

УДК 633.81

ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЛЕКЦИИ *SALVIA SCLAREA* L.

ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ*

© *Н.В. Невкрытая***, *Н.С. Кривчик*, *С.И. Кривда*, *О.Б. Скипор*, *Е.Н. Грунина*

Институт сельского хозяйства Крыма, ул. Киевская, 150, Симферополь, 295453 (Россия), e-mail: nevkritaya@mail.ru

Объект исследования – накопление и компонентный состав эфирного масла и склареола в шалфее мускатном. Цель исследования – анализ коллекции шалфея мускатного (112 образцов) по основным биохимическим показателям (содержание в сырье эфирного масла, его компонентный состав и выход склареола) и выделение образцов, перспективных для включения в селекционный процесс. Работа выполнена в 2018–2020 гг. на экспериментальном участке НИИСХ Крыма, расположенном в Предгорье Крыма (с. Крымская роза, Белогорский район). Климат региона умеренно континентальный. Среднегодовая температура воздуха – 10 °С. Среднегодовая влажность воздуха – 70%, гидротермический коэффициент – 0.91. Учеты и анализы проведены в соответствии с разработанными методиками. Показана более высокая генетическая обусловленность накопления эфирного масла в растениях по сравнению с влиянием метеоусловий. Отмечено, что на накопление склареола негативно влияют повышенное количество осадков и экстремально высокий температурный режим в период цветения-плодообразования у растений. Варибельность в коллекции по проанализированным признакам ($C_v=7.8–23.4\%$) свидетельствует о возможности отбора перспективного исходного материала для селекции. По результатам анализа коллекции выделено 12 образцов, превышающих по основным биохимическим показателям возделываемые сорта, в том числе пять – с высокой массовой долей эфирного масла – 0.90–1.06% от абсолютно сухой массы (у сортов – 0.6–0.88%) и семь – с высоким содержанием в сырье склареола – 2.00–2.35% (у сортов – 1.58–1.72%).

Ключевые слова: *Salvia sclarea*, шалфей мускатный, эфирное масло, линалилацетат, линалоол, склареола.

Введение

Шалфей мускатный *Salvia sclarea* L. – травянистое растение семейства Яснотковые (Lamiaceae Martipov.). Родина шалфея мускатного – Средиземноморье, откуда он распространился в страны Центральной Европы, на Балканский полуостров, а также в Северную Африку (Алжир) и Малую Азию (Иран) [1, 2]. В России этот вид распространен в южных регионах. В Крыму выращивается с 1929 года по настоящее время [3].

Наиболее ценными продуктами переработки соцветий шалфея мускатного являются эфирное масло и склареола. Эфирное масло выделяют из соцветий методом паровой дистилляции. При упаривании конденсата получают концентрат, используемый для медицинских целей (лечение радикулита, заболеваний опорно-двигательного аппарата, периферической нервной системы и др.) [4, 5].

Наталья Владимировна Невкрытая – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом селекции селекционно-семеноводческого центра эфиромасличных культур, e-mail: nevkritaya@mail.ru

Кривчик Нина Сергеевна – научный сотрудник лаборатории селекции, e-mail: n_krivchik25@mail.ru

Кривда Светлана Ивановна – научный сотрудник лаборатории селекции, e-mail: krivda_svetlana65@mail.ru

Скипор Олег Болеславович – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий селекционно-семеноводческим центром эфиромасличных культур, e-mail: oleg.skipor@mail.ru

Грунина Елена Николаевна – научный сотрудник лаборатории селекции, e-mail: elgrunina@mail.ru

Эфирное масло наиболее ценного состава получают из соцветий. Выход его в производстве может достигать 0.18–0.33% [2]. В листьях и стеблях накапливается значительно меньше эфирного масла, качественный состав которого существенно уступает таковому из соцветий. Так, исследователями из Узбекистана установлено, что содержание линалилацетата в эфирном масле из соцветий составляет 28–34%, из листьев – всего 3.6%, а содержание линалоола достигает, соответственно, 44 и 38% [6].

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20230412494s

** Автор, с которым следует вести переписку.

Эфирное масло из соцветий имеет приятный аромат, одновременно напоминающий запах амбры, апельсина, бергамота. Основные компоненты – линалилацетат (до 85%) и линалоол (до 25%) [4, 5].

Содержание эфирного масла в сырье и его компонентный состав зависят от климатических условий, стадии развития растений, анализируемого сырья и ряда других факторов [6]. Максимальное количество линалоола в эфирном масле шалфея мускатного содержится в период цветения растений, а линалилацетата – в более поздней фазе развития [7]. В эфирном масле из высушенной надземной части растений, собранных в Турции, содержалось всего 9.8% линалилацетата и 7.4% линалоола [8]. Эфирное масло шалфея мускатного из дикой флоры Таджикистана включало 39.2% линалилацетата и 12.5% линалоола [9]. В условиях Крыма растения накапливают больше фенольных соединений, чем польские сорта. В свою очередь, польские сорта шалфея содержат в своих тканях большее количество флавоноидов [10].

Рядом исследований установлено антибактериальное, антисептическое, противовоспалительное, антиоксидантное, мочегонное, иммуномодулирующее и заживляющее действия эфирного масла шалфея мускатного, благодаря чему оно находит применение в медицине [11, 12]. Выявлена его высокая антидиабетическая активность [13]. Ароматерапия с использованием эфирного масла шалфея мускатного применяется при лечении дисменореи [14]. Эффективен мускатный шалфей при лечении женского бесплодия, при нарушенном менструальном цикле способствует его восстановлению, снимает болевой синдром. Во время климакса ослабляет внезапные приливы жара, потение, успокаивает нервы [11].

Смесь эфирного масла шалфея мускатного с линалилацетатом (1 : 1) показала высокую антиоксидантную активность, что предполагает возможность его использования при разработке устойчивых к афлатоксину видов растительных лекарственных средств [15]. Установлено антистрессорное действие смеси эфирных масел шалфея мускатного и лаванды узколистной, проявляющееся в торможении развития миеломы Sp2/0Ag 14 у линейных мышей BALB/c. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования указанной смеси эфирных масел для профилактики и повышения эффективности лечения онкологических заболеваний [16].

Эфирное масло шалфея мускатного используется в парфюмерно-косметической и мыловаренной промышленности. В ликероводочном, кондитерском и табачном производствах его применяют для ароматизации пива, вина, ликеров, эссенций, кондитерских и табачных изделий [3].

При экстракции растворителями из сырья шалфея мускатного получают конкрет и абсолю. Конкрет имеет приятный аромат, сочетающийся с ароматом лаванды, сосны. Из конкрета получают абсолю с характерным типично шалфейным ароматом. Это ценный продукт для парфюмерии, хороший фиксатор, благодаря высокому, до 70%, содержанию склареола [17]. В производстве из растительных отходов после выделения эфирного масла получают методом экстракции склареол, а из него – амбриаль и амброксид, являющиеся заменителем натуральной амбры в парфюмерии.

Благодаря антибактериальным свойствам склареол включают в лечебные кремы и мази [17]. Он облегчает тяжесть артрита, снижая воспаление. Это свидетельствует о возможности фармацевтической разработки склареола в качестве терапевтического средства для лечения ревматоидного артрита [18].

Столь многоплановое использование биологически активных веществ шалфея мускатного указывает на необходимость создания как универсальных сортов, так и сортов различного назначения. В селекционно-семеноводческом центре по эфиромасличным культурам ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (НИИСХ Крыма) традиционно ведутся селекционные исследования шалфея мускатного. В «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию» РФ включено шесть сортов НИИСХ Крыма [19]. Однако интенсификация сельского хозяйства требует периодической сортосмены, введения в производство новых, еще более продуктивных сортов, в том числе с высоким выходом различных биологически активных веществ.

Цель исследования – анализ коллекции шалфея мускатного по основным биохимическим показателям (содержание в сырье эфирного масла, его компонентный состав и выход склареола) и выделение образцов, перспективных для включения в селекционный процесс.

Экспериментальная часть

Объект исследования – накопление и компонентный состав эфирного масла и склареола в коллекции шалфея мускатного. Основным источником исходного материала для селекционных исследований является

поддерживаемая в НИИСХ Крыма коллекция генофонда эфиромасличных, пряно-ароматических и лекарственных растений, в состав которой входит специализированная коллекция шалфея мускатного [20].

Изучение коллекции шалфея мускатного, включающей 112 образцов, в том числе пять сортов НИИСХК – С 785, Ай-Тодор, Крымский поздний, Орфей и Тайган проведено в 2018–2020 гг. в Селекционно-семеноводческом центре эфиромасличных культур НИИСХ Крыма. Экспериментальный участок расположен в Предгорной зоне Крыма (с. Крымская Роза Белогорского района). Климат региона умеренно континентальный. Территория входит в один из пяти агроклиматических районов – верхний предгорный, теплый, недостаточно влажный (северный подрайон с умеренно мягкой зимой) [21]. Среднегодовая температура воздуха – 10 °С. Продолжительность периода с положительной температурой воздуха – 292 дня в году. Средняя температура самого теплого месяца, июля, составляет +21 °С, самого холодного, января – -0.8 °С. Возможно максимальное повышение температуры летом до 40 °С и понижение минимальной – зимой до -30–-35 °С. Среднеголетняя сумма осадков – 498 мм, в период вегетации – 280 мм. Среднегодовая влажность воздуха – 70%, гидротермический коэффициент – 0.91, что свидетельствует о засушливом характере погодных условий. Почва в месте проведения исследований – южный карбонатный, тяжелый суглинистый чернозем (рН – 7.0–8.0).

Посев коллекции проводили ежегодно в 2017–2019 гг., в конце ноября. Делянки двухрядковые, длина – 1 м, ширина междурядья – 0.6 м, площадь учетной делянки – 0.6 м². Повторность опыта двухкратная.

Генеративная сфера у растений шалфея мускатного формируется на второй год вегетации. Анализ коллекции по содержанию эфирного масла и склареола проводили в период начала созревания семян в центральном соцветии в соответствии с разработанными методиками [22, 23]. Извлечение эфирного масла из свежесрезанных соцветий проводили методом гидродистиляции в аппарате Гинзберга [22]. Склареол получали методом экстракции из свежих соцветий [23].

Компонентный состав эфирного масла определяли методом газовой хроматографии на хроматографе «Кристалл 5000.2» с пламенно-ионизационным детектором. Колонка капиллярная кварцевая длиной 30 м с внутренним диаметром 0.32 мм, толщиной фазы 0.5 микрон. Неподвижная фаза CR-WAXms. Температура термостата колонки: 75 °С с выдержкой 1 мин, далее программирование со скоростью 4 °С/мин до 220 °С, с выдержкой 24 мин. Температура инжектора 230 °С, температура детектора 250 °С. Поток газа носителя 1.9 мл/мин, деление потока газа-носителя (гелий) – 1/20. Общее время анализа – 61.3 минуты.

Идентификация компонентов проведена путем сравнения их индексов удерживания по Ковачу с литературными данными [24]. Индексы удерживания Ковача определяли по отношению к гомологическому ряду n-алканов (C8–C40) в тех же рабочих условиях. Выполнено сравнение масс-спектров компонентов пробы и соответствующих данных для чистых веществ в специализированных библиотеках NIST и Wiley 2007 с программами для идентификации AMDIS и NIST [25, 26]. Содержание компонентов в пробе (%) рассчитывали методом внутренней нормализации по площади пиков без использования корректирующих коэффициентов.

Выполнена статистическая обработка полученных данных с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2010 [27].

Обсуждение результатов

Одним из главных показателей для эфиромасличных растений является содержание в сырье эфирного масла. У шалфея мускатного основное количество эфирного масла накапливается в секреторных железках, расположенных на поверхности чашечек цветка [1, 2]. Остальные части растения фактически являются балластом и исключаются из переработки.

Результаты ряда исследований показывают, что содержание эфирного масла в сырье большинства эфиромасличных растений, в том числе и шалфея мускатного, зависит от температурного режима и осадков в период его накопления [6, 28]. По данным метеокомплекса (6152 EU Wireless Vintage Pro 2), расположенного на участке селекционно-семеноводческого центра в с. Крымская Роза, годы исследований отличались по метеоусловиям в этот период. Экстремально жарким и засушливым был сезон 2018 г. Среднемесячные температуры в апреле – июле превышали средние многолетние показатели на 3.8; 3.1; 2.8 и 2.2 °С соответственно. Количество осадков в апреле составило всего 10.7% от нормы, а в мае и июне, соответственно, – 70.9 и 33.3%. И только в июле выпало полторы месячных нормы осадков. Промежуточным по условиям был

2019 г. В апреле среднемесячная температура была на 0.5 °С ниже средней многолетней. В мае на фоне засухи (20% от нормы осадков) средняя температура превысила норму на 2.4 °С. Жарким (на 4.1 °С выше нормы), с достаточным количеством осадков (96.6% – во второй половине месяца) был июнь. Несколько выше нормы (114.6%) выпало осадков в начале июля, однако среднемесячная температура была на 0.5 °С ниже нормы. Более благоприятными были условия 2020 г. Среднемесячные температуры в апреле, мае и июле отличались от средних многолетних показателей на 0.2–0.8 °С. Количество осадков в апреле составило всего 38.8 % от нормы, а в мае и июле было близким к норме (108.9 и 106.4%). Жарким (на 2.4 °С выше нормы) и дождливым (147.2% к среднему показателю) был июнь.

Установлено, что среднее содержание эфирного масла в коллекции составляет $0.69 \pm 0.01\%$ от абсолютно сухой массы соцветий. Диапазон изменчивости – 0.39–1.06%. Содержание эфирного масла у сортов НИИСХК – от 0.66 ± 0.22 (С 785) до $0.88 \pm 0.09\%$ (Крымский поздний). Вариабельность показателя в коллекции ($C_v=18.8\%$) указывает на возможность отбора высокомасличных образцов (табл. 1).

Результаты наших исследований показывают, что, несмотря на различие метеоусловий по годам содержание эфирного масла в соцветиях коллекционных образцов отличалось незначительно и составляло, в среднем, соответственно, 0.70 ± 0.02 , 0.62 ± 0.02 и $0.73 \pm 0.02\%$ от абсолютно сухой массы. Это свидетельствует о сильной генетической обусловленности содержания эфирного масла у шалфея мускатного по сравнению с влиянием метеоусловий в период его накопления.

Сбор эфирного масла зависит от урожайности сырья и содержания эфирного масла в соцветиях. Наиболее высокий урожай соцветий отмечен в 2018 г., в среднем, 1.33 ± 0.02 кг с делянки. Существенно более низкий урожай сформировался в условиях 2019 г., в среднем, 0.81 ± 0.02 кг с делянки. В 2020 г. урожай соцветий был еще ниже, в среднем, 0.69 ± 0.02 кг/га, что объясняется неблагоприятными условиями предшествовавших осенне-зимних периодов. Соответственно, самый высокий сбор масла отмечен в условиях 2018 г. – 3.0 ± 0.1 г/дел., чему способствовали жаркие и засушливые условия, благоприятные для накопления эфирного масла. В последующие 2019 и 2020 гг. сбор масла был вдвое ниже и составил, в среднем, 1.5 ± 0.1 г/дел. и 1.4 ± 0.1 г/дел. соответственно.

Показатели продуктивности коллекционных образцов приведены в таблице 1 электронного приложения к статье. В таблице 2 электронного приложения к статье приведены данные о содержании основных компонентов в эфирном масле и склареола в сырье.

Основными компонентами эфирного масла шалфея мускатного являются линалилацетат, линалоол и сесквитерпены [4, 5]. Согласно межгосударственному стандарту – ГОСТ 31791-2017, сумма сложных эфиров (в пересчете на молярную массу линалилацетата 196.3 г/моль) должна быть не менее 63%, а дегидратирующиеся спирты (в пересчете на молярную массу линалоола 154.2 г/моль) – не менее 12.0% [29].

Результаты трехлетнего анализа эфирного масла коллекционных образцов показывают, что содержание основных компонентов колеблется в широких пределах: линалилацетата от 39.40 до 61.70%, линалоола – от 9.16 до 19.13% (табл. 1). Показатели большинства образцов соответствуют требованиям стандарта. В среднем по коллекции содержание линалилацетата в эфирном масле составило $52.8 \pm 0.4\%$, а линалоола – $14.3 \pm 0.2\%$. У сортов НИИСХК, соответственно, в пределах: $54.8 \pm 2.0\%$ (Орфей) – $56.1 \pm 2.8\%$ (Ай–Тодор) и $13.9 \pm 0.8\%$ (Тайган) – $15.4 \pm 2.2\%$ (Крымский поздний), соответственно.

Отмечена высокая стабильность в изученной коллекции среднего содержания в эфирном масле линалоола и линалилацетата, независимо от условий года: линалилацетат: 2018 г. – $51.2 \pm 0.5\%$ (диапазон изменчивости – 26.0–63.6%); 2019 г. – $54.0 \pm 0.6\%$ (38.0–67.4%); 2020 г. – $54.1 \pm 0.7\%$ (26.1–63.9%); линалоол: 2018 г. – $15.3 \pm 0.3\%$ (диапазон изменчивости – 5.0–21.5%); 2019 г. – $15.3 \pm 0.4\%$ (8.0–23.1%); $12.6 \pm 0.2\%$ (5.0–18.1%).

Таблица 1. Характеристика коллекции шалфея мускатного по основным биохимическим показателям, 2018–2020 гг.

| Значение показателя | Эфирное масло | | Содержание основных компонентов эфирного масла, % | | Склареол | |
|-----------------------------|------------------------------|-----------------|---|----------------|------------------------------|---------------|
| | массовая доля, % от а. с. м. | сбор, г/дел. | линалоол | линалил ацетат | массовая доля, % от а. с. м. | сбор, г/дел. |
| X | 0.69 ± 0.01 | 1.94 ± 0.04 | 14.3 ± 0.2 | 52.8 ± 0.4 | 1.59 ± 0.02 | 5.7 ± 0.1 |
| Lim X_{\min} – X_{\max} | 0.39–1.06 | 1.0–2.9 | 9.2–19.1 | 39.4–61.7 | 1.02–2.35 | 3.1–10.5 |
| C_v , % | 18.8 | 19.6 | 12.2 | 7.8 | 15.8 | 23.4 |

Примечание: x – среднее, lim – размах варьирования, C_v – коэффициент вариации.

В связи с ценностью склареола важно иметь сорта, обеспечивающие высокий выход из сырья этого продукта. Содержание склареола в сырье коллекционных образцов составило, в среднем, за три года $1.59 \pm 0.02\%$ (от абсолютно сухой массы) при диапазоне изменчивости в коллекции от 1.02 до 2.35% (табл. 1). Вариабельность показателя ($C_v=15.8\%$) указывает на возможность отбора перспективных образцов.

Содержание склареола в сырье существенно различалось по годам в зависимости от метеоусловий в период вегетации. Самое низкое накопление склареола в коллекции, в среднем, $-0.98 \pm 0.04\%$ от абсолютно сухой массы сырья, при диапазоне изменчивости от 0.7 до 2.92%, отмечено в 2020 г., в мае–июле которого выпало наибольшее за три года количество осадков (209.2 мм – на 39.9 мм выше среднегодового показателя – 169.3 мм). Данный период в 2018 и 2019 гг. был засушливым (136.2 и 147.4 мм, соответственно). Особенно жаркими и засушливыми были условия 2018 г. По-видимому, это и определило различие в содержании склареола в сырье в эти годы, которое составило в 2018 г., в среднем, $1.61 \pm 0.03\%$ (0.69–2.77% в коллекции), а в 2019 г. – $2.16 \pm 0.04\%$ (1.32–3.96%). Полученные данные позволяют говорить, что повышенное количество осадков в период цветения – плодообразования шалфея мускатного негативно сказывается на накоплении склареола. Неблагоприятным фактором является и экстремально высокий температурный режим.

Следует, однако, отметить, что в коллекции выделяется 13 (11.6%) образцов, у которых данный показатель был выше в 2018 г. Возможно, это свидетельствует об их более высокой засухоустойчивости.

Из всех образцов коллекции у 34.9% (39 шт.) содержание склареола в сырье было низким – менее 1.50% (от абсолютно сухой массы). Максимальное количество образцов – 58.0% (65 шт.) характеризовались содержанием склареола в сырье в пределах от 1.50 до 1.99%. Наибольший интерес представляет группа из 8 образцов (7.1%) с самым высоким показателем – от 2.00% и более. Среднее содержание склареола в сырье сортов института существенно не различалось и находилось в пределах от $1.58 \pm 0.25\%$ (сорт Крымский поздний) до $1.72 \pm 0.43\%$ (сорт Тайган).

Проанализированы образцы коллекции шалфея мускатного по сбору склареола. В среднем за три года он составил 5.7 ± 0.1 г с деланки при диапазоне в коллекции от 3.1 до 10.5 г. (табл. 1). Величина сбора склареола зависит от урожая сырья и содержания в нем склареола. Максимальным он был в 2018 г. и составил, в среднем, по коллекции 6.9 ± 0.2 г/дел. (при диапазоне – 2.2–11.5 г). В последующие два года сбор склареола не различался и составлял, соответственно, 5.1 ± 0.1 и 5.0 ± 0.3 г/дел. Изменчивость показателя в коллекции в эти годы отличалась, находясь в 2019 г. в диапазоне от 2.2 до 7.9 г/дел. и от 1.0 до 16.1 г/дел. в 2020 г.

Высоким сбором склареола (от 8.0 до 10.5 г/дел. и более) характеризовались 8 (7.1%) образцов. Они являются наиболее ценным исходным материалом при создании сортов, основной продукцией переработки которых должен быть склареол. У большинства образцов – 71 (63.4%) сбор склареола находился в пределах от 5.0 до 7.9 г/дел. И у 33 образцов (29.5%) показатель был менее 5.0 г/дел. Сорта НИИСХК вошли в группу со средним сбором склареола: 5.0 ± 1.0 г/дел. (Крымский поздний) – 7.2 ± 0.4 г/дел. (С 785).

Индивидуальный анализ образцов коллекции показывает неоднозначность их реакции на метеоусловия в период вегетации растений. Так, сбор склареола был выше в 2018 г. у 65% образцов, более высокий показатель в 2019 г. отмечен у 14%, а в 2020 г. – у 21% образцов. У отдельных образцов показатели не различались по 2 годам. Максимальная вариабельность данного показателя в коллекции ($C_v=23.4\%$) указывает на возможность отбора образцов, показатели которых позволяют вести эффективную работу по созданию сорта, обеспечивающего высокий сбор склареола.

По результатам анализа основных биохимических показателей выделены 12 образцов коллекции шалфея мускатного, характеристика которых в сравнении с показателями сортов НИИСХК приведена в таблице 2.

Среди этих образцов пять – с высокой массовой долей эфирного масла – 0.90–1.06% от абсолютно сухой массы (у сортов – 0.6–0.88%), и семь – с высоким содержанием в сырье склареола – 2.00–2.35% (у сортов – 1.58–1.72%). Данные образцы рекомендованы как перспективные для включения в селекционный процесс.

Таблица 2. Основные биохимические показатели лучших коллекционных образцов шалфея мускатного

| 2018–2020 гг. Образец | МДЭМ*, % от а. с. м. | Содержание основных компонентов эфирного масла, % | | МД** склареола, % от а. с. м. |
|-----------------------|-----------------------------------|--|----------------|-----------------------------------|
| | | линалоол | линалилацетат | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| S-4 204 | 0.80 ± 0.07 | 15.3 ± 2.3 | 54.0 ± 4.1 | 2.23 ± 0.32 |
| S-7 207 | 0.92 ± 0.23 | 16.5 ± 1.7 | 54.0 ± 6.8 | 1.48 ± 0.37 |
| S-10 210 | 0.83 ± 0.10 | 14.9 ± 1.9 | 57.5 ± 3.6 | 2.02 ± 0.44 |

Окончание таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|------------------|----------|----------|------------------|
| S-15 215 | 0.60±0.07 | 15.1±1.2 | 48.5±0.9 | 2.35±0.37 |
| S-19 219 | 0.77±0.21 | 14.3±1.5 | 53.8±3.6 | 2.04±0.34 |
| S-20 220 | 0.61±0.07 | 14.0±0.5 | 47.1±1.8 | 2.26±0.42 |
| S-24 224 | 0.72±0.11 | 13.8±0.3 | 51.1±5.6 | 2.00±0.32 |
| S-29 229 | 0.81±0.08 | 16.1±1.0 | 54.6±1.2 | 2.18±0.37 |
| S-30 230 | 0.90±0.14 | 19.1±1.1 | 56.2±0.3 | 1.53±0.57 |
| S-67 267 | 0.96±0.24 | 15.1±1.0 | 56.4±5.8 | 1.61±0.25 |
| S-85 285 | 0.95±0.33 | 16.9±0.8 | 54.6±5.4 | 1.79±0.54 |
| S-88 288 | 1.06±0.14 | 14.8±2.0 | 61.7±3.2 | 1.82±0.36 |
| сорта НИИСХ Крыма | | | | |
| S-104 506 Ай-Тодор | 0.80±0.13 | 14.6±1.7 | 56.1±2.8 | 1.66±0.37 |
| S-105 507 Крымский поздний | 0.88±0.09 | 15.4±2.2 | 55.5±4.7 | 1.58±0.25 |
| S-109 511 Орфей | 0.65±0.03 | 14.4±1.4 | 54.8±2.0 | 1.63±0.37 |
| S-110 512 С 785 | 0.66±0.22 | 14.8±1.4 | 55.6±6.6 | 1.65±0.51 |
| S-111 513 Тайган | 0.70±0.05 | 13.9±0.8 | 55.8±3.0 | 1.72±0.43 |

Примечание: * МДЭМ – массовая доля эфирного масла, **МД – массовая доля.

Выводы

1. На протяжении трех лет (2018–2020) проведен сравнительный анализ коллекции шалфея мускатного по основным биохимическим показателям: массовая доля эфирного масла, содержание в нем основных компонентов – линалилацетат и линалоол и выход склареола.

2. Показана более высокая генетическая обусловленность накопления эфирного масла в растениях по сравнению с влиянием метеоусловий.

3. Отмечено, что на накопление склареола негативно влияют повышенное количество осадков и экстремально высокий температурный режим в период цветения – плодообразования у растений.

4. Вариабельность в коллекции по проанализированным признакам ($C_v=7.8–23.4\%$) свидетельствует о возможности отбора перспективного исходного материала для селекции.

5. По результатам анализа коллекции выделено 12 образцов, превышающих основные биохимические показатели возделываемых сортов, в том числе пять – с высокой массовой долей эфирного масла – 0.90–1.06% от абсолютно сухой массы (у сортов – 0.6–0.88%) и семь – с высоким содержанием в сырье склареола – 2.00–2.35% (у сортов – 1.58–1.72%).

Список литературы

1. Назаренко Л.Г., Афонин А.В. Эфирносы юга Украины. Симферополь, 2008. 144 с.
2. Эфиромасличные культуры. Краснодар, 2017. С. 100–151.
3. Паштецкий В.С., Невкрытая Н.В., Мишнев А.В., Назаренко Л.Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. 2-е издание, дополненное. Симферополь, 2018. С. 88–103.
4. Работягов В.Д., Палий А.Е., Курдюкова О.Н. Эфирные масла ароматических растений: монография. Симферополь, 2017. С. 29–30.
5. Войткевич С.А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии. М., 1999. 284 с.
6. Невкрытая Н.В., Паштецкий В.С., Новиков И.А., Коротких И.Н., Тхаганов Р.Р. Изменчивость компонентного состава эфирного масла *Melissa officinalis* L. в зависимости от особенностей климатических условий региона возделывания // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 257–263. DOI: 10.14258/jcrpm.2020016397.
7. Djumaev X.Q., Zenkevich I.G., Begmatov A.V., Sattorov A.S. Composi composition of essential oils of sage *Salvia sclarea* L. and their changes depending on the vegetative phases of development // Scientific Bulletin of Namangan State University. 2019. Vol. 1(6). Pp. 183–193.
8. Ayoub N.M., Yucel Y.Y., Alkan M., Polatoglu K. Essential oil composition of *Salvia sclarea* L. aerial parts and its AChE inhibitory properties // Facta universitatis. Series: Physics, Chemistry and Technology. 2018. Vol. 16(1). P. 80.
9. Sharopov F.S., Setzer W.N. The Essential Oil of *Salvia sclarea* L. from Tajikistan // Rec. Nat. Prod. 2012. N6(1). Pp. 75–79.
10. Jasicka-Misiak I., Poliwoada A., Petecka M., Buslovych O., Shlyapnikov V.A., Wiczorek P.P. Antioxidant phenolic compounds in *Salvia officinalis* L. and *Salvia sclarea* L. // Ecol. Chem. Eng. S. 2018. Vol. 25(1). Pp. 133–142.
11. Aćimović M., Kiproovski B, Rat M., Sikora V., Popović V., Koren A., Brdar-Jokanović M. *Salvia sclarea*: Chemical composition and biological activity // Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management. 2018. Vol. 1(1). Pp. 18–28.

12. Mahboubi M. Clary sage essential oil and its biological activities // *Advances in Traditional Medicine*. 2020. N20. Pp. 517–528. DOI: 10.1007/s13596-019-00420-x.
13. Raafat K., Habib J. Phytochemical Compositions and Antidiabetic Potentials of *Salvia sclarea* L. Essential Oils // *Journal of Oleo Science*. 2018. Vol. 67(8). Pp. 1347–1352. DOI: 10.5650/jos.ess17187.
14. Wong J., Chiang Y.-F., Shih Y.-H., Chiu Ch.-H., Chen H.-Y., Shieh T.-M., Wang K.-L., Huang T.-C., Hong Y.-H., Hsia Sh.-M. *Salvia sclarea* L. Essential Oil Extract and Its Antioxidative Phytochemical Sclareol Inhibit Oxytocin-Induced Uterine Hypercontraction Dysmenorrhea Model by Inhibiting the Ca²⁺-MLCK-MLC20 Signaling Cascade: An Ex Vivo and In Vivo Study // *Antioxidants*. 2020. N9. Pp. 991–1006. DOI: 10.3390/antiox910099.
15. Singh V.K., Das S., Dwivedy A.K., Chaudhari A.K., Upadhyay N., Dubey N.K. Assessment of chemically characterized *Salvia sclarea* L. essential oil and its combination with linalyl acetate as novel plant based antifungal, anti-aflatoxinogenic and antioxidant agent against herbal drugs contamination and probable mode of action // *Natural Product Research*. 2021. Vol. 35(5). Pp. 782–787. DOI: 10.1080/14786419.2019.1593168.
16. Князева О.А., Уразаева А.И. Влияние хронического стресса на развитие привитой миеломы Sp 2/0 Ag14 у мышей BALB/c на фоне ингаляционного введения эфирных масел // *Журнал научных статей: Здоровье и образование в XXI веке*. 2016. Т. 18. №4. С. 83–87.
17. Паштецкий В.С., Тимашева Л.А., Пехова О.А., Данилова И.Л., Серебрякова О.А. Эфирные масла и их качество. Симферополь, 2021. С. 133–139.
18. Tsai S.-W., Hsieh M.-Ch., Li S., Lin Sh.-Ch., Wang Sh.-P., Lehman C.W., Lien C.Z., Lin Ch.-Ch. Therapeutic Potential of Sclareol in Experimental Models of Rheumatoid Arthritis // *Int. J. Mol. Sci.* 2018. N19. Pp. 1351–1366. DOI: 10.3390/ijms19051351.
19. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорты растений (по состоянию на 02.06.2022 г.). М., 2022. 645 с.
20. Коллекция эфиромасличных, пряно-ароматических и лекарственных растений [Электронный ресурс]. URL: <https://ckp-rf.ru/catalog/usu/507515/>.
21. Савчук Л.П. Климат предгорной зоны Крыма и эфирносы. Симферополь: ЧП «Эльинь», 2006. 76 с.
22. Карпачева А.Н., Персидская К.Г., Лиштванова Л.Н. Биохимические методы анализа эфиромасличных растений и эфирных масел: сборник научных трудов. Симферополь, 1972. 107 с.
23. Тимашева Л.А., Пехова О.А., Данилова И.Л. О методике определения содержания склареола в сырье *Salvia sclarea* L. // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2017. №67. С. 249–254. DOI: 10.21515/1999-1703-67-249-254.
24. Леонтьев В.Н., Шутова А.Г., Коваленко Н.А., Супиченко Г.Н., Спиридович Е.В. Газохроматографическая идентификация эфирных масел // *Труды Белорусского государственного университета*. 2006. Т. 1. №1. С. 261–267.
25. Wiley Registry of Mass Spectral Data, 11th Edition [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sisweb.com/software/wiley-registry.htm>.
26. Automated Mass spectral Deconvolution and Identification System (AMDIS) [Электронный ресурс]. URL: <https://chemdata.nist.gov/dokuwiki/doku.php?id=chemdata:amdis>.
27. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2012. 352 с.
28. García-Caparrós P., José Romero M., Llandera A., Cermeño H., Lao M.T., Segura M.L. Effects of Drought Stress on Biomass, Essential Oil Content, Nutritional Parameters, and Costs of Production in Six Lamiaceae Species // *Water*. 2019. N11. Pp. 573–584. DOI: 10.3390/w11030573.
29. ГОСТ 31791-2017. Эфирные масла и цветочно-травянистое эфиромасличное сырье. Технические условия. Межгосударственный стандарт. М., 2018. 24 с.

Поступила в редакцию 20 января 2023 г.

После переработки 31 мая 2023 г.

Принята к публикации 31 мая 2023 г.

Для цитирования: Невкрытая Н.В., Кривчик Н.С., Кривда С.И., Скипор О.Б., Грунина Е.Н. Характеристика коллекции *Salvia sclarea* L. по биохимическим показателям // *Химия растительного сырья*. 2023. №4. С. 179–187. DOI: 10.14258/jcrpm.20230412494.

*Nevkrytaya N.V.**, *Krivchik N.S.*, *Krivda S.I.*, *Skipor O.B.*, *Grunina Ye.N.* DESCRIPTION OF A COLLECTION OF *SALVIA SCLAREA* L. IN TERMS OF ITS BIOCHEMICAL PROPERTIES

Institute of Agriculture of Crimea, ul. Kiyevskaya, 150, Simferopol, 295453 (Russia), e-mail: nevkritaya@mail.ru

The study object is the accumulation of essential oil in the inflorescences of clarysage, the content of its main components and the sclareol yield. The study purpose is to analyze a collection of clarysage (112 specimens) in terms of the basic biochemical properties (the essential oil content in raw material, its chemical composition and the sclareol yield) and to identify the specimens showing good prospects for inclusion in the breeding process. The study was carried out in 2018–2020 at the experimental plot of the Research Institute of Agriculture of Crimea located in the piedmont region of Crimea (KrymskayaRoza village, Belogorsk district). The climate is moderate continental. The average year-round temperature is +10 °C. The average year-round air humidity is 70%, the hydrothermic factor is 0.91. The accounting and analyses were performed in accordance with the techniques developed. The study revealed higher degree of genetic determination of the essential oil buildup in plants as compared to the weather effect. As noted, increased precipitation and extremely high temperatures during the plant flowering and seed formation time affect negatively the sclareol buildup. The variability of the properties analyzed ($C_v=7.8-23.4\%$) bears evidence to a feasibility of selecting promising parent material for breeding. Based on the outcomes of the collection analysis there have been isolated 12 specimens leaving behind the varieties cultivated in terms of the basic biochemical properties including five specimens with a high mass fraction of essential oil – 0.90–1.06% on the dry basis (as compared to 0.6–0.88% in the varieties cultivated) and seven specimens with a high sclareol content in raw material – 2.00–2.35% (as compared to 1.58–1.71% in the varieties cultivated).

Keywords: *Salvia sclarea*, clarysage, essential oil, linalylacetate, linalool, sclareol.

References

1. Nazarenko L.G., Afonin A.V. *Efirnosy yuga Ukrainy*. [Essential bearers of the south of Ukraine]. Simferopol, 2008, 144 p. (in Russ.).
2. *Efiromaslichnyye kul'tury*. [Essential oil crops]. Krasnodar, 2017, pp. 100–151. (in Russ.).
3. Pashtetskiy V.S., Nevkrytaya N.V., Mishnev A.V., Nazarenko L.G. *Efiromaslichnaya otrasl' Kryma. Vchera, segodnya, zavtra*. [Essential oil industry of Crimea. Yesterday, Today, Tomorrow]. Simferopol, 2018, pp. 88–103. (in Russ.).
4. Rabotyagov V.D., Paliy A.Ye., Kurdyukova O.N. *Efirnyye masla aromaticheskikh rasteniy: monografiya*. [Essential oils of aromatic plants: monograph]. Simferopol, 2017, pp. 29–30. (in Russ.).
5. Voytkovich S.A. *Efirnyye masla dlya parfumerii i aromaterapii*. [Essential oils for perfumery and aromatherapy]. Moscow, 1999, 284 p. (in Russ.).
6. Nevkrytaya N.V., Pashtetskiy V.S., Novikov I.A., Korotkikh I.N., Tkhananov R.R. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 257–263. DOI: 10.14258/jcprm.2020016397. (in Russ.).
7. Djumaev X.Q., Zenkevich I.G., Begmatov A.V., Sattorov A.S. *Scientific Bulletin of Namangan State University*, 2019, vol. 1(6), pp. 183–193.
8. Ayoub N.M., Yucel Y.Y., Alkan M., Polatoglu K. *Facta universitatis. Series: Physics, Chemistry and Technology*, 2018, vol. 16(1), p. 80.
9. Sharopov F.S., Setzer W.N. *Rec. Nat. Prod.*, 2012, no. 6(1), pp. 75–79.
10. Jasicka-Misiak I., Poliwooda A., Petecka M., Buslovych O., Shlyapnikov V.A., Wiczorek P.P. *Ecol. Chem. Eng. S.*, 2018, vol. 25(1), pp. 133–142.
11. Aćimović M., Kiprovski B, Rat M., Sikora V., Popović V., Koren A., Brdar-Jokanović M. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, 2018, vol. 1(1), pp. 18–28.
12. Mahboubi M. *Advances in Traditional Medicine*, 2020, no. 20, pp. 517–528. DOI: 10.1007/s13596-019-00420-x.
13. Raafat K., Habib J. *Journal of Oleo Science*, 2018, vol. 67(8), pp. 1347–1352. DOI: 10.5650/jos.ess17187.
14. Wong J., Chiang Y.-F., Shih Y.-H., Chiu Ch.-H., Chen H.-Y., Shieh T.-M., Wang K.-L., Huang T.-C., Hong Y.-H., Hsia Sh.-M. *Antioxidants*, 2020, no. 9, pp. 991–1006. DOI: 10.3390/antiox910099.
15. Singh V.K., Das S., Dwivedy A.K., Chaudhari A.K., Upadhyay N., Dubey N.K. *Natural Product Research*, 2021, vol. 35(5), pp. 782–787. DOI: 10.1080/14786419.2019.1593168.
16. Knyazeva O.A., Urazayeva A.I. *Zhurnal nauchnykh statey: Zdorov'ye i obrazovaniye v XXI veke*, 2016, vol. 18, no. 4, pp. 83–87. (in Russ.).
17. Pashtetskiy B.C., Timasheva L.A., Pekhova O.A., Danilova I.L., Serebryakova O.A. *Efirnyye masla i ikh kachestvo*. [Essential oils and their quality]. Simferopol, 2021, pp. 133–139. (in Russ.).
18. Tsai S.-W., Hsieh M.-Ch., Li S., Lin Sh.-Ch., Wang Sh.-P., Lehman C.W., Lien C.Z., Lin Ch.-Ch. *Int. J. Mol. Sci.*, 2018, no. 19, pp. 1351–1366. DOI: 10.3390/ijms19051351.
19. *Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. Sorta rasteniy (po sostoyaniyu na 02.06.2022 g.)*. [State register of selection achievements approved for use. Vol. 1. Plant varieties (as of 06/02/2022)]. Moscow, 2022, 645 p. (in Russ.).
20. *Kollektsiya efiromaslichnykh, pryano-aromaticheskikh i lekarstvennykh rasteniy* [Collection of essential oil, spicy, aromatic and medicinal plants]. URL: <https://ckp-rf.ru/catalog/usu/507515/>. (in Russ.).
21. Savchuk L.P. *Klimat predgornoy zony Kryma i efirnosy*. [Climate of the foothill zone of Crimea and ether carriers]. Simferopol, 2006, 76 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

22. Karpacheva A.N., Persidskaya K.G., Lishtvanova L.N. *Biokhimiicheskiye metody analiza efiromaslichnykh raste-niy i efiornykh masel: sbornik nauchnykh trudov*. [Biochemical methods for the analysis of essential oil plants and essential oils: a collection of scientific papers]. Simferopol', 1972, 107 p. (in Russ.).
23. Timasheva L.A., Pekhova O.A., Danilova I.L. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 67, pp. 249–254. DOI: 10.21515/1999-1703-67-249-254. (in Russ.).
24. Leont'yev V.N., Shutova A.G., Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Spiridovich Ye.V. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2006, vol. 1, no. 1, pp. 261–267. (in Russ.).
25. Wiley Registry of Mass Spectral Data, 11th Edition. URL: <https://www.sisweb.com/software/wiley-registry.htm>.
26. Automated Mass spectral Deconvolution and Identification System (AMDIS). URL: <https://chemdata.nist.gov/dokuwiki/doku.php?id=chemdata:amdis>.
27. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, 2012, 352 p. (in Russ.).
28. García-Caparrós P., José Romero M., Llandera A., Cermeño H., Lao M.T., Segura M.L. *Water*, 2019, no. 11, pp. 573–584. DOI: 10.3390/w11030573.
29. *GOST 31791-2017. Efirnyye masla i tsvetochno-travyanistoye efiromaslichnoye syr'ye. Tekhnicheskiye usloviya. Mezhhgosudarstvennyy standart*. [GOST 31791-2017. Essential oils and floral-herbaceous essential oil raw materials. Technical conditions. Interstate standard]. Moscow, 2018, 24 p. (in Russ.).

Received January 20, 2023

Revised May 31, 2023

Accepted May 31, 2023

For citing: Nevkrytaya N.V., Krivchik N.S., Krivda S.I., Skipor O.B., Grunina Ye.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 4, pp. 179–187. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230412494.

