компонентов в CO_2 экстрактах методом газовой хромат-масс-спектрометрии. Компонентный состав CO_2-экстракта

исследовали методом газовой хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent Technologies 6850 (Agilent Technologies, США), оснащённом масс-селективным детектором 5973N. Для пробоподготовки точную навеску экстракта массой 100-500 мг помещали в виалу вместимостью 10 мл. Вносили 2-5 мг внутреннего стандарта с точностью взвешивания 0,01 мг. В качестве внутреннего стандарта использовали одно из соединений: тридекан, n-пентанол или γ-ноналактон. Затем добавляли 5,00 мл n-пентана квалификации «особо чистый» и интенсивно перемешивали до получения однородной системы. Смесь центрифугировали при температуре 20 °C и ускорении не менее 10 000 g в течение 5-10 мин; полученный супернатант переносили в виалу и использовали для хроматографического анализа.

Анализ проводили на хроматографе Agilent Technologies 6850 () с масс-спектрометрическим детектором 5973N. Для идентификации компонентов использовалась библиотека масс-спектров NIST-2020 в сочетании с программами для идентификации AMDIS и NIST. Для количественных расчетов используется метод внутреннего стандарта.

Способ получения и состав CO_2-экстракта. CO_2-экстракт получали методом сверхкритической флюидной экстракции при температуре 40 °C и давлении 35,46 МПа. Продолжительность процесса составляла 16 ч; дополнительный органический растворитель не применяли. Метод основан на растворении извлекаемых компонентов растительного сырья в сверхкритическом диоксиде углерода с последующим направлением полученной смеси в приёмную ёмкость и снижением давления. При декомпрессии CO_2 переходит в газообразное состояние и отделяется от экстракта, остающегося в приёмной ёмкости. Технологическая схема предусматривает возможность возврата газообразного CO_2 в экстракционный цикл.

Хроматографическое разделение выполняли на капиллярной колонке HP-INNOWax длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм и толщиной плёнки неподвижной фазы 0,25 мкм. Пробу вводили без деления потока. Температура испарителя составляла 260 °C. В качестве газа-носителя использовали гелий со

скоростью потока 1,0 мл/мин. Начальная температура колонки составляла 50 °С, без изотермической выдержки, с последующим программируемым повышением температуры до 260 °С со скоростью 5 °С/мин. Масс-спектрометр работал в режиме электронной ионизации при энергии электронов 70 эВ. Регистрацию полного ионного тока (TIC) проводили в диапазоне m/z 30-300. Температура источника ионов составляла 230 °С, температура квадрупольного анализатора – 150 °С. Идентификацию компонентов осуществляли с использованием библиотеки масс-спектров NIST-2020 и программного обеспечения AMDIS и NIST. Количественное определение выполняли методом внутреннего стандарта. Содержание каждого определяемого компонента рассчитывали по формуле:

$$C_i = 100 \times \frac{(S_i \times M_{STD})}{(S_{STD} \times M)}, \quad (1)$$

где C_i - содержание компонента, г/100 г экстракта; S_i - площадь пика определяемого соединения; S_{STD} - площади пиков площадь пика внутреннего стандарта; M_{STD} - масса внутреннего стандарта, мг; M - масса навески экстракта, мг. В таблице экспериментальных результатов содержание идентифицированных соединений представлено в мг/100 г экстракта.

Исследование антимикробной активности CO_2-экстракта. Объектами исследований служили референтные штаммы *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, и клинический изолят *Pseudomonas aeruginosa* (синегнойной палочки), резистентный к антибиотикам различных групп, а также к моно- и поливалентному синегнойным бактериофагам. Для приготовления исследуемых композиций CO_2-экстракт вводили в два различных носителя: пищевое масло виноградных косточек (ВК) и пропиленгликоль (ППГ). Масло виноградных косточек рассматривали как носитель для потенциальных пищевых форм, пропиленгликоль – как носитель для композиций наружного применения.

Антимикробную активность определяли методом «колодцев». Из суточных культур бактерий готовили суспензию плотностью 1,0 ед. по MacFarland. CO_2 экстракт 1 г смешивали с 2 мл ППГ и ВК. Образцы имели кашицеобразный вид. Суспензию вносили по 100 мкл в «колодец» диаметром 8 мм. Контролем служили

растворители ВК и ППГ. Исследования проводились в 10-повторностях, крайние значения исключались.

Активность оценивали по диаметру зоны ингибирования роста тест-культур, выраженному в миллиметрах. Для интерпретации полученных результатов использовали следующую градацию: 0-10 мм – отсутствие чувствительности; 11-15 мм – слабая чувствительность; 16-20 мм – умеренная чувствительность; 21-25 мм – выраженная активность. Исследована биологическая активность CO_2-экстрактов эфиромасличных растений, растворенных в ППГ).

Методика статистической и хемометрической обработки данных. Для оценки сходства образцов розмарина лекарственного по компонентному составу эфирного масла использовали стандартизированные значения содержания маркерных соединений. Иерархический кластерный анализ проводили агломеративным методом Уорда с использованием евклидова расстояния в качестве меры различия (Ward, 1963; Randriamihamison et al., 2021). Метод Уорда минимизирует прирост внутрикластерной суммы квадратов отклонений на каждом шаге объединения, что позволяет получать компактные и хорошо интерпретируемые группы. Для выявления структуры изменчивости компонентного состава и подтверждения выделения хемотипов проводили анализ главных компонент (PCA) по тем же стандартизированным даным. В основе PCA лежало сингулярное разложение (SVD) ковариационной матрицы стандартизированных данных. Для анализа и визуализации использовали первые две главные компоненты (PC1 и PC2). Математическая обработка выполнена на языке программирования Python с использованием библиотек scikit-learn и scipy.

ГЛАВА 3 ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РОЗМАРИНА ЛЕКАРСТВЕННОГО В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

3.1 Фенoритмы развития розмарина лекарственного в условиях ЮБК

Фенологические наблюдения позволяют установить сроки прохождения фаз развития и оценить, насколько устойчив ритм в разные годы. Розмарин лекарственный – вечнозелёный кустарник средиземноморского происхождения. В условиях с мягкой зимой и достаточном увлажнением у него отмечают две волны цветения: весеннюю и осеннюю.

Сроки бутонизации и массового цветения имеют практическое значение. Именно в фазы массового цветения рекомендуется заготавливать сырьё для получения эфирного масла. Кроме того, фенологический цикл является одним из ключевых критериев адаптивности интродуцированных форм к местным условиям.

У всех изученных образцов в условиях ЮБК сохранялся устойчивый цикл генеративного развития с двумя периодами цветения. Весенний цикл включал бутонизацию, цветение и плодоношение. Затем следовал период летней вегетации, после которого начинался осенний цикл с аналогичными фазами. Физиологического покоя не отмечено: растения сохраняли жизнедеятельность круглый год, однако в декабре–январе наблюдалось лишь непродолжительное замедление ростовых процессов. Зимой сохранялась зелёная листовая масса, а в наиболее мягкие зимы на отдельных кустах появлялись единичные цветки. Результаты фенологических наблюдений обобщены в виде феноспектра (Рисунок 3.1).

В отличие от ЮБК, ритм сезонного развития розмарина в Северной Африке существенно отличается. В Марокко цветение начинается после первых осенних дождей, в ноябре, и продолжается до мая, массовое цветение приходится на конец декабря и середину апреля (Ismaili et al., 2017). В Тунисе основной период цветения также приходится на зимне-весенние месяцы (январь-апрель). В более южных и

аридных районах Средиземноморья преобладает растянутая зимне-весенняя волна цветения. Иной ритм описан для прибрежных районов Италии и Сардинии: там, как и на ЮБК, чётче выражены два обособленных периода – весенний и осенний, разделённых летним перерывом (Melito et al., 2019; Serralutzu et al., 2020).

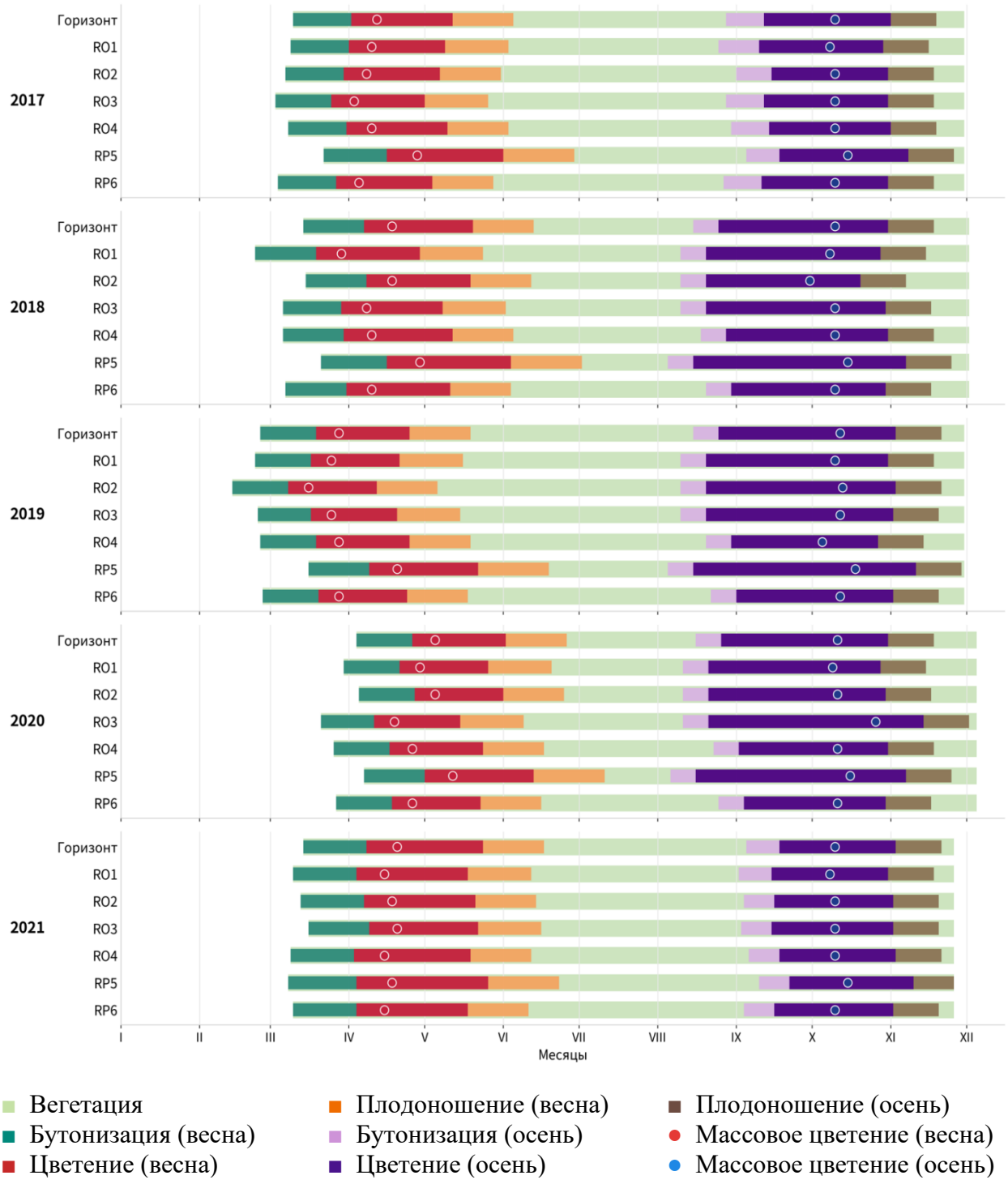


Рисунок 3.1 – Феноспектр образцов розмарина лекарственного в условиях Южного берега Крыма (2017-2021 гг.)

Южный берег Крыма по температурному режиму и мягкости зимы близок к условиям северной части Средиземноморья. Поэтому здесь, как и в Италии и на Сардинии, сохраняется устойчивое двукратное цветение.

Весенняя бутонизация у большинства образцов начиналась в марте и первой половине апреля. Самое раннее появление бутонов отмечено у RO2 в 2019 г. в конце февраля. В этот год среднемесячная температура февраля составила 5,4°C, что уже выше порога 5°C, при котором начинается бутонизация у наиболее раноцветущих форм. Позже остальных образцов вступал в фазу бутонизации RP5: в 2017 и 2018 гг. бутоны появлялись во второй половине апреля. Сорт 'Горизонт' и образцы RO1, RO3, RO4, RP6 занимали промежуточное положение.

Февраль являлся переходным месяцем. В отдельные годы его средняя температура на ЮБК около 5°C или выше, в 2019 г. – 5,4°C, в 2020 г. – 5,3°C. Поэтому наиболее у раноцветущих форм начало бутонизации может наступать уже в конце февраля. Однако массовое прохождение фаз у большинства образцов отмечалось в марте-апреле при устойчивом накоплении сумм активных температур выше 5°C.

Весеннее цветение длилось от четырёх до семи недель. Массовое цветение у большинства растений приходилось на апрель и первую половину мая. В 2017 и 2018 гг. сроки массового цветения были более сжатыми, в 2019 г. у части образцов, особенно у RO2, цветение началось раньше и оказалось более растянутым. В 2020 г. весна была прохладной, а годовая сумма осадков составила 361 мм, начало цветения сдвинулось на вторую половину апреля – начало мая. В 2021 г. сроки были близки к средним многолетним.

Плодоношение весеннего цикла наступало после цветения и продолжалось до конца июня – начала июля. Наиболее растянутым оно было у RP5 (до 30 дней).

Различия между образцами в весеннем цикле выражены слабо. RO2 в отдельные годы раньше других вступал в фазу бутонизации и цветения. RP5 в большинстве лет зацветал позже остальных. Сорт 'Горизонт', образцы RO1, RO3, RO4 и RP6 по срокам наступления фенофаз были ближе друг к другу.

После весеннего плодоношения растения переходили в фазу летней вегетации. Генеративные органы в это время отсутствовали или встречались единично.

Продолжительность фазы составляла от двух до трёх с половиной месяцев, с июня до августа, в отдельные годы – до начала сентября.

В наиболее жаркие и сухие годы, особенно в 2020 г., летний перерыв был более выраженным. В 2019 и 2021 гг., когда летних осадков выпало больше обычного, у отдельных образцов единичные цветки появлялись уже в середине августа. Почти непрерывное цветение с коротким летним перерывом описано для прибрежных популяций Средиземноморья (Serralutzu et al., 2020). На Южном берегу Крыма перерыв выражен чётче, чем в наиболее мягких приморских районах, однако по продолжительности не достигает уровня, характерного для континентальных условий.

Осенняя бутонизация начиналась во второй половине августа – начале сентября. Раньше всего фаза бутонизации начиналась в 2018 и 2019 гг., несколько позже в 2020 г.

Осеннее цветение длилось с сентября по ноябрь, у некоторых растений до декабря. Массовое цветение приходилось в основном на конец сентября и длилось в октябре. Осеннее плодоношение наступало после цветения и продолжалось до ноября-декабря. В осеннем цикле различия между образцами были менее выражены, чем в весеннем. RP5 в отдельные годы отличался более поздним цветением.

В целом феноритмы образцов были стабильными: отмечено два периода цветения – весенний и осенний. Межгодовая изменчивость касалась главным образом календарных сроков наступления фенологических фаз и была обусловлена погодными условиями конкретных лет наблюдений.

В 2017 г. условия были близки к средним: 611 мм осадков, среднегодовая температура 13,6°С. Массовое цветение пришлось на апрель, осеннее – на октябрь. В 2018 г. весна была ранней и тёплой (апрель 14,5°С), осадков выпало 693 мм. У ряда образцов бутонизация и цветение начались раньше обычного. Существенных отклонений в осеннем цикле не отмечено.

В 2019 г. осадков выпало 489 мм. Самое раннее начало весенней бутонизации отмечено у RO2, цветение было растянутым, летний перерыв более коротким.

2020 г. был самым засушливым (361 мм осадков), с прохладной весной. Весеннее цветение сдвинулось на более поздние сроки, летний перерыв был

длиннее. Осеннее цветение прошло в обычные сроки, а массовое приходилось на октябрь месяц.

2021 г. оказался самым влажным, осадков выпало 760 мм. Весна была прохладной и поздней, сумма активных температур выше 10°C составила около 4956°C. Несмотря на прохладную весну, весеннее цветение началось лишь несколько позже среднего – по-видимому, сказалось большее количество осадков. Осенний цикл прошёл без существенных отклонений от средних сроков.

Таким образом, сроки наступления весеннего цветения в значительной степени определяются температурным режимом и увлажнением апреля-мая, в то время как осенний цикл характеризуется большей устойчивостью к межгодовым колебаниям погодных условий.

По характеру фенoритма образцы различались незначительно. Сорт 'Горизонт', образцы RO1, RO3, RO4 и RP6 проходили периоды цветения стабильно и дружно, массовое цветение у них приходилось на апрель и октябрь. Образцы RO1 и RP6 по срокам были ближе всего к контролю, RO3 и RO4 занимали промежуточное положение. Выделялся образец RO2, в отдельные годы, особенно в 2019 г., он начинал весеннюю бутонизацию и цветение раньше остальных. Это позволяет рассматривать его как раноцветущую форму. RP5, напротив, зацветал позже других, а его плодоношение было более растянутым, чем у остальных образцов, что позволяет считать его наиболее поздним образцом в коллекции.

Литературные данные свидетельствуют о том, что в мягком средиземноморском климате розмарин цветёт дважды в год или почти непрерывно. Так, выявлено, что почти непрерывно (за исключением периода с середины мая до середины августа) цветение проходит в прибрежной популяции на западе Италии, (Serralutzu et al., 2020). На Сардинии сезонность содержания эфирного масла также связана с фенологическими фазами и климатическими условиями (Melito et al., 2019). Сезонные изменения состава масла в зависимости от фазы развития побегов показаны и в других работах (Lakušić et al., 2013).

На ЮБК летний перерыв выражен более чётко, чем в наиболее мягких приморских районах Италии или Сардинии, однако общий принцип двух

генеративных волн сохраняется. Сроки массового цветения апрель и октябрь важны для планирования заготовки сырья.

Таким образом, наблюдения 2017-2021 гг. показали, что все изученные образцы розмарина лекарственного на ЮБК сохраняют типичный для мягкого средиземноморского климата двукратный генеративный цикл.

Весеннее цветение приходится в основном на апрель-май, осеннее на сентябрь – начало ноября, с массовым цветением в октябре. Летом преобладает вегетативный рост. Межгодовая изменчивость сроков наступления фенологических фаз связана главным образом с температурой и увлажнением весны. Осенний цикл, напротив, более стабилен. Различия между образцами умеренные: RO2 в отдельные годы зацветает раньше остальных, RP5 – несколько позже. Сорт 'Горизонт', RO1, RO3, RO4 и RP6 по срокам вегетации близки друг к другу.

Полученные данные подтверждают возможность двукратной заготовки растительного сырья в фазы массового цветения и свидетельствуют о хорошей адаптации изучаемых образцов к условиям ЮБК.

В условиях ЮБК розмарин лекарственный завязывает семена. Плод ценобий, состоящий из четырёх эрем (плодиков). В чашечке обычно формируется от одной до четырёх эрем, реже все четыре достигают зрелости (Рисунок 3.2 – а). Эремы овально-эллипсоидные, длиной 1,5-2 мм, с мелкобугорчатой коричневой поверхностью и хорошо выраженным базальным рубчиком (Рисунок 3.2 – б). На продольном срезе видны тонкая оболочка и беловато-кремовый эндосперм с сильной редукцией зародыша (Рисунок 3.2 - в).

Несмотря на образование семян, их всхожесть остаётся низкой. По нашим наблюдениям, всхожесть свежесобранных семян в условиях ЮБК составляет около 7%. Это согласуется с данными зарубежных исследователей: в средиземноморских популяциях этот показатель не превышает 5-20%. Основной причиной низкой всхожести является высокий процент пустых семян, образующихся вследствие самоопыления и абортирования части завязей. Низкая всхожесть является видовой особенностью розмарина и проявляется как в культуре, так и в природе (Garcia-Fayos et al., 2018; Mehalaine et al,, 2023).



а *б* *в*

Рисунок 3.2 - Плоды и семена розмарина лекарственного: *а* – ценобий с эремами; *б* –эремы семян; *в* – продольные срезы эрем. Масштабная линейка 1 мм

Лабораторная всхожесть свежесобранных семян составляет 3-7%, что согласуется с данными зарубежных исследователей: в природных средиземноморских популяциях этот показатель не превышает 5-20% (Garcia-Fayos et al., 2018; Mehalaine et al., 2023). Основной причиной низкой всхожести называют высокий процент пустых семян, образующихся в результате самоопыления и абортирования части завязей. Таким образом, низкая всхожесть является видовой особенностью розмарина и проявляется как в культуре, так и в природе. Именно поэтому в хозяйственной практике преобладает вегетативное размножение, гарантирующее сохранение сортовых признаков.

3.2 Морфологическая изменчивость розмарина лекарственного

Морфологические признаки и показатели продуктивности служат основными критериями оценки исходного материала при селекционной работе с эфиромасличными культурами. Для розмарина лекарственного также характерен высокий уровень фенотипической изменчивости. К настоящему моменту выделяют три типа габитуса растений (прямостоячий, полупрямостоячий, стелющийся), три типа окраски цветков (светло-голубая, средне-голубая, тёмно-голубая) и три типа окраски листьев (светло-зелёная, средне-зелёная, тёмно-зелёная) (Cervelli, Masselli, 2013; Zigene et al., 2024).

Ниже приведена сравнительная характеристика шести образцов (RO1-RP6) в сравнении с контролем (сорт 'Горизонт') по комплексу морфологических и хозяйственно-ценных признаков (Таблица 3.1).

По высоте куста исследованные образцы чётко разделяются на три группы. К высокорослым относятся 'Горизонт' (131,0±13,3 см) и RO1 (132,0±12,8 см).

Среднюю высоту имеют RO2 (126,0±8,1 см) и RO3 (112,0±3,7 см). Низкорослые образцы представлены RO4 (84,0±4,3 см), RP6 (80,0±4,3 см) и особенно RP5 (62,1±2,4 см).

Диаметр куста у большинства образцов находился в пределах 74-98 см. Исключение составляет RP5, у которого диаметр достигал 122,5±8,5 см при минимальной высоте, что связано со стелющейся формой роста.

По форме куста образцы распределились на: раскидистую форму 'Горизонт', RO1 и RO3, полупрямостоячую RO2, RO4 и RP6. Образец RP5 характеризовался стелющейся формой. Подобная дифференциация по габитусу (erect, semi-erect, prostrate) типична для вида и неоднократно отмечалась при оценке коллекций розмарина (Cervelli, Masselli, 2013).

Длина листовой пластинки варьировала от 19,0±1,0 мм (RP5) до 35,0 мм (RO1 и RO4). Наиболее длинные листья имели RO1 и RO4, наиболее короткие RP5. Ширина листа изменялась в пределах 1,9-3,7 мм. Наименьшая ширина отмечена у сорта 'Горизонт' (1,9±0,1 мм) и RO1 (2,3±0,1 мм), наибольшая у RO3 (3,7±0,1 мм).

По индексу формы листа (отношение длины к ширине) выделились образцы с очень узколистным листом (индекс > 11) к ним отнесены 'Горизонт' (14,7), RO1 (15,2) и RO4 (11,7). Остальные образцы (RO2, RO3, RP5, RP6) имеют узкие листья (индекс 7,0-10,0). Узколистность характерна для типичных средиземноморских форм розмарина и традиционно описывается у var. *angustifolius* (юг Франции, Корсика) (Turrill, 1920).

Окраска венчика отличается наибольшей контрастностью среди рассматриваемых признаков. Сорт 'Горизонт' и RO1 имеют белую окраску венчика (RHS 155D).

Таблица 3.1 – Морфологическая характеристика образцов розмарина лекарственного

Признак	'Горизонт'	RO1	RO2	RO3	RO4	RP5	RP6
Куст							
Высота, см	131,0±13,3	132,0±12,8	126,0±8,1	112,0±3,7	84,0±4,3	62,1±2,4	80,0±4,3
Диаметр, см	98,3±4,4	98,3±4,4	86,3±2,4	88,3±4,9	74,8±3,2	122,5±8,5	74,8±3,2
Форма куста	раскидистый	раскидистый	полу-прямостоячий	раскидистый	полу-прямостоячий	стелющиеся	полу-прямостоячий
Лист							
Длина, мм	28,0±1,0	35,0±0,1	30,0±0,1	27,0±1,0	35,0±1,0	19,0±1,0	27,0±1,0
Ширина, мм	1,9±0,1	2,3±0,1	3,4±0,1	3,7±0,1	3,0±0,1	2,7±0,1	2,7±0,1
Индекс (форма)	14,7 (очень узкий)	15,2 (очень узкий)	8,8 (узкий)	7,3 (узкий)	11,7 (очень узкий)	7,0 (узкий)	10,0 (узкий)
Цветок							
Окраска венчика по RHS Colour Chart	белая (155D)	белая (155D)	фиолетово-голубая (91B/C)	светло-голубая (97C)	светло-лиловая (91C)	голубовато-фиолетовая (91B/92B)	фиолетово-голубая (91B/C)
Размер венчика, мм	9,5±0,5	9,6±0,5	9,0±0,5	9,5±0,5	9,3±0,5	9,5±0,5	9,5±0,4
Чашечка, мм	4,8±0,3	4,6±0,2	4,8±0,3	4,8±0,3	4,7±0,2	4,7±0,3	4,6±0,3

Остальные образцы характеризуются различными оттенками голубого и фиолетового: RO2 и RP6 фиолетово-голубая (91B/C), RO3 светло-голубая (97C), RO4 светло-лиловая (91C) и RP5 голубовато-фиолетовая (91B/92B). Разнообразие окраски цветков розмарина широко известно и применяется при отборе декоративных форм (Cervelli, Masselli, 2013).

Размеры венчика у всех образцов близки (9,0-9,6 мм), различия статистически незначимы. Длина чашечки также варьирует в незначительных пределах (4,6-4,8 мм). Белоцветковые формы (′Горизонт′ и RO1) представляют особый интерес для декоративного использования. Наличие нескольких оттенков сине-фиолетовой гаммы у остальных образцов свидетельствует о генетической неоднородности коллекции.

3.3 Анатомическое строение вегетативных и генеративных органов, гистохимическое выявление эфирного масла

Революtивность и степень опушения абаксиальной стороны листа

Анализ поперечных срезов листовых пластинок выявил отчетливую революtивность, края листа симметрично заворачиваются на абаксиальную сторону. В результате формируется замкнутая полость, в которой локализуется устьичный аппарат, защищенный трихомами от интенсивного воздушного потока. Указанный тип строения края и образование ксероморфных полостей рассматриваются как диагностические анатомические признаки вида (Pawłowska et al., 2020) (Рисунок 3.3).

Сравнительный анализ исследованных образцов показал неоднородность по глубине заворота краев и плотности опушения. Для образцов RO1-RO4 характерны умеренная степень заворота краев листовой пластинки и смешанный тип опушения, в котором преобладают нежелезистые ветвистые трихомы, а пельтатные железки встречаются единично.

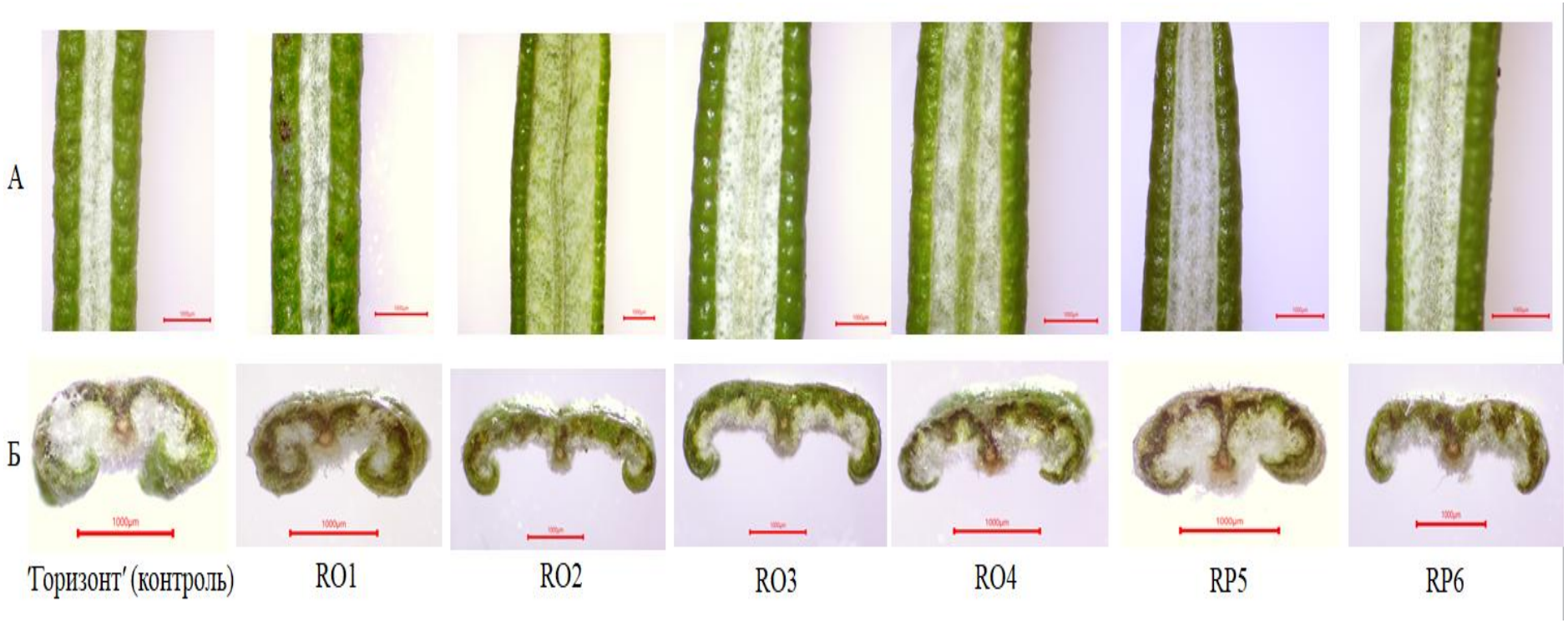


Рисунок 3.3 – Опушение абаксиальной стороны (А) и степень завернутости листа (Б) образцов розмарина лекарственного

У образцов RP5-RP6 плотность нежелезистых трихом на абаксиальной стороне выше, они почти полностью заполняют пространство, образованное подвернутыми краями, а революtивность выражена сильнее. Образец 'Горизонт' по глубине заворота краев и плотности опушения соответствует средним значениям выборки, что позволяет рассматривать его в качестве контрольного.

Таким образом, для розмарина лекарственного характерна революtивность края листа, формирующая замкнутую ксероморфную полость с защищенным устьичным аппаратом. Выявленные различия между образцами по глубине

заворота краев и плотности опушения отражают индивидуальную или сортовую изменчивость, при этом общий защитный структурный план вида сохраняется. Сорт 'Горизонт' по изученным признакам соответствует средним значениям выборки и может рассматриваться как контрольный.

Анатомическое строение листовой пластинки

Важную роль в адаптации розмарина к засушливым условиям играют трихомы – волоски на поверхности листьев. Они бывают двух типов: простые (нежелезистые) и железистые (капитчатые и пельтатные). Железистые трихомы – это места синтеза и накопления эфирного масла (Marin et al., 2006; Boix et al., 2011; Bellumori et al., 2021). Пельтатные трихомы, имеющие многоклеточную секреторную головку, расположены преимущественно на нижней поверхности листа и имеют больший объём секреторной полости по сравнению с капитчатыми (Marin, 2006). Гистохимические тесты показали, что фенольные вещества присутствуют только в пельтатных трихомах (Marin et al., 2006). В условиях водного стресса происходит усиленное испарение эфирного масла из секреторных полостей, что способствует снижению температуры поверхности листа (Olmos et al., 2007; Boix et al., 2011). Такое «эфиромасличное охлаждение» – является важным механизмом защиты от перегрева.

Пельтатные трихомы имеют многоклеточную секреторную головку, состоящую из восьми клеток, расположенных в виде розетки, и широкое субкутикулярное пространство, где накапливается масло. Капитчатые трихомы характеризуются одноклеточной или двухклеточной секреторной головкой (Marin et al., 2006; Boix et al., 2011).

Исследования Marin (2006) показали, что пельтатные трихомы расположены преимущественно на абаксиальной (нижней) поверхности листа и имеют больший объём секреторной полости по сравнению с капитчатыми. Методом стереологического анализа было установлено, что объёмная плотность пельтатных трихом значительно превышает таковую для капитчатых несмотря на то, что последних численно больше (Marin et al., 2006). Гистохимические тесты показали положительную реакцию на белки и полисахариды для обоих типов трихом, тогда как фенольные вещества обнаружены только в пельтатных трихомах (Marin et al., 2006).

В условиях водного стресса и повышенных температур происходит усиленное испарение эфирных масел из секреторных полостей, что способствует снижению температуры поверхности листа и защите растения от перегрева (Olmos et al., 2007; Boix et al., 2011). Этот механизм является важной адаптацией розмарина к засушливым условиям средиземноморского климата.

Проведён качественный структурный анализ листьев шести образцов розмарина, выявлен общий план строения (Рисунок 3.4). На поперечных срезах листовая пластинка имела завернутые на абаксиальную сторону края, под которыми формировались кроющие ветвистые многоклеточные трихомы, пельтатные железки, головчатые трихомы (редко), устьица. В области центральной жилки дифференцировали однослойную верхнюю эпидерму с хорошо развитым кутикулярным слоем, гиподерму, проводящий пучок, дифференцированный на ксилему и флоэму, амированные с нижней части склеренхимой, колленхиматозную паренхиму, колленхиму и нижнюю эпидерму, так же покрытую кутикулой. В боковой части под эпидермой обнаруживали 1-6-рядную гиподерму, разделяющую дифференцированный мезофилл на участки. Палисада в образованных участках была представлена несколькими рядами удлинённых клеток, губчатая паренхима – рыхло расположенными овальными, удлиненными или неправильной формой клетками.

Наличие революютности (закрученности) краёв листовой пластинки у всех исследуемых образцов согласуется с описаниями, сделанными ранее на материале розмарина, произрастающего в Крыму (Попова и др., 2009).

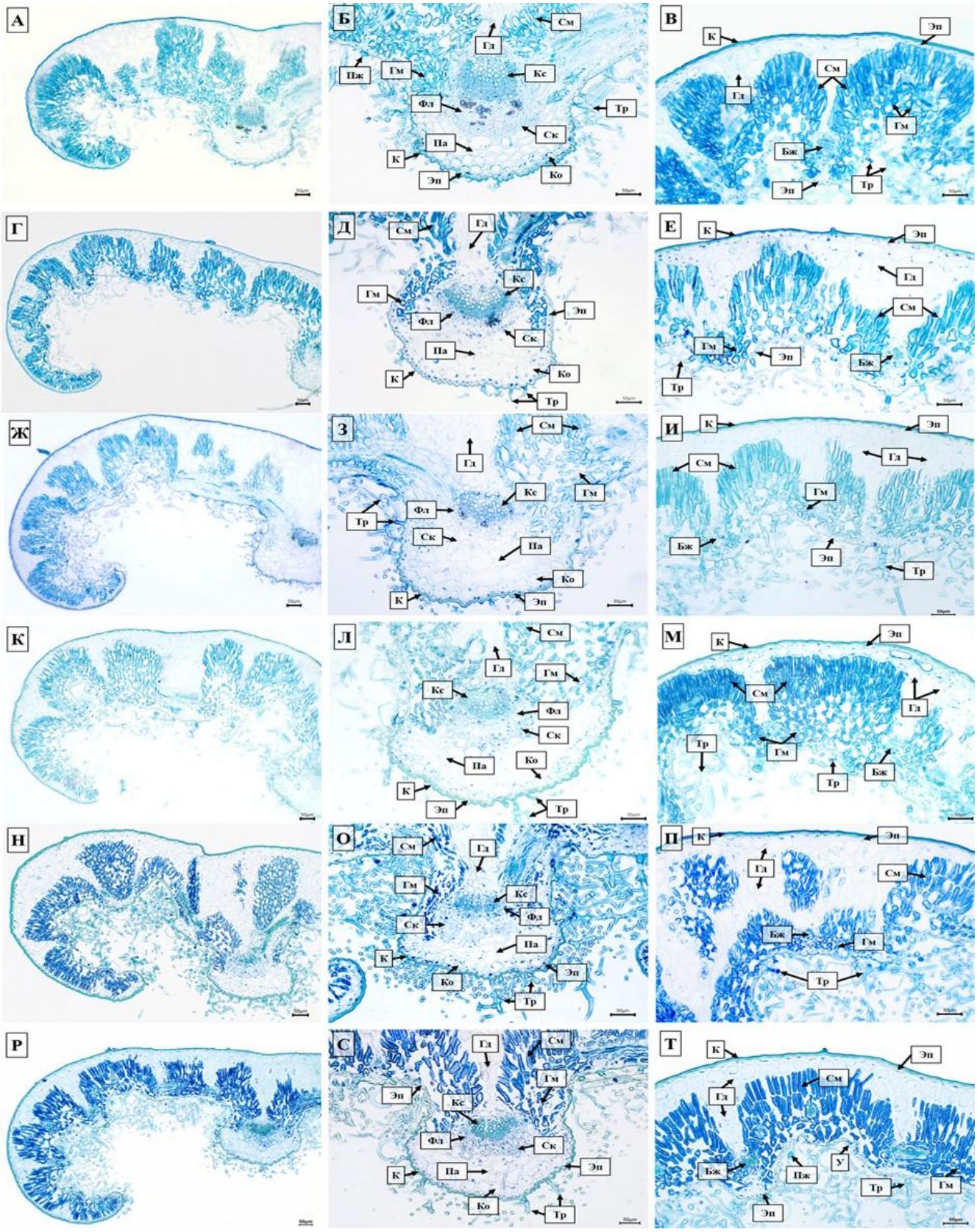


Рисунок 3.4 – Поперечные срезы в области центральной и боковой части: Н, О, П – RP5; Р, С, Т – RP6. Бж – боковая жилка, Гд – гиподерма, Гм – губчатый мезофилл, К – кутикула, Ко – коленхима, Кс – ксилема, Па – паренхима, Пж – пельтатная железка, Ск – склеренхима, См – столбчатый мезофилл, Тр – трихома, У – устьице, Фл – флоэма, Эп – эпидерма

В образцах, произраставших в Ливии, на абаксиальной поверхности были выявлены нежелезистые и железистые трихомы, включая один тип пельтатных и три типа головчатых железистых трихом (Ahmed, 2023; Arpiwi, Suarni, 2023). Согласно данным литературы, секреторный аппарат листа розмарина представлен пельтатными и головчатыми железистыми трихомами наряду с нежелезистыми волосками: пельтатные железки преобладают на абаксиальной поверхности, тогда как головчатые встречались на обеих сторонах листа (Marin et al., 2006). Выявлен один тип пельтатных и три типа головчатых железистых трихом (Boix et al., 2011). Demirel и Tóth (2025) показали, что пельтатные железки располагались преимущественно на абаксиальной поверхности, при этом число железистых трихом в их материале было выше на адаксиальной стороне, а головчатые трихомы встречались чаще пельтатных.

Sagawa с соавторами (2013) используя световую микроскопию и рентгеновскую компьютерную томографию, обнаруживали пельтатные железки на обеих поверхностях листа и показали различия тканей, лежащих под их основанием: на верхней поверхности железки располагались над эпидермой, а на нижней – были связаны с волокнистыми тканями. Исследователи также отмечали многочисленные многоклеточные сильно разветвлённые кроющие волоски на абаксиальной стороне, редкие конические волоски на адаксиальной поверхности (Marin et al., 2006; Boix et al., 2011; Kowalski et al., 2019). Сравнивая полученные нами данные и сведения литературы о железистых и нежелезистых структурах, можно отметить, что их расположение может варьировать, вероятно, в зависимости от условий произрастания. У исследуемых образцов RO1, RO2, RO3, RO4, RP5 и RP6, произрастающих на коллекционных участках НБС-ННЦ нами обнаруживено преимущественно абаксиальное расположение кроющих трихом и пельтатных железок.

В плане структуры листовых пластинок розмарина, описанной в нашей работе, сходный комплекс признаков (однослойная эпидерма, толстая кутикула на адаксиальной поверхности, гиподерма без хлоропластов с утолщёнными стенками, двух–трёхслойная столбчатая паренхима, рыхлая губчатая паренхима с

крупными межклетниками и коллатеральные проводящие пучки) описаны и в других работах (Boix et al., 2011; Ahmed, 2023; Arpiwi, Suarni, 2023). Совокупность морфолого-анатомических признаков (эпидерма с кутикулой, наличие кроющих трихом и железок, хорошо развитых механических тканей, небольшие листья) свидетельствует о ксероморфности исследованных нами растений.

Гистохимическое выявление эфирного масла

Гистохимические методы позволяют локализовать отдельные группы веществ непосредственно в тканях и секреторных структурах листа. Для розмарина лекарственного опубликованы исследования, в которых гистохимически выявляли белковые соединения, полисахариды, фенольные вещества, липофильные компоненты и отдельные группы терпеноидов. Marin (2006) применяли Ponceau 2R + Azure II, Alcian Blue и хлорид железа для характеристики секрета железистых трихом, тогда как Boix (2011) использовали Sudan Black B, Sudan III и Sudan IV для выявления липофильных соединений и 2,4-динитрофенилгидразин для терпеноидов с карбонильной группой (Marin et al., 2006; Boix et al., 2011).

Гистохимическое выявление эфирного масла выполняли на поперечных срезах листовых пластинок шести образцов розмарина лекарственного с применением Судана III. У всех образцов выявлена положительная реакция: кутикулярный слой листа окрашивался в красно-оранжевые тона, а в клетках мезофилла наблюдались округлые желтовато-оранжевые и красно-оранжевые включения (Рисунок 3.5).

Наиболее отчётливо внутриклеточные включения визуализировались в клетках столбчато мезофилла, также окрашивание отмечено в пельтатных железках (Рисунок 3.6).

Полученные результаты непосредственно сопоставимы с работой Boix (2011), где Sudan III наряду с Sudan IV и Sudan Black B использовали для выявления липофильных веществ в листьях образцов розмарина.

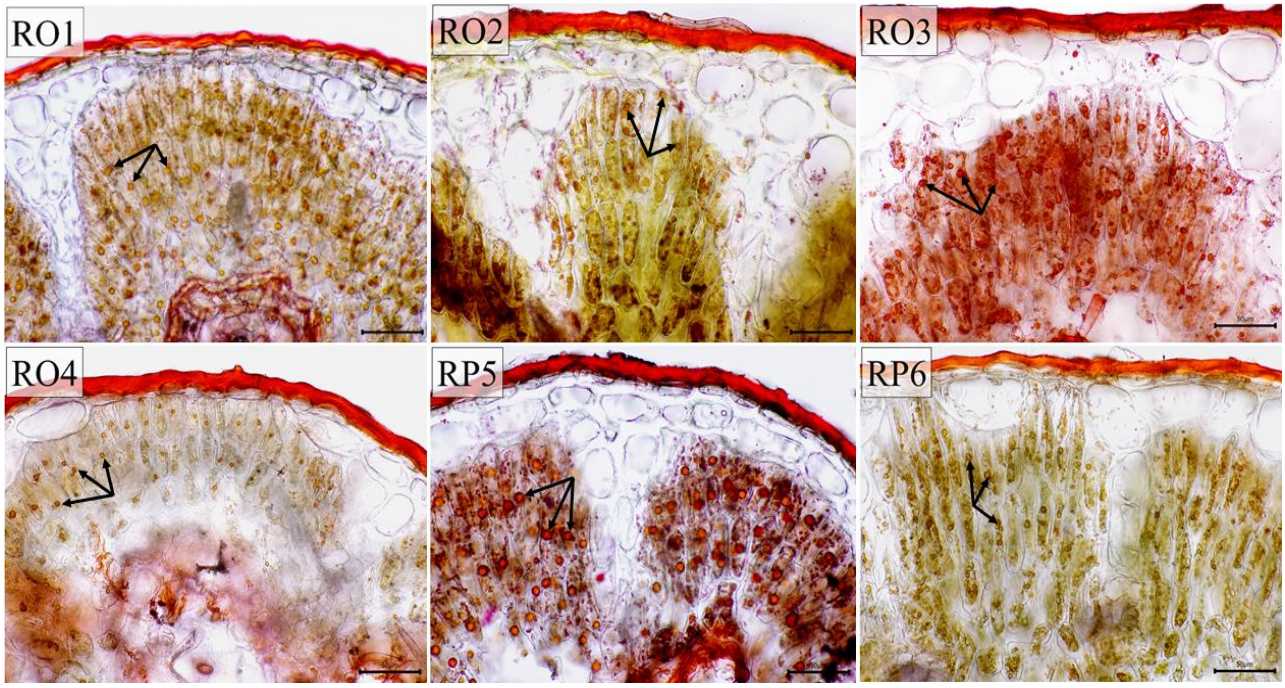


Рисунок 3.5 – Качественное гистохимические выявление эфирного масла при помощи Судана III на поперечных срезах листьев образцов розмарина лекарственного

Стрелочками показаны структуры, содержащие липофильные компоненты

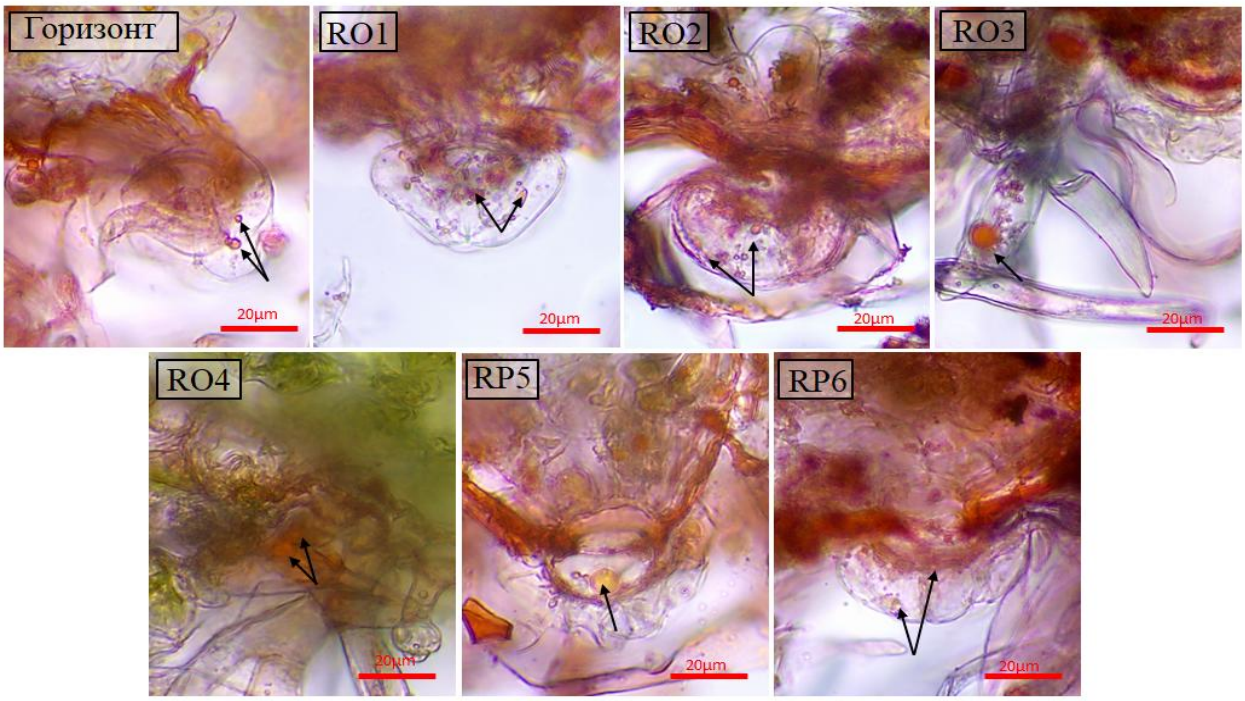


Рисунок 3.6 – Гистохимическое выявление липофильных веществ в пельтатных железках образцов розмарина лекарственного (окрашивание Суданом III)

Стрелочками показаны структуры, содержащие липофильные компоненты

Авторы получили выраженную положительную реакцию в субкутикулярном пространстве пельтатных и головчатых трихом; при этом липофильные капли выявлялись также в клетках эпидермы, паренхимы и хлоренхимы. Наиболее интенсивное суданофильное окрашивание наблюдалось в секреторных клетках пельтатных железок (Boix et al., 2011).

Выраженная реакция наружного слоя листовой пластинки также согласуется с опубликованными данными о присутствии гидрофобных компонентов в покровных структурах. Boix (2011) наблюдали липидные капли в цитоплазме эпидермальных клеток и между клеточными стенками и кутикулой. Marin (2006) при флуоресцентной микроскопии отмечали зеленовато-жёлтую автофлуоресценцию поверхности листа и нежелезистых трихом, которую авторы связывали с присутствием суберин- или кутиноподобных гидрофобных веществ (Marin et al., 2006; Boix et al., 2011).

Гистохимическое исследование Marin (2006) показало, что секрет железистых трихом розмарина химически неоднороден. Ponceau 2R + Azure II дал положительную реакцию на белковые соединения в пельтатных и головчатых трихомах, Alcian Blue выявил полисахариды в обоих типах железок, тогда как *о*-дигидроксифенолы при реакции с хлоридом железа были обнаружены только в пельтатных трихомах (Marin et al., 2006).

Дополнительное подтверждение локализации липофильных соединений в секреторных структурах получено Kowalski (2019), которые обрабатывали свежий материал аурамином и исследовали его методом флуоресцентной микроскопии; липофильные вещества, содержащиеся в эфирном масле, давали флуоресцентный эффект в клетках железистых трихом (Kowalski et al., 2019).

Исследования показывают, что липофильные фенольные дитерпены розмарина могут локализоваться и во внутренних клеточных компартментах. Munné-Bosch и Alegre (2001) установили, что карнозная кислота локализуется в хлоропластах листьев вместе с карнозолом, розманолом и изорозманолом, тогда как метилированные производные обнаруживаются также в эндоплазматическом ретикулуме, аппарате Гольджи и плазматической мембране (Munné-Bosch, Alegre,

2001). Brückner (2014) показали, что карнозная кислота и карнозол наиболее обильны в молодых листьях, а изолированные железистые трихомы преимущественно накапливают карнозную кислоту; экспрессия генов *RoCPS1* и *RoKSL2* также была существенно выше в трихомах молодых листьев (Luis, Johnson, 2005; Brückner et al., 2014).

В исследованиях ряда авторов гистохимический анализ проводился на каллусной ткани *R. officinalis*, полученной *in vitro*. В каллусе были выявлены головчатые и пельтатные железистые трихомы; Sudan IV, Nile blue и 2,4-динитрофенилгидразин показали присутствие липофильных и терпеноидных соединений в секреторных структурах, а также в части паренхимных и меристематических клеток (Boix et al., 2013).

У всех шести исследуемых образцов RO1-RO4, RP5 и RP6 выявлены Судан III-положительные липофильные компоненты как в наружном слое листовой пластинки, так и в клетках мезофилла. Прямое соответствие литературным данным наиболее отчётливо прослеживается с исследованием Boix (2011), где тем же красителем выявлялись липофильные капли в эпидерме, паренхиме и хлоренхиме, а также интенсивное накопление липофильного секрета в железистых трихомах. Учитывая липофильность эфирных масел, обусловленной их химическим составом, ввиду присутствия неполярных гидрофобных органических соединений, можно заключить, что у исследованных нами растений розмарина ароматическое масло (его предшественники) содержится в пельтатных железках. Окрашивание включений внутри тканей мезофилла, вероятно, обусловлено присутствием/накоплением липофильных соединений, например, фенольных дитерпенов и /или запасных масел.

Особенности поверхности чашечки розмарина лекарственного

Изучение поверхности чашечки имеет значение для характеристики сортов розмарина лекарственного, поскольку особенности опушения и железистого аппарата связаны с накоплением эфирного масла и могут служить дополнительными диагностическими признаками. В связи с этим были

исследованы поверхность и гистохимические срезы чашечек на примере двух форм RO1 и RO2.

Поверхность чашечки у RO1 и RO2 густо опушена. Под стереомикроскопом имеют серебристо-зелёную или серовато-зелёную окраску за счёт плотного войлочного покрова. Среди волосков хорошо различимы мелкие точечные образования пельтатные железки (Рисунок 3.7).

Опушение образовано преимущественно простыми многоклеточными волосками. Плотный слой трихом полностью перекрывает эпидерму и придаёт

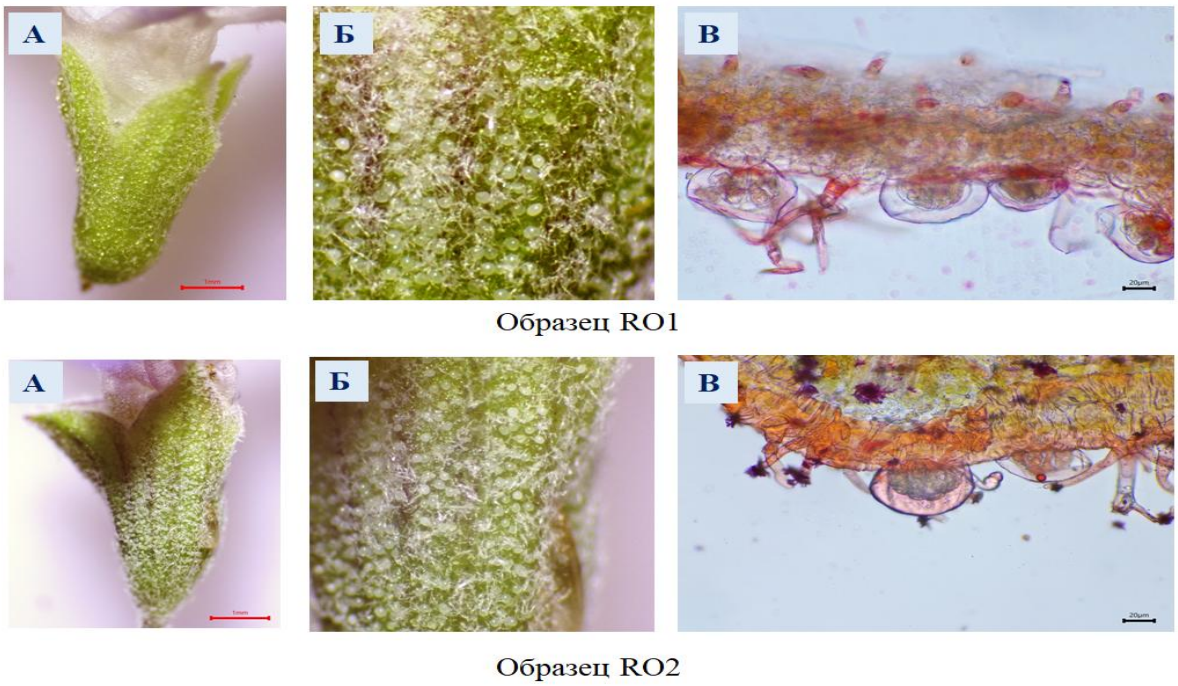


Рисунок 3.7 – А – общий вид чашечки; Б – густое опушение из простых многоклеточных нежелезистых трихом и пельтатные эфиромасличные железки; в - пельтатные железки

поверхности характерный серебристый оттенок. Существенных различий в характере и плотности опушения между образцами не отмечено.

На поверхности чашечки преобладают пельтатные (щитовидные) железки с короткой одноклеточной ножкой и крупной многоклеточной головкой, обычно состоящей из шести-восьми выделительных клеток, расположенных радиально.

Железки распределены по всей наружной поверхности чашечки, включая зубцы; на макроснимках они выглядят как мелкие блестящие капельки. Описанное строение поверхности соответствует данным, полученным ранее для вида в целом (Bottega, Corsi, 2000).

Поверхность чашечки образцов RO1 и RO2 густо опушена простыми многоклеточными нежелезистыми трихомами с пельтатными эфиромасличными железками, таким образом заметных различий между формами по этим признакам не выявлено.

Многолетние исследования особенностей развития шести образцов розмарина лекарственного коллекции НБС-ННЦ свидетельствуют, что данный вид в условиях интродукции на ЮБК сохраняет жизненную форму вечнозелёного кустарника с практически непрерывной вегетацией и двумя периодами цветения: весенним (апрель-май) и осенним (сентябрь-октябрь). Установлены незначительные колебания сроков наступления фенофаз растений в зависимости от погодных условий.

Выявлено, что изученные образцы характеризуются значительной морфологической изменчивостью: высота растений колеблется от 62,1 – 132,0 см, диаметр куста – от 75 до 120 см, форма куста варьирует от раскидистой до стелющейся, окраска венчика – от белой до фиолетово-голубой. Длина листа составляет 19-35 мм, ширина – 1,9-3,7 мм, по индексу листа образцы подразделяются на очень узколистные (′Горизонт′ – 14,7; RO1 – 15,2; RO4 – 11,7) и узколистные (RO2 – 8,8; RO3 – 7,3; RP5 – 7,0; RP6 – 10,0).

В анатомическом строении листа образцов розмарина лекарственного четко прослеживается ксероморфный комплекс: революти́вные края, формирующие защитные полости с устьицами, многослойная эпидерма с кутикулой, гиподерма, развитые механические ткани, смешанное опушение (нежелезистые ветвистые трихомы, пельтатные и головчатые железки). Гистохимически подтверждена локализация эфирного масла в пельтатных железках листовой пластинки и чашечки цветка, а также в мезофилле листа.

ГЛАВА 4 БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ РОЗМАРИНА ЛЕКАРСТВЕННОГО

4.1 Продуктивность надземной массы, содержание эфирного масла и фенольных соединений

Наряду с морфологическими признаками при оценке образцов розмарина учитывали хозяйственные показатели продуктивность надземной массы и массовую долю эфирного масла. Эти признаки определяют пригодность образца для получения сырья и его дальнейшего использования.

Сочетание высокой продуктивности биомассы и относительно высокого содержания эфирного масла позволяют отнести образец RO1 к наиболее ценным в хозяйственном отношении (Таблица 4.1). Образцы RO3, RO4, RP5 и RP6 при средней или низкой продуктивности сохраняют удовлетворительное содержание масла и могут представлять интерес по морфологическим признакам (окраска цветка, форма куста). Образец RO2 отмечается минимальным содержание массовой долей ЭМ среди изученных образцов.

Таблица 4.1 – Продуктивность и содержание эфирного масла образцов розмарина лекарственного (2017-2021 гг.) (M±SE)

Признак	'Горизонт'	RO1	RO2	RO3	RO4	RP5	RP6
Продуктив-ность, г	995 ±58,0	1200 ±90,0	570,0 ±60,1	476,3 ±45,8	420,0 ±70,0	466,3 ±77,8	460,5 ±44,2
ЭМ, % от сырой массы	0,78 ±0,07	0,83 ±0,06	0,0 6±0,02	0,52 ±0,06	0,58 ±0,11	0,61 ±0,13	0,75 ±0,02
ЭМ, % на абсолютно сухой вес	2,06 ±0,10	2,08 ±0,12	0,19 ±0,05	1,43 ±0,12	2,06 ±0,17	1,70 ±0,15	2,12 ±0,13

Урожай надземной массы у изученных образцов варьировал от 420 до 1200 г с куста. Наибольшую продуктивность сформировал RO1 – 1200±90 г, что на 20,6% выше контроля 'Горизонт' (995±58 г). У RO2 этот показатель составил 570,0± 60,1 г. Образцы RO3, RO4, RP5 и RP6 по продуктивности были близки между собой (420,0-476,3 г) и уступали контролю. Различия между генотипами по накоплению биомассы согласуются с данными, полученными при изучении коллекций розмарина в других регионах интродукции (Verma, 2020; Zigene et al., 2024).

Содержание эфирного масла в пересчёте на сырую массу у большинства образцов находилось в пределах 0,52-0,83%. У контроля 'Горизонт' оно составило 0,78±0,07%. Близкие значения отмечены у RO1 (0,83±0,06%) и RP6 (0,75±0,02%). У RP5, RO4 и RO3 содержание масла было ниже 0,61±0,13; 0,58±0,11 и 0,52±0,06% соответственно. Минимальное значение зафиксировано у RO2 – 0,06±0,02%, что существенно ниже как контроля, так и остальных образцов.

При пересчёте на абсолютно сухой вес соотношение между образцами в основном сохраняется. Наибольшие значения отмечены у RP6 (2,12±0,13%), RO1 (2,08±0,12%), 'Горизонт' (2,06±0,10%) и RO4 (2,06±0,17%). У RP5 и RO3 содержание масла составило 1,70±0,15 и 1,43±0,12% соответственно. У RO2 этот показатель снижался до 0,19±0,05%. Полученные диапазоны накопления эфирного масла близки к значениям, приводимым для европейских популяций розмарина (Yeddes et al., 2022; Guelifet, 2025).

Сочетание продуктивности и содержания масла позволяет выделить образец RO1: при максимальной биомассе он имеет содержание эфирного масла на уровне контроля. RP6 при средней продуктивности (460,5± 44,2 г) отличается наибольшим содержанием масла на сухой вес. RO2, напротив, сочетает невысокую продуктивность с крайне низким выходом масла, что ограничивает его использование для получения эфирного масла. RO3, RO4 и RP5 при средней или низкой продуктивности сохраняют удовлетворительное содержание масла и могут представлять интерес как источники отдельных морфологических признаков.

По комплексу морфологических и хозяйственных признаков образцы характеризуются следующим образом.

RO1 – высокорослый раскидистый куст с очень узкими длинными листьями и белой окраской венчика. Отличается максимальной продуктивностью биомассы и высоким содержанием эфирного масла; наиболее перспективен для получения сырья.

′Горизонт′ (контроль) – высокорослый раскидистый куст с очень узкими листьями и белой окраской цветка. Имеет хорошую продуктивность и содержание масла, близкий к RO1.

RO2 – высокорослый полупрямостоячий куст с узкими листьями и фиолетово-голубой окраской венчика, характеризуется крайне низким содержанием эфирного масла.

RO3 – среднерослый раскидистый куст с относительно широкими листьями и светло-голубой окраской цветка, содержание масла удовлетворительное, продуктивность средняя.

RO4 и RP6 – низкорослые полупрямостоячие формы с узкими или очень узкими листьями и различными оттенками лилово-голубой окраски венчика, продуктивность ниже контроля, содержание масла среднее. Могут представлять интерес для декоративного использования.

RP5 – низкорослый стелющийся куст с короткими узкими листьями и голубовато-фиолетовой окраской цветка, отличается наибольшим диаметром кроны. Продуктивность и содержание масла средние. Перспективен для почвопокровного озеленения.

Изученная коллекция охватывает широкий спектр морфотипов от высокорослых раскидистых белоцветковых форм до низкорослых стелющихся с голубовато-фиолетовой окраской венчика. Наибольшую хозяйственную ценность по сочетанию продуктивности биомассы и содержания эфирного масла представляет RO1. Остальные образцы могут быть использованы как источники отдельных морфологических признаков.

Количественные соотношения компонентов колеблются в зависимости от фазы развития растения, сроков сбора, погодных условий года. Поэтому наиболее убедительны многолетние наблюдения на одних и тех же растениях позволяют отделить случайные колебания от устойчивых особенностей биосинтеза.

В настоящей главе рассмотрены результаты многолетнего (2017-2021 гг.) изучения компонентного состава эфирного масла сорта 'Горизонт' и шести образцов. На основании диапазонов содержаний маркерных соединений, а также результатов метода главных компонент и иерархического кластерного анализа проведена дифференциация изученной совокупности на хемотипы. Полученные данные сопоставлены с литературными сведениями о химическом разнообразии розмарина в Средиземноморье.

4.2 Компонентный состав эфирного масла, изменчивость, хемотипы

Методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии в эфирном масле исследуемых образцов идентифицировано более двадцати соединений, на долю которых приходится 89-97% общей площади пиков, что обеспечивает достаточно полную характеристику состава эфирного масла. Основу состава во всех случаях формировали монотерпены. Среди них наибольшее значение для классификации образцов имели α-пинен, β-пинен, 1,8-цинеол, камфора, борнеол, линалоол, вербенон и борнилацетат (Таблица 4.2).

Содержание эфирного масла и его компонентный состав у растений розмарина изменяются в зависимости от генотипа, фазы развития растений и условий произрастания. Сезонные изменения компонентного состава эфирного масла отмечены в исследованиях различных форм и популяций розмарина лекарственного. Установлено, что у одного генотипа соотношение основных компонентов масла изменялось в течение вегетационного периода, в побегах с развитыми листьями и в фазу плодоношения преобладала камфора, тогда как в молодых побегах содержание камфоры и 1,8-цинеола было более близким (Lakušić et al., 2013). При изучении пяти популяций розмарина на Сардинии (Melito et al., 2019) также отмечено сезонные изменения содержания 1,8-цинеола, камфоры и вербенона при относительно стабильном преобладании α-пинена.

Таблица 4.2 – Компонентный состав эфирного масла розмарина лекарственного (диапазоны содержаний min-max, %, 2017-2021 гг.)

№	Компонент	RI	'Горизонт'	RO1	RO2	RO3	RO4	RP5	RP6
1	3-октанон	984	1,17-2,95	1,89-6,38	0,07-0,12	0,10-0,16	4,12-6,25	-	0,18-0,20
2	1-октанен-3-ол	978	0,85-2,27	0,33-0,56	0,17-0,90	0,69-1,05	0,69-0,83	0,06-0,08	0,69-0,95
3	α-феландрен	1005	0,17-0,60	0,83-1,36	-	0,09-0,15	1,65-2,40	0,21-0,38	0,12-0,15
4	α-терпинен	1017	0,03-0,41	0,15-0,55	-	0,31-0,50	0,45-0,66	0,42-0,81	0,49-0,56
5	трициклен	1022	0,12-0,31	0,16-0,28	-	0,06-0,07	0,15-0,17	0,09-0,12	0,05-0,08
6	*p*-цимен	1026	0,36-0,85	0,37-0,76	0,14-0,48	0,13-0,75	0,70-1,21	0,76-1,26	1,09-1,13
7	лимонен	1030	1,71-3,26	2,45-3,04	0,61	1,76	3,74-4,04	3,41-3,97	0,55-0,67
8	α-туен	1032	0,03-0,21	0,07-0,15	0,19	0,25-0,44	0,29-0,46	0,19-0,20	0,43-0,60
9	**α-пинен**	1036	3,89-11,93	**9,18-11,99**	0,13-0,19	**11,78-15,52**	**8,38-10,52**	**26,68-27,04**	5,79-6,29
10	**1,8-цинеол**	**1040**	**16,99-25,59**	**18,85-22,05**	2,54-6,81	**37,48-48,54**	**17,30-17,37**	**12,16-12,90**	**38,03-46,75**
11	γ-терпинен	1060	0,20-0,82	0,47-0,87	-	0,62-1,37	1,63-1,71	1,83-2,21	1,50-1,93
12	*cis*-сабинен гидрат	1070	0,08-0,52	0,25-0,41	0,07-0,11	0,66-1,22	0,63-0,78	0,32-0,34	0,94-1,09
13	камфен	1082	2,77-8,23	5,44-7,09	0,05-0,17	2,92-3,59	5,42-6,07	3,40-3,53	2,55-3,31
14	α-терпинолен	1088	0,22-0,90	0,50-0,91	0,05-0,07	0,39-0,68	0,51-0,71	0,93-1,46	0,38-0,44
15	линалоол	1098	0,92-1,07	0,99-1,33	8,71-12,00	3,21-3,37	1,06-1,39	3,19-3,28	1,38-1,40
16	β-пинен	1123	0,93-7,72	3,28-5,42	0,04-0,07	7,65-8,50	4,31-6,40	2,27-3,45	**8,43-10,06**
17	хризантенон	1125	0,81-1,36	0,43	0,56-1,04	0,15-0,24	0,19	1,02-1,14	-
18	**камфора**	**1145**	**16,64-29,07**	**32,57-39,92**	**17,43-22,41**	**0,53-1,38**	**17,82-19,40**	7,65-7,68	0,56-0,70
19	борнеол	1165	3,03-8,09	2,51-3,58	**23,21-31,49**	3,78-9,61	4,84-5,10	1,68-2,16	**14,03-14,82**
20	β-мирцен	1176	1,74-5,44	0,79-1,72	0,09-0,13	1,60-1,87	3,15-3,46	3,45-4,23	1,34-1,55
21	терпинен-4-ол	1177	1,08-2,07	0,80-0,99	1,65-2,04	1,11-1,39	1,14-1,33	1,71-1,86	1,42-1,53
22	α-терпинеол	1189	2,03-3,72	1,64-1,83	3,00-3,69	3,15-4,65	1,91-1,97	2,28-2,32	3,96-4,51
23	вербенон	1204	2,84-11,31	1,90-1,95	5,83-10,15	1,70-2,51	1,14-1,87	9,23-11,38	0,04-0,03
24	борнил ацетат	1285	0,98-4,75	0,87-2,23	0,90-5,97	3,99-6,47	4,64-7,78	3,98-6,00	2,50-5,25
25	β-кариофиллен	1419	0,42-1,05	0,38-1,58	0,39-2,31	1,86-2,41	1,41-2,38	0,49-0,99	1,45-1,76
26	гумулен	1454	0,35-0,96	0,47-1,10	0,24-0,62	0,23-0,38	0,23-0,34	0,09-0,19	0,07-0,12
27	кариофиллен оксид	1580	0,27-0,80	0,11-0,53	0,61-3,03	0,22-0,92	0,35-0,97	0,04-0,10	0,39-0,86
Идентифицированных компонентов, %			93-96	91-95	89-94	94-97	91-95	89-93	91-96

У образцов розмарина, выращиваемых в условиях Западных Гималаев, выявлена сезонная изменчивость компонентного состава и выхода эфирного масла при устойчивом доминировании 1,8-цинеола (Rathore et al., 2022).

Анализ компонентного состава позволяет говорить о существенных различиях между образцами. Содержание 1,8-цинеола варьировало от 2,5-6,8 у RO2 до 37,5-48,5 у RO3 и 37,48-48,54% у RP6. Максимальные значения камфоры отмечены у сорта 'Горизонт' и RO1 (16,6-39,9%), тогда как в RO3 и RP6 она присутствовала лишь в следовых количествах. Борнеол, наоборот, был высок у RO2 (23,2-31,5%) и повышен у RP6 (14,0-14,8%). У RP5 преобладали α-пинен (26,7-27,0) и вербенон (9,2-11,4), у RO2 содержание вербенона также было значимым (5,83-10,15%).

Различия между образцами сохраняются из года в год, несмотря на колебания абсолютных значений. Сохранение качественного профиля при количественной изменчивости даёт основание рассматривать эти группы как хемотипы, а не как временные состояния.

Помимо основных маркерных соединений, в масле присутствовали минорные компоненты такие как: трициклен, α-туйен, камфен, мирцен, лимонен, γ-терпинен, терпинен-4-ол, α-терпинеол, β-кариофиллен и кариофилленоксид и др. Их содержание, как правило, не превышало нескольких процентов, однако в отдельных случаях (например, борнилацетат у образца RO4) достигало значений, которые необходимо учитывать при детальной характеристике профиля.

Для перехода от характеристики компонентного состава отдельных образцов к оценке их сходства и различий применяли методы многомерного статистического анализа. В частности, использовали метод главных компонент (PCA) и иерархический кластерный анализ с агломеративным алгоритмом Уорда на основе евклидова расстояния в пространстве стандартизированных признаков.

Первые две главные компоненты в сумме описывали более 64% общей дисперсии выборки. Это достаточно высокий показатель, позволяющий интерпретировать основные закономерности распределения объектов. На ординационной диаграмме PCA наиболее заметным оказалось положение образца

RO2 (Рисунок 4.1), который был существенно удалён от остальных точек по оси PC1. Анализ исходных данных показывает, что такое смещение связано со специфическим соотношением мажорных компонентов, высоким содержанием борнеола и камфоры при одновременном низком уровне 1,8-цинеола. По результатам многомерного анализа RO2 обособлен по химическому составу.

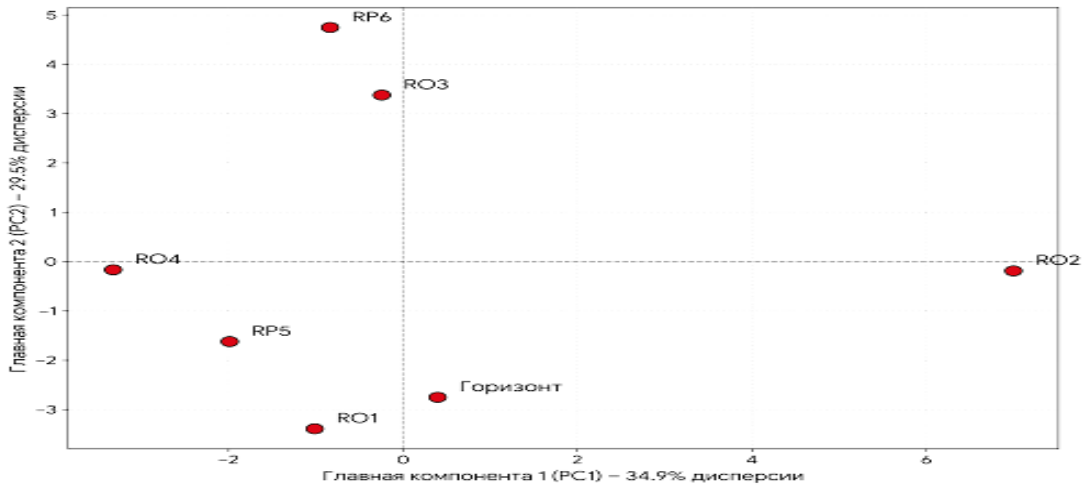


Рисунок 4.1 – Ординационная диаграмма PCA распределения образцов розмарина лекарственного по компонентному составу эфирного масла. Первые две главные компоненты объясняют 64,4% общей дисперсии

Остальные образцы образовали более компактную, хотя и не вполне однородную группу. 'Горизонт' и RO1 располагались близко друг к другу. На дендрограмме, построенной методом Уорда, они объединялись на минимальном расстоянии, что свидетельствует о высокой степени сходства их профилей (Рисунок 4.2). RO4 также входил в эту область, однако присоединялся на более высоком уровне иерархии. Это отражает наличие умеренных отличий, связанных, в частности, с повышенным содержанием борнилацетата.

Отдельную группировку образовали высокоцинеольные образцы RO3 и RP6. Их совместное расположение как на дендрограмме, так и в пространстве главных компонент указывает на то, что доминирование 1,8-цинеола является устойчивой и, по-видимому, генетически обусловленной особенностью этих форм. Образец RP5, характеризующийся высоким содержанием α-пинена и

вербенона, занимал промежуточное положение и не образовывал тесных кластеров ни с одной из основных групп, что подчёркивает индивидуальность его терпенового спектра.

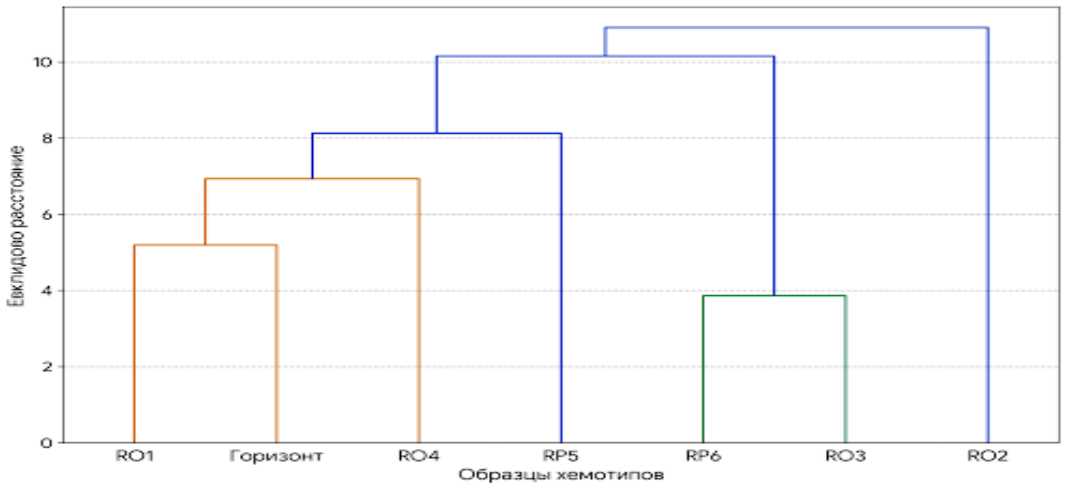


Рисунок 4.2 – Дендрограмма иерархического кластерного анализа образцов розмарина лекарственного (метод Уорда, евклидово расстояние)

Отдельную группу образовывают высокоцинеольные образцы RO3 и RP6. Их совместное расположение как на дендрограмме, так и в пространстве главных компонент указывает на то, что доминирование 1,8-цинеола является устойчивой и, по-видимому, генетически обусловленной особенностью этих форм. Образец RP5, характеризующийся высоким содержанием α-пинена и вербенона, занимал промежуточное положение и не образовывал тесных кластеров ни с одной из основных групп. Это подчёркивает индивидуальность его терпенового спектра.

В целом результаты PCA и кластерного анализа хорошо согласуются между собой. Оба подхода выявляют наличие относительно стабильных групп (камфорно-цинеольной и высокоцинеольной), а также обособленных вариантов (RO2 и, в меньшей степени, RP5). Такая структура данных создаёт основу для выделения хемотипов.

Многолетние данные о компонентном составе ЭМ и статистическая обработка показали, что все изученные образцы можно разделить на шесть хемотипов. В основу такого разделения легло преобладание определённых

монотерпенов в составе эфирного масла. При этом учитывали только компоненты с содержанием выше 10-15%, поскольку именно они формируют основной профиль масла. Краткие сведения о выделенных хемотипах приведены в таблице 4.3 и приведена их более подробная характеристика.

Таблица 4.3 – Хемотипы эфирного масла образцов розмарина лекарственного

Хемотип	Образцы	Маркерные компоненты, %	Характерные особенности
1,8-цинеольный	RO3	1,8-цинеол 37,5-48,5 α-пинен 11,8-15,5 β-пинен 7,7-8,5 камфора 0,5-1,4	Классический цинеольный тип. Камфора практически отсутствует. Стабильный состав по годам.
камфорно-цинеольный	'Горизонт', RO1	камфора 16,6-39,9 1,8-цинеол 17,0-25,6 α-пинен 3,9-12,0 вербенон 1,9-11,3	Доминируют камфора и 1,8-цинеол. Содержание вербенона варьирует.
борнеолово-камфорный	RO2	борнеол 23,2-31,5 камфора 17,4-22,4 линалоол 8,7-12,0 1,8-цинеол 2,5-6,8	Высокое содержание борнеола и линалоола при низком уровне 1,8-цинеола.
цинеольно-борнеольный	RP6	1,8-цинеол 38,0-46,8 борнеол 14,0-14,8 α-терпинеол 4,0-4,5 камфора 0,6	Высокий 1,8-цинеол в сочетании со значительным содержанием борнеола. Камфора минимальна.
пиненово-вербеноновый	RP5	α-пинен 26,7-27,0 вербенон 9,2-11,4 1,8-цинеол 12,2-12,9 камфора 7,7	Доминирует α-пинен. Высокое содержание вербенона.
смешанный камфорно-цинеольный	RO4	камфора 17,8-19,4 1,8-цинеол 17,3 борнилацетат 4,6-7,8 α-пинен 8,4-10,5	Близкий к камфорно-цинеольному типу с повышенным содержанием борнилацетата.

1,8-цинеольный хемотип представлен образцом RO3. Главным компонентом масла выступает 1,8-цинеол, содержание которого составляет 37,5-48,5%. Заметную долю занимают также α-пинен (11,8-15,5%) и β-пинен (7,7-8,5%). Камфора присутствует лишь в следовых или очень небольших количествах (0,5-

1,4%). Такой профиль соответствует классическому цинеольному типу, широко распространённому в популяциях Северной Африки и ряда других районов Средиземноморья (Ismaili et al., 2017; Satyal et al., 2017). Соотношение компонентов у RO3 оставалось стабильным на протяжении всех лет наблюдений, что позволяет рассматривать данный хемотип как устойчивый.

Камфорно-цинеольный хемотип объединяет сорт ′Горизонт′ и образец RO1. Здесь ведущую роль играют два компонента камфора (16,6-39,9%) и 1,8-цинеол (17,0-25,6%). Присутствуют также α-пинен (3,9-12,0%) и вербенон (1,9-11,3%). У RO1 содержание камфоры было, как правило, выше, чем у сорта ′Горизонта′, однако общее соотношение компонентов оставалось в рамках одного типа. Данный хемотип близок к так называемому «испанскому» (cineole-camphor) профилю, описанному для многих европейских популяций розмарина (Napoli et al., 2010; Serralutzu et al., 2020).

Борнеолово-камфорный хемотип представлен единственным образцом – RO2. Он резко выделяется на фоне остальных форм высоким содержанием борнеола (23,2-31,5%) и линалоола (8,7-12,0%). Камфора сохраняется на довольно высоком уровне (17,4-22,4%), тогда как 1,8-цинеол падает до 2,5-6,8%. Именно это сочетание обусловило обособленное положение RO2 на диаграмме главных компонент. Подобные профили встречаются в литературе реже, чем чисто цинеольные или камфорно-цинеольные, и представляют особый интерес с точки зрения возможного практического использования.

Цинеольно-борнеольный хемотип (образец RP6) характеризуется высоким содержанием 1,8-цинеола (38,0-46,8%) в сочетании со значительным накоплением борнеола (14,0-14,8%) и α-терпинеола (4,0-4,5%). Камфора практически отсутствует (около 0,6%). Такой профиль близок к тунисско-марокканскому (cineole-borneol) типу, отмечаемому в работах по североафриканским популяциям (Zaouali et al., 2005; Ben Jemia et al., 2015; Hannour et al., 2018). Интересно, что морфологически RP6 относится к стелющимся формам, однако это не помешало формированию типично цинеольного профиля, хотя и с заметной долей борнеола.

Пиненово-вербеноновый хемотип (образец RP5) отличается доминированием α-пинена (26,7-27,0%) и повышенным содержанием вербенона (9,2-11,4%). 1,8-цинеол присутствует в умеренных количествах (12,2-12,9%), камфора – около 7,7%. Вербеноновые формы хорошо известны для популяций Корсики и Сардинии (Pintore et al., 2002; Napoli et al., 2010; Melito et al., 2019), они встречаются и в других регионах, хотя и реже, чем цинеольные или камфорные. RP5 не образовывал тесных кластеров с остальными образцами, что подтверждает своеобразие его состава.

Смешанный камфорно-цинеольный хемотип с повышенным содержанием сложных эфиров представлен образцом RO4. По соотношению основных компонентов он близок к камфорно-цинеольной группе (камфора 17,8-19,4%; 1,8-цинеол около 17,3%), однако стабильно отличается повышенным содержанием борнилацетата (4,6-7,8%). Именно эта особенность и послужила основанием для выделения его в отдельный, хотя и близкий к основному, вариант.

Каждый образец сохранял свой качественный профиль все годы наблюдений. Даже сезонные колебания количественного содержания компонентов не приводили к смене хемотипа. Похожие результаты получены и в других работах, где хемотипы розмарина оставались устойчивыми при многолетних исследованиях (Sadeh et al., 2019; Melito et al., 2019; Serralutzu et al., 2020).

Полученные результаты в целом согласуется с представлениями о хемотипическом разнообразии розмарина в Средиземноморском регионе. Классические цинеольный, камфорный и вербеноновый типы, а также различные переходные формы неоднократно описывались для популяций Испании, Италии, Сардинии, Марокко и Туниса (Satyal et al., 2017; Napoli et al., 2010; Serralutzu et al., 2020; Melito et al., 2019; Ismaili et al., 2017).

Изученные образцы представлены как широко распространёнными вариантами хемотипов (1,8-цинеольный, камфорно-цинеольный), так и более редкими (борнеолово-камфорный, пиненово-вербеноновый). Наличие цинеольно-борнеольного профиля эфирного масла у образца RP6 сближает этот образец с североафриканскими формами. В то же время камфорно-цинеольный хемотип

сорта 'Горизонт' и образца RO1 ближе к европейским, в частности испанским, популяциям.

Важно подчеркнуть, что хемотипическая принадлежность сохранялась на протяжении всего периода исследования. Количественные колебания, связанные с погодными условиями отдельных лет и, возможно, с фазой развития растений, не приводили к смене хемотипа. Это обстоятельство повышает практическую ценность выделенных групп: они могут служить основой для идентификации сырья и для селекционной работы.

При оценке качества эфирного масла розмарина в международной и отечественной практике ориентируются на стандарт ISO 1342:2012 «Essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.)» и идентичный ему межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 1342-2017 «Масло эфирное розмариновое (*Rosmarinus officinalis* L.). Технические условия». Эти документы устанавливают требования не только к физико-химическим показателям, но и к хроматографическому профилю, диапазонам содержаний основных компонентов. По своей сути стандарт описывает профиль, близкий к классическому испанскому (камфорно-цинеольному) типу.

Сопоставление полученных данных с требованиями ISO 1342 / ГОСТ ISO 1342-2017 показывает, что образцы 'Горизонт', RO1 и в значительной мере RO4 по соотношению камфоры и 1,8-цинеола в целом укладываются в предусмотренные стандартом рамки. Отдельную группу составляют образцы, выходящие за пределы стандартного профиля: с доминированием борнеола (RO2), с высоким содержанием 1,8-цинеола при почти полном отсутствии камфоры (RO3, RP6), с преобладанием α-пинена и вербенона (RP5). Выход за пределы стандартного профиля не означает снижения качества: такие образцы представляют самостоятельные хемотипы и требуют отдельной стандартизации при промышленном использовании (Marko et al., 2018).

Хемотипическая дифференциация напрямую связана с практикой применения эфирного масла. Различия в составе определяют и различия в биологической активности, что необходимо учитывать при выборе направления

использования сырья. Цинеольные формы применяются в ароматерапии и фармации, камфорные в средствах местнораздражающего и анальгетического действия, вербеноновые и борнеольные варианты представляют интерес для более узких специализированных направлений.

Нецелесообразно механическое объединение партий масла, относящихся к разным хемотипам: такое смешивание ведёт к утрате характерных свойств и затрудняет стандартизацию. Наличие в одной коллекции шести устойчивых хемотипов, напротив, открывает возможности для направленного использования сырья и для отбора форм с заданным профилем.

Отдельного внимания заслуживают образцы с редкими профилями RO2 (борнеолово-камфорный) и RP5 (пиненово-вербеноновый). Они могут служить источниками масел с нестандартным соотношением биологически активных монотерпенов и представляют интерес как для дальнейших исследований, так и для возможного практического применения.

Хемотипы воспроизводятся по годам и отражают генетически обусловленные особенности биосинтеза терпенов. Количественные колебания содержаний отдельных компонентов, связанные с условиями отдельных сезонов, не приводят к смене типа. Полученные результаты подтверждают высокое химическое разнообразие коллекции и имеют значение как для стандартизации сырья, так и для дальнейшего отбора форм с заданным профилем эфирного масла.

По результатам скрининга были отобраны образцы, различавшиеся по компонентному профилю эфирного масла. Для оценки устойчивости выявленных различий и определения оптимальных сроков заготовки сырья изучена сезонная динамика компонентного состава и массовая доля ЭМ у этих образцов в течение одного вегетационного периода.

Розмарин лекарственный содержит значительное количество фенольных соединений, среди которых особое значение имеет розмариновая кислота. Это вещество обладает антиоксидантными, противовоспалительными, противовирусными и противоопухолевыми свойствами (Verma et al., 202; Шевчук и др., 2024). Именно высокое содержание розмариновой кислоты определяет

ценность сырья розмарина для медицины и фармации (Никитина и др., 2018а; Никитина и др., 2018б).

Содержание фенольных соединений и розмариновой кислоты в двух сортах розмарина RO1 и RO2 изучали двумя способами. По результатам ВЭЖХ (Шевчук и др., 2024) в сорте RO1 сумма фенольных соединений составила 2724 ± 68 мг/100 г, а розмариновой кислоты 1540 ± 15 мг/100 г (57 % от суммы). В сорте RO2 эти показатели были ниже: 2550 ± 63 мг/100 г фенольных соединений и 620 ± 62 мг/100 **г** розмариновой кислоты (24% от суммы) (Таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Содержание фенольных соединений и розмариновой кислоты в сырье розмарина лекарственного

Сорт	Сумма фенольных соединений, мг/100 г	Розмариновая кислота, мг/100 г	Доля РК от суммы фенолов, %	Метод	Источник
RO1	-	3,69 ± 0,12 %*	-	ТСХ, спектрофотометрия, капиллярный электрофорез	Никитина и др., 2018б
RO1	2724 ± 68	1540 ± 15	57	ВЭЖХ	Шевчук и др., 2024
RO2	2550 ± 63	620 ± 62	24	ВЭЖХ	Шевчук и др., 2024

*Примечание. * – сумма фенолокислот в пересчёте на розмариновую кислоту (в % от извлечения).*

Высокое содержание розмариновой кислоты в сорте 'Новый Горизонт' подтверждается и более ранними данными Никитиной и др. (2018). С помощью тонкослойной хроматографии, спектрофотометрии и капиллярного электрофореза ими установлено, что сумма фенолокислот в листьях этого сорта в пересчёте на розмариновую кислоту составляет 3,69±0,12%. Несмотря на разные единицы измерения, оба исследования показывают одно и то же: в сорте 'Новый Горизонт' розмариновая кислота доминирует среди фенольных соединений.

Для сорта ′Аметист′ подобных данных, полученных другими методами, пока нет. Однако даже по результатам ВЭЖХ уровень розмариновой кислоты в нём остаётся довольно высоким и хорошо согласуется с общей картиной накопления фенольных соединений у розмарина на ЮБК.

В целом можно сказать, что в условиях ЮБК розмарин лекарственный стабильно накапливает значительные количества фенольных соединений и розмариновой кислоты. Наиболее интересным в этом отношении является сорт ′Новый Горизонт′, для которого высокое содержание розмариновой кислоты подтверждено двумя независимыми способами. Сорт ′Аметист′ также заслуживает внимания как источник фенольных соединений, особенно учитывая его пряно-ароматическое назначение.

4.3 Динамика продуктивности, содержания и компонентного состава эфирного масла в течение вегетационного сезона

Изучена динамика накопления эфирного масла у трёх образцов розмарина RO1, RO2 и RO3, выращиваемых в одинаковых условиях ЮБК. Отбор материала проводили в апреле, июле, сентябре и октябре, что позволило сопоставить содержание эфирного масла в период весеннего цветения, летней вегетации, осенней бутонизации и начала цветения, а также осеннего цветения.

Массовая доля эфирного масла у образца RO1 изменялась от 0,50 до 0,83% от сырой массы, у RO3 – от 0,47 до 0,70%, тогда как у RO2 значения были значительно ниже – от 0,05 до 0,10% (Рисунок 4.3). У RO1 максимальное содержание эфирного масла отмечено в октябре. У RO3 также наблюдалась тенденция к увеличению содержания масла к осеннему цветению. Для RO2 содержание масла постепенно увеличивалось от июля к октябрю, однако во все сроки оставалось существенно ниже, чем у RO1 и RO3.

Полученные значения свидетельствуют о выраженных различиях между образцами по уровню накопления эфирного масла. Наиболее высокой

эфиромасличностью характеризовался RO1, промежуточные значения отмечены у RO3, тогда как RO2 существенно уступал двум другим образцам. При этом для всех трёх образцов максимальные значения среди исследованных сроков отбора были получены в октябре.

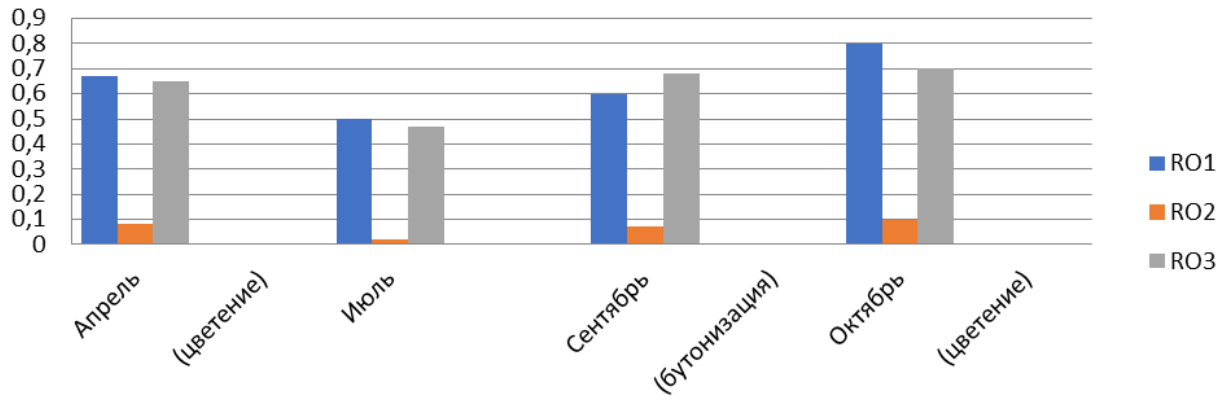


Рисунок 4.3 – Динамика содержания эфирного масла некоторых образцов розмарина лекарственного

Подобные различия в уровне накопления эфирного масла между образцами розмарина отмечались и в литературных источниках. Melito и соавт. (2019) приводят значения выхода масла 0,29-0,89%, а Rathore и соавт. (2022) отмечают увеличение выхода эфирного масла в осенний период. Более высокие значения, до 1,6-1,8%, были получены Salido с соавторами (2003) для розмарина из Южной Испании. Различия между приведёнными показателями могут быть связаны с генотипическими особенностями растений, условиями выращивания, фазой развития и особенностями методики получения эфирного масла.

Дальнейший анализ проводили по компонентному составу эфирного масла в течении одного вегетационного периода, поскольку одинаковая направленность изменения его общего содержания не сопровождалась одинаковой динамикой отдельных соединений.

Эфирное масло образца RO1 характеризовалось преобладанием 1,8-цинеола и камфоры. При этом соотношение этих двух компонентов заметно изменялось в

течение сезона. Содержание 1,8-цинеола увеличивалось с 14,17% в апреле до максимальных 22,99% в июле, после чего снижалось до 20,14% в сентябре и 18,85% в октябре. Содержание камфоры, напротив, после небольшого снижения с 20,03% в апреле до 18,92% в июле последовательно увеличивалось до 32,57% в сентябре и 39,92% в октябре (Таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Динамика основных компонентов эфирного масла образца RO1

№	Компонент	RI	Апрель	Июль	Сентябрь	Октябрь
1	трициклен	1022	0,21	0,18	0,18	0,16
2	α-пинен	1036	8,34	11,86	11,99	9,18
3	α-туйен	1040	0,00	0,04	0,05	0,07
4	камфен	1082	7,02	6,49	6,36	5,44
5	β-пинен	1123	7,24	3,72	3,35	3,28
6	сабинен	1136	0,07	0,04	0,02	-
7	Δ^3-карен	1163	0,04	0,06	0,06	-
8	мирцен	1176	2,23	4,92	1,72	0,79
9	β-фелландрен	1180	0,04	0,07	0,47	1,07
10	D-лимонен	1214	2,32	3,17	3,04	2,45
11	**1,8-цинеол**	**1223**	**14,17**	**22,99**	**20,14**	**18,85**
12	γ-терпинен	1262	0,23	0,55	0,48	0,65
13	октанон-3	1272	0,95	1,68	3,48	3,82
14	*п*-цимол	1289	0,58	0,50	0,59	0,37
15	октен-1-ол-3	1462	0,98	1,70	0,85	0,44
16	**камфора**	**1545**	**20,03**	**18,92**	**32,57**	**39,92**
17	линалоол	1560	8,24	0,95	1,03	1,11
18	борнил ацетат	1603	4,05	2,51	1,14	1,01
19	β-кариофиллен	1619	0,67	0,54	0,38	0,82
20	терпинен-4-ол	1624	1,47	1,10	0,80	0,96
21	α-терпинеол	1719	1,67	2,07	1,53	1,80
22	борнеол	1724	5,10	2,62	2,83	3,23
23	вербенон	1743	3,75	6,55	1,95	-
24	кариофиллен оксид	2020	1,19	0,17	0,11	0,19

Примечание: прочерк (-) отсутствует

Сезонные изменения наблюдались также у других компонентов масла. Содержание β-пинена уменьшалось с 7,24% в апреле до 3,28% в октябре. Линалоол снижался с 8,24 до 1,11%, а борнилацетат с 4,05 до 1,01%. Содержание

α-пинена, напротив, увеличивалось в летне-осенний период до 11,86-11,99%, после чего в октябре снижалось до 9,18%.

Вербенон достигал максимального значения в июле 6,55%, а затем его содержание снижалось до 1,95% в сентябре и менее предела обнаружения в октябре.

Таким образом, для RO1 наиболее характерным изменением в течение сезона было увеличение доли камфоры, особенно в период от июля к октябрю, при одновременном снижении после июльского максимума содержания 1,8-цинеола. В результате к октябрю камфора стала явно преобладающим компонентом масла.

Полученная динамика согласуется с данными Lakušić и соавт. (2013), которые также отмечали увеличение роли камфоры в масле розмарина по мере развития побегов. Вместе с тем степень выраженности этого изменения у исследованного образца RO1 была значительной: содержание камфоры в октябре достигало 39,92%.

В целом RO1 можно охарактеризовать как образец с камфорно-цинеольным профилем, для которого характерно выраженное сезонное изменение соотношения основных компонентов в сторону увеличения доли камфоры в осенний период.

Компонентный состав эфирного масла RO2 существенно отличался от RO1. На протяжении исследованного периода основными компонентами являлись борнеол и камфора. Содержание борнеола последовательно увеличивалось от 14,24% в апреле до 23,21% в июле, 25,71% в сентябре и 29,25% в октябре. Камфора также постепенно увеличивалась с 13,78% в апреле до 22,41% в октябре (Таблица 4.6).

Содержание линалоола изменялось от 6,97% в апреле до 12,00% в октябре. Доля 1,8-цинеола оставалась относительно невысокой и составляла 3,80-9,38%. Вербенон достигал максимума в июле 10,15%, затем снижался до 5,92% в сентябре и несколько увеличивался до 7,04% в октябре.

Для RO2 характерно сочетание низкой общей эфиромасличности с относительно высокой долей отдельных кислородсодержащих монотерпенов, прежде всего борнеола и камфоры. При этом увеличение содержания борнеола и

камфоры происходило параллельно с увеличением общего содержания эфирного масла к октябрю.

Таблица 4.6 – Динамика основных компонентов эфирного масла образца RO2

№	Компонент	RI	Апрель	Июль	Сентябрь	Октябрь
1	α-пинен	1036	6,28	0,14	0,19	0,13
2	камфен	1082	1,93	0,05	0,08	0,17
3	β-пинен	1123	0,80	0,04	0,07	-
4	Δ^3-карен	1163	1,50	0,17	0,26	-
5	D-лимонен	1214	2,39	0,40	0,61	0,41
6	1,8-цинеол	1223	9,38	3,80	6,81	6,34
7	октен-1-ол-3	1462	0,37	0,57	0,90	0,36
8	хризантенон	1535	1,47	0,68	0,96	0,56
9	**камфора**	**1545**	**13,78**	**18,00**	**19,99**	**22,41**
10	**линалоол**	1560	6,97	9,47	9,93	**12,00**
11	*транс*-пинокамфон	1573	-	3,18	3,97	1,04
12	борнил ацетат	1603	9,92	5,92	5,97	0,90
13	β-кариофиллен	1619	3,36	2,31	1,10	0,39
14	терпинен-4-ол	1624	1,38	1,88	1,92	2,04
15	α-терпинеол	1719	1,87	3,19	3,00	3,69
16	**борнеол**	**1724**	**14,24**	**23,21**	**25,71**	**29,25**
17	вербенон	1743	6,60	10,15	5,92	7,04
18	кариофиллен оксид	2020	0,40	0,98	0,61	1,21
19	метилэвгенол	2054	0,55	0,60	0,30	0,69
20	тимол	2213	-	1,18	0,10	-
21	карвакрол	2244	-	1,00	0,37	0,16

В составе масла RO2 в июле и сентябре также отмечено присутствие тимола и карвакрола, которые отсутствовали либо находились ниже предела обнаружения в апреле и были представлены в небольших количествах в октябре. Эти соединения не являлись основными компонентами масла, однако дополняли его индивидуальный компонентный профиль.

Таким образом, RO2 характеризовался борнеол-камфорным профилем с низкой долей 1,8-цинеола. Отличительной особенностью образца являлось последовательное увеличение содержания борнеола и камфоры к осеннему периоду.

В эфирном масле образца RO3 на протяжении всего исследованного периода доминировал 1,8-цинеол. Его содержание последовательно увеличивалось от 39,52% в апреле до 42,19% в июле, 43,52% в сентябре и 44,90% в октябре (Таблица 4.7).

В отличие от RO1, у RO3 не наблюдалось выраженного увеличения содержания камфоры в осенний период. В апреле её доля составляла 0,36%, в июле 0,56%, в сентябре 0,68%, а в октябре увеличивалась до 3,49%. Несмотря на это увеличение, камфора оставалась значительно менее представленной, чем 1,8-цинеол. Содержание α-пинена достигало максимума в июле 20,13%, после чего снижалось до 18,87% в сентябре и 10,04% в октябре.

Таблица 4.7 – Динамика основных компонентов эфирного масла образца RO3

№	Компонент	RI	Апрель	Июль	Сентябрь	Октябрь
1	трициклен	1022	0,06	0,07	0,06	0,04
2	**α-пинен**	**1036**	**13,83**	**20,13**	**18,87**	**10,04**
3	α-туйен	1040	0,13	0,06	0,08	0,05
4	камфен	1082	3,06	2,82	2,75	2,09
5	β-пинен	1123	10,08	3,58	4,25	3,57
6	сабинен	1136	0,13	0,04	0,06	0,07
7	β-мирцен	1176	1,09	1,69	1,55	1,48
8	лимонен	1214	1,74	2,75	2,67	2,31
9	**1,8-цинеол**	**1223**	**39,52**	**42,19**	**43,52**	**44,90**
10	γ-терпинен	1262	0,57	0,87	0,72	0,63
11	п-цимол	1289	0,57	0,82	0,90	0,88
12	1-октен-3-ол	1462	0,44	1,28	1,32	1,72
13	камфора	1545	0,36	0,56	0,68	3,49
14	линалоол	1560	2,12	3,47	3,48	4,71
15	борнил ацетат	1603	3,93	1,12	1,30	1,67
16	β-кариофиллен	1619	4,87	0,85	1,05	0,90
17	терпинен-4-ол	1624	1,07	1,03	1,02	1,58
18	α-терпинеол	1719	3,11	3,58	3,29	4,13
19	борнеол	1724	4,33	4,36	4,42	5,54
20	вербенон	1743	0,93	2,68	2,04	2,94
21	кариофиллен оксид	2020	0,90	0,26	0,19	0,34

β-пинен был наиболее представлен в апреле 10,08%, затем его содержание снижалось и в последующие сроки находилось в пределах 3,57-4,25%.

К осени увеличивалось содержание ряда кислородсодержащих компонентов: борнеола с 4,33 до 5,54%, линалоола с 2,12 до 4,71%, α-терпинеола с 3,11 до 4,13%. Вербенон изменялся в пределах 0,93-2,94%.

Таким образом, в отличие от RO1, у RO3 доминирование 1,8-цинеола сохранялось на протяжении всего исследованного периода, а его содержание к октябрю достигало максимального значения 44,90%. По этому признаку образец может быть отнесён к цинеольному типу.

Для наглядного сопоставления сезонных изменений основных компонентов эфирного масла у исследованных образцов построен график, отражающий динамику наиболее характерных для каждого образца соединений (Рисунок 4.4).

Как показано на рисунке, образцы существенно различались не только по абсолютному содержанию отдельных компонентов, но и по направленности их сезонных изменений. Для RO1 наиболее характерно увеличение содержания камфоры к осени, доля 1,8-цинеола после июльского максимума снижалась. У RO2 на протяжении всего периода возрастало содержание борнеола и камфоры, причём борнеол оставался преобладающим компонентом. Для RO3, напротив, сохранялось устойчивое доминирование 1,8-цинеола, содержание которого постепенно увеличивалось с апреля по октябрь.

Таким образом, при выращивании образцов в одинаковых условиях ЮБК выявлены выраженные различия в уровне накопления эфирного масла и характере изменения его компонентного состава. RO1 характеризовался наиболее высокой эфиромасличностью и выраженным увеличением доли камфоры в осенний период. RO2 отличался низкой общей эфиромасличностью, но высокой долей борнеола и камфоры. Для RO3 было характерно стабильное доминирование 1,8-цинеола и его постепенное увеличение к осеннему периоду.

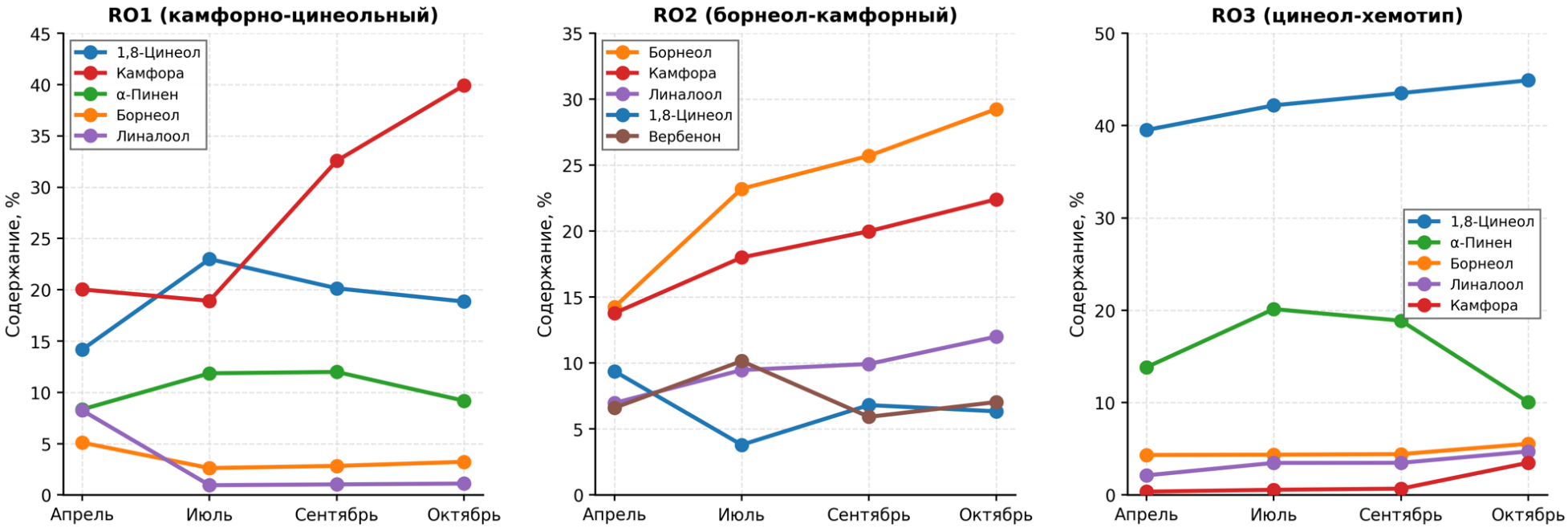


Рисунок 4.4 – Динамика содержания основных компонентов эфирного масла образцов RO1, RO2 и RO3 в течение вегетационного периода

Сопоставление полученных результатов с опубликованными данными показывает, что наблюдаемая сезонная изменчивость основных компонентов соответствует общему характеру изменений, описанному для розмарина в различных условиях выращивания (Lakušić et al., 2013; Melito et al., 2019; Rathore et al., 2022). Вместе с тем соотношение основных компонентов у исследованных образцов сохраняло выраженную индивидуальность, что указывает на значительную внутривидовую изменчивость эфирного масла.

С практической точки зрения полученные результаты показывают, что срок заготовки сырья следует выбирать с учётом компонентного профиля конкретного образца. Среди изученных сроков у RO1 и RO3 максимальное содержание эфирного масла отмечено в октябре. В этот же период у RO1 наблюдалось максимальное содержание камфоры, а у RO3 1,8-цинеола. У RO2 в октябре одновременно достигались максимальные значения содержания эфирного масла, борнеола и камфоры.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что оценка только общего содержания эфирного масла недостаточна для определения наиболее подходящего срока заготовки сырья. Необходимо учитывать и качественный состав масла, поскольку направление сезонных изменений у разных образцов существенно различается.

При этом окончательный выбор образца для конкретного направления использования должен проводиться с учётом не только состава эфирного масла, но также продуктивности зелёной массы и других хозяйственно-биологических характеристик, рассмотренных в соответствующих разделах настоящей работы.

4.4 Новые сорта и перспективные сортообразцы розмарина лекарственного

На основе комплексной оценки хозяйственно ценных признаков созданы два сорта: ′Новый Горизонт′ – эфиромасличного направления (урожайность до 80 ц/га, содержание эфирного масла 0,80-0,98 % от сырой массы, камфорно-

цинеольный хемотип эфирного масла) и ′Аметист′ – пряно-ароматического направления, урожайность до 100 ц/га, содержание эфирного масла 0,03-0,10%, борнеолово-камфорный хемотип эфирного масла).

Выделены два перспективных сортообразца: RO3 с промышленным цинеольным хемотипом эфирного масла (1,8-цинеол 37,48-48,54%, борнеол 3,78-9,61%), RP5 – с эфирным маслом пиненово-вербенонового (α-пинен 26,7-27,0%, вербенон 9,2-11,4% и 1,8-цинеол 12,9%) хемотипа, представляющий интерес для использования в косметологии и медицине.

Сорт ′Аметист′ Авторы: Хлыпенко Л.А., Шевчук О.М., Феськов С.А.

В условиях ЮБК формирует полураскидистый куст, высотой до 1,5 м, диаметром 80-90 см, характеризуются насыщенно зеленой окраской листьев и фиолетово-голубой окраской цветков. Листья ланцетные, кожистые, длиной до 3,5 см, шириной до 0,4 см. Верхняя сторона ярко-зеленая, глянцевая, нижняя опушена густым войлоком серых многоклеточных волосков. Продуктивность с куста составляет 570 г. Имеет два периода цветения – весенний (с начала марта до середины мая) и осенний (сентябрь-октябрь). Содержание эфирного масла в надземной массе на протяжении вегетации растений колеблется от 0,03 до 0,10% от сырой массы, что характеризует сорт как низкоэфиромасличный. Имеет приятный пряный древесно-камфорный аромат.

Применение: Оптимальными сроками получения пряно-ароматического сырья розмарина на Южном берегу Крыма является период июль-август.

Сорт ′Новый горизонт′ Авторы: Хлыпенко Л.А., Шевчук О.М., Феськов С.А.

В условиях ЮБК формирует компактный куст, высотой 100-130 см и диаметром 90-100 см. Листья сидячие, ланцетные длиной 2 см, шириной 0,2 см, сверху гладкие, серо-зеленые, с нижней стороны серые, покрыты густым войлоком серых многоклеточных волосков. Цветок белый с бледно-голубыми точками, собраны в густые мутовчатые соцветия. Сорт в условиях Южного берега Крыма зимостойкий, повреждается розмариновым листоедом в средней степени. Продуктивность с растения составляет 1200 г. Содержание эфирного масла в надземной массе на протяжении вегетации растений колеблется

от 0,80 до 0,98% от сырой массы (1,96 до 2,20% на абсолютно сухой вес). Оптимальными сроками получения эфирного масла розмарина на ЮБК является период массового цветения (апрель-май и сентябрь-октябрь). Основными компонентами являются: камфора – 32,57%, 1,8-цинеол – 20,14%, α-пинен – 12,05%, линалоол – 8,24%, а также β-пинен – 7,24% и борнеол – 5,10%. Применение: для получения эфирного масла.

Установлено, что при выращивании в условиях ЮБК продуктивность надземной массы изучаемых образцов колеблется от 420 до 1200 г/растение. Максимальное значение данного показателя отмечено для образца RO1 (1200,0±90,0 г), что на 20,6% выше контроля (сорта 'Горизонт' 995,0±58,0 г). В надземной массе образцов накапливается от 0,06 до 0,83% эфирного масла (в пересчёте на сырую массу) (контроль: 0,78±0,07%), наибольшее содержание эфирного масла характерно для образца RO1 – 0,83±0,06 %, наименьшее – для RO2 – 0,06±0,02%. В листьях образца RO1 обнаружено высокое содержание розмариновой кислоты (535 мг/100 г), а также рутин, феруловая и кофейная кислоты.

В эфирном масле изучаемых образцов розмарина идентифицировано 27 компонентов, составляющих 89-97% состава. Наиболее представленные соединения относятся преимущественно к монотерпенам и их кислородсодержащим производным: 1,8-цинеол, камфора, α- и β-пинены, борнеол, борнилацетат, камфен и вербенон. С использованием PCA и кластерного анализа выделены четыре хемотипа: 1,8-цинеольный (RO3, RP6), камфорно-цинеольный ('Горизонт', RO1, RO4), борнеолово-камфорный (RO2) и пиненово-вербеноновый (RP5). Изучение сезонной динамики накопления и компонентного состава эфирного масла трех образцов розмарина (RO1, RO2 и RO3) показало увеличение его содержания и основных компонентов в надземной массе к осени.

На основе комплексной оценки хозяйственно ценных признаков созданы два сорта: 'Новый Горизонт' – эфиромасличного направления (урожайность до 80 ц/га, содержание эфирного масла 0,80-0,98 % от сырой массы, камфорно-цинеольный

хемотип эфирного масла) и ′Аметист′ – пряно-ароматического направления (урожайность до 100 ц/га, содержание эфирного масла 0,03-0,10%, борнеолово-камфорный хемотип эфирного масла). Выделены два перспективных сортообразца: RO3 с промышленным цинеольным хемотипом эфирного масла (1,8-цинеол 37,48-48,54%, борнеол 3,78-9,61%), RP5 – с эфирным маслом пиненово-вербенонового (α-пинен 26,7-27,0%, вербенон 9,2-11,4% и 1,8-цинеол 12,9%) хемотипа, представляющий интерес для использования в косметологии и медицине.

ГЛАВА 5 БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СЫРЬЯ РОЗМАРИНА ЛЕКАРСТВЕННОГО

Устойчивость к противомикробным препаратам (antimicrobial resistance, AMR) представляет собой одну из наиболее значимых глобальных проблем общественного здравоохранения и рассматривается Всемирной организацией здравоохранения в числе ключевых угроз эффективному контролю инфекционных заболеваний (World Health Organization, 2014, 2019).

Молекулярные механизмы резистентности включают снижение внутриклеточной концентрации препарата вследствие ограничения проникновения и работы эффлюксных систем, модификацию или защиту мишени, ферментативную инактивацию антибиотика и обход метаболических путей; дополнительную устойчивость микробных сообществ обеспечивает биоплёночный образ жизни (Hoiby et al., 2010; Darby et al., 2023). В этих условиях поиск новых антимикробных агентов и адъювантных соединений природного происхождения рассматривается как одно из направлений расширения терапевтического арсенала (Cowan, 1999; Nazzaro et al., 2013).

Актуальность разработки отечественных растительных субстанций имеет также ресурсно-технологический аспект. В рекомендациях Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию от 18.10.2022 № 21/19 «О проблемах и перспективах выращивания и переработки лекарственных растений в Российской Федерации» предложено расширять номенклатуру используемых видов растений и развивать технологии переработки отечественного лекарственного растительного сырья. Для эфиромасличных и лекарственных культур это предполагает не только поиск продуктивных генотипов, но и выбор способов экстракции, обеспечивающих воспроизводимый химический профиль и технологически приемлемые формы продукта.

В этих условиях актуален поиск природных соединений с антимикробной активностью, потенциально способных расширить

возможности контроля бактериальных инфекций и снизить зависимость от интенсивного применения традиционных антибактериальных препаратов и связанного с ним селективного давления на бактериальные популяции (Burt, 2004; Nazzaro et al., 2013; Ventola, 2015).

К перспективным природным источникам таких соединений относятся эфирные масла и экстракты из сырья лекарственных растений – многокомпонентные смеси летучих вторичных метаболитов растений. Их антибактериальное действие связывают с нарушением структурно-функционального состояния цитоплазматической мембраны микроорганизмов, изменением её проницаемости и мембранного транспорта, а также воздействием на ферментативные и метаболические процессы бактериальной клетки (Hammer et al., Carson, Riley, 1999; Dorman, Deans, 2000; Burt, 2004; Nazzaro et al., 2013). Выраженность эффекта зависит от качественного и количественного состава эфирного масла и экстракта, концентрации компонентов, свойств тест-микроорганизма и условий эксперимента; многокомпонентность допускает аддитивные, синергические и антагонистические взаимодействия (Lee et al., 2013).

5.1 Антимикробная активность эфирного масла

Характерной особенностью эфирного масла розмарина является выраженная внутривидовая вариабельность компонентного состава, обусловленная генотипическими особенностями растений и модифицируемая условиями произрастания, сезонной динамикой вторичного метаболизма, сроками заготовки сырья и технологией получения масла (Angioni et al., 2004; Белопухов и др., 2017; Moghaddam, Mehdizadeh, 2017; Kwon et al., 2019; Sadeh et al., 2019; Marko et al., 2020; Ермаченков и др., 2025).

Антибактериальную активность эфирного масла розмарина связывают с совокупным действием моно- и сесквитерпенов, прежде всего 1,8-цинеола, α-пинена, камфоры, борнеола и вербенона (Angioni et al., 2004; Zaouali et al., 2010).

Эффект может определяться не только содержанием отдельных мажорных компонентов, но и их соотношением, присутствием минорных соединений и межкомпонентными взаимодействиями, что обосновывает необходимость учитывать хемотипическую вариабельность при сравнительной оценке активности и стандартизации сырья (Zaouali et al., 2010; Sienkiewicz et al., 2013).

Чувствительность микроорганизмов к эфирным маслам определяется также особенностями клеточной оболочки. Грамотрицательные бактерии характеризуются более низкой чувствительностью к гидрофобным компонентам эфирных масел вследствие наличия наружной липополисахаридной мембраны, выполняющей дополнительную барьерную функцию (Hammer et al., Carson, Riley, 1999; Burt, 2004; Nazzaro et al., 2013). Подобные различия описаны и для *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* (Burt, 2004; Sienkiewicz et al., 2013), однако выраженность эффекта зависит также от химического профиля масла, его концентрации и параметров экспериментальной системы.

Нами проведено изучение антибактериальной активности эфирных масел семи образцов розмарина лекарственного в отношении *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* с учётом хемотипического профиля, концентрации эфирного масла и величины бактериального инокулюма, включая определение минимальной ингибирующей концентрации (Феськов и др., 2026).

Эфирные масла получали из свежесобранного сырья в фазу вегетации (июнь 2025 г.). Компонентный состав эфирных масел существенно различался между образцами (Таблица 5.1), но в целом соответствовал их хемотипу (см. Таблицу 4.2). Наиболее представленные соединения относились преимущественно к монотерпенам и их кислородсодержащим производным: 1,8-цинеол, камфора, α- и β-пинены, борнеол, борнилацетат, камфен и вербенон. Различия между RO3-RP6 охватывали как доминирующий компонент, так и соотношение нескольких соединений, что позволяло рассматривать образцы как контрастные хемотипические профили.

Наибольшие межобразцовые различия были связаны с содержанием и соотношением 1,8-цинеола, камфоры, α- и β-пиненов, борнеола и вербенона.

Таблица 5.1 – Содержание и основные компоненты эфирного масла образцов розмарина лекарственного

Компонент	Образец						
	RO3	'Горизонт' (к)	RO4	'Аметист' (RO2)	'Новый Горизонт' (RO1)	RP5	RP6
	Массовая доля, %						
α-пинен	15,16	8,38	11,93	10,2	11,33	26,67	5,79
камфен	3,25	6,07	8,24	4,03	7,09	3,39	3,31
β-пинен	8,47	6,40	6,73	3,11	5,42	3,44	10,06
3-октанон	-	4,12	1,26	-	1,89	-	0,20
β-мирцен	1,46	3,15	5,21	1,10	0,83	3,45	1,34
α-фелландрен	0,08	1,65	0,32	0,29	1,11	0,21	0,15
(+)-3-карен	-	-	-	1,30	-	-	0,30
p-цимен	0,61	1,21	0,36	0,60	0,77	1,26	1,13
лимонен	0,99	3,74	2,89	2,46	2,91	3,41	0,67
1,8-цинеол	33,52	17,30	17,00	15,09	19,08	13,00	38,03
γ-терпинен	0,48	1,71	0,60	0,47	0,47	1,83	1,93
cis-β-терпениол	0,75	0,82	-	-	-	0,34	1,09
линалоол	3,23	1,06	1,07	3,59	0,99	3,19	1,38
хризантенон	0,36	0,19	0,81	0,91	-	1,14	-
камфора	-	17,82	16,64	11,34	33,41	7,65	0,56
борнеол	6,03	5,17	3,58	15,13	2,51	2,86	14,03
изопинокамфон	-	-	-	1,78	-	-	-
терпинен-4-ол	1,21	1,33	1,08	1,18	0,80	1,86	1,53
α-терпениол	3,92	1,91	2,03	2,05	1,64	2,32	3,96
вербенон	-	2,86	6,03	3,95	-	9,23	-
карвакрол	-	-	-	-	-	-	1,05
борнилацетат	5,34	7,78	4,75	6,94	2,23	6,00	5,25
кариофиллен	3,88	2,38	1,05	1,96	1,58	0,99	1,76
хумулен	0,56	0,34	0,96	0,34	1,09	-	-

Примечание. *Приведены компоненты, содержание которых достигало ≥1,0% хотя бы в одном из исследованных образцов; для полноты сравнительного профиля показаны их значения во всех образцах*

RO3 характеризовался сочетанием 1,8-цинеола (33,52%), α-пинена (15,16%) и β-пинена (8,47%); ′Горизонт′ (к) – близкими долями камфоры (17,82%) и 1,8-цинеола (17,30%) в сочетании с α-пиненом (8,38%) и повышенным содержанием борнилацетата (7,78%); RO4 – сочетанием 1,8-цинеола (17,00%), камфоры (16,64%), α-пинена (11,93%) и камфена (8,24%); сорт ′Аметист′ – повышенным содержанием борнеола (15,13%) и 1,8-цинеола (15,09%) в сочетании с камфорой (11,34%) и α-пиненом (10,20%); сорт ′Новый Горизонт′ – выраженным доминированием камфоры (33,41%) при значительном содержании 1,8-цинеола (19,08%) и α-пинена (11,33%); RP5 – максимальным содержанием α-пинена (26,67%) и вербенона (9,23%) в сочетании с 1,8-цинеолом (13,00%) и камфорой (7,65%); RP6 – максимальным содержанием 1,8-цинеола (38,03%), высоким содержанием борнеола (14,03%) и β-пинена (10,06%). Суммарная доля указанных доминирующих компонентов составляла соответственно 57,15; 51,28; 53,81; 51,76; 63,82; 56,55 и 62,12% для образцов RO3-RP6.

С учётом ранее описанного хемотипического разнообразия коллекции (Марко и др., 2018; Марко и др., 2020; Шевчук и др., 2022б) и соотношения мажорных компонентов, исследованные образцы эфирного масла условно охарактеризовали следующими компонентными профилями: RO3 – цинеольно-пиненовым; ′Горизонт′ (к) – камфорно-цинеольным с повышенным содержанием борнилацетата; RO4 – камфорно-цинеольным с повышенным содержанием камфена; ′Аметист′ – борнеольно-камфорно-цинеольным; ′Новый Горизонт′ – камфорно-цинеольным с доминированием камфоры; RP5 – α-пинен-цинеольным с повышенным содержанием вербенона; RP6 – цинеольно-борнеольным. Такое обозначение использовали для сравнительной характеристики образцов без предположения о самостоятельном определяющем вкладе отдельного компонента в биологический эффект. Результаты дискодиффузионного теста исследованных эфирных масел представлены в таблице 5.2.

В отрицательном контроле с ДМСО зоны задержки роста отсутствовали, что подтверждало отсутствие влияния растворителя на рост тест-культур. В положительном контроле с гентамицином диаметры зон ингибирования

составляли 22,0±1,5 мм для *E. coli* и 24,0±1,8 мм для *S. aureus*, подтверждая чувствительность использованных тест-штаммов.

Таблица 5.2 – Антибактериальная активность эфирного масла образцов розмарина лекарственного в отношении коллекционных музейных штаммов *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*

Образец	Диаметр зон задержки роста, мм, M±SD|					
	100% эфирное масло		5% эфирное масло			
	разведение тест-объектов					
	10^{-3}		10^{-3}		10^{-4}	
	Staphylococcus aureus	*Escherichia coli*	*Staphylococcus aureus*	*Escherichia coli*	*Staphylococcus aureus*	*Escherichia coli*
′Горизонт′ (к)	10,5±1,3	22,0±2,6	7,5±0,6	11,5±3,0	9,0±0,0	10,5±1,7
′Новый Горизонт′ (RO1)	ПП	20,8±2,2	8,3±2,5	11,0±5,1	7,0±0,0	14,3±1,9
′Аметист′ (RO2)	ПП	15,5±1,7	7,0±0,0	9,0±0,0	9,3±2,5	10,0±0,0
RO3	12,0±2,2	19,5±3,4	13,0±0,0	11,0±0,0	8,5±1,0	15,0±0,0
RO4	15,3±5,7	10,3±3,3	6,0±0,0	9,5±0,6	8,3±1,3	18,8±1,5
RP5	ПП	15,5±1,0	10,0±0,0	10,0±0,0	ПП	16,3±2,5
RP6	15,0±0,0	16,0±1,4	8,8±1,5	13,3±3,9	ПП	14,0±1,8

Примечание. *ПП – полное подавление видимого роста. Отношение S. aureus/E. coli рассчитано по диаметрам измеряемых зон задержки роста для 100%-ного эфирного масла при разведении инокулюма 10^{-3}; в случаях полного подавления роста числовое отношение не рассчитывали.*

При использовании 100%-ного эфирного масла полное подавление видимого роста *S. aureus* отмечено для эфирного масла сортов ′Аметист′, ′Новый Горизонт′ и образца RP5, тогда как в отношении *E. coli* полного подавления не зарегистрировано. Среди образцов с измеряемыми зонами наибольшая активность против *E. coli* наблюдалась у сортов ′Горизонт′ (к) (22,0±2,6 мм) и ′Новый Горизонт′ (20,8±2,2 мм). Наименьшее значение отмечено для RO4 (10,3±3,3 мм; $p<0,01$). Для RO4 одновременно зарегистрирована наибольшая измеряемая зона задержки роста *S. aureus* – 15,3±5,7 мм, однако этот образец характеризовался и наибольшей вариабельностью результатов между повторностями (SD = 5,7 мм).

Сопоставление антибактериальной активности с компонентным составом показало, что выраженное ингибирование *S. aureus* наблюдалось у образцов с существенно различающимися химическими профилями. RP5 характеризовался высоким содержанием α-пинена (26,67%) и вербенона (9,23%), RP6 – 1,8-цинеола (38,03%) и борнеола (14,03%), сорт ′Новый Горизонт′ – максимальным содержанием камфоры (33,41%), тогда как сорт ′Аметист′ содержал борнеол (15,13%), 1,8-цинеол (15,09%) и камфору (11,34%). В отношении *E. coli* наиболее крупные зоны при использовании 100%-ного масла зарегистрированы для сортов ′Горизонт′ (к) и ′Новый Горизонт′, содержащих соответственно 17,82% и 33,41% камфоры и 8,38% и 11,33% α-пинена. Таким образом, сходный уровень ингибирующего действия может формироваться при различных сочетаниях доминирующих терпенов, что не позволяет связывать антибактериальный эффект исключительно с содержанием одного компонента (Nazzaro et al., 2013).

Снижение концентрации эфирного масла со 100 до 5% приводило к изменению соотношения активности образцов. В отношении *E. coli* при 5%-ной концентрации и разведении инокулюма 10^{-3} максимальное значение зарегистрировано для эфирного масла образца RP6 – 13,3±3,9 мм. При разведении 10^{-4} наибольшая зона ингибирования *E. coli* отмечена у RO4 – 18,8±1,5 мм. В отношении *S. aureus* влияние концентрации было выражено сильнее: при 5%-ной концентрации и инокулюме 10^{-3} полного подавления не наблюдали ни для одного образца. Особенно заметное снижение зоны зарегистрировано для RO4 – с 15,3±5,7 до 6,0±0,0 мм. При дальнейшем снижении величины инокулюма до 10^{-4} полное подавление *S. aureus* отмечено для эфирного масла образцов RP5 и RP6.

Полученные результаты свидетельствуют, что выраженность антибактериального эффекта связана с сочетанием концентрации эфирного масла, величины бактериального инокулюма и компонентного профиля образца, а различия между *S. aureus* и *E. coli* согласуются с известными особенностями чувствительности грамположительных и грамотрицательных бактерий к гидрофобным компонентам эфирных масел (Burt, 2004).

Для количественной характеристики антибактериального действия дополнительно определяли минимальную ингибирующую концентрацию (МИК) методом бульонных микроразведений (Таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Минимальные ингибирующие концентрации эфирного масла розмарина лекарственного в серии бульонных микроразведений (% об./об., M±SD, n=3)

Образец	Хемотип	*Staphylococcus aureus*	*Escherichia coli*
′Горизонт′ (К)	камфорно-цинеольный	1,250±0,000	1,250±0,000
′Новый Горизонт′ (RO1)	камфорно-цинеольный	0,156±0,000	1,250±0,000
′Аметист′ (RO2)	борнеольно-камфорно-цинеольный	0,625±0,000	2,500±0,000
RO3	цинеольно-пиненовый	0,625±0,000	2,500±0,000
RO4	камфорно-цинеольный с пиненом	0,312±0,011	>2,5
RP5	пиненово-цинеольный с вербеноном	0,039±0,000	2,500±0,000
RP6	цинеольно-борнеольный	0,039±0,000	1,250±0,000

Примечание. *Значения МИК определяли при конечной концентрации бактериального инокулюма ~5×10^5 КОЕ/мл согласно рекомендациям CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015a) и представляли как M±SD (n = 3). Если ингибирование роста не достигалось при максимальной исследованной конечной концентрации эфирного масла 2,5% (об./об.), результат регистрировали как >2,5%. Соотношение S. aureus/E. coli рассчитывали, как отношение соответствующих значений МИК; значение <1 соответствует более низкой МИК в отношении S. aureus. Статистическую значимость различий оценивали при $p \leq 0,05$ с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с post-hoc тестом Тьюки для множественных сравнений; для парных сравнений применяли t-критерий Стьюдента*

Минимальные значения МИК в отношении *S. aureus* зарегистрированы для эфирного масла образцов RP5 и RP6 – по 0,039% (об./об.). Далее в порядке увеличения МИК располагались сорт ′Новый Горизонт′ (0,156%), RO4 (0,312%),

RO3, сорт ′Аметист′ (по 0,625%) и сорт ′Горизонт′ (к) (1,25%). Таким образом, диапазон МИК для *S. aureus* составил 0,039-1,25%. В отношении *E. coli* значения МИК были в целом выше: минимальное значение 1,25% установлено для сортов ′Горизонт′ (К), ′Новый Горизонт′ и RP6, для RO3, сорта ′Аметист′ и RP5 МИК составляла 2,5%, а для RO4 ингибирование не достигалось при максимальной исследованной концентрации 2,5%, поэтому результат регистрировали как >2,5%.

Наиболее выраженные различия между чувствительностью двух тест-штаммов наблюдались для RP5 и RP6. Для обоих образцов МИК в отношении *S. aureus* составляла 0,039%, тогда как против *E. coli* – соответственно 2,5 и 1,25%. Напротив, эфирное масло сорта ′Горизонт′ (к) характеризовалось одинаковыми значениями МИК для обоих микроорганизмов – 1,25%. Соотношение МИК *S. aureus* и *E. coli* для большинства образцов было меньше 1, что соответствует более низкой ингибирующей концентрации в отношении *S. aureus*; минимальное значение этого отношения отмечено для RP5 (0,016), максимальное – для сорта ′Горизонт′ (к) (1,00).

Сопоставление МИК с компонентным составом свидетельствует об отсутствии однозначной связи антибактериальной активности с содержанием одного доминирующего терпена. RP5 и RP6 имели одинаковую МИК в отношении *S. aureus* (0,039%), несмотря на существенно различающиеся компонентные профили: RP5 характеризовался высоким содержанием α-пинена (26,67%) и вербенона (9,23%) при содержании 1,8-цинеола 13,00% и камфоры 7,65%, тогда как RP6 отличался преобладанием 1,8-цинеола (38,03%) и высоким содержанием борнеола (14,03%) при минимальном содержании камфоры (0,56%). Аналогично, одинаковая МИК в отношении *E. coli* (1,25%) была установлена для химически различающихся эфирных масел образцов ′Горизонт′ (к), ′Новый Горизонт′ и RP6: для сортов характерно высокое содержанием камфоры – 17,82 и 33,41% соответственно, тогда как в RP6 преобладает 1,8-цинеол (38,03%). Эти результаты указывают на то, что сходный уровень ингибирующей активности может формироваться при различных сочетаниях мажорных компонентов и не позволяет приписывать наблюдаемый эффект действию одного соединения.

Полученные для RP5 и RP6 значения МИК в отношении *S. aureus* (0,039%) ниже приводимого в литературе диапазона 0,054-0,72% для эфирного масла розмарина (Bozin et al., 2007; Jiang et al., 2011; Sienkiewicz et al., 2013). Для *E. coli* значения МИК составляли 1,25-2,5%, тогда как для RO4 превышали 2,5%, что в целом согласуется с опубликованным диапазоном 1,0-4,0%. Межисследовательские различия могут быть обусловлены вариабельностью компонентного состава эфирных масел, особенностями используемых штаммов и условиями экспериментальных протоколов (Bozin et al., 2007; Jiang et al., 2011; Sienkiewicz et al., 2013; Nazzaro et al., 2013). Более низкие значения МИК RP5 и RP6 в отношении *S. aureus* могут быть связаны с особенностями их компонентных профилей, однако установление вклада отдельных соединений и возможных межкомпонентных взаимодействий требует специальной экспериментальной проверки.

Полученные результаты подтверждают выраженную вариабельность антибактериальной активности эфирных масел розмарина лекарственного и показывают, что её выраженность связана с совокупностью факторов, включающих компонентный профиль масла, его концентрацию, величину бактериального инокулюма и особенности тест-микроорганизма. В целом, *S. aureus* характеризовался более высокой чувствительностью к эфирным маслам розмарина лекарственного по сравнению с *E. coli*: МИК для *S. aureus* была ниже, чем для *E. coli*, у шести из семи образцов. Исключение составляло эфирное масло сорта ′Горизонт′ (к), для которого значения МИК совпадали и составляли 1,25%. Такая закономерность согласуется с представлениями о более высокой устойчивости грамотрицательных бактерий к гидрофобным компонентам эфирных масел, связанной с наличием наружной липополисахаридной мембраны (Burt, 2004; Nazzaro et al., 2013).

Проведённое исследование показало выраженную хемотипическую вариабельность эфирных масел розмарина лекарственного и существенные различия их антибактериальной активности в отношении *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. Сопоставление компонентного состава и показателей

ингибирующей активности свидетельствует, что выраженность антибактериального эффекта определяется не содержанием отдельного мажорного компонента, а совокупностью характеристик химического профиля эфирного масла.

Полученные данные подтверждают целесообразность оценки антибактериальной активности эфирных масел на уровне интегрального компонентного профиля и указывают на возможность формирования сопоставимого ингибирующего эффекта при различных сочетаниях мажорных терпенов.

Выраженность антибактериальной активности зависела также от концентрации эфирного масла и величины бактериального инокулюма. При использовании неразбавленного масла полное подавление видимого роста *S. aureus* отмечено для сортов ′Аметист′, ′Новый Горизонт′ и RP5, тогда как при 5%-ной концентрации и разведении инокулюма 10^{-4} полное подавление наблюдалось только для RP5 и RP6. Снижение величины инокулюма сопровождалось образец- и штамм-зависимыми изменениями зон задержки роста: в отношении *E. coli* наиболее выраженное увеличение зарегистрировано для образцов RO4 (+9,3 мм; $p < 0,001$) и RP5 (+6,3 мм; $p = 0,003$), тогда как для *S. aureus* характер изменений варьировал между исследованными образцами. Следовательно, концентрация эфирного масла и величина бактериального инокулюма являются существенными экспериментальными факторами, которые необходимо учитывать при сравнительной оценке антибактериальной активности различных хемотипических профилей.

5.2 Гидролат розмарина лекарственного, состав и антимикробная активность

Гидролаты (цветочные воды, ароматические воды, гидрозоль, флорентийская вода) представляют собой водные растворы, полученные путём конденсации паров при паровой дистилляции или гидродистилляции растительного сырья в процессе получения эфирных масел (European Pharmacopoeia, 2008; Rubiolo et al., 2010). Использование гидролатов, ранее

представлявших собой побочный продукт при получении натуральных эфирных масел, является экономически выгодным вследствие рационального подхода к процессу переработки эфиромасличных растений. По своей сути такое производство является замкнутым циклом и решает экологические проблемы переработки отходов эфиромасличной отрасли (Politi et al., 2020).

Изучение компонентного состава эфирных масел и гидролатов имеет важное прикладное значение и является основой для определения перспектив использования их в различных отраслях. Благодаря своим биологическим свойствам гидролаты используются в пищевой, парфюмерно-косметической промышленности, ароматерапии, а также в сельском хозяйстве в качестве инсектецидов и дезинфицирующих средств (Burt, 2004; Paolini et al., 2008; Politi et al., 2020; Popa et al., 2021).

Содержащиеся в эфирном масле производные терпенов: спирты, фенольные и карбонильные соединения – растворимы в воде. Часть этих соединений в процессе обработки эфирномасличного сырья водяным паром и конденсации остаётся в водной фракции. Для получения водорастворимой фракции, дистиллят собирают и экстрагируют органическим растворителем (Дженнингс, Рапп, 1986; Francezon, Stevanovic, 2017). Состав гидролатов отличается от состава соответствующих эфирных масел, поскольку в последних присутствует фракция нерастворимых в воде монотерпеновых и сесквитерпеновых соединений (Garneau et al., 2014). В тканях растений содержатся низшие органические кислоты, растворимые в воде за счёт присутствия функциональной карбоксильной группы. Некоторое количество этих кислот в процессе воздействия водяного пара конденсируется с дистилляционными водами, и обусловливают кислую реакцию среды гидролатов (pH<7)

Гидролат получали в результате отгонки эфирного масла из сырого растительного сырья розмарина лекарственного сорта ′Новый Горизонт′ водяным паром на аппарате Клевенджера (Шевчук и др., 2022а).

Гидролат розмарина лекарственного сорта ′Горизонт′ получали методом паровой отгонки из сухого растительного сырья в аппарате Далматова (ГОСТ

34213-2017). Как продукт паровой дистилляции он представляет собой водный дистиллят с относительно невысокой, но биологически значимой концентрацией летучих компонентов.

Физико-химические показатели гидролата, определённые по стандартным методикам (показатель преломления ГОСТ 14618.10 и ГОСТ ISO 280, кислотное число ГОСТ 30143, массовая доля эфирного масла ГОСТ ISO 7609, pH ГОСТ 29188.2) представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Физико-химические показатели гидролата розмарина лекарственного сорта ′Новый Горизонт′

Показатель	Значение	Метод контроля
Показатель преломления при 20 °C	1,330	ГОСТ 14618.10 ГОСТ ISO 280
Кислотное число, мг КОН/г	0,10	ГОСТ 30143
Массовая доля эфирного масла, %	0,205	ГОСТ ISO 7609
Значение водородного показателя (pH)	4,1	ГОСТ 29188.2

Массовая доля эфирного масла в гидролате розмарина оказалась максимальной среди всех исследованных образцов (0,205%). Компонентный состав летучих веществ гидролата, определённый методом ГХ-МС после жидкостно-жидкостной экстракции (Таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Основные компоненты гидролата розмарина лекарственного сорта ′Новый Горизонт′

Компонент	Концентрация, мг/дм³
камфора	126
1,8-цинеол	109
вербенон	63,6
борнеол	30
α-терпинеол	17,6

Доминирующими компонентами гидролата являются камфора (126 мг/дм³) и 1,8-цинеол (109 мг/дм³), что типично для розмарина камфорно-цинеольного

хемотипа. Значительное содержание вербенона (63,6 мг/дм³), борнеола (30 мг/дм³) и α-терпинеола (17,6 мг/дм³) дополнительно вносит вклад в антимикробную и противовоспалительную активность дистиллята.

Антимикробную активность оценивали методом двукратных серийных разведений в жидкой питательной среде против референтных штаммов *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 и *Candida albicans* CCM 885. Результаты ингибирования роста (в процентах относительно контроля) представлены в таблице 5.6 и на рисунке 5.1.

Таблица 5.6 – Ингибирование роста микроорганизмов гидролатом розмарина лекарственного сорта 'Новый Горизонт', %

Микроорганизм	Соотношение гидролат : питательная среда		
	1 : 1	1 : 2	1 : 4
Staphylococcus aureus	42,4	31,9	12,2
Escherichia coli	67,4	28,0	11,1
Candida albicans	87,3	51,6	13,5

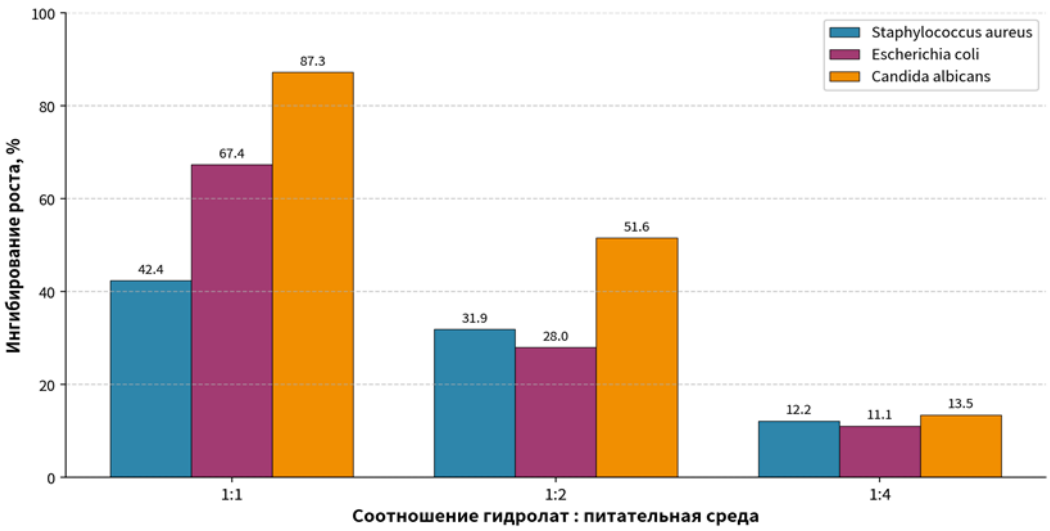


Рисунок 5.1 – Антимикробная активность гидролата розмарина лекарственного сорта 'Новый Горизонт'

Наиболее выраженное действие гидролат проявил в отношении *Candida albicans* (87,3% при соотношении 1 : 1). Умеренная активность отмечена против

Escherichia coli (67,4%), а наименьшее подавление роста наблюдалось у *Staphylococcus aureus* (42,4%). При снижении концентрации гидролата (разведения 1 : 2 и 1 : 4) ингибирующий эффект закономерно уменьшался, однако полностью не исчезал даже при четырёхкратном разведении.

Полученные данные согласуются с результатами других исследователей. Gaspar-Pintiliescu и соавт. (2020) показали наличие антимикробной активности гидролата розмарина против *S. aureus*. Politi и соавт. (2022) отнесли гидролат розмарина к числу наиболее активных в отношении грибов рода *Candida* (МИК 7,81-62,5 мкл/мл). Oduncuoglu и Şanlıtürk (2025) зафиксировали умеренную активность гидролата против MRSA (зона подавления 16,6±1,527 мм).

Таким образом, гидролат розмарина лекарственного сорта 'Горизонт' высоким содержанием биологически активных монотерпенов (камфора, 1,8-цинеол, вербенон) и демонстрирует дозозависимую антимикробную активность с наиболее выраженным противогрибковым эффектом. Это делает его перспективным объектом для дальнейшего изучения в качестве компонента мягких антимикробных и антисептических средств растительного происхождения.

5.3. Экстракты из сырья розмарина лекарственного, состав и антимикробная активность

Изучена антимикробная активность водного и спиртового извлечений из растительного сырья сорта розмарина лекарственного 'Горизонт'. Оценивали действие экстрактов на биолюминесценцию природного штамма *Aliivibrio fischeri* F1 и генно-инженерного штамма *Escherichia coli* MG1655 (Xen'::lux). Критерием активности служило эффективное разведение, снижающее интенсивность люминесценции на 50% ($ЭР_{50}$). Результаты сопоставляли с действием гентамицина сульфата (40 мг/мл), для которого $ЭР_{50}$ составило 1:50 (Гавриченко и др., 2022).

Водное извлечение розмарина снижало свечение *A. fischeri* F1 на 50% и более при разведении 1:25. Спиртовое (70% этанол) извлечение действовало

сильнее: при разведении 1:100 интенсивность люминесценции падала более чем на 75%. $ЭР_{50}$ спиртового экстракта достигало 1:100, водного – около 1:25. Аналогичная зависимость отмечена и для *E. coli* (Xen′::lux): $ЭР_{50}$ водного экстракта – 1:25, спиртового – 1:100. Следовательно, 70%-ный этиловый спирт эффективнее извлекает комплекс соединений, обусловливающих антимикробный эффект розмарина (Рисунок 5.2).

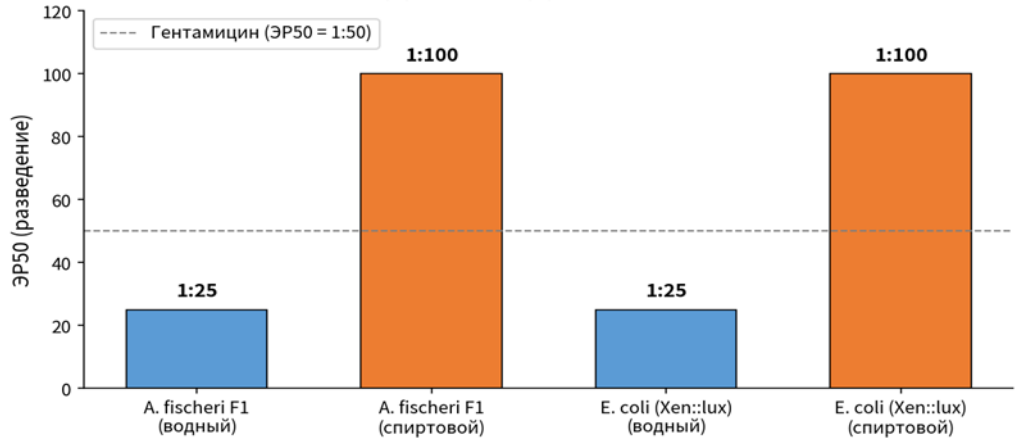


Рисунок 5.2 – Сравнение $ЭР_{50}$ водных и спиртовых экстрактов розмарина лекарственного сорт 'Горизонт'

По совокупности результатов сорт 'Горизонт' проявил умеренную антимикробную активность ($ЭР_{50}$ от 1:25 до 1:100). Спиртовые извлечения розмарина стабильно превосходили водные, что согласуется с общей тенденцией: 70%-ный этанол полнее извлекает фенольные соединения, флавоноиды и компоненты эфирного масла (Гавриченко и др., 2022).

Полученные данные хорошо коррелируют с результатами исследований эфирного масла и экстрактов розмарина другими авторами. Так, Hussain и др. (2010) показали, что эфирное масло розмарина лекарственного обладает более высокой активностью в отношении грамположительных бактерий (МИК 0,20-0,48 мг/мл) по сравнению с грамотрицательными (МИК 1,16-1,72 мг/мл). Jiang и др. (2011) подтвердили выраженное антибактериальное и противогрибковое действие масла, превосходящее активность его основных компонентов 1,8-цинеола и α-

пинена. В работе Ojeda-Sana и др. (2013) эфирное масло, полученное сверхкритической экстракцией, демонстрировало бактерицидные концентрации в диапазоне 0,25-2,25 мг/мл, причём наиболее чувствительным оказался *Staphylococcus aureus*. Недавние исследования подтверждают перспективность применения розмарина лекарственного и против мультирезистентных штаммов: Bourahla и др. (2023) сообщили о МИК эфирного масла в пределах 8,9-285,7 мкг/мл в отношении клинических изолятов, включая *E. coli*, *K. pneumoniae* и *S. aureus*. Kabotso и др. (2024) установили бактерицидный эффект масла (МБК/МИК = 1-2) и его синергизм с рядом антибиотиков.

Таким образом, водный и спиртовой экстракт розмарина лекарственного сорта 'Горизонт' проявили умеренную антимикробную активность в отношении обоих биолюминесцентных тест-штаммов. Спиртовое извлечение (70% этанол) оказалось эффективнее водного: $ЭР_{50}$ составило 1:100 против 1:25 для *A. fischeri* F1 и *E. coli* MG1655 (Xen′::lux) соответственно. Полученные данные согласуются с литературными сведениями о более полном извлечении этанолом фенольных соединений, флавоноидов и компонентов эфирного масла, обусловливающих антимикробный эффект розмарина. Сорт 'Горизонт' может рассматриваться как перспективный источник природных антимикробных средств.

Антимикробная активность сверхкритических CO_2-экстрактов

Сверхкритическая CO_2-экстракция рассматривается как перспективная технология для получения растительных экстрактов благодаря сравнительно низкой рабочей температуре, регулируемой растворяющей способности флюида и возможности удаления CO_2 из продукта декомпрессией; при замкнутом цикле диоксид углерода может рециркулировать (Luca et al., 2023). Данное технологическое решение уменьшает использование традиционных органических растворителей, хотя его экологическая эффективность зависит от энергозатрат и степени возврата CO_2. Для розмариновой кислоты – основного компонента фенольных соединений розмарина лекарственного - необходимо учитывать её высокую полярность: растворяющая способность чистого сверхкритического CO_2 в

отношении этого соединения ограничена, а повышение выхода в опубликованных исследованиях достигалось применением полярных модификаторов или каскадной переработкой остатка (Abdul Aziz et al., 2022; Chadni et al., 2023; Boufetacha et al., 2025). Поэтому высокая концентрация розмариновой кислоты в конкретном CO_2-экстракте должна оцениваться совместно с выходом экстракта из сухого сырья.

В этой связи научный интерес представляет оценка экстракта, полученного при повышенном давлении и длительном контакте сырья с чистым сверхкритическим CO_2, с одновременным анализом его фенольного профиля и антимикробного ответа. Такой подход позволяет рассматривать технологию не только с позиции извлечения летучих компонентов, но и как возможную стадию получения стандартизируемой многокомпонентной субстанции, сохраняя при этом необходимую осторожность в интерпретации абсолютного выхода полярных маркеров.

Целью наших исследований являлись характеристика фенольных соединений сверхкритического CO_2-экстракта розмарина лекарственного сорта ′Новый горизонт′ и оценка его антимикробной активности в отношении *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* и *Pseudomonas aeruginosa*, а также сравнительный анализ полученных результатов с опубликованными данными для CO_2-экстрактов розмарина.

Изучены два сверхкритических CO_2-экстракта розмарина лекарственного сортов ′Новый Горизонт′ (камфорно-цинеольный хемотип) и ′Аметист′ (борнеол-камфорно-вербеноновый хемотип). Исследование проводили методом диффузии в агар («колодцев») в отношении клинических и коллекционных штаммов рода *Candida*. Критериями оценки служили размеры зон задержки роста: более 10 мм – высокая активность, 10 мм – умеренная, менее 10 мм – отсутствие активности.

Оба экстракта показали высокую противогрибковую активность в отношении всех шести тест-культур (зоны ингибирования превышали 10 мм). Вместе с тем по большинству штаммов преимущество имел экстракт из сырья сорта ′Аметист′. Максимальная зона задержки роста составила 32,1±2,34 мм (*C. albicans* AS), тогда как у сорта ′Новый Горизонт′ – 27,2±1,16 мм. Наименьшие

значения для RO2 отмечены в отношении *C. tropicalis* (21,6±1,77 мм), для RO1 – в отношении *C. albicans* EA (15,3±0,82 мм). Исключением явился штамм *C. tropicalis*, против которого RO1 немного превосходил RO2 (24,2±1,56 мм против 21,6±1,77 мм) (Таблица 5.7; Рисунок 5.3).

Таблица 5.7 – Диаметры зон задержки роста тест-культур *Candida* под действием CO_2-экстрактов, мм (M±m)

Тест-культура	'Новый Горизонт'	'Аметист'
C. albicans AS	**27,2±1,16**	**32,1±2,34**
C. albicans EV	19,0±0,96	**25,3±1,44**
C. albicans EA	15,3±0,82	**25,0±1,13**
C. tropicalis	**24,2±1,56**	21,6±1,77
C. krusei	19,4±0,84	**23,2±0,89**
C. glabrata	21,5±1,16	**24,0±2,21**

Примечание. Жирным выделены более высокие значения. Критерии: > 10 мм – высокая активность, 10 мм – умеренная, < 10 мм – отсутствие активности

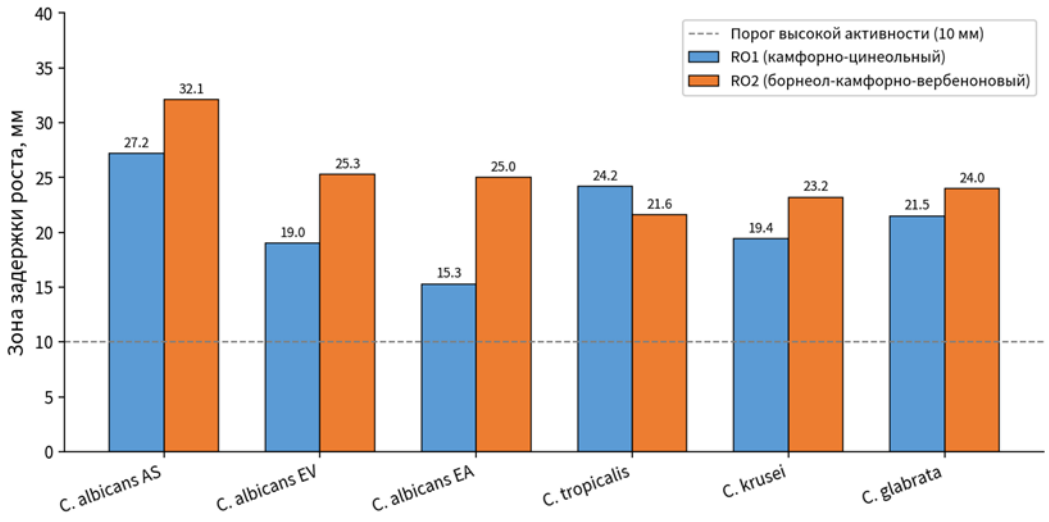


Рисунок 5.3 – Противогрибковая активность CO_2-экстрактов сортов розмарина лекарственного в отношении *Candida* spp.

Выявленная активность согласуется с литературными данными о противогрибковом потенциале розмарина. Meccatti и др. (2021) показали, что

экстракт розмарина лекарственного обладает антибиопленочным эффектом в отношении штаммов *Candida*, сопоставимым с действием нистатина. Shahina и др. (2022) установили, что эфирное масло розмарина и его компоненты (1,8-цинеол, α-пинен) вызывают гибель клеток *C. albicans* по ROS-зависимому механизму и одновременно подавляют факторы вирулентности. Gauch и др. (2014) подтвердили активность масла против клинических изолятов *C. albicans*, *C. dubliniensis*, *C. parapsilosis* и *C. krusei*. Kędzia и Hołderna-Kędzia (2021) также отмечали выраженное действие розмаринового масла на дрожжеподобные грибы.

Сверхкритические CO_2-экстракты обеих сортов розмарина лекарственного обладают высокой противогрибковой активностью в отношении штаммов рода *Candida*. Более выраженный эффект отмечен для сорта ′Аметист′ борнеол-камфорно-вербенонового хемотипа. Полученные результаты позволяют рассматривать данные экстракты как перспективную основу для разработки природных антимикотических средств и биологически активных добавок, направленных на профилактику и лечение кандидозов.

В CO_2-экстракте полученного промышленным методом сверхкритической флюидной экстракции из сырого сырья розмарина лекарственного сорта ′Новый Горизонт′, количественно определены четыре фенольных соединения: розмариновая, кофейная и хлорогеновая кислоты, относящиеся к производным гидроксикоричных кислот, а также флавоноидный гликозид лютеолин-7-О-глюкозид. Их суммарное содержание составило 1456,6 мг/100 г экстракта, или 14,566 мг/г. Количественное соотношение определённых компонентов характеризовалось выраженной неравномерностью и доминированием розмариновой кислоты (Таблица 5.8). Отличительной особенностью фенольного профиля исследованного CO_2-экстракта являлось выраженное преобладание розмариновой кислоты. Её содержание составляло 1285,2 мг/100 г экстракта, или 88,23% суммы четырёх количественно определённых соединений. На остальные три компонента в совокупности приходилось около 11,77% исследованной фенольной фракции. Вторым по содержанию соединением являлся лютеолин-7-О-глюкозид – 116,6 мг/100 г, или 8,00% суммы определённых компонентов.

Содержание кофейной кислоты составляло 43,4 мг/100 г (2,98%), хлорогеновой кислоты – 11,4 мг/100 г (0,78%).

Таблица 5.8 – Качественный и количественный состав фенольных соединений CO_2-экстракта розмарина лекарственного сорта ′Новый Горизонт′

Компонент	Время удерживания, мин	Содержание, мг/100 г	Доля в сумме определённых соединений,%	Класс соединений	Ключевые биологические эффекты
Розмариновая кислота	18,56	1285,2	88,23	Гидроксикоричная кислота	нейропротекторный, противовоспалительный, антиоксидантный, антидиабетический, гепатопротекторный
Лютеолин-7-О-глюкозид	17,40	116,6	8,00	Флавоноид (гликозид лютеолина)	антипролиферативный, противовирусный, кардиопротекторный, антиоксидантный
Кофейная кислота	11,19	43,4	2,98	Гидроксикоричная кислота	антимикробный, иммуномодулирующий, антиоксидантный
Хлорогеновая кислота	10,70	11,4	0,78	Гидроксикоричная кислота (сложный фир)	гепатопротекторный, гипогликемический, гиполипидемический, противораковый
Сумма	-	1456,6	100,00	-	-

Примечание. *Доли рассчитаны относительно суммы четырёх количественно определённых соединений (1456,6 мг/100 г экстракта). Сведения о биологической активности отдельных соединений приведены по литературным данным (Лукашов и др., 2012; Чуклин, Масликова, 2016; Miao, Xiang, 2020; Noor et al., 2022; Verma, 2023; Gupta et al., 2022; Адамов и др., 2024*)

Таким образом, концентрация розмариновой кислоты превышала содержание лютеолин-7-О-глюкозида в 11,0 раза, кофейной кислоты – в 29,6 раза, хлорогеновой кислоты – в 112,7 раза. В пересчёте на массу экстракта четыре количественно определённых фенольных соединения составляли 1,4566%, в том числе розмариновая кислота – 1,2852%. Следовательно, показатель 88,23% характеризует долю розмариновой кислоты в сумме исследованных фенольных

соединений и отражает её выраженное доминирование именно в составе количественно охарактеризованной фенольной фракции.

Такое количественное соотношение свидетельствует о выраженном доминировании розмариновой кислоты в составе определённой фенольной фракции CO_2-экстракта сорта ′Новый Горизонт′ и позволяет рассматривать её как потенциальный количественный маркер исследуемой растительной субстанции.

Высокая относительная доля данного соединения представляет интерес для последующей разработки критериев характеристики и стандартизации экстракта, включая оценку стабильности его содержания в различных партиях растительного сырья и получаемого продукта.

Выраженное доминирование розмариновой кислоты представляет интерес как с позиции функциональных свойств полученного экстракта, так и для его последующей характеристики. Розмариновая кислота является характерным специализированным метаболитом представителей семейства Lamiaceae и обладает выраженным антиоксидантным и противовоспалительным потенциалом (Nunes et al., 2017; Luo et al., 2020; Noor et al., 2022). Высокая относительная представленность данного соединения позволяет рассматривать его как перспективный химический маркер CO_2-экстракта сорта ′Новый Горизонт′.

Вместе с тем функциональные свойства экстракта определяются не только доминирующим компонентом. Лютеолин-7-О-глюкозид, содержание которого составляло 116,6 мг/100 г, относится к биологически активным флавоноидам; для производных лютеолина описаны антиоксидантные и противовирусные свойства (Cui et al., 2017; Адамов и др., 2024). Кофейная кислота в количестве 43,4 мг/100 г представляет особый интерес в контексте антимикробной активности, поскольку для неё показано ингибирующее действие в отношении *Candida albicans*, *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* (Лукашов и др., 2012). Хлорогеновая кислота, несмотря на относительно небольшую долю (11,4 мг/100 г; 0,78%), также характеризуется широким спектром биологических эффектов (Miao, Xiang, 2020; Gupta et al., 2022). Таким образом, исследуемый экстракт представляет собой

комплекс фенольных соединений, потенциально способных формировать совокупный биологический эффект.

Дополнительную характеристику состава даёт хроматографический профиль. На хроматограмме регистрируется ряд пиков различной интенсивности в широком диапазоне времени удерживания, что свидетельствует о многокомпонентном характере полученной субстанции (Рисунок 5.4).

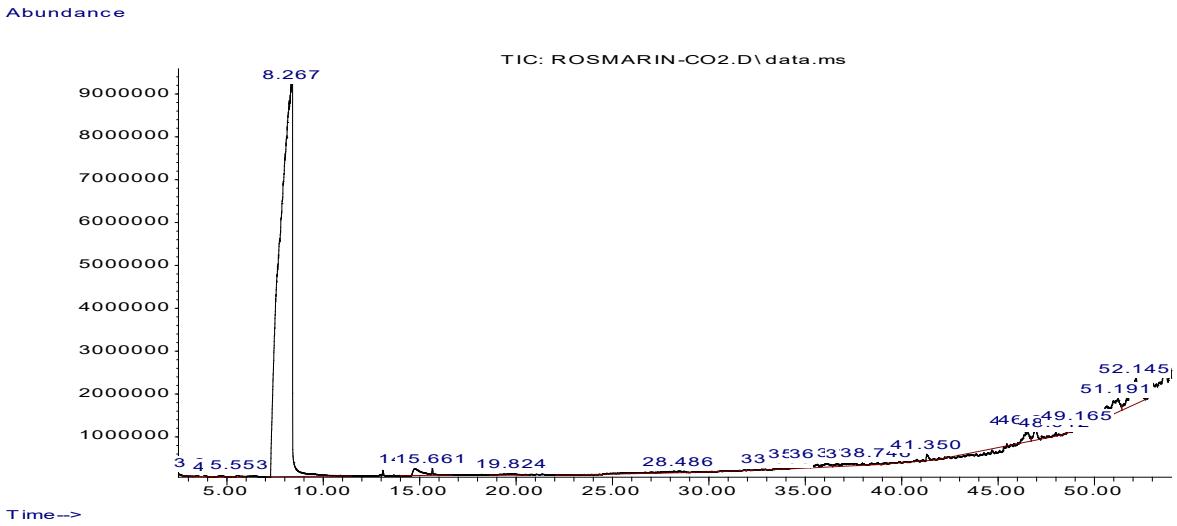


Рисунок 5.4 - Хроматографический профиль CO_2-экстракта розмарина лекарственного сорта 'Новый Горизонт'

Примечание. *Наиболее интенсивный сигнал TIC регистрировался при времени удерживания 8,267 мин, тогда как время удерживания розмариновой кислоты составляло 18,56 мин. Следовательно, хроматограмма отражает общий многокомпонентный профиль CO_2-экстракта, а количественное преобладание розмариновой кислоты установлено по данным анализа фенольной фракции, представленным в таблице 6.6.*

Хроматографический профиль подтверждает, что четыре количественно охарактеризованных фенольных соединения являются частью более сложной совокупности компонентов CO_2-экстракта. Наряду с количественно охарактеризованными фенольными соединениями на хроматограмме присутствует ряд дополнительных компонентов, формирующих сложный фитохимический профиль экстракта. Это позволяет рассматривать полученную субстанцию как многокомпонентную систему, биологический потенциал которой определяется совокупным действием присутствующих в ней веществ.

Следовательно, высокое относительное содержание розмариновой кислоты является характерной фитохимической особенностью CO_2-экстракта сорта ′Новый Горизонт′, однако не должно рассматривается как единственный предиктор его антимикробной активности. Биологический эффект растительной субстанции определяется количественным соотношением и совокупным действием присутствующих вторичных метаболитов.

Таким образом, результаты химического анализа характеризуют CO_2-экстракт сорта ′Новый Горизонт′ как многокомпонентную растительную субстанцию с выраженным преобладанием розмариновой кислоты и присутствием биологически значимых гидроксикоричных кислот и флавоноидов. Установленный профиль определил целесообразность последующей оценки его антимикробных свойств.

Антимикробную активность CO_2-экстракта сорта ′Новый Горизонт′ оценивали в отношении *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Candida albicans* CCM 885 и клинического изолята *Pseudomonas aeruginosa*. Для формирования исследуемых композиций использовали два носителя: масло виноградных косточек и пропиленгликоль**.** Результаты показали выраженную зависимость антимикробного эффекта от вида тест-культуры и носителя экстракта (Таблица 5.9).

Наиболее выраженный и широкий антимикробный эффект наблюдался при использовании пропиленгликоля. Зоны ингибирования составляли 20 мм для *C. albicans*, 18 мм для *S. aureus* и 11 мм для *P. aeruginosa*. В соответствии с принятой в работе скрининговой градацией *C. albicans* и *S. aureus* характеризовались умеренной чувствительностью, тогда как *P. aeruginosa* – слабой. При использовании масла виноградных косточек измеряемая зона ингибирования регистрировалась только для *S. aureus* и составляла 12 мм; для *C. albicans* и *P. aeruginosa* зоны ингибирования отсутствовали. Переход от масляной к пропиленгликолевой композиции сопровождался увеличением зоны ингибирования *S. aureus* на 6 мм – с 12 до 18 мм, тогда как для *C. albicans* и *P. aeruginosa* регистрировалось появление зон ингибирования 20 и 11 мм

Таблица 5.9 – Антимикробная активность CO_2-экстракта розмарина лекарственного сорта ′Новый Горизонт′ в зависимости от носителя

Тест-культура	Масло виноградных косточек, мм	Оценка	Пропилен-гликоль, мм	Оценка
Staphylococcus aureus ATCC 25923	12	I	**18**	S
Candida albicans CCM 885	0	R	**20**	S
Pseudomonas aeruginosa	0	R	**11**	I

Примечание. *R – 0-10 мм, отсутствие чувствительности; I – 11–15 мм, слабая чувствительность; S – 16-20 мм, умеренная чувствительность; V – 21-25 мм, выраженная активность. Указанные обозначения характеризуют принятую в настоящей работе скрининговую градацию антимикробной активности и не являются клиническими категориями чувствительности EUCAST или CLSI. В качестве носителей использовали масло виноградных косточек и пропиленгликоль*

соответственно. Наиболее выраженная зависимость антимикробного ответа от носителя установлена для *C. albicans*.

Более выраженный эффект пропиленгликолевой композиции может быть связан с особенностями растворения, распределения и высвобождения компонентов экстракта в водную фазу питательной среды. В диффузионной тест-системе величина зоны ингибирования определяется не только собственной антимикробной активностью исследуемой композиции, но и растворимостью компонентов и эффективностью их массопереноса из носителя в агаровую среду. Поэтому различия между пропиленгликолевой и масляной композициями отражают совокупное влияние биологической активности экстракта и физико-химических свойств формы его введения. На уровне общего принципа влияния диспергирующей среды эта закономерность согласуется с данными Matsuzaki (2013): введение Tween 80 в системы с эфирными маслами трёх хемотипов розмарина сопровождалось 2–4-кратным снижением минимальной ингибирующей концентрации (MIC) и 4-16-кратным снижением минимальной фунгицидной концентрации (MFC) в отношении *C. albicans*.

Наибольшая зона ингибирования среди исследованных тест-культур зарегистрирована для *C. albicans* в пропиленгликолевой композиции – 20 мм. В

соответствии с принятой в работе скрининговой градацией данное значение соответствует верхней границе диапазона умеренной чувствительности, что характеризует *C. albicans* как наиболее выраженно реагировавшую на пропиленгликолевую композицию тест-культуру. Этот результат представляет особый интерес в связи с ранее установленной противогрибковой активностью CO_2-экстрактов форм розмарина из коллекции НБС-ННЦ (Феськов и др., 2019; Никитина и др., 2025). В исследуемом экстракте содержание кофейной кислоты составляло 43,4 мг/100 г, а для данного соединения ранее описано ингибирующее действие в отношении *C. albicans* (Лукашов и др., 2012). В сочетании с доминирующей розмариновой кислотой и флавоноидной составляющей это позволяет рассматривать зарегистрированный противогрибковый эффект как проявление комплексной активности многокомпонентной субстанции.

Среди бактериальных тест-культур наиболее выраженная чувствительность установлена для *S. aureus*. В пропиленгликолевой композиции зона ингибирования достигала 18 мм, а в масле виноградных косточек сохранялась на уровне 12 мм. Таким образом, *S. aureus* являлся единственной из исследованных тест-культур, для которой антимикробный эффект регистрировался при использовании обоих носителей.

Сходная восприимчивость *S. aureus* к препаратам розмарина отмечена и в исследованиях экстрактов, полученных с помощью различных растворителей, при работе с клиническими и множественно устойчивыми бактериальными изолятами (Amaral et al., 2019; Manilal et al., 2021). Это подтверждает устойчивую направленность антистафилококковой активности препаратов розмарина различного способа получения, хотя абсолютные величины эффекта требуют сопоставления с учётом различий концентраций и методов испытания.

Полученные данные согласуются с опубликованными исследованиями антимикробного потенциала препаратов розмарина. Активность эфирного масла розмарина установлена Тохсыровой и др. (2016); биологическая активность водных и спиртовых извлечений растительного сырья показана Гавриченко и др. (2022). Kabotso (2024) при изучении эфирного масла розмарина

продемонстрировали не только непосредственное антибактериальное действие, но и синергические эффекты и влияние на биоплёнкообразование. Результаты этих работ подтверждают, что антимикробный потенциал розмарина может реализовываться в различных типах препаратов и определяется комплексом специализированных метаболитов.

Наименьшая чувствительность среди исследованных культур отмечена для *P. aeruginosa*: зона ингибирования в пропиленгликолевой композиции составляла 11 мм, а в масле виноградных косточек – 0 мм. Значение 11 мм соответствует нижней границе диапазона слабой чувствительности по принятой скрининговой шкале и подчёркивает выраженную избирательность антимикробного ответа исследованной композиции. Более низкая чувствительность данного микроорганизма согласуется с особенностями строения грамотрицательных бактерий. Наружная мембрана, содержащая липополисахаридный слой, формирует дополнительный барьер для проникновения ряда антимикробных веществ, а эффлюксные системы способны снижать их внутриклеточную концентрацию (Cowan, 1999; Nazzaro et al., 2013; Darby et al., 2023).

При этом выявленная активность в отношении *P. aeruginosa* представляет интерес с точки зрения дальнейшего изучения многокомпонентных и комбинированных систем. В работе Abu El-Wafa (2020) экстракт розмарина подавлял образование биоплёнки *P. aeruginosa* PS-1 на 90,83%, а применение комбинированных систем «растительный экстракт-антибиотик» обеспечивало эрадикацию биоплёнки на 90,0-99,6%. Эти данные дополнительно обосновывают перспективность изучения CO_2-экстракта сорта ′Новый Горизонт′ не только как самостоятельной растительной субстанции, но и как компонента комбинированных антимикробных систем. Возможность усиления действия антимикробных препаратов растительными компонентами отмечена также Husein (2025), а использование природных соединений в качестве модуляторов множественной лекарственной устойчивости обсуждается Zhai (2023).

В целом выраженность активности пропиленгликолевой композиции снижалась в последовательности:

Candida albicans (20 мм) > *Staphylococcus aureus* (18 мм) > *Pseudomonas aeruginosa* (11 мм)

Таким образом, наиболее выраженное действие зарегистрировано в отношении дрожжеподобного гриба и грамположительной бактерии, тогда как грамотрицательная *P. aeruginosa* характеризовалась меньшей чувствительностью. Активность в отношении микроорганизмов различных таксономических групп свидетельствует о достаточно широком спектре антимикробного потенциала исследованного экстракта.

Сопоставление химического и микробиологического профилей позволяет рассматривать зарегистрированную активность как результат совокупного действия многокомпонентной растительной субстанции. Выраженное преобладание розмариновой кислоты в количественно охарактеризованной фенольной фракции, присутствие кофейной и хлорогеновой кислот и лютеолин-7-О-глюкозида формируют химическую основу потенциального комплексного эффекта. Одновременно установленные различия между пропиленгликолевой и масляной композициями показывают, что регистрируемая биологическая активность определяется не только составом самого экстракта, но и формой его введения.

Выявленное влияние носителя имеет технологическое значение для последующей разработки функциональных форм. Пропиленгликоль, широко применяемый как растворитель и сорастворитель в дермальных фармацевтических системах (Yu, Goh, 2024), представляет интерес для наружных форм на основе исследуемого экстракта. Масло виноградных косточек может рассматриваться как липидная матрица для пищевых и эмульсионных композиций (Garavaglia et al., 2016), антимикробную эффективность которых целесообразно оценивать непосредственно в соответствующей целевой среде.

Полученные данные позволяют дифференцировать перспективные направления дальнейшей разработки исследуемых композиций. Пропиленгликоль, обеспечивший наиболее широкий антимикробный спектр в использованной тест-

системе, представляет интерес как носитель при создании наружных лекарственных и косметических форм. Масло виноградных косточек может рассматриваться как липидная основа для пищевых и эмульсионных композиций, для которых антимикробную активность целесообразно оценивать непосредственно в соответствующей целевой матрице.

Таким образом, проведённое исследование позволило охарактеризовать фенольную составляющую сверхкритического CO_2-экстракта розмарина лекарственного сорта ′Новый Горизонт′ селекции НБС-ННЦ и установить его антимикробную активность. Суммарное содержание четырёх количественно определённых фенольных соединений составило 1456,6 мг/100 г экстракта. Доминировала розмариновая кислота – 1285,2 мг/100 г, или 88,23% их суммы; содержание лютеолин-7-О-глюкозида, кофейной и хлорогеновой кислот составляло соответственно 116,6; 43,4 и 11,4 мг/100 г. Выраженное преобладание розмариновой кислоты позволяет рассматривать её как перспективный количественный маркер исследуемого экстракта.

Антимикробная активность зависела от используемого носителя. В композиции на основе пропиленгликоля зоны ингибирования составляли 20 мм для *Candida albicans*, 18 мм для *Staphylococcus aureus* и 11 мм для *Pseudomonas aeruginosa*. В композиции на основе масла виноградных косточек активность сохранялась только в отношении *S. aureus* и составляла 12 мм. Таким образом, пропиленгликолевая форма обеспечивала наиболее широкий и выраженный антимикробный эффект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетние фенологические наблюдения установили, что в условиях Южного берега Крыма розмарин лекарственный сохраняет жизненную форму вечнозелёного кустарника с практически непрерывной вегетацией и двумя периодами цветения: весенним и осенним. Выявлена выраженная межгодовая и межобразцовая изменчивость сроков наступления и продолжительности генеративных фаз, включая бутонизацию, цветение и плодоношение. Наиболее заметные колебания сроков прохождения фенологических фаз наблюдались при изменении погодных условий отдельных лет, что свидетельствует о пластичности сезонного ритма развития исследованных образцов в условиях ЮБК.

Выявлена выраженная внутривидовая морфологическая изменчивость: высота растений составляет 62,1-132,0 см, диаметр куста – 74,8-122,5 см, форма варьирует от раскидистой до стелющейся, окраска венчика – от белой до фиолетово-голубой. Длина листьев составляет 19-35 мм, ширина – 1,9-3,7 мм. Различия габитуса и генеративных признаков обосновывают дифференцированный подбор форм для декоративного садоводства, включая использование прямостоячих и полупрямостоячих растений в групповых посадках, а стелющихся – в почвопокровном озеленении.

В анатомическом строении листьев установлен комплекс ксероморфных признаков: завёрнутые края листовой пластинки, формирующие защищённые полости с устьицами, развитая кутикула, гиподерма, механические ткани и густое опушение. Гистохимически выявлена локализация липофильных веществ преимущественно в пельтатных железках и отдельных структурах мезофилла. Совокупность морфолого-анатомических особенностей характеризует приспособленность вида к периодическому дефициту влаги и подтверждает биологические предпосылки его культивирования в климатических условиях ЮБК.

Продуктивность надземной массы исследованных образцов составляет 420-1200 г/растение, содержание эфирного масла – 0,06-0,83% от сырой массы.

Максимальной продуктивностью характеризуется RO1 (1200,0±90,0 г/растение), превосходящий контрольный сорт ′Горизонт′ на 20,6%, при содержании эфирного масла 0,83±0,06%. У RO2 установлен минимальный показатель масличности (0,06±0,02%). Выявленные различия позволяют выделить RO1 как перспективный исходный материал для селекции на продуктивность и содержание эфирного масла, тогда как использование RO2 для эфиромасличного направления ограничивается низким выходом масла.

В эфирном масле исследованных образцов идентифицировано 27 компонентов, составляющих 89-97% его состава. На основании компонентного состава, анализа главных компонент и кластеризации выделены четыре хемотипические группы: цинеольная (RO3, RP6), камфорно-цинеольная (′Горизонт′, RO1, RO4), борнеолово-камфорная (RO2) и пиненово-вербеноновая (RP5). Установленная хемотипическая изменчивость определяет возможность целенаправленного отбора растительного сырья с различным соотношением основных компонентов эфирного масла в зависимости от предполагаемого использования. Изучение сезонной динамики показало увеличение содержания эфирного масла у исследованных образцов к осеннему периоду, что имеет практическое значение для определения сроков заготовки сырья.

На основе комплексной оценки хозяйственно ценных признаков созданы сорта ′Новый Горизонт′ эфиромасличного направления (урожайность до 80 ц/га, содержание эфирного масла 0,80-0,98%, камфорно-цинеольный хемотип) и ′Аметист′ пряно-ароматического направления (содержание эфирного масла 0,03-0,10%, борнеолово-камфорный хемотип). Выделены перспективные сортообразцы RO3 с цинеольным хемотипом (1,8-цинеол 37,48-48,54%) и RP5 с пиненово-вербеноновым хемотипом (α-пинен 26,7-27,0%, вербенон 9,2-11,4%). Таким образом, установлены предпосылки специализированного возделывания сортов и сортообразцов для получения эфиромасличного и пряно-ароматического сырья с заданными характеристиками.

Установлено наличие в растительном сырье фенольных соединений, включая розмариновую кислоту, обладающих значением для оценки его

биохимической ценности. Исследование антимикробной активности эфирного масла показало зависимость ингибирующего действия от химического профиля, концентрации препарата и величины бактериального инокулюма. Минимальная ингибирующая концентрация в отношении *Staphylococcus aureus* составила 0,039% для RP5 и RP6, в отношении *Escherichia coli* – 1,25% для сортов ′Горизонт′, ′Новый Горизонт′ и RP6. Полученные результаты позволяют выделять перспективные образцы для дальнейшего исследования антимикробных растительных субстанций.

Показана биологическая активность продуктов переработки сырья розмарина лекарственного. Гидролат сорта ′Новый Горизонт′ проявлял ингибирующее действие в отношении *Candida albicans*, *E. coli* и *S. aureus.* Установлена активность водных и спиртовых извлечений, а также противогрибковое действие CO2-экстрактов сортов ′Аметист′ и ′Новый Горизонт′ в отношении исследованных штаммов рода *Candida*. В сверхкритическом CO2-экстракте определено 1456,6 мг/100 г четырёх фенольных соединений, в том числе 1285,2 мг/100 г розмариновой кислоты. Выявленная биологическая активность in vitro обосновывает перспективность дальнейшего изучения указанных препаратов как потенциальных источников антимикробных компонентов.

Установлено, что низкая лабораторная всхожесть семян (3-7%) ограничивает эффективность семенного размножения. Для сохранения хозяйственно ценных характеристик отобранных форм обосновано применение вегетативного размножения черенками. С учётом сезонной динамики накопления биологически активных веществ определены дифференцированные сроки заготовки сырья: преимущественно октябрь для получения эфирного масла и летний период для пряно-ароматического использования.

Таким образом, комплексная хозяйственно-биологическая оценка розмарина лекарственного позволила научно обосновать основные направления его использования в условиях Южного берега Крыма: декоративное садоводство – на основе морфологического разнообразия, сезонного развития и ксероморфных

особенностей; эфиромасличное и пряно-ароматическое растениеводство – с учётом продуктивности, хемотипической принадлежности и сроков накопления эфирного масла; получение перспективных лекарственных растительных субстанций – на основании содержания фенольных соединений и экспериментально установленной биологической активности сырья. Полученные результаты определяют критерии дифференцированного отбора сортов и сортообразцов, формируют научную основу совершенствования их возделывания и расширения направлений практического использования розмарина лекарственного на ЮБК.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Нами установлено, что среди изученных образцов для получения эфирного масла и медицинского применения наибольший интерес представляет RO1 – сорт ′Новый Горизонт′, сочетающий максимальную продуктивность надземной массы (1200 г с куста) с содержанием масла на уровне 0,83% на сырую массу. Для пряно-ароматических целей в качестве перспективного образца выделяется RO2 – сорт ′Аметист′. Хотя его продуктивность и содержание эфирного масла невысоки, он может рассматриваться как источник сырья для кулинарного и консервного использования, поскольку именно в пряно-ароматическом направлении требования к массовой доле масла уступают место органолептическим характеристикам и содержанию нелетучих фенольных соединений.

Нами установлены различия в компонентном составе масла определяющие и дифференциацию медицинского применения.

Сорт ′Новый Горизонт′ наиболее эффективен против *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*, а также против грибов рода *Candida*. Его целесообразно использовать для разработки антибактериальных и противогрибковых фитопрепаратов, особенно в композиции с пропиленгликолем.

Сорт ′Аметист′ проявляет выраженную активность против *S. aureus, E. coli* и широкого спектра штаммов *Candida*. Он рекомендуется в первую очередь для создания противогрибковых средств широкого спектра действия.

Образцы RP5 и RP6 эффективны против *S. aureus* и *E. coli* и могут применяться в антибактериальных препаратах, в том числе при сниженных концентрациях масла.

В целом сорта ′Новый Горизонт′ и ′Аметист′ являются приоритетными для разработки фитопрепаратов антибактериального и противогрибкового направления, в том числе в рамках решения проблемы антибиотикорезистентности. Образцы RP5 и RP6 могут служить дополнительными источниками для антибактериальных композиций.

Таким образом, сбор сырья в фазу массового цветения с последующим определением хемотипа позволяет направленно использовать конкретные образцы коллекции в зависимости от их биологической активности.

Структура сырья различается по сезонам: весной в нём около 85% листьев и соцветий и 15% стеблей, осенью – 75% листьев и соцветий и 25% одревесневших стеблей, что влияет на выход и качество масла (Машанов, 1988). После уборки рекомендуется лёгкое рыхление, а в засушливые периоды – полив, хотя взрослые растения полива почти не требуют.

Наши исследования показали, что для пряно-ароматических целей заготовку лучше производить в июле-августе, до начала цветения (молодые побеги).

Уборку товарных насаждений начинают с третьего-четвёртого года после посадки. На ЮБК цветение носит бицикличный характер: весенняя волна приходится на конец апреля начало мая, осенняя на сентябрь-октябрь. Эта особенность имеет важное хозяйственное значение, поскольку позволяет дифференцировать сроки уборки в зависимости от целевого назначения сырья. Промышленным сырьём является надземная масса розмарина лекарственного; эфирное масло локализовано в листьях и чашечках цветков.

В работе установлено, что сроки заготовки необходимо дифференцировать по целевому назначению и по хемотипу конкретного образца.

Для экстракции эфирного масла сырьё собирают в фазу массового цветения, когда содержание терпеновых соединений максимально. Выход сырого масла составляет 0,8-1,0% от сырой массы; у отдельных форм содержание масла колеблется от 0,2 до 3%. Для определения хемотипа и оценки биологической активности именно фаза массового цветения наиболее информативна: в этот период формируется характерный компонентный состав масла — камфорный, цинеольный, борнеол-камфорный или пиненовый.

Агротехника розмарина лекарственного на ЮБК была разработана в Никитском ботаническом саду.

Основным способом размножения розмарина лекарственного являетя черенкование (сентябрь-октябрь и апрель-май). Полуодревесневшие побеги нарезают длиной 8-10 см с 3-4 междоузлиями, удаляют нижние листья и высаживают в холодные парники по схеме 4×5 см. Укореняемость составляет 60-85%. Плантации закладывают на склонах южной и юго-западной экспозиции с хорошим водоотводом, осенью или ранней весной, по схеме 1,5×1 м. Подготовка почвы включает очистку от сорняков, внесение органических и минеральных удобрений и подъём плантажа на глубину 60-70 см. В июне вносят 5-6 ц/га суперфосфата (Машанов, 1988).

Основную опасность представляет переувлажнение почвы, при котором возможны корневые гнили и выпревание, особенно в парниках при черенковании. Профилактика включает дренаж, хороший водоотвод и умеренный полив.

Важным элементом агротехники является обрезка. Регулярная срезка побегов стимулирует кущение и поддерживает высокую продуктивность насаждений, однако следует избегать сильного оголения одревесневших частей, так как восстановление идёт медленно.

Розмарин лекарственный устойчив к болезням, однако повреждается инвазивными фитофагами, такими как розмариновый листоед (*Chrysolina americana*) и цикадка белая (*Metcalfa pruinosa*). На ЮБК розмариновый листоед

впервые обнаружен в 2012 г. Имаго и личинки объедают листовую пластинку вплоть до стебля, вызывая усыхание растений. Цикадка белая повреждает мезофилл листьев, образуя множественные точечные некрозы. Оба вида отнесены к инвазивным фитофагам парковых ценозов ЮБК (Sharmagiy et al., 2021).

Благодаря декоративности в течение всего года, разнообразию морфотипов (от прямостоячих до стелющихся) и двукратному цветению розмарин широко востребован в озеленении южных регионов. Его используют для создания бордюров, низких живых изгородей, рокариев, альпинариев и контейнерных композиций. Особую ценность культура представляет в ксероскейпинге – направлении ландшафтного дизайна засушливых территорий, основанном на засухоустойчивых видах и минимальном поливе.

В декоративном отношении нами выделены низкорослые формы RO4 и RP6 с различными оттенками лилово-голубой окраски венчика, а также RP5 – *Rosmarinus officinalis* var. *prostratus* – стелющийся куст с голубовато-фиолетовыми цветками и наибольшим диаметром кроны, перспективный для почвопокровного озеленения. Белоцветковые высокорослые ′Горизонт′ и RO1 (′Новый Горизонт′) также могут использоваться в ландшафтных композициях. Разнообразие окраски венчика и габитуса у розмарина широко известно и применяется при отборе декоративных форм.

Мощная стержневая корневая система и густая надземная часть определяют высокую почвозащитную ценность растения. Розмарин эффективно закрепляет крутые южные склоны, снижая поверхностный сток и предотвращая эрозию. Исследования в Средиземноморье показали, что розмарин уменьшает потери почвы, а его подстилка, постоянно находящаяся под кроной, улучшает структуру верхнего слоя благодаря включению органического вещества (Bochet et al., 1998).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Адамов, Г.В. Идентификация метаболитов лютеолин-7-глюкозида после перорального введения и разработка методики их количественного анализа / Г.В. Адамов, О.Л. Сайбель, А.Н. Бабенко, Е.С. Мельников, А.И. Радимич, О.Ю. Куляк, Л.В. Крепкова // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2024. – Т. 13, № 3. – С. 126-137. – DOI: 10.33380/2305-2066-2024-13-3-1767.

2 Акимов, Ю.А. Методические рекомендации по изучению летучих веществ растений / Ю.А. Акимов. – Ялта: ГНБС, 1983. – 24 с.

3 Барыкина, Р.П. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р.П. Барыкина, Т.Д. Веселова, А.Г. Девятов, Х.Х. Джалилова, Г.М. Ильина, Н.В. Чубатова. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 312 с.

4 Белопухов, С.Л. Динамика накопления и компонентного состава эфирного масла розмарина (*Rosmarinus officinalis* L.), произрастающего на Южном берегу Крыма / С.Л. Белопухов, Л.А. Хлыпенко, О.М. Шевчук, С.А. Феськов, Л.Б. Дмитриев, В.Л. Дмитриева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 6. – С. 129-140.

5 Бурцева, Е.В. Изучение химического состава и биологического действия ароматных вод в сравнительном аспекте / Е.В. Бурцева, А.М. Кацев, Е.В. Кулдыркаева, И.С. Мехоношина, Л.А. Тимашева, О.А. Пехова // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2023. – Т. 12, № 4. – С. 197-208. – DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-4-1526.

6 Гавриченко, Ю.Ю. Скрининг антимикробной активности водных и спиртовых извлечений из растительного сырья с использованием биолюминесцентных бактерий / Ю.Ю. Гавриченко, С.Л. Сафронюк, А.М. Кацев, О.М. Шевчук, Л.А. Логвиненко, С.А. Феськов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2022. – № 1. – С. 60-69.

7 ГОСТ ISO 1342-2017. Масло эфирное розмариновое (*Rosmarinus officinalis* L.). Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2017 (идентичен ISO 1342:2012).

8 ГОСТ 34213-2017. Сырье эфиромасличное цветочно-травянистое. Методы отбора проб, определения влаги, примесей и эфирного масла. – М.: Стандартинформ, 2018. – 24 с.

9 ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – 30 с.

10 ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. – М.: Стандартинформ, 2011. – 4 с.

11 ГОСТ 14618.10-78. Масла эфирные, вещества душистые и полупродукты их синтеза. Методы определения плотности и показателя преломления. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 34 с.

12 ГОСТ ISO 280-2014. Масла эфирные. Определение плотности и относительной плотности. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

13 ГОСТ ISO 7609-2014. Масла эфирные. Анализ методом газовой хроматографии на капиллярных колонках. Общий метод. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.

14 ГОСТ 29188.2-2014. Продукция парфюмерно-косметическая. Метод определения водородного показателя pH. – М.: Стандартинформ, 2016. – 9 с.

15 ГОСТ 30143-94. Масла эфирные и продукты эфиромасличного производства. Метод определения кислотного числа. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 7 с.

16 ГОСТ 3639-79. Растворы водно-спиртовые. Методы определения концентрации этилового спирта. – М.: Издательство стандартов, 1982 (переиздание 2004 с Изменением № 1).

17 ГОСТ 29188.6-91. Изделия парфюмерно-косметические. Газохроматографический метод определения этилового спирта. – М.: Издательство стандартов, 1992.

18 Дженнингс, В. Подготовка образцов для газохроматографического анализа / В. Дженнингс, А. Рапп. – М.: Мир, 1986. – 120 с.

19 Ермаченков, Р.Э. Исследование сезонных вариаций компонентного состава эфирного масла розмарина лекарственного дагестанского происхождения / Р.Э. Ермаченков, А.Л. Марков, М.М. Агаев, А.М. Алиев, М.Н. Повыдыш, И.И. Тернинко // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2025. – Т. 14, № 3. – DOI: 10.33380/2305-2066-2025-14-3-2122.

20 Лукашов, Р.И. Фармакологическая активность кофейной кислоты / Р.И. Лукашов, Д.В. Моисеев, В.Н. Столярова, М.Н. Макаренко // Вестник фармации. – 2012. – № 3 (57). – С. 61-65.

21 Марко, Н.В. Аннотированный каталог ароматических и лекарственных растений коллекции Никитского ботанического сада / Н.В. Марко, Л.А. Логвиненко, О.М. Шевчук, С.А. Феськов. – Симферополь: Ариал, 2018. – 176 с.

22 Машанов, В.И. Новые эфиромасличные культуры: Справочное издание / В.И. Машанов, Н.Ф. Андреева, Н.С. Машанова, И.Е. Логвиненко. – Симферополь: Таврия, 1988. – 160 с.

23 Машанов, В.И. Пряноароматические растения / В.И. Машанов, А.А. Покровский. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с. – ISBN 5-10-000601-3.

24 Никитина, А.С. Состав эфирного масла побегов розмарина лекарственного, интродуцированного в России / А.С. Никитина, З.М. Тохсырова, О.И. Попова // Фармация. – 2016. – Т. 65, № 6. – С. 25-29.

25 Никитина, А.С. Фенилпропаноиды эфиромасличных лекарственных растений из коллекции Никитского ботанического сада и перспективы их использования / А.С. Никитина, Н.В. Никитина, Е.Р. Гарсия, С.А. Нигарян, С.А. Феськов, Л.А. Логвиненко, А.А. Шамилов, Н.М. Червонная // XXV Российский национальный конгресс «Человек и лекарство» : сборник материалов XXV Российского национального конгресса «Человек и лекарство». Тезисы докладов. Сер. «Библиотека Российского национального конгресса "Человек и лекарство"» (Москва, 9-12 апреля 2018). – Москва, 2018а. – С. 79-80.

26 Никитина, А.С. Изучение фенольных соединений листьев розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis* L.) из коллекции Никитского ботанического сада / А.С. Никитина, С.А. Феськов, Е.Р. Гарсия, А.А. Шамилов, Н.В. Никитина // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018б. – Т. 146. – С. 201-204. – DOI: 10.25684/NBG.scbook.146.2018.32.

27 Никитина, А.С. Противогрибковая активность CO_2-экстрактов из надземной части форм *Rosmarinus officinalis* L. / А.С. Никитина, Е.О. Сергеева, О.И. Папаяни, А.М. Алиев, С.А. Феськов, Н.В. Никитина // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2025. – Т. 24, № S6. – С. 235.

28 Орёл, Т.И. Оценка агроэкологических ресурсов Крыма для выращивания эфиромасличных и лекарственных растений / Т.И. Орёл. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. – 92 с.

29 Плугатарь, Ю.В. Экологический мониторинг Южного берега Крыма / Ю.В. Плугатарь, С.П. Корсакова, О.А. Ильницкий. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 164 с.

30 Попова, Н.В. Морфолого-анатомическая стандартизация листа розмарина лекарственного / Н.В. Попова, В.И. Литвиненко, Я.С. Кичимасова // Фармаком. – 2009. – № 3. – С. 48–52.

31 Ткачёв, А.В. Исследование летучих веществ растений / А.В. Ткачёв. – Новосибирск: Офсет, 2008. – 969 с.

32 Тохсырова, З.М. Изучение антимикробного действия эфирного масла из побегов розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis* L., Lamiaceae) / З.М. Тохсырова, А.С. Никитина, О.И. Попова // Фармация и фармакология. – 2016. – Т. 4, № 1 (14). – С. 66-71. – DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-1(14)66-71.

33 Феськов, С.А. Хемотипическая вариабельность и антибактериальная активность эфирного масла розмарина лекарственного при различных концентрациях и уровнях бактериального инокулюма / С.А. Феськов, З.Л. Дзиццоева, В.С. Гаппоева, Д.А. Марзоева, И.В. Бернаский, А.В. Паштецкая, О.М. Шевчук // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2026. – № 160. – С. 178-193.

34 Феськов, С.А. Сравнительные исследования показателей качества форм *Rosmarinus officinalis* L. коллекции Никитского ботанического сада / С.А. Феськов, Р. Хуссаини, А.С. Никитина // Беликовские чтения : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (Пятигорск, 5-6 декабря 2019). – 2019. – С. 479-486.

35 Хлыпенко, Л.А. Малораспространенные ароматические растения как источник эфирных масел широкого спектра действия / Л.А. Хлыпенко, Л.А. Логвиненко, О.М. Шевчук, С.А. Феськов, Н.В. Марко // Аромакоррекция психофизического состояния человека : материалы V Международной научно-практической конференции (Ялта, 27-29 октября 2015). – 2015. – С. 57-59.

36 Чуклин, Р.Е. Клиническая фармакология кофейной кислоты / Р.Е. Чуклин, Г.В. Масликова // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 12, ч. 3. – С. 436-437.

37 Шевчук, О.М. Поиск новых растительных источников розмариновой кислоты / О.М. Шевчук, Ю.О. Веляев, И.Н. Палий, А.В. Паштецкая, Д.К. Солдатов, В.Д. Конобеев // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2024. – Вып. 150. – С. 136-145. – DOI: 10.25684/0513-1634-2024-150-136-145.

38 Шевчук, О.М. Методологические и методические аспекты интродукции и селекции ароматических и лекарственных растений / О.М. Шевчук, В.П. Исиков, Л.А. Логвиненко. – Симферополь: Ариал, 2022а. – 139 с.

39 Шевчук, О.М. Коллекция ароматических и лекарственных растений Никитского ботанического сада как база селекционных и генетических исследований / О.М. Шевчук, Т.М. Сахно, Л.А. Логвиненко, С.А. Феськов // Коллекции как основа изучения генетических ресурсов растений и грибов : тезисы докладов всероссийской конференции (в рамках Первого научного форума «Генетические ресурсы России», 21–24 июня 2022 г.). – Санкт-Петербург, 2022б. – С. 59.

40 Яшин, Я.И. Газовая хроматография / Я.И. Яшин, Е.Я. Яшин, А.Я. Яшин. – М.: ТрансЛит, 2009. – 528 с.

41 Abdollahi, M. A novel active bionanocomposite film incorporating rosemary essential oil and nanoclay into chitosan / M. Abdollahi, M. Rezaei, G. Farzi // Journal of Food Engineering. – 2012. – Vol. 111, № 2. – P. 343-350.

42 Abdul Aziz, A.H. Solubility of Rosmarinic Acid in Supercritical Carbon Dioxide Extraction from Orthosiphon stamineus Leaves / A.H. Abdul Aziz, N.F. Mohd Idrus, N.R. Putra, M.A. Awang, Z. Idham, H. Mamat, M.A. Che Yunus // ChemEngineering. – 2022. – Vol. 6, № 4. – Art. 59. – DOI: 10.3390/chemengineering6040059.

43 Abu El-Wafa, W.M. Synergistic effects of pomegranate and rosemary extracts in combination with antibiotics against antibiotic resistance and biofilm formation of Pseudomonas aeruginosa / W.M. Abu El-Wafa, R.H. Ahmed, M.A-H. Ramadan // Brazilian Journal of Microbiology. – 2020. – Vol. 51, № 3. – P. 1079-1092. – DOI: 10.1007/s42770-020-00284-3.

44 Adams, R.P. Identification of essential oil compounds by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy / R.P. Adams. – USA: Allured Pub. Corp., 2007. – 804 p.

45 Aggarwal, B.B. Potential of spice-derived phytochemicals for cancer prevention / B.B. Aggarwal, A.B. Kunnumakkara, K.B. Harikumar, S.T. Tharakan, B. Sung, P. Anand // Planta Medica. – 2008. – Vol. 74, № 13. – P. 1560-1569.

46 Ahmed, W. Morphological, anatomical and chemical studies of Salvia rosmarinus Spenn. growing in Al-Marj (Libya) / W. Ahmed // Al-Mukhtar Journal of Sciences. – 2023. – Vol. 38, № 1. – P. 19-29. – DOI: 10.54172/mjsc.v38i1.1016.

47 Alam, M. Synergistic role of plant extracts and essential oils against multidrug resistance and gram-negative bacterial strains producing extended-spectrum β-lactamases / M. Alam, N. Bano, T. Ahmad, A.B. Sharangi, T.K. Upadhyay, Y. Alraey, N.M. Alabdallah, M.A. Rauf, M. Saeed // Antibiotics. – 2022. – Vol. 11, № 7. – P. 855.

48 Altinier, G. Characterization of topical anti-inflammatory compounds in *Rosmarinus officinalis* L. / G. Altinier, S. Sosa, R.P. Aquino, T. Mencherini, R. Della Loggia, A. Tubaro // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55, № 5. – P. 1718-1723.

49 Amaral, G.P. Antibacterial and antioxidant effects of *Rosmarinus officinalis* L. extract and its fractions / G.P. Amaral, C.R. Mizdal, S.T. Stefanello, A.S.L. Mendez, R.L. Puntel, M.M.A. de Campos, F.A.A. Soares, R. Fachinetto // Journal of Traditional and Complementary Medicine. – 2019. – Vol. 9, № 4. – P. 383–392. – DOI: 10.1016/j.jtcme.2017.10.006.

50 Amjadi, S. Reinforced ZnONPs/rosemary essential oil-incorporated zein electrospun nanofibers by κ-carrageenan / S. Amjadi, H. Almasi, M. Ghorbani, S. Ramazani // Carbohydrate Polymers. – 2020. – Vol. 232. – Art. 115800. – DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115800.

51 Andrade, J.M. *Rosmarinus officinalis* L.: An update review of its phytochemistry and biological activity / J.M. Andrade, C. Faustino, C. Garcia, D. Ladeiras, C.P. Reis, P. Rijo // Future Science OA. – 2018. – Vol. 4, № 4. – Art. FSO283. – DOI: 10.4155/fsoa-2017-0124.

52 Angioni, A. Chemical composition, plant genetic differences, antimicrobial and antifungal activity investigation of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. / A. Angioni, A. Barra, E. Cereti, D. Barile, J.D. Coïsson, M. Arlorio, S. Dessi, V. Coroneo, P. Cabras // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – Vol. 52, № 11. – P. 3530-3535. – DOI: 10.1021/jf049913t.

53 Antibiotic Resistance Threats in the United States, 2019. – Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, CDC, 2019. – P. 139. – DOI: 10.15620/cdc:82532.

54 Arnold, N. Comparative study of the essential oils from Rosmarinus eriocalyx Jordan & Fourr. from Algeria and *R. officinalis* L. from other countries / N. Arnold, G. Valentini, B. Bellomaria, L. Hocine // Journal of Essential Oil Research. – 1997. – Vol. 9, № 2. – P. 167-175.

55 Arpiwi, N.L. Essential oil from fresh and dry leaves of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): antioxidant activity and microscopic structure / N.L. Arpiwi, N.M.R. Suarni // Journal of Hunan University (Natural Sciences). – 2023. – Vol. 50, № 3. – P. 84-93. – DOI: 10.55463/issn.1674-2974.50.3.9.

56 Bakirel, T. In vivo assessment of antidiabetic and antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in alloxan-diabetic rabbits / T. Bakirel, U. Bakirel, O.U. Keles, S.G. Ulgen, H. Yardibi // Journal of Ethnopharmacology. – 2008. – Vol. 116, № 1. – P. 64-73.

57 Bakkali, N. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. from four Moroccan regions / N. Bakkali, A. Farah, A. Aghraz, M. Chibane, A. Boumezzourh, J. Costa, L. Majidi // Journal of Essential Oil Bearing Plants. – 2022. – Vol. 25, № 3. – P. 1-14.

58 Banjaw, D.T. Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) variety verification trial at Wondogenet, South Ethiopia / D.T. Banjaw, T.G. Wolde, A. Gebre, B. Mengesha // Medicinal & Aromatic Plants. – 2016. – Vol. 5, № 5. – P. 1-2.

59 Becer, E. Composition and antibacterial, anti-inflammatory, antioxidant, and anticancer activities of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil / E. Becer, E.M. Altundağ, M. Güran, H.S. Vatansever, S. Ustürk, D.Y. Hanoğlu, K.H.C. Başer // South African Journal of Botany. – 2023. – Vol. 160. – P. 437-445. – DOI: 10.1016/j.sajb.2023.07.028.

60 Begum, A. An in-depth review on the medicinal flora *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) / A. Begum, S. Sandhya, S.S. Ali, K.R. Vinod, S. Reddy, D. Banji // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. – 2013. – Vol. 12, № 1. – P. 61-73.

61 Bellumori, M. Within-plant variation in *Rosmarinus officinalis* L. terpenes and phenols and their antimicrobial activity against the rosemary phytopathogens Alternaria alternata and Pseudomonas viridiflava / M. Bellumori, M. Innocenti, F. Congiu, G. Cencetti, A. Raio, F. Menicucci, N. Mulinacci, M. Michelozzi // Molecules. – 2021. – Vol. 26, № 11. – P. 3425.

62 Ben Abada, M. Chemical composition and insecticidal activity of essential oils from *Rosmarinus officinalis* L. cultivated in Tunisia / M. Ben Abada, R. Ksouri, B. El Hadj, M. Hammami, F. Jaiti, A. Khaldi, H. M'sallem, R. Ksouri // Arabian Journal of Chemistry. – 2020. – Vol. 13, № 1. – P. 615-623.

63 Ben Arfa, A. Seasonal changes in rosemary species: a chemotaxonomic assessment of two varieties based on essential oil compounds, antioxidant and antibacterial activities / A. Ben Arfa, H. Gouja, H. Hannachi, H. Isoda, M. Neffati, H. Najjaa // PLoS ONE. – 2022. – Vol. 17, № 8. – P. e0273367.

64 Ben Jemia, M. Effect of bioclimatic area on the composition and bioactivity of Tunisian *Rosmarinus officinalis* essential oils / M. Ben Jemia, R. Tundis, A. Pugliese, F. Menichini, F. Senatore, M. Bruno, M.E. Kchouk, M.R. Loizzo // Natural Product Research. – 2015. – Vol. 29, № 3. – P. 213-222.

65 Beretta, G. An analytical and theoretical approach for the profiling of the antioxidant activity of essential oils: the case of *Rosmarinus officinalis* L. / G. Beretta, R. Artali, R. Maffei Facino, F. Gelmini // Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. – 2011. – Vol. 55, № 5. – P. 1255-1264.

66 Birité, S. Carnosic acid / S. Birité, P. Dussort, F.X. Pierre, A.C. Bily, M. Roller // Phytochemistry. – 2015. – Vol. 115. – P. 9-19.

67 Bochet, E. Relative efficiency of three representative matorral species in reducing water erosion at the microscale in a semi-arid climate (Valencia, Spain) / E. Bochet, J.L. Rubio, J. Poesen // Geomorphology. – 1998. – Vol. 23, № 2–4. – P. 139-150.

68 Boix, Y.F. Callus in *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae): a morphoanatomical, histochemical and volatile analysis / Y.F. Boix, R.C.O. Arruda, A.C.A. Defaveri, A. Sato, C.L.S. Lage, C.P. Victório // Plant Biosystems. – 2013. – Vol. 147, № 3. – P. 751-757. – DOI: 10.1080/11263504.2012.751067.

69 Boix, Y.F. Glandular trichomes of *Rosmarinus officinalis* L.: anatomical and phytochemical analyses of leaf volatiles / Y.F. Boix, C.P. Victório, A.C.A. Defaveri, R.C.O. Arruda, A. Sato, C.L.S. Lage // Plant Biosystems. – 2011. – Vol. 145, № 4. – P. 848-856. – DOI: 10.1080/11263504.2011.584075.

70 Borges, R.S. *Rosmarinus officinalis* essential oil: a review of its phytochemistry, anti-inflammatory activity, and mechanisms of action involved / R.S. Borges, B.L.S. Ortiz, A.C.M. Pereira, H. Keita, J.C.T. Carvalho // Journal of Ethnopharmacology. – 2019. – Vol. 229. – P. 29-45.

71 Bottega, S. Structure, secretion and possible functions of calyx glandular hairs of *Rosmarinus officinalis* L. (Labiatae) / S. Bottega, G. Corsi // Botanical Journal of the Linnean Society. – 2000. – Vol. 132, № 4. – P. 325-335.

72 Boufetacha, M. Optimising Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Rosmarinic Acid from *Rosmarinus officinalis* L. and Enhancing Yield Through Soxhlet Coupling / M. Boufetacha, E. Gharibi, M. Benali // Processes. – 2025. – Vol. 13, № 3. – Art. 655. – DOI: 10.3390/pr13030655.

73 Bouloumpasi, E. Valorization of rosemary distillation residues: extraction of phenolic compounds and their application in food systems / E. Bouloumpasi, E. Tsoupras, A. Skendi, A. Lazaridou, C.G. Biliaderis // Antioxidants. – 2024. – Vol. 13, № 2. – P. 234.

74 Bourahla, I. *Rosmarinus officinalis* essential oils' eradication of beta-lactamase and multidrug resistant clinical bacterial pathogens from hospital settings / I. Bourahla, M.E.A. Dib, N. Djabou, B. Tabti, A. Muselli // Natural Product Research. – 2023. – Vol. 38, № 5. – P. 796-806. – DOI: 10.1080/14786419.2023.2201884.

75 Bousbia, N. Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity / N. Bousbia, M. Abert Vian, M.A. Ferhat, E. Petitcolas, B.Y. Meklati, F. Chemat // Food Chemistry. – 2009. – Vol. 114, № 1. – P. 355-362.

76 Bozin, B. Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) essential oils / B. Bozin, N. Mimica-Dukic, I. Samojlik, E. Jovin // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55, № 19. – P. 7879-7885.

77 Brückner, K. Characterization of two genes for the biosynthesis of abietane-type diterpenes in rosemary (*Rosmarinus officinalis*) glandular trichomes / K. Brückner, D. Bozic, D. Manzano, D. Papaefthimiou, I. Pateraki, U. Scheler, A. Ferrer, R.C.H. de Vos, A.K. Kanellis, A. Tissier // Phytochemistry. – 2014. – Vol. 101. – P. 52-64.

78 Burt, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential application in foods – a review / S. Burt // International Journal of Food Microbiology. – 2004. – Vol. 94, № 3. – P. 223-253. – DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022.

79 Bustamante, M.A. Influence of soil properties on the essential oil composition of *Rosmarinus officinalis* L. in Mediterranean environments / M.A. Bustamante, S. Álvarez, A. Cano, C. Fernández, A. Faz // Journal of Essential Oil Research. – 2020. – Vol. 32, № 3. – P. 215-224.

80 Carrubba, A. Characterization of Sicilian rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) germplasm through a multidisciplinary approach / A. Carrubba, L. Abbate, M. Sarno, F. Sunseri, A. Mauceri, A. Lupini, F. Mercati // Planta. – 2020. – Vol. 251. – Art. 37. – DOI: 10.1007/s00425-019-03327-8.

81 Casanova, J. Huile essentielle de romarin de Corse et de Sardaigne: une revue des compositions chimiques / J. Casanova, F. Tomi // Phytothérapie. – 2018. – Vol. 16, № 1. – P. 1-17.

82 Cervelli, C. Characterization of rosemary cultivars for ornamental purposes / C. Cervelli, L. Masselli // Acta Horticulturae. – 2013. – Vol. 1000. – P. 87-92. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.1000.12.

83 Chadni, M. Optimization of the supercritical extraction of rosmarinic acid from clary sage residue and the antioxidant activity of the extracts / M. Chadni, E. Isidore, F. Lagalle, M. Langlait, A. Dosso, I. Ioannou // The Journal of Supercritical Fluids. – 2023. – Vol. 193. – Art. 105830. – DOI: 10.1016/j.supflu.2022.105830.

84 Cintra, T.M.F. Rosemary Extract: Phytochemical Composition and Potential for Eliminating Polymicrobial Biofilm of *Candida albicans* and Multidrug-Resistant Bacteria / T.M.F. Cintra, R.T. de Menezes, L.S. de Carvalho, L. de M. Nazario, L.W. Hantao, M.C. Marcucci, L.D. de Oliveira, V.M. Meccatti-Domiciano // BioTech. – 2025. – Vol. 14, № 3. – Art. 61. – DOI: 10.3390/biotech14030061.

85 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard – Tenth Edition. CLSI document M07-A10. – Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015a.

86 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests; Approved Standard – Twelfth Edition. CLSI document M02-A12. – Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015b.

87 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-Fifth Informational Supplement. CLSI document M100-S25. – Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015c.

88 Conde-Hernández, L.A. CO_2-supercritical extraction, hydrodistillation and steam distillation of essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) / L.A. Conde-Hernández, J.R. Espinosa-Victoria, A. Trejo, J.A. Guerrero-Beltrán // Journal of Food Engineering. – 2017. – Vol. 200. – P. 81-86.

89 Cowan, M.M. Plant products as antimicrobial agents / M.M. Cowan // Clinical Microbiology Reviews. – 1999. – Vol. 12, № 4. – P. 564-582. – DOI: 10.1128/cmr.12.4.564.

90 Cui, X.-X. Luteolin-7-O-glucoside present in lettuce extracts inhibits hepatitis B surface antigen production and viral replication by human hepatoma cells in vitro / X.-X. Cui, X. Yang, H.-J. Wang, X.-Y. Rong, S. Jing, Y.-H. Xie, D.-F. Huang, C. Zhao // Frontiers in Microbiology. – 2017. – Vol. 8. – Art. 2425. – DOI: 10.3389/fmicb.2017.02425.

91 Daly-Hassen, H. Analyse de la filière des plantes aromatiques et médicinales en forêt tunisienne / H. Daly-Hassen, A. Ben Mansoura, M. Nouioui, F. M'Hadhbi // Annales de l'INRGREF. – 2005. – Numéro spécial 6. – P. 13-44.

92 Darby, E.M. Molecular mechanisms of antibiotic resistance revisited / E.M. Darby, E. Trampari, P. Siasat, M.S. Gaya, I. Alav, M.A. Webber, J.M.A. Blair // Nature Reviews Microbiology. – 2023. – Vol. 21, № 5. – P. 280-295. – DOI: 10.1038/s41579-022-00820-y.

93 De Macedo, L.M. Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L., syn Salvia rosmarinus Spenn.) and its topical applications: A Review / L.M. De Macedo, É.M.D. Santos, L. Militão, L.L. Tundisi, J.A. Ataide, E.B. Souto, P.G. Mazzola // Plants (Basel). – 2020. – Vol. 9, № 5. – P. 651. – DOI: 10.3390/plants9050651.

94 Del Baño, M.J. Flavonoid distribution during the development of leaves, flowers, stems, and roots of *Rosmarinus officinalis*. Postulation of a biosynthetic pathway / M.J. Del Baño, J. Lorente, J. Castillo, O. Benavente-García, M.P. Marín, J.A. del Río, A. Ortuño, I. Ibarra // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – Vol. 52, № 15. – P. 4987-4992.

95 Demirel, C.M. Comparative micromorphological examination of secretory structures of stem and leaf in Lamiaceae species / C.M. Demirel, C. Tóth // Multidiszciplináris kutatások és elemzések a Nyíregyházi Egyetemen. Acta Academiae Nyiregyhaziensis. – Nyíregyháza: Nyíregyházi Egyetem, 2025. – № 12. – P. 21-51. – DOI: 10.71066/AANY.2025.12.02.

96 Dıraz Yıldırım, E. The effect of seasonal variation on *Rosmarinus officinalis* (L.) essential oil composition / E. Dıraz Yıldırım // Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (International Journal of Agriculture and Wildlife Science). – 2018. – Vol. 4, № 1. – P. 33-38.

97 Dorman, H.J.D. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils / H.J.D. Dorman, S.G. Deans // Journal of Applied Microbiology. – 2000. – Vol. 88, № 2. – P. 308-316.

98 Drew, B.T. Salvia united: the greatest good for the greatest number / B.T. Drew, J.G. González-Gallegos, C.L. Xiang, R. Kriebel, C.P. Drummond, J.V. Walker, K.J. Sytsma // Taxon. – 2017. – Vol. 66, № 1. – P. 133-145.

99 EFSA. Use of rosemary extracts as a food additive. Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food // EFSA Journal. – 2008. – Vol. 721. – P. 1-29.

100 El Boukhari, A. Patent landscape of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts: a bibliometric analysis / A. El Boukhari, A. Fatimi // Journal of Herbal Medicine. – 2023. – Vol. 39. – P. 100543.

101 Elamrani, A. A study of Moroccan rosemary oils / A. Elamrani, S. Zrira, B. Benjilali, M. Berrada // Journal of Essential Oil Research. – 2000. – Vol. 12, № 4. – P. 487-495.

102 EMA. Community herbal monograph on *Rosmarinus officinalis* L., aetheroleum. – EMA/HMPC/235453/2009, 2010.

103 Erkan, N. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol / N. Erkan, G. Ayranci, E. Ayranci // Food Chemistry. – 2008. – Vol. 110, № 1. – P. 76-82. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.01.058.

104 European Pharmacopoeia. – 6th ed. – EDQM (Council of Europe), 2008.

105 FDA. Code of Federal Regulations (CFR). Title 21: Food and Drugs. Part 182 – Substances Generally Recognized as Safe (GRAS). – Washington, DC: Office of the Federal Register, 2014a.

106 FDA. Code of Federal Regulations (CFR). Title 21: Food and Drugs. Part 182.20 – Essential oils, oleoresins, and natural extractives. – Washington, DC: Office of the Federal Register, 2014b.

107 Fiume, M.M. Safety assessment of *Rosmarinus officinalis* (rosemary)-derived ingredients as used in cosmetics / M.M. Fiume, W.F. Bergfeld, D.V. Belsito, R.A. Hill, C.D. Klaassen, D.C. Liebler, J.G. Marks, R.C. Shank, T.J. Slaga, P.W. Snyder, L.J. Gill, B. Heldreth // International Journal of Toxicology. – 2018. – Vol. 37, № 3 (Suppl). – P. 12S-50S.

108 Flamini, G. Main agronomic-productive characteristics of two ecotypes of *Rosmarinus officinalis* L. and chemical composition of their essential oils / G. Flamini, P.L. Cioni, I. Morelli, M. Macchia, L. Ceccarini // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50, № 12. – P. 3512-3517.

109 Francezon, N. Chemical composition of essential oil and hydrosol from Picea mariana Bark Residue / N. Francezon, T. Stevanovic // Bioresources. – 2017. – Vol. 12, № 2. – P. 2635-2645.

110 Garavaglia, J. Grape seed oil compounds: Biological and chemical actions for health / J. Garavaglia, M.M. Markoski, A. Oliveira, A. Marcadenti // Nutrition and Metabolic Insights. – 2016. – Vol. 9. – Art. NMI.S32910. – DOI: 10.4137/NMI.S32910

111 Garcia-Fayos, P. Seed germination and seedling allogamy in *Rosmarinus officinalis*: the costs of inbreeding / P. Garcia-Fayos, M.C. Castellanos, A. Escudero // Plant Biology. – 2018. – Vol. 20, № 4. – P. 627-634. – DOI: 10.1111/plb.12686.

112 Garneau, F.-X. Chemical composition and stability of the hydrosols obtained during essential oil production. II. The case of *Picea glauca* (Moench) Voss., *Solidago puberula* Nutt., and *Mentha piperita* L. / F.-X. Garneau, G. Collin, H. Gagnon // American Journal of Essential Oils and Natural Products. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 29-35.

113 Gaspar-Pintiliescu, A. Polyphenolic Content, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Hydrosols from Some Aromatic Lamiaceae Plants / A. Gaspar-Pintiliescu, E. Mihai, A.-M. Stanciuc, R.E. Anton, A.F. Popescu, O. Craciunescu // Proceedings. – 2020. – Vol. 57. – P. 21-22. – DOI: 10.3390/proceedings2020057021.

114 Gauch, L.M.R. Antifungal activity of *Rosmarinus officinalis* Linn. essential oil against *Candida albicans, Candida dubliniensis, Candida parapsilosis* and *Candida krusei* / L.M.R. Gauch, S.S. Pedrosa, F. Silveira-Gomes, R.A. Esteves, S.H. Marques-da-Silva, C.R. Chaves // Revista Pan-Amazônica de Saúde. – 2014. – Vol. 5, № 1. – P. 61-66. – DOI: 10.5123/S2176-62232014000100007.

115 Gonçalves, C. Potential anti-inflammatory effect of *Rosmarinus officinalis* in preclinical in vivo models of inflammation / C. Gonçalves, D. Fernandes, I. Silva, V. Mateus // Molecules. – 2022. – Vol. 27, № 3. – P. 609.

116 Gonzalez-Minero, F.J. *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary): an ancient plant with uses in personal healthcare and cosmetics / F.J. Gonzalez-Minero, L. Bravo-Díaz, A. Ayala-Gómez // Cosmetics. – 2020. – Vol. 7, № 4. – P. 77.

117 Guelifet, K. Seasonal and Extraction-Dependent Variation in the Composition and Bioactivity of Essential Oils from Wild *Rosmarinus officinalis* L. / K. Guelifet, K. Kherraz, M. Messaoudi, M.A. Ferhat, L. Khattabi, K.A. Bendrihem, W. Zahnit, D. Addad, M. Benmohamed, Y. Azoudj, L. Harchaoui, K. Aggoun, A. Boumechhour, L. Rastrelli // Molecules. – 2025. – Vol. 30, № 21. – P. 4258. – DOI: 10.3390/molecules30214258.

118 Gupta, A.G. Chlorogenic acid for cancer prevention and therapy: Current status on efficacy and mechanisms of action / A.G. Gupta, A.G. Atanasov, Y. Li, N. Kumar, A. Bishayee // Pharmacological Research. – 2022. – Vol. 186. – P. 106505.

119 Habtemariam, S. The therapeutic potential of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) diterpenes for Alzheimer's disease / S. Habtemariam // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. – 2016. – Vol. 2016. – P. 2680409.

120 Hamidpour, R. *Rosmarinus officinalis* (Rosemary): a novel therapeutic agent for antioxidant, antimicrobial, anticancer, antidiabetic, antidepressant, neuroprotective, anti-inflammatory, and anti-obesity treatment / R. Hamidpour, S. Hamidpour, G. Elias // Biomedical Journal of Scientific & Technical Research. – 2017. – Vol. 1, № 4. – P. 1-6.

121 Hammer, K.A. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts / K.A. Hammer, C.F. Carson, T.V. Riley // Journal of Applied Microbiology. – 1999. – Vol. 86, № 6. – P. 985-990.

122 Hannour, K. Chemical composition of *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) essential oils and evaluation of their toxicity against Bruchus rufimanus (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in Morocco / K. Hannour, A. Boughdad, A. Maataoui, A. Bouchelta // International Journal of Tropical Insect Science. – 2018. – Vol. 38, № 3. – P. 192-204. – DOI: 10.1017/S1742758418000104.

123 Hanson, J.R. Rosemary, the beneficial chemistry of a garden herb / J.R. Hanson // Science Progress. – 2016. – Vol. 99, № 1. – P. 83-91.

124 Hernandez, F. Effect of dietary rosemary leaves on performance, meat quality and antioxidant status of broiler chickens / F. Hernandez, J. Madrid, V. Garcia, J. Orengo, M.J. Megias // Poultry Science. – 2015. – Vol. 94, № 6. – P. 1342-1350.

125 Hernandez, M.D. Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oils / M.D. Hernandez, J.A. Sotomayor, A. Hernandez, M.J. Jordan // Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety / Ed. V.R. Preedy. – Elsevier, 2016. – P. 677-688.

126 Herrera, J. Flower size variation in *Rosmarinus officinalis*: individuals, populations and habitats / J. Herrera // Annals of Botany. – 2004. – Vol. 94, № 3. – P. 429-437.

127 Hoiby, N. Antibiotic resistance of bacterial biofilms / N. Hoiby, T. Bjarnsholt, M. Givskov, S. Molin, O. Ciofu // International Journal of Antimicrobial Agents. – 2010. – Vol. 35, № 4. – P. 322-332. – DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2009.12.011.

128 Houzi, G. Aphicidal and antimicrobial activities of *Salvia rosmarinus* essential oil and its major compound, 1,8-cineole / G. Houzi, A. Allali, A. Elbouzidi, M. Taibi, M. Chebaibi, B.K. Zineb, R.A. Mothana, M.F. Hawwal, R. Flouchi, A. Asehraou, A. Lahkimi, S. Khal-Layoun // Phyton-International Journal of Experimental Botany. – 2025. – Vol. 94, № 4. – P. 1239-1251. – DOI: 10.32604/phyton.2025.063021.

129 Husein, N. Exploring the antimicrobial potential of *Rosmarinus officinalis* against urinary tract infection isolates in Amman Jordan / N. Husein, N.A. Laban, D.T. Owais // Iranian Journal of Microbiology. – 2025. – Vol. 17, № 3. – P. 460-469. – DOI: 10.18502/ijm.v17i3.18829.

130 Hussain, A.I. *Rosmarinus officinalis* essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities / A.I. Hussain, F. Anwar, S.A.S. Chatha, A. Jabbar, S. Mahboob, P.S. Nigam // Brazilian Journal of Microbiology. – 2010. – Vol. 41, № 4. – P. 1070-1078. – DOI: 10.1590/S1517-83822010000400027.

131 Ismaili, M.R. Improvement of Harvesting Practices for Sustainable Development of Moroccan Rosemary Mediterranean's Scrublands / M.R. Ismaili, M. Rahouti, B. Kabouchi, H. Ramzi, M. Aberchane, A. Fidah, A. Famiri, O. Lamzoudi // Journal of Essential Oil Bearing Plants. – 2017. – Vol. 20, № 5. – P. 1266-1274. – DOI: 10.1080/0972060X.2017.1401961.

132 ISO 1342:2012. Essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). – International Organization for Standardization, 2012.

133 Jiang, Y. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary / Y. Jiang, N. Wu, Y.-J. Fu, W. Wang, M. Luo, C.-J. Zhao, Y.-G. Zu, X.-L. Liu // Environmental Toxicology and Pharmacology. – 2011. – Vol. 32, № 1. – P. 63-68. – DOI: 10.1016/j.etap.2011.03.011.

134 Jordán, M.J. Chemical intraspecific variability and chemotype determination of *Rosmarinus officinalis* L. in the region of Murcia / M.J. Jordán, V.

Lax, C. Martínez, M. Aouissat, J.A. Sotomayor // Acta Horticulturae. – 2011. – Vol. 925. – P. 109-114.

135 Jordán, M.J. Effect of bioclimatic area on the essential oil composition and antibacterial activity of *Rosmarinus officinalis* L. / M.J. Jordán, V. Lax, M.C. Rota, S. Lorán, J.A. Sotomayor // Food Control. – 2013. – Vol. 30, № 2. – P. 463-468.

136 Kabotso, D.E.K. In Vitro Evaluation of Rosemary Essential Oil: GC-MS Profiling, Antibacterial Synergy, and Biofilm Inhibition / D.E.K. Kabotso, D. Neglo, S.E. Gaba, E.K. Danyo, A.D. Dayie, A.A. Asantewaa, F.C.N. Kotey, N.T.K.D. Dayie // Pharmaceuticals. – 2024. – Vol. 17, № 12. – Art. 1653. – DOI: 10.3390/ph17121653.

137 Kabubii, Z.N. Diet supplementation with rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) leaf powder exhibits an antidiabetic property in streptozotocin-induced diabetic male Wistar rats / Z.N. Kabubii, J.M. Mbaria, P.M. Mathiu, J.M. Wanjohi, E.N. Nyaboga // Diabetology. – 2024. – Vol. 5, № 1. – P. 12-25.

138 Karadag, A.E. In vitro antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and analgesic evaluation of *Rosmarinus officinalis* L. flower extract fractions / A.E. Karadag, B. Demirci, A. Çaşkurlu, M. Okur, D. Orak, H. Sipahi, K. Başer // South African Journal of Botany. – 2019. – Vol. 125. – P. 214-220. – DOI: 10.1016/j.sajb.2019.07.039.

139 Kędzia, A. Oddziaływanie olejku rozmarynowego (Rosmarini aetheroleum) na grzyby drożdżopodobne / A. Kędzia, E. Hołderna-Kędzia // Postępy Fitoterapii. – 2021. – Vol. 22, № 2. – P. 83-88. – DOI: 10.25121/PF.2021.22.2.83.

140 Kloy, A. Antibacterial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) / A. Kloy, J. Ahmad, U. Yusuf, M. Muhammad // Saudi Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. – 2020. – Vol. 2, № 1. – P. 1-4.

141 Kostas, S. Sustainable exploitation of Greek *Rosmarinus officinalis* L. populations for ornamental use through propagation by shoot cuttings and in vitro cultures / S. Kostas, A. Kaplani, E. Koulaouzidou, A.A. Kotoula, E. Gklavakis, P. Tsoulpha, S. Hatzilazarou, I. Nianiou-Obeidat, A.K. Kanellis, A.S. Economou // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, № 7. – Art. 4059. – DOI: 10.3390/su14074059.

142 Kowalski, R. Secretory structures and essential oil composition of selected industrial species of Lamiaceae / R. Kowalski, G. Kowalska, M. Jankowska, A. Nawrocka, K. Kałwa, U. Pankiewicz, M. Włodarczyk-Stasiak // Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus. – 2019. – Vol. 18, № 2. – P. 53-69. – DOI: 10.24326/asphc.2019.2.6.

143 Krifa, O. Market Screening – Plantes aromatiques et médicinales de la Tunisie: Romarin, Myrte et Néroli / O. Krifa. – Tunis: SIPPO, 2019. – 47 p. – URL: https://www.apia.com.tn/medias/files/Etudes/Plantes-aromatiques-et-medicinales-SIPPO-Market-Screening.pdf (дата обращения: 26.09.2026).

144 Kwon M.Y. A caffeic acid-ferulic acid hybrid compound attenuates lipopolysaccharide-mediated inflammation in BV2 and RAW264.7 cells / M.Y. Kwon, S.M. Kim, J. Park, J. Lee, H. Cho, H. Lee, C. Jeon, J.H. Park, I.O. Han // Biochemical and Biophysical Research Communications. – 2019. – Vol. 515, № 4. – P. 565-571. – DOI: 10.1016/j.bbrc.2019.06.005.

145 Lahlou, M. Composition and niticidal activity of essential oils of three chemotypes of *Rosmarinus officinalis* L. acclimatized in Morocco / M. Lahlou, R. Berrada // Flavour and Fragrance Journal. – 2003. – Vol. 18, № 2. – P. 124-127.

146 Lakušić, D. Seasonal Variations in the Composition of the Essential Oils of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*, Lamiaceae) / D. Lakušić, M. Ristić, V. Slavkovska, B. Lakušić // Natural Product Communications. – 2013. – Vol. 8, № 1. – P. 131-134.

147 Lakušić, D.V. Environment-related variations of the composition of the essential oils of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in the Balkan Peninsula / D.V. Lakušić, M.S. Ristić, V.N. Slavkovska, J.B. Šinžar-Sekulić, B.S. Lakušić // Chemistry & Biodiversity. – 2012. – Vol. 9, № 7. – P. 1286-1302.

148 Laratta, B. Chemical composition of wild *Rosmarinus officinalis* essential oil: bioactivity evaluation, and valorisation strategies for the spent biomass after essential oil extraction / B. Laratta, F.M. Vella, A.G. Castaldo, I. Fiume, F. Siano, D. Cautela // Frontiers in Sustainable Food Systems. – 2025. – Vol. 9. – P. 1677990.

149 Lawrence, B.M. Progress in essential oils: Rosemary oil / B.M. Lawrence // Perfumer & Flavorist. – 2001. – Vol. 26, № 5. – P. 50-58.

150 Lee, C.J. Correlations of the components of tea tree oil with its antibacterial effects and skin irritation / C.J. Lee, L.W. Chen, L.G. Chen, T.L. Chang, C.W. Huang, M.C. Huang, C.C. Wang // Journal of Food and Drug Analysis. – 2013. – Vol. 21, № 2. – P. 169-176.

151 Li, G. Volatile diversity in wild populations of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) from the Tyrrhenian Sea vicinity cultivated under homogeneous environmental conditions / G. Li, C. Cervelli, B. Ruffoni, A. Shachter, N. Dudai // Industrial Crops and Products. – 2016. – Vol. 84, № 1. – P. 381-390. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.02.029.

152 Lorezi, H. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas / H. Lorezi, F.J. Matos. – Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. – 512 p.

153 Luca, S.V. Value-Added compounds with antimicrobial, antioxidant, and enzyme-inhibitory effects from post-distillation and post-supercritical CO2 extraction by-products of rosemary / S.V. Luca, G. Zengin, K.I. Sinan, I. Korona-Glowniak, M. Minceva, K. Skalicka-Woźniak, A. Trifan // Antioxidants (Basel). – 2023. – Vol. 12, № 2. – P. 244. – DOI: 10.3390/antiox12020244.

154 Luis, J.C. Seasonal variations of rosmarinic and carnosic acids in rosemary extracts. Analysis of their in vitro antiradical activity / J.C. Luis, C.B. Johnson // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2005. – Vol. 3, № 1. – P. 106-112.

155 Luo, C. A review of the anti-inflammatory effects of rosmarinic acid on inflammatory diseases / C. Luo, L. Zou, H. Sun, J. Peng, C. Gao, L. Bao, R. Ji, Y. Jin, S. Sun // Frontiers in Pharmacology. – 2020. – Vol. 11. – Art. 153. – DOI: 10.3389/fphar.2020.00153.

156 Machado, D.G. Antidepressant-like effect of the extract of *Rosmarinus officinalis* in mice: involvement of the monoaminergic system / D.G. Machado, L.E.B. Bettio, M.P. Cunha, J.C. Capra, J.B. Dalmarco, M.G. Pizzolatti, A.L.S. Rodrigues // Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry. – 2013. – Vol. 33, № 4. – P. 642-650.

157 Mahgoub, M.M. Effect of dietary rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.) on performance, meat quality and antioxidant status of rabbits / M.M. Mahgoub,

S.A. El-Badawi, M.S. Zaki, A.A. El-Garhy // Animal Feed Science and Technology. – 2019. – Vol. 253. – P. 1-10.

158 Manilal, A. Antibacterial activity of *Rosmarinus officinalis* against multidrug-resistant clinical isolates and meat-borne pathogens / A. Manilal, K.R. Sabu, M. Woldemariam, A. Aklilu, G. Biresaw, T. Yohanes, M. Seid, B. Merdekios // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. – 2021. – Art. 6677420. – DOI: 10.1155/2021/6677420.

159 Marin, M. Glandular trichomes on the leaves of *Rosmarinus officinalis*: morphology, stereology and histochemistry / M. Marin, V. Koko, S. Duletić-Laušević, P.D. Marin, D. Rančić, Z. Dajić-Stevanović // South African Journal of Botany. – 2006. – Vol. 72, № 3. – P. 378-382. – DOI: 10.1016/j.sajb.2005.10.009.

160 Marko, N.V. Chemotypic diversity of *Rosmarinus officinalis* L. in the collection of the Nikita botanical gardens / N.V. Marko, O.M. Shevchuk, S.A. Feskov, L.A. Khlypenko, L.B. Dmitriev // Acta Horticulturae. – 2020. – Vol. 1287. – P. 111-116.

161 Martin, R. Photoprotective effect of a water-soluble extract of *Rosmarinus officinalis* L. against UV-induced matrix metalloproteinase-1 in human dermal fibroblasts and reconstructed skin / R. Martin, C. Pierrard, F. Lejeune, P. Hilaire, L. Breton, F. Bernerd // European Journal of Dermatology. – 2008. – Vol. 18, № 2. – P. 128-135.

162 Matsuzaki, Y. Antifungal activity of chemotype essential oils from rosemary against *Candida albicans* / Y. Matsuzaki, T. Tsujisawa, T. Nishihara, M. Nakamura, Y. Kakinoki // Open Journal of Stomatology. – 2013. – Vol. 3, № 2. – P. 176-182. – DOI: 10.4236/ojst.2013.32031.

163 Meccatti, V.M. *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) extract has antibiofilm effect similar to the antifungal nystatin on *Candida* samples / V.M. Meccatti, J.R. Oliveira, L.W. Figueira, A.A. Lagareiro Netto, L.S. Zamarioli, M.C. Marcucci, S.E.A. Camargo, C.A.T. Carvalho, L.D. Oliveira // Anais da Academia Brasileira de Ciências. – 2021. – Vol. 93, № 2. – Art. e20190366. – DOI: 10.1590/0001-3765202120190366.

164 Mehalaine, S. Screening of seed germination requirements of some native plants of the Mediterranean region / S. Mehalaine, T. Menasria, H. Chenchouni // Scientia Horticulturae. – 2023. – Vol. 312. – Art. 111838. – DOI: 10.1016/j.scienta.2023.111838.

165 Melito, S. Seasonal Variation of Essential Oil in *Rosmarinus officinalis* Leaves in Sardinia / S. Melito, G.L. Petretto, S. Chahine, G. Pintore, M. Chessa // Natural Product Communications. – 2019. – Vol. 14, № 7. – P. 1-7. – DOI: 10.1177/1934578X19864005.

166 Mena, P. Phytochemical profiling of flavonoids, phenolic acids, terpenoids, and volatile fraction of a rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract / P. Mena, M. Cirlini, M. Tassotti, K.A. Herrlinger, C. Dall'Asta, D. Del Rio // Molecules. – 2016. – Vol. 21, № 11. – P. 1576.

167 Miao, M. Pharmacological action and potential targets of chlorogenic acid / M. Miao, L. Xiang // Advances in Pharmacology. – 2020. – Vol. 87. – P. 71-88.

168 Missouri Botanical Garden. *Rosmarinus officinalis*. – 2016. – URL: http://www.missouribotanicalgarden.org.

169 Moghaddam, M. Chemistry of essential oils and factors influencing their constituents / M. Moghaddam, L. Mehdizadeh // Soft Chemistry and Food Fermentation. – Academic Press, 2017. – P. 379-419.

170 Montenegro, L. Rosemary essential oil-loaded lipid nanoparticles: in vivo topical activity from gel vehicles / L. Montenegro, L. Pasquinucci, A. Zappalà, S. Chiechio, R. Turnaturi, C. Parenti // Pharmaceutics. – 2017. – Vol. 9, № 4. – P. 48.

171 Moore, J. Rosemary diterpenes: biological activities and molecular mechanisms / J. Moore, M. Yousef, E. Tsiani // Molecules. – 2016. – Vol. 21, № 6. – P. 721.

172 Moreno, S. Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extracts linked to their polyphenol composition / S. Moreno, T. Scheyer, C.S. Romano, A.A. Vojnov // Free Radical Research. – 2006. – Vol. 40, № 2. – P. 223-231. – DOI: 10.1080/10715760500473834.

173 Moretti, M.D.L. Soil properties and essential oil composition of *Rosmarinus officinalis* L. in Sardinia / M.D.L. Moretti, A.T. Peana, G. Sanna Passino, V. Solinas // Journal of Essential Oil Research. – 1998. – Vol. 10, № 3. – P. 261-267.

174 Mulinacci, N. Storage method, drying processes and extraction procedures strongly affect the phenolic fraction of rosemary leaves: An HPLC/DAD/MS study / N. Mulinacci, M. Innocenti, M. Bellumori et al., C. Giaccherini, V. Martini, M. Michelozzi // Talanta. – 2011. – Vol. 85, № 1. – P. 167–176.

175 Munné-Bosch, S. Subcellular compartmentation of the diterpene carnosic acid and its derivatives in the leaves of rosemary / S. Munné-Bosch, L. Alegre // Plant Physiology. – 2001. – Vol. 125, № 2. – P. 1094–1102. – DOI: 10.1104/pp.125.2.1094.

176 Murata, K. Promotion of hair growth by *Rosmarinus officinalis* leaf extract / K. Murata, K. Noguchi, M. Kondo, M. Onishi, N. Watanabe, K. Okamura, H. Matsuda // Phytotherapy Research. – 2013. – Vol. 27, № 2. – P. 212-217.

177 Naggar, M. Pour une approche d'aménagement et de gestion durable des territoires à romarin dans la région de l'Oriental (Maroc) / M. Naggar, K. Iharchine // Forêt Méditerranéenne. – 2016. – T. XXXVII, № 1. – P. 63-70. – URL: https://www.foret-mediterraneenne.org/fr/catalogue/id-2003-pour-une-approche-d-amenagement-et-de-gestion-durable-des-territoires-a-romarin-dans-la-region-de-l-oriental-maroc (дата обращения: 26.09.2026).

178 Naghibi, F. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology / F. Naghibi, M. Mosaddegh, S.M. Motamed, A. Ghorbani // Iranian Journal of Pharmaceutical Research. – 2005. – Vol. 4, № 2. – P. 63-79.

179 Napoli, E.M. Screening of the essential oil composition of wild Sicilian rosemary / E.M. Napoli, G. Curcuruto, G. Ruberto // Biochemical Systematics and Ecology. – 2010. – Vol. 38, № 4. – P. 659-670.

180 Napoli, E.M. Wild Sicilian rosemary: phytochemical and morphological screening and antioxidant activity evaluation of extracts and essential oils / E.M. Napoli, L. Siracusa, A. Saija, A. Speciale, D. Trombetta, T. Tuttolomondo, S. La Bella, M. Licata, G. Virga, R. Leone, C. Leto, L. Rubino, G. Ruberto // Chemistry & Biodiversity. – 2015. – Vol. 12, № 7. – P. 1075-1094.

181 Nazzaro, F. Effect of essential oils on pathogenic bacteria / F. Nazzaro, F. Fratianni, L. De Martino, R. Coppola, V. De Feo // Pharmaceuticals. – 2013. – Vol. 6, № 12. – P. 1451-1474.

182 Nieto, G. Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): a review / G. Nieto, G. Ros, J. Castillo // Medicines. – 2018. – Vol. 5, № 3. – P. 98. – DOI: 10.3390/medicines5030098.

183 Noor, S. Biomedical features and therapeutic potential of rosmarinic acid / S. Noor, T. Mohammad, M.A. Rub, A. Raza, N. Azum, D.K. Yadav, M.I. Hassan, A.M. Asiri // Archives of Pharmacal Research. – 2022. – Vol. 45, № 4. – P. 205-228. – DOI: 10.1007/s12272-022-01378-2.

184 Nunes, S. Therapeutic and nutraceutical potential of rosmarinic acid – Cytoprotective properties and pharmacokinetic profile / S. Nunes, A.R. Madureira, D. Campos, B. Sarmento, A.M. Gomes, M. Pintado, F. Reis // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2017. – Vol. 57, № 9. – P. 1799-1806. – DOI: 10.1080/10408398.2015.1006768.

185 Odhaib, K.J. Effect of dietary rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) leaf meal on growth performance, immune response and meat quality of broiler chickens / K.J. Odhaib, A.A. Al-Hassani, H.H. Al-Azzawi // Journal of Agricultural Science. – 2018. – Vol. 10, № 6. – P. 211-222.

186 Oduncuoglu, G. Anti-inflammatory and Antibacterial Activity of *Rosmarinus officinalis* L. Essential Oil and Hydrosol against Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus (MRSA) / G. Oduncuoglu, G. Şanlıtürk // EMU Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2025. – Vol. 8. – P. 124-131. – DOI: 10.54994/emujpharmsci.1827520.

187 Ojeda-Sana, A.M. New insights into antibacterial and antioxidant activities of rosemary essential oils and their main components / A.M. Ojeda-Sana, C.M. van Baren, M.A. Elechosa, M.A. Juárez, S. Moreno // Food Control. – 2013. – Vol. 31, № 1. – P. 189-195. – DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.09.022.

188 Okoh, O.O. Comparative evaluation of the antibacterial activities of the essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. obtained by hydrodistillation and solvent free

microwave extraction methods / O.O. Okoh, A.P. Sadimenko, A.J. Afolayan // Food Chemistry. – 2010. – Vol. 120, № 1. – P. 308-312. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.09.084.

189 Olmos, E. Subcellular effects of drought stress in *Rosmarinus officinalis* / E. Olmos, M.J. Sánchez-Blanco, T. Ferrández, J.J. Alarcón // Plant Biology. – 2007. – Vol. 9, № 1. – P. 77-84. – DOI: 10.1055/s-2006-924488.

190 Orhan, I. Inhibitory effect of Turkish *Rosmarinus officinalis* L. on acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase enzymes / I. Orhan, S. Aslan, M. Kartal, B. Şener, H.C.K. Başer // Food Chemistry. – 2008. – Vol. 108, № 2. – P. 663-668.

191 Ozarowski, M. *Rosmarinus officinalis* L. leaf extract improves memory impairment and affects acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase activities in rat brain / M. Ozarowski, P.L. Mikolajczak, A. Bogacz, A. Gryszczynska, M. Kujawska, J. Jodynis-Liebert, A. Piasecka, H. Napieczynska, M. Szulc, R. Kujawski, J. Bartkowiak-Wieczorek, J. Cichocka, T. Bobkiewicz-Kozlowska, B. Czerny, P.M. Mrozikiewicz // Fitoterapia. – 2013. – Vol. 91. – P. 261-271.

192 Özcan, M.M. Chemical composition and antifungal activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oil from Turkey / M.M. Özcan, J.-C. Chalchat // International Journal of Food Sciences and Nutrition. – 2008. – Vol. 59, № 7-8. – P. 691-698. – DOI: 10.1080/09637480701777944.

193 Panahi, Y. Rosemary oil vs minoxidil 2% for the treatment of androgenetic alopecia: a randomized comparative trial / Y. Panahi, M. Taghizadeh, E. Tahmasbpour-Marzony, A. Sahebkar // SKINmed. – 2015. – Vol. 13, № 1. – P. 15-21.

194 Paolini, J. Comparison of liquid-liquid extraction with headspace methods for the characterization of volatile fractions of commercial hydrolats from typically Mediterranean species / J. Paolini, C. Leandri, J.-M. Desjobert, T. Barboni, J. Costa // Journal of Chromatography A. – 2008. – Vol. 1193. – P. 37-49.

195 Pawłowska, K. Properties and use of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) / K. Pawłowska, K. Janda, K. Jakubczyk // Pomeranian Journal of Life Sciences. – 2020. – Vol. 66, № 3. – P. 76-82. – DOI: 10.21164/pomjlifesci.722.

196 Pérez-Sánchez, A. Protective effects of citrus and rosemary extracts on UV-induced damage in skin cell model and human volunteers / A. Pérez-Sánchez, E. Barrajón-Catalán, N. Caturla, J. Castillo, O. Benavente-García, M. Alcaraz, V. Micol // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2014. – Vol. 136. – P. 12-18.

197 Pesavento, G. Antibacterial activity of oregano, *Rosmarinus* and *Thymus* essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* in beef meat balls / G. Pesavento, C. Calonico, A.R. Bilia, M. Barnabei, F. Calesini, R. Addona, L. Mencarelli, L. Carmagnini, M.C. Di Martino, A. Lo Nostro // Food Control. – 2015. – Vol. 54. – P. 188-199.

198 Peter, K.V. Handbook of Herbs and Spices / K.V. Peter. – 2nd ed. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2012. – Vol. 1-2.

199 Petersen, M. Rosmarinic acid / M. Petersen, M.S.J. Simmonds // Phytochemistry. – 2003. – Vol. 62, № 2. – P. 121-125. – DOI: 10.1016/S0031-9422(02)00513-7.

200 Petiwala, S.M. Polyphenols from the Mediterranean herb rosemary (*Rosmarinus officinalis*) for prostate cancer / S.M. Petiwala, J.J. Johnson // Frontiers in Pharmacology. – 2015. – Vol. 6. – P. 29.

201 Pintore, G. Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. oils from Sardinia and Corsica / G. Pintore, M. Usai, P. Bradesi, C. Juliano, G. Boatto, F. Tomi, M. Chessa, R. Cerri, J. Casanova // Flavour and Fragrance Journal. – 2002. – Vol. 17, № 1. – P. 15-19. – DOI: 10.1002/ffj.1022.

202 Politi, M. Hydrosols from *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis*, and *Cupressus sempervirens*: Phytochemical Analysis and Bioactivity Evaluation / M. Politi, C. Ferrante, L. Menghini, P. Angelini, G.A. Flores, B. Muscatello, A. Braca, M. De Leo // Plants. – 2022. – Vol. 11, № 3. – P. 349-367. – DOI: 10.3390/plants11030349.

203 Politi, M. Reconsidering hydrosols as main products of aromatic plants manufactory: the Lavandin (Lavandula × intermedia) case study in Tuscany / M. Politi,

L. Menghini, B. Conti, S. Bedini, P. Farina, P.L. Cioni, A. Braca, M. De Leo // Molecules. – 2020. – № 25. – P. 2225. – DOI: 10.3390/molecules25092225.

204 Popa, C.L. Chemical and biochemical characterization of essential oils and their corresponding hydrolats from six species of the Lamiaceae family / C.L. Popa, A. Lupitu, M.D. Mot, L. Copolovici, C. Moisa, D.M. Copolovici // Plants. – 2021. – Vol. 10, № 11. – P. 2489. – DOI: 10.3390/plants10112489.

205 Pottier-Alapetite, G. Flore de la Tunisie. Angiospermes-Dicotylédones. Gamopétales / G. Pottier-Alapetite. – Tunis, 1981.

206 Qiu, K. Rosemary: Unrevealing an old aromatic crop as a new source of promising functional food additive – A review / K. Qiu, S. Wang, F. Duan, Z. Sang, S. Wei, H. Liu, H. Tan // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2024. – Vol. 23, № 1. – P. e13273.

207 Raffo, A. Exploring volatile aroma and non-volatile bioactive compounds diversity in wild populations of rosemary (*Salvia rosmarinus* Schleid.) / A. Raffo, I. Baiamonte, L. De Benedetti, E. Lupotto, I. Marchioni, N. Nardo, C. Cervelli // Food Chemistry. – 2023. – Vol. 404, Part A. – P. 134532.

208 Raja, R.R. Medicinally potential plants of Labiatae (Lamiaceae) family: an overview / R.R. Raja // Research Journal of Medicinal Plant. – 2012. – Vol. 6, № 3. – P. 203-213.

209 Randriamihamison, N. Applicability and Interpretability of Ward's Hierarchical Agglomerative Clustering With or Without Contiguity Constraints / N. Randriamihamison, N. Vialaneix, P. Neuvial // Journal of Classification. – 2021. – № 38. – P. 363-389. – DOI: 10.1007/s00357-020-09377-y.

210 Rašković, A. Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil and its hepatoprotective potential / A. Rašković, I. Milanović, N. Pavlović, T. Ćebović, S. Vukmirović, M. Mikov // BMC Complementary and Alternative Medicine. – 2014. – Vol. 14. – Art. 225. – DOI: 10.1186/1472-6882-14-225.

211 Rathore, S. Seasonal variability in essential oil composition and biological activity of *Rosmarinus officinalis* L. accessions in the western Himalaya / S. Rathore, S.

Mukhia, S. Kapoor, V. Bhatt, R. Kumar, R. Kumar // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12. – Art. 3305. – DOI: 10.1038/s41598-022-07298-x.

212 Reed, R.L. Genetic Variation for Winter Hardiness in Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) / R.L. Reed, R.P. Flynn, B. Narasimhamoorthy, J.A. Greaves // ASHS Annual Conference. – 2012. – Poster Board No. 422.

213 Ribeiro-Santos, R. A novel insight on an ancient aromatic plant: the rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) / R. Ribeiro-Santos, D. Carvalho-Costa, C. Cavaleiro, H.S. Costa, T.G. Albuquerque, M.C. Castilho, F. Ramos, N.R. Melo, A. Sanches-Silva // Trends in Food Science & Technology. – 2015. – Vol. 45, № 2. – P. 355-368.

214 Rofouei, M.K. Chemical variation in essential oil composition and rosmarinic acid content in rosemary from Iran at different harvesting times during one day / M.K. Rofouei, S.M. Hejazi Koojori, R.S. Moazeni-Pourasil // Crescent Journal of Medical and Biological Sciences. – 2021. – Vol. 8, № 1. – P. 48-55.

215 Rubiolo, P. Essential oils and volatiles: sample preparation and analysis. A review / P. Rubiolo, B. Sgorbini, E. Liberto, C. Cordero, C. Bicchi // Flavour and Fragrance Journal. – 2010. – Vol. 25. – P. 282-290. – DOI: 10.1002/ffj.1984.

216 Ryding, O. Pericarp structure and phylogeny of tribe Mentheae (Lamiaceae) / O. Ryding // Plant Systematics and Evolution. – 2010. – Vol. 285, № 3. – P. 165-175. – DOI: 10.1007/s00606-010-0270-9.

217 Sadeh, D. Interactive effects of genotype, seasonality and extraction method on chemical compositions and yield of essential oil from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) / D. Sadeh, N. Nitzan, D. Chaimovitsh, A. Shachter, M. Ghanim, N. Dudai // Industrial Crops and Products. – 2019. – Vol. 138. – Art. 111419. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.05.068.

218 Sagawa, T. Study of rosemary peltate glandular trichomes using combined morphological and chemical approach / T. Sagawa, H. Ikeda, T. Hiraoka, K. Hayakawa // Food Science and Technology Research. – 2013. – Vol. 19, № 3. – P. 491-495. – DOI: 10.3136/fstr.19.491.

219 Saha, A. Scope of value addition and utilization of residual biomass from medicinal and aromatic plants / A. Saha, B.B. Basak // Industrial Crops and Products. – 2020. – Vol. 145. – P. 111979.

220 Salido, S. Chemical Composition and Seasonal Variations of Rosemary Oil from Southern Spain / S. Salido, J. Altarejos, M. Nogueras, A. Sánchez, P. Luque // Journal of Essential Oil Research. – 2003. – Vol. 15, № 1. – P. 10-14. – DOI: 10.1080/10412905.2003.9712248.

221 Sanches-Silva, A. Trends in the use of natural antioxidants in active food packaging: a review / A. Sanches-Silva, D. Costa, T.G. Albuquerque, G.G. Buonocore, F. Ramos, M.C. Castilho, A.V. Machado, H.S. Costa // Food Additives & Contaminants: Part A. – 2014. – Vol. 31, № 3. – P. 374-395.

222 Sánchez-Vioque, R. Comparative chemistry and biological properties of the solid residues from hydrodistillation of Spanish populations of *Rosmarinus officinalis* L. / R. Sánchez-Vioque, M.E. Izquierdo-Melero, M. Polissiou, K. Astraka, P.A. Tarantilis, D. Herraiz-Peñalver, M. Martín-Bejerano, O. Santana-Méridas // Grasas y Aceites. – 2015. – Vol. 66, № 2. – Art. e079. – DOI: 10.3989/gya.1060142.

223 Sanmuga, P.E.S.P. *Rosmarinus officinalis*: A source of potential antimicrobial agents for combating antimicrobial resistance / P.E.S.P. Sanmuga, S.P. Senthamil, S. Dhakshinamurthy // Letters in Applied NanoBioScience. – 2024. – Vol. 13, № 1. – P. 45. – DOI: 10.33263/lianbs131.045.

224 Sasaki, K. *Rosmarinus officinalis* polyphenols produce anti-depressant like effect through monoaminergic and cholinergic functions modulation / K. Sasaki, A. El Omri, S. Kondo, J. Han, H. Isoda // Behavioural Brain Research. – 2013. – Vol. 238. – P. 86-94.

225 Satyal, P. Chemotypic Characterization and Biological Activity of *Rosmarinus officinalis* / P. Satyal, T.H. Jones, E.M. Lopez, R.L. McFeeters, N.A.A. Ali, I. Mansi, A.G. Al-kaf, W.N. Setzer // Foods. – 2017. – Vol. 6, № 3. – Art. 20. – DOI: 10.3390/foods6030020.

226 Serralutzu, F. Essential oil composition *and yield of a Rosmarinus officinalis* L. natural population with an extended flowering season in a coastal

Mediterranean environment and perspectives for exploitations / F. Serralutzu, A.P. Stangoni, B. Amadou, D. Tijan, G.A. Re, S. Marceddu, A. Dore, S. Bullitta // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2020. – Vol. 67. – P. 1777-1793. – DOI: 10.1007/s10722-020-00939-y.

227 Shabir, S. Influence of season, harvest time and plant part on the yield and chemical composition of rosemary (*Salvia rosmarinus* Spenn.) essential oil / S. Shabir, P.A. Sofi, I.A. Peerzada, A.R. Malik, N.A. Pala, A. Ji, T. Mushtaq, I. Mohammad, S. Nissar // Plant Science Today. – 2026. – (Early Access). – DOI: 10.14719/pst.13217.

228 Shahina, Z. Rosemary essential oil and its components 1,8-cineole and α-pinene induce ROS-dependent lethality and ROS-independent virulence inhibition in *Candida albicans* / Z. Shahina, R. Al Homsi, J.D.W. Price, M. Whiteway, T. Sultana, T.E.S. Dahms // PLoS ONE. – 2022. – Vol. 17, № 11. – Art. e0277097. – DOI: 10.1371/journal.pone.0277097.

229 Sharmagiy, A.K. Dynamics of phytophage invasions and peculiarities of their phenology in the parks of the south coast of the Crimea / A.K. Sharmagiy, E.B. Balykina, N.N. Trikoz, D.A. Korzh, E.V. Yatskova // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 254. – Art. 06005. – DOI: 10.1051/e3sconf/202125406005.

230 Shekarchi, M. Comparative study of rosmarinic acid content in some plants of Labiatae family / M. Shekarchi, H. Hajimehdipoor, S. Saeidnia, A.R. Gohari, M. Pirali Hamedani // Pharmacognosy Magazine. – 2012. – Vol. 8, № 29. – P. 37-41. – DOI: 10.4103/0973-1296.93316.

231 Sienkiewicz, M. The potential of use basil and rosemary essential oils as effective antibacterial agents / M. Sienkiewicz, M. Łysakowska, M. Pastuszka, W. Bienias, E. Kowalczyk // Central European Journal of Biology. – 2013. – Vol. 8, № 8. – P. 742-749.

232 Simić, P. Rosemary Essential Oil as a Natural Additive in Food Industry: Recent Developments in Encapsulation Techniques / P. Simić, N.P. Ulrih // Foods. – 2026. – Vol. 15, № 5. – P. 893. – DOI: 10.3390/foods15050893.

233 Sotelo-Félix, J.I. Evaluation of the effectiveness of *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) in the alleviation of carbon tetrachloride-induced acute hepatotoxicity in

the rat / J.I. Sotelo-Félix, D. Martinez-Fong, P. Muriel, R.L. Santillán, D. Castillo, P. Yahuaca // Journal of Ethnopharmacology. – 2002. – Vol. 81, № 2. – P. 145-154.

234 Teruel, M.R. Effect of different format-solvent rosemary extracts (*Rosmarinus officinalis*) on frozen chicken nuggets quality / M.R. Teruel, M.D. Garrido, M.C. Espinosa, M.B. Linares // Food Chemistry. – 2015. – Vol. 172. – P. 40-46.

235 Tohidi, B. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of Thymus species collected from different regions of Iran / B. Tohidi, M. Rahimmalek, A. Arzani // Food Chemistry. – 2017. – Vol. 220. – P. 153-161.

236 Turrill, W.B. The genus *Rosmarinus* / W.B. Turrill // Bulletin of Miscellaneous Information (Royal Botanic Gardens, Kew). – 1920. – P. 105-108.

237 Ulbricht, C. An evidence-based systematic review of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) by the Natural Standard Research Collaboration / C. Ulbricht, T.R. Abrams, A. Brigham, J. Ceurvels, J. Clubb, W. Curtiss, C.D. Kirkwood, N. Giese, K. Hoehn, R. Iovin, R. Isaac, E. Rusie, J.M.G. Serrano, M. Varghese, W. Weissner, R.C. Windsor // Journal of Dietary Supplements. – 2010. – Vol. 7, № 4. – P. 351-413.

238 Ventola, C.L. The antibiotic resistance crisis: Part 1: Causes and threats / C.L. Ventola // Pharmacy and Therapeutics. – 2015. – Vol. 40, № 4. – P. 277-283.

239 Verma, H. Pharmacology of rosmarinic acid against psychological disorders / H. Verma, N. Shivavedi, M. Kumar, P.K. Nayak // Traditional Medicine for Neuronal Health. – 2023. – P. 191-212.

240 Verma, R.S. Productivity and essential oil composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) harvested at different growth stages under the subtropical region of north India / R.S. Verma, R.C. Padalia, A. Chauhan, R.K. Upadhyay, V.R. Singh // Journal of Essential Oil Research. – 2020. – Vol. 32, № 2. – P. 144-149. – DOI: 10.1080/10412905.2019.1684391.

241 Wagstaff, S.J. Phylogeny in Labiatae s.l., inferred from cpDNA sequences / S.J. Wagstaff, L. Hickerson, R. Spangler, P.A. Reeves, R.G. Olmstead // Plant Systematics and Evolution. – 1998. – Vol. 209, № 3–4. – P. 265-274.

242 Walker, J.B. Salvia (Lamiaceae) is not monophyletic: implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of Salvia and tribe Mentheae / J.B. Walker, K.J. Sytsma, J. Treleven, M. Wink // American Journal of Botany. – 2004. – Vol. 91, № 7. – P. 1115-1125. – DOI: 10.3732/ajb.91.7.1115.

243 Wang, W. Antibacterial and anticancer activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to the activity of its main components / W. Wang, N. Li, M. Luo, Y. Zu, T. Efferth // Molecules. – 2012. – Vol. 17, № 3. – P. 2704-2713. – DOI: 10.3390/molecules17032704.

244 Ward, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function / J.H. Ward // Journal of the American Statistical Association. – 1963. – Vol. 58, № 301. – P. 236-244.

245 World Health Organization. Antimicrobial resistance: global report on surveillance. – Geneva: WHO, 2014.

246 World Health Organization. Ten threats to global health in 2019. – Geneva: World Health Organization, 2019.

247 Yeddes, W. Optimizing the Method of Rosemary Essential Oils Extraction by Using Response Surface Methodology (RSM)-Characterization and Toxicological Assessment / W. Yeddes, I. Ouerhemmi, M. Hammami, H. Gadhoumi, T.G. Affes, S. Mohamed Nait, W. Aidi-Wannes, D. Witrowa-Rajchert, M. Saidani-Tounsi, M. Nowacka // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, № 7. – P. 3927. – DOI: 10.3390/su14073927.

248 Yimam, M. A standardized composition comprised of extracts from *Rosmarinus officinalis*, Annona squamosa and Zanthoxylum clavaherculis for cellulite / M. Yimam, Y. Lee, P. Giao, M. Hong, L. Brownell, Q. Jia // Pharmacognosy Research. – 2017. – Vol. 9, № 4. – P. 319-324.

249 Younes, M. Re-evaluation of gellan gum (E 418) as food additive / M. Younes, P. Aggett, F. Aguilar, R. Crebelli, M. Filipic, M.J. Frutos, P. Galtier, D. Gott, U. Gundert-Remy, G.G. Kuhnle, C. Lambré, J.-C. Leblanc, I.T. Lillegaard, P. Moldeus, A. Mortensen, A. Oskarsson, I. Stankovic, I. Waalkens-Berendsen, R.A. Woutersen, B. Dusemund // EFSA Journal. – 2018. – Vol. 16, № 6. – Art. e05296. – DOI: 10.2903/j.efsa.2018.5296.

250 Yu, H.L. Glycols: The ubiquitous solvent for dermal formulations / H.L. Yu, C.F. Goh // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2024. – Vol. 196. – Art. 114182. – DOI: 10.1016/j.ejpb.2024.114182.

251 Zaouali, Y. Essential oils composition in two *Rosmarinus officinalis* L. Varieties and incidence for antimicrobial and antioxidant activities / Y. Zaouali, T. Bouzaine, M. Boussaid // Food and Chemical Toxicology. – 2010. – Vol. 48, № 11. – P. 3144-3152.

252 Zaouali, Y. Oil composition variability among populations in relationship with their ecological areas in Tunisian *Rosmarinus officinalis* L. / Y. Zaouali, C. Messaoud, A. Ben Salah, M. Boussaïd // Flavour and Fragrance Journal. – 2005. – Vol. 20, № 5. – P. 512-520. – DOI: 10.1002/ffj.1428.

253 Zhai, X. Success stories of natural product-derived compounds from plants as multidrug resistance modulators in microorganisms / X. Zhai, G. Wu, X. Tao, S. Yang, L. Lv, Y. Zhu, D. Dong, H. Xiang // RSC Advances. – 2023. – Vol. 13, № 12. – P. 7798-7817. – DOI: 10.1039/D3RA00184A.

254 Zigene, D.Z. Agro-Morphological and Chemical Traits-Based Diversity Assessment in Rosemary (*Salvia Rosmarinus* Schleid.) Accessions / Z. Damtew Zigene, B. Tesfaye Asfaw, T. Disasa Bitima // Journal of Plant Biology and Crop Research. – 2024. – Vol. 7, № 1. – Art. 1096. – DOI: 10.47363/JPBCR/2024(6)172.

255 Zigene, D.Z. Analysis of genetic diversity in rosemary (*Salvia rosemarinus* Schleid.) using SSR molecular marker for its management and sustainable use in Ethiopian genebank / Z.D. Zigene, B.T. Asfaw, T.D. Bitima // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2021. – Vol. 68. – P. 279-293. – DOI: 10.1007/s10722-020-00984-7.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВНТ – бутилгидрокситолуол

ВНА – бутилгидроксианизол

ВЭЖХ – высокоэффективная жидкостная хроматография

ГФ – Государственная фармакопея

ГХ-МС – газовая хромато-масс-спектрометрия

ДМСО – диметилсульфоксид

КИГПК – коэффициент использования горизонтальной проекции кроны

КОЕ – колониеобразующие единицы

МИК – минимальная ингибирующая концентрация

МНВ – бульон Мюллера–Хинтона

МПА – мясопептонный агар

ОП – оптическая плотность

ОФС – общая фармакопейная статья

ПП – полное подавление (видимого роста)

ППЛ – площадь поверхности листьев

ППСШ – площадь поперечного сечения штамба

ТСХ – тонкослойная хроматография

ЦКП – центр коллективного пользования

ЭМ – эфирное масло

ATCC – Американская коллекция типовых культур (American Type Culture Collection)

CCM – Чехословацкая коллекция микроорганизмов (Czech Collection of Microorganisms)

CLSI – Институт клинических и лабораторных стандартов (Clinical and Laboratory Standards Institute)

ISO – Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 86489

Розмарин лекарственный

НОВЫЙ ГОРИЗОНТ

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от **13.07.2023**

ПО ЗАЯВКЕ **№ 7754410** С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА **27.05.2022**

Патентообладатель(и)
ФГБУН 'ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НИКИТСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД-НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН'

Автор(ы) : **ФЕСЬКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**
ХЛЫПЕНКО Л.А., ШЕВЧУК О.М.

Зарегистрировано в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений

Председатель ***М.Ю. Александров***

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 12935

Розмарин лекарственный
Rosmarinus oficinalis L.

НОВЫЙ ГОРИЗОНТ

Патентообладатель

ФГБУН 'ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НИКИТСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД-НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН'

Авторы -

ФЕСЬКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
ХЛЫПЕНКО ЛЮДМИЛА АНАТОЛЬЕВНА
ШЕВЧУК ОКСАНА МИХАЙЛОВНА

ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ **№ 7754410** С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА **27.05.2022 г.**
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 13.07.2023 г.

Председатель ***М.Ю. Александров***

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО
№ 79574

Розмарин лекарственный

АМЕТИСТ

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от **11.03.2021**

ПО ЗАЯВКЕ **№ 8058190** С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА **01.11.2019**

Патентообладатель(и)
ФГБУН 'ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НИКИТСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД-НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН'

Автор(ы) : **ФЕСЬКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**
ХЛЫПЕНКО Л.А., ШЕВЧУК О.М.

Зарегистрировано в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений

Председатель ***М.Ю. Александров***

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ
№ 11442

Розмарин лекарственный
Rosmarinus oficinalis L.

АМЕТИСТ

Патентообладатель

ФГБУН 'ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НИКИТСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД-НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН'

Авторы -

ФЕСЬКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
ХЛЫПЕНКО ЛЮДМИЛА АНАТОЛЬЕВНА
ШЕВЧУК ОКСАНА МИХАЙЛОВНА

ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ **№ 8058190** С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА **01.11.2019 г.**
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 11.03.2021 г.

Председатель ***М.Ю. Александров***

Приложение Б

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЛУШТИНСКИЙ ЭФИРОМАСЛИЧНЫЙ СОВХОЗ-ЗАВОД»
298500, Республика Крым, г. Алушта, ул. 15 Апреля, д.37
р/с 40702810704330000034 в АО "ГЕНБАНК" г. СИМФЕРОПОЛЬ
ИНН 9101004030, КПП 910101001, ОГРН 1149102107868,
тел. 8-800-5000-978
e-mail: aromaoil@aemsz.ru www.aemsz.ru

от 16.02.2026

Акт
о внедрении результатов исследований по диссертационной работе
научного сотрудника лаборатории ароматических и лекарственных растений
ФГБУН «НБС–ННЦ РАН»

Феськова Сергея Александровича

Настоящий акт подтверждает, что на территории АО «Алуштинский эфиромасличный совхоз-завод» с 2024 года на основе лицензионного договора № 044203 от 01.04.2024 г. на площади 0,5 га заложены и эксплуатируются в качестве источника получения эфирного масла промышленные плантации розмарина лекарственного сорта «Новый горизонт» (авторы сорта Феськов С.А., Хлыпенко Л.А., Шевчук О.М.)

Генеральный директор **А.С. Новосад**

ООО «Агрофирма «Тургеневская»
298463, Республика Крым, Бахчисарайский район, с. Тургеневка, пер. Урожайный д.5
ИНН/КПП 9104004140/910401001
Телефон +7 978 901 22 55 / info@agroturg.ru

от 16.02.2026 г.

Акт
о внедрении результатов исследований по диссертационной работе
научного сотрудника лаборатории ароматических и лекарственных растений
ФГБУН «НБС–ННЦ РАН»

Феськова Сергея Александровича

Настоящий акт подтверждает, что на территории ООО «АФ «Тургеневская» с 2024 года на основе лицензионного договора № 047892 от 02.12.2024 г.. на площади 0,5 га заложены и эксплуатируются в качестве источника получения эфирного масла промышленные плантации розмарина лекарственного сорта «Новый горизонт» (авторы сорта Феськов С.А., Хлыпенко Л.А., Шевчук О.М.)

Директор Мишин А.В.

РОССИЯ РЕСПУБЛИКА КРЫМ БАХЧИСАРАЙСКИЙ Р-Н С.ТУРГЕНЕВКА ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "АГРОФИРМА "ТУРГЕНЕВСКАЯ" ИНН 9104004140 ОГРН 1159102039546

ДЕРЖАВНИЙ
БЮДЖЕТНИЙ ЗАКЛАД
РЕСПУБЛІКИ КРИМ
«ЦЕНТР СОЦІАЛЬНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ГРОМАДЯН
ПОХИЛОГО ВІКУ ТА
ІНВАЛІДІВ М. АЛУШТИ»
298500, Республіка Крим,
м. Алушта, вул. Зарічна, 8а
тел +7(36560) 5-69-82
e-mail: cso.alushta@mtrud.rk.gov.ru

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ
«ЦЕНТР СОЦИАЛЬНОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРАЖДАН
ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА И
ИНВАЛИДОВ Г. АЛУШТЫ»
298500, Республика Крым
г. Алушта, ул. Заречная, 8а
тел +7(36560) 5-69-82
e-mail: cso.alushta@mtrud.rk.gov.ru

ҚЪЫРЫМ ДЖУМХУРИЕТИНИНЪ
ДЕВЛЕТ БЮДЖЕТ МУЭССИСЕСИ
«АЛУШТА ШЕЭРИНИНЪ ИХТИЯР
ВЕ САКЪАТ ВАТАНДАШЛАР
ИЧЮН ИЧТИМАИЙ
ХЫЗМЕТ ЭТЮВ МЕРКЕЗИ»

298500, Къырым Джумхуриети,
Алушта шеэри, Заречная сокъ, 8а
тел +7(36560) 5-69-82
e-mail: cso.alushta@mtrud.rk.gov.ru

от 18.09.2026 г. № 07-7.3/01-1.1/03-593
на № _____ от _____

Справка

Подтверждаем, что на базе ГБУ РК «Центр социального обслуживания граждан пожилого возраста и инвалидов г. Алушты» проводятся занятия по ароматерапии с эфирным маслом розмарина лекарственного сорта «Новый горизонт» камфорно-цинеольного хемотипа (авторы сорта Феськов С.А., Хлыпенко Л.А., Шевчук О.М.) под руководством волонтера и руководителя кружка «Ароматерапия» И.А. Барура для улучшения психоэмоционального состояния и качества жизни людей пожилого возраста.

Директор ГБУ РК «ЦСО г. Алушты» С.М. Щербинина

Исп. Марканова М.М. тел. +79787054017

Справка

об использовании эфирного масла розмарина лекарственного сорта «Новый горизонт» (авторы сорта Феськов С.А., Хлыпенко Л.А., Шевчук О.М.) в научных исследованиях

Эфирное масло розмарина лекарственного сорта «Новый горизонт» (авторы сорта Феськов С.А., Хлыпенко Л.А., Шевчук О.М.) используется в научных исследованиях по теме «Выявление закономерностей синтеза биологически активных веществ как основы для создания сортов эфиромасличных и лекарственных растений – источников ценного растительного сырья и средств для улучшения качества жизни человека в рамках реализации программы импортозамещения (шифр FNNS-2025-0001)» с целью разработки методов коррекции психоэмоционального состояния и умственной работоспособности человека.

Результаты исследований опубликованы в научных статьях:

1. Ярош А.М., Батура И.А., Тонковцева В.В., Синицын А.В., Коваль Е.С., Огаркова Е.-Е.В. Влияние эфирных масел растений на тревогу и депрессию у пожилых людей // Успехи геронтологии. – 2025. – Том 38, № 3. – С. 450-456.
2. Ярош А.М., Тонковцева В.В., Григорьев П.Е., Батура И.А., Коваль Е.С., Огаркова Е.-Е.В., Синицын А.В. Влияние эфирных масел растений на психоэмоциональное состояние пожилых людей // Успехи геронтологии. – 2023. – Т. 36, № 5. – С. 740–747.
3. Ярош А.М., Батура И.А., Тонковцева В.В., Синицын А.В., Коваль Е.С., Огаркова Е.-Е.В. Влияние эфирных масел растений на умственную работоспособность пожилых людей // Успехи геронтологии. – 2024. – Т. 37. № 5. – С. 572–579
4. Ярош А.М., Тонковцева В.В., Григорьев П.Е., Батура И.А. Влияние ингаляции парами эфирных масел на артериальное давление у лиц с гипертензией // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2023. – Т. 100(2). – С. 22–30.

Заведующий лаборатории
фитореабилитации человека
д.м.н. А.М. Ярош

Подпись заверяю
Ученый секретарь НБС–ННЦ Т.С. Науменко

Справка

об использовании эфирного масла розмарина лекарственного сорта «Новый горизонт» (авторы сорта Феськов С.А., Хлыпенко Л.А., Шевчук О.М.)

Эфирное масло розмарина лекарственного сорта «Новый горизонт» (авторы сорта Феськов С.А., Хлыпенко Л.А., Шевчук О.М.) используется в центрах социального обслуживания граждан пожилого возраста и инвалидов гг. Ялты и Алушты для коррекции психофизиологического состояния и умственной работоспособности людей пожилого возраста в рамках общероссийской программы «Активное долголетие».

Заведующий лаборатории
фитореабилитации человека
д.м.н. А.М. Ярош

Подпись заверяю
Ученый секретарь НБС - ННЦ Т.С. Науменко