

Невкрытая Н. В., Мишнев А. В.

**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ (ОБЗОР. ЧАСТЬ II). АНАЛИЗ
СОДЕРЖАНИЯ И КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА В
РАСТЕНИЯХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. Во второй части обзора актуальных направлений биохимических исследований эфиромасличных растений рассматриваются примеры и обосновывается обязательность определения содержания и компонентного состава эфирного масла в селекционном материале на всех этапах селекционного процесса. Анализу подлежат коллекционный и исходный материал, селекционные образцы, созданные в процессе работы, а также сортообразцы на этапе конкурсного сортоиспытания, вплоть до передачи нового сорта в Госсорткомиссию РФ для его регистрации и включения в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию». В процессе селекционных исследований необходимо изучение особенностей накопления эфирного масла и изменения его компонентного состава на разных стадиях развития растения; в растении в целом и в отдельных его органах; выявление наиболее ценных хемотипов; проведение сравнительного анализа этих показателей у изучаемых образцов. Для рекомендаций наиболее эффективных приемов промышленного возделывания сортов эфиромасличных культур важным является проведение биохимических анализов с целью выявления оптимальной стадии переработки сырья, обеспечивающей получение максимального выхода эфирного масла высокого качества. Контроль содержания и компонентного состава эфирного масла является обязательным при ведении первичного семеноводства поддерживаемых сортов эфиромасличных культур.

Ключевые слова: эфиромасличные растения, биохимический анализ, эфирное масло, компонентный состав.

Введение

Для введения в культуру новых перспективных растений, а также создания более продуктивных, с заданными параметрами сортов проводится селекционная работа на базе выделенных коллекционных образцов или созданного исходного материала. Обязательным в этом процессе является контроль основных для этой группы растений признаков – содержания и компонентного состава эфирного масла. К сожалению, эти признаки, как правило, не тестируются визуально. Не обнаружены достоверно подтвержденные визуально регистрируемые маркерные признаки, по которым можно было бы судить об этих показателях.

Иногда в публикациях встречаются упоминания о подобном рода взаимозависимости. Так, прослежена тенденция увеличения массовой доли эфирного масла у образцов розы эфиромасличной (*Rosa* L.) с розовыми и желтыми лепестками цветков по сравнению с красными и белыми [1, 2].

Сравнение морфологических признаков двух групп растений душицы обыкновенной *Origanum vulgare* L. показало отсутствие какой-либо связи между окраской венчика цветков и содержанием эфирного масла [3]. В то же время, проведенное в центральном сибирском ботаническом саду СО РАН исследование химического состава эфирных масел душицы обыкновенной с различной окраской цветков, позволило обнаружить в эфирном масле формы с фиолетовыми цветками в пять

раз больше компонентов, чем в белоцветковой. Причем количественное содержание компонентов, общих для обеих форм, зачастую вдвое больше в эфирном масле белоцветковой формы [4].

Сотрудники Горного ботанического сада Дагестанской АН РАН, проанализировав состав эфирного масла двух популяций змееголовника молдавского *Dracosephalum moldavica* L., различающихся по окраске околоцветника, показали, что белоцветковые формы содержат вдвое больше цитраля, но меньше гераниола и геранилацетата, чем синецветковые [5].

Предпринимаются попытки связать содержание эфирного масла с другими морфологическими параметрами растений. Показано существование положительной связи между высоким содержанием эфирного масла и компактной низкорослой формой растений душицы обыкновенной *O. vulgare*, которые при большом числе побегов имеют небольшую длину облиственной части побега. По урожайности сырья они сопоставимы с высокорослыми формами. Учитывая содержание эфирного масла, максимальный сбор эфирного масла у низкорослых и компактных форм превышает таковые у высокорослых форм [3, 6].

Отрицательная корреляция ($R = -0,828$) между высотой растений и содержанием в них эфирного масла обнаружена и при исследовании девяти сортов чабера садового *Satureja hortensis* L. различного происхождения. Сделано заключение, что низкорослые сорта содержат больше эфирного масла в сырье и, несмотря на низкую урожайность, более пригодны для получения эфирного масла [7].

Однако полученные результаты могут оказаться достоверными только для определенных изученных генотипов, что не позволяет экстраполировать выводы данных исследований даже на конкретный вид растений.

Таким образом, отсутствие четких маркерных признаков, указывающих на содержание и компонентный состав эфирного масла, обуславливает обязательность проведения биохимических анализов в селекционных исследованиях.

На первых этапах селекционных исследований уточняется, в каких частях данного вида растений накапливается наибольшее количество эфирного масла, а также, имеются ли различия по компонентному составу эфирного масла из разных частей растения.

Результаты большинства исследований свидетельствуют о том, что максимальное количество эфирного масла накапливается в цветках и соцветиях, несколько меньше в листьях. В стеблях регистрируются следовые количества эфирного масла [8–11].

Однако даже в пределах указанных структур отмечается неравномерное накопление эфирного масла. В верхушечных листьях базилика эвгенольного *Ocimum gratissimum* L., имеющих на 18–20 % больше секреторных железок, содержится в 1,5 раза больше масла, чем в листьях, расположенных у основания побега [9].

Количественные различия в накоплении эфирного масла разными органами растения связаны с плотностью распределения секреторных структур.

При исследовании 37-ми коллекционных образцов *O. vulgare* установлено, что максимальное количество секреторных структур расположено на поверхности чашечек цветка – 18–22 шт./мм², листовые пластинки, накапливающие меньшее количество эфирного масла по сравнению с соцветиями, характеризуются более низкой их плотностью – от 6,9 до 20,8 шт./мм². На стеблях содержится минимальное количество железистых образований на единицу площади – 0,2–0,7 шт./мм². И у большинства исследованных образцов эфирное масло в них не обнаружено [10].

Наименьшее содержание эфирного масла у змееголовника молдавского *Dracosephalum moldavica* L. отмечено в стебле – до 0,01 %, наибольшее – в соцветиях (до 0,36 %). В листьях накапливается от 0,02 до 0,08 % эфирного масла [12].

Изучение десяти коллекционных образцов полыни эстрагон *Artemisia dracunculus* L. показало, что у растений этого вида соотношение железистых структур по органам растения еще более контрастно. Для разных образцов отмечена следующая плотность железистых структур: на стеблях – 1,6–1,9, на соцветиях – 18–32, на листьях – 38–132 шт./мм². Соответственно, наиболее активно продуцируют эфирное масло листья. Массовая доля (на сырую массу) составляла: в листьях – до 0,8 %, в соцветиях – до 0,45 %, в стеблях – следовое количество [13].

Отмечается, что у чабера горного *Satureja montana* L. и тимьяна ползучего *Thymus serpyllum* L. основное количество эфирного масла также накапливается в листьях [14].

В исследованиях ряда авторов указывается на различия в компонентном составе эфирного масла, полученного из разных частей растений, что может быть связано, в том числе с присутствием на них и разным соотношением различных секреторных структур.

В эфирном масле из свежих листьев *Salvia officinalis* L. содержится более высокое количество кислородсодержащих соединений монотерпенов и пониженное количество сесквитерпеноидов по сравнению с аналогичными образцами эфирного масла из соцветий [8].

В результате анализа компонентного состава эфирного масла из разных органов лабазника вязолистного *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. установлено, что метилсалицилат (28,2 %) содержит эфирное масло из соцветий, а природный антиоксидант ионол (11,7 %) – из стеблей растения. Эту информацию следует учитывать при заготовке растительного лекарственного сырья с преобладанием конкретного компонента [15].

Изучение методом хромато-масс-спектрометрии компонентного состава эфирного масла соцветий, листьев и семян сирени обыкновенной *Syringa vulgaris* L. показало, что основным компонентом эфирного масла из соцветий являются метиловый эфир линолевой кислоты и докозан, из листьев – 1,4-цис-1,7-цис-акоренон и 4 α ,8 α -эпокси-кариофиллан-5-он, из семян – карвон, гумулен-9,10-эпоксид; τ -мууролол; α -эудесмол; α -кадиол; 1,4-цис-1,7-цис-акоренон [16].

В Греции из подвида котовника *Nepeta nuda* L. ssp. *nuda* местной флоры дифференцированно отгоняли масла из сухих листьев и чашечек. Оказалось, что компонентный состав масел несколько различался. Масло из чашечек накапливало в качестве основных компонентов изомеры непеталактона (75,7 %) и кариофиллен оксид (16,3 %). В эфирном масле из листьев, наряду с указанными компонентами (соответственно 24,7 и 16,3 %), обнаружен в значительном количестве 1,8-цинеол (16,7 %) [17].

При переработке семян фенхеля обыкновенного *Foeniculum vulgare* L. получается эфирное масло, содержащее около 80 % анетола и 2–22 % фенхона, а в масле из целых растений преобладает фенхон. Основной компонент масла из зелени укропа *Anethum graveolens* L. – α -фелландрен – до 60 %, а в масле из семян – увеличивается содержание карвона – до 50–60 % и соответственно уменьшается количество α -фелландрена [18].

В то же время отмечено, что компонентный состав эфирного масла из разных частей растения не имеет существенных различий. Различается лишь количественное соотношение компонентов [19].

Хемотипическая изменчивость у растений в ряде случаев может служить объектом исследований в качестве хозяйственно ценного признака. Так, при изучении коллекционных образцов полыни эстрагон *A. dracunculus* выделены перспективные по комплексу признаков образцы двух хемотипов – с преобладанием в качестве основного компонента элимицина или метилэвгенола. В ходе дальнейшей селекционной работы были получены два сорта с разным качественным составом эфирного масла [20].

Знание генетических закономерностей в регулировании процесса биосинтеза компонентов эфирного масла у мяты позволило в результате межвидовой гибридизации (обычно в сочетании с экспериментальной полиплоидией) получить сорта карвонного, перечного, высокоментольного, линалоольного, линалилацетатного и других направлений [21].

Основные особенности эфиромасличных растений, касающиеся накопления наиболее ценного продукта их переработки – эфирного масла, максимально учитываются при проведении селекционных исследований с целью создания новых сортов, как традиционно возделываемых, так и новых и малораспространенных эфиромасличных растений [22–27].

Важным этапом селекционных исследований является выяснение динамики накопления эфирного масла в онтогенезе растений. Этот процесс отличается у различных растений. Достаточно часто максимальное накопление эфирного масла наблюдается во время цветения, иногда – во время бутонизации или в вегетативной фазе, также возможно увеличение содержания эфирного масла во время плодоношения.

В ходе накопления эфирного масла существенно варьирует их компонентный состав как за счет взаимопревращения компонентов, так и в результате изменения интенсивности биосинтеза отдельных соединений. Наиболее характерным примером этого, на наш взгляд, является кориандр посевной *Coriandrum sativum* L. Зеленые части этого растения, а также цветки имеют характерный «клопный» запах, обусловленный содержанием децилового альдегида (60–80 %) [28]. По мере созревания плодов, содержание этого компонента эфирного масла уменьшается, и в плодах накапливается линалоол (50–80 %), который и придает зрелым плодам и получаемым из него специям, специфический приятный аромат.

Наибольшее количество эфирного масла в тимьяне байкальском *Thymus baicalensis* Serg. накапливается в фазе цветения. По мере развития растения происходят изменения в его составе, касающиеся в основном количественного соотношения компонентов. Набор же основных компонентов эфирного масла (п-цимол, γ -терпинен, борнеол, α -терпинеол, терпинеол-4, тимол, карвакрол) остается постоянным [29].

У многоколосника морщинистого *Agastache rugosa* L. максимальное количество масла отмечается в фазе цветения. Зависимость компонентного состава масла от фазы онтогенеза носит сложный характер. Доля монотерпенов увеличивается при переходе от фазы бутонизации к началу цветения. Сбор фитомассы в более поздние сроки сопровождается падением содержания монотерпенов [30].

В процессе развития растений *D. moldavica* количество эфирного масла увеличивается от минимального количества в фазе стеблевания (0,05 %), достигает максимума в период полного цветения (0,17 %) и снижается к окончанию цветения до 0,13 %. Массовая доля цитрала в эфирном масле также возрастает в онтогенезе от минимума в начале вегетации (2–6 %) до 30 % в фазе бутонизации и максимума – 50 % на поздней стадии цветения [12].

Максимальное накопление эфирного масла в фазе цветения отмечают исследователи для разных видов монарды *Monarda* L., мяты *Mentha* L., чабера *Satureja* L. [31–33].

Выход эфирного масла из свежего сырья монарды дудчатой на стадиях бутонизации, начала и полного цветения мало варьировал, составляя 0,14–0,16 % и только к фазе окончания цветения снижался до 0,10±0,03 % [34].

В растениях мяты перечной *Mentha × piperita* L. уровень основного компонента ментола возрастает до максимума на стадии окончания цветения. Авторы работы предполагают, что это может быть связано с метаболизмом ментона, наибольшее содержание которого в листьях отмечено на стадии вегетативного развития, а в соцветиях – в начале цветения. Увеличение содержания ментола в соцветиях в фазе окончания цветения может возрасти в связи с превращением в него мажорного

монотерпеноида пулегона, содержащегося в эфирном масле в максимальном количестве на стадии цветения. В листьях этот терпеноид появляется только в фазу цветения в минорных количествах [35].

Максимальный выход эфирного масла у растений базилика душистого *Ocimum basilicum* L. наблюдается в период массового цветения побегов I порядка (0,21 % на сырую массу) и образования семян восковой зрелости в нижних мутовках центрального соцветия [36].

В Предгорной зоне Крыма содержание эфирного масла в сырье в различные фазы развития у разных образцов *O. vulgare* неодинаково. Основной фазой, в которой накапливается максимальное количество эфирного масла, является фаза цветения [10].

Наибольшее содержание эфирного масла в растениях *F. vulgare* приходится на зонтики с плодами первого порядка в фазе молочно-восковой спелости, минимальное – на боковые стебли [37]. В растениях сорта Репен 1 эфирное масло начинает накапливаться в фазе стеблевания (0,19 %) и увеличивается до фазы молочной спелости плодов центрального зонтика (0,82 %). Далее содержание эфирного масла несколько снижается – 0,71 %. Изменения в содержании эфирного масла отмечены и по органам растения. Наибольшее его количество накапливается в плодах – 1,29–1,93 %, существенно меньшее в листьях – 0,29–0,31 %, и минимальное – в стеблях от следов до 0,24 % (на сырую массу) [38].

Данные о динамике накопления эфирного масла в онтогенезе и его компонентном составе следует учитывать при возделывании эфиромасличных культур для получения эфирного масла. Особенно эта информация необходима при наличии больших площадей, занятых под одной, конкретной культурой, когда невозможно переработать сырье в оптимальной стадии в краткие сроки. Так, качество эфирного масла укропа душистого *A. graveolens* определяется, прежде всего, содержанием карвона, которого должно быть более 30 %. Проведенные исследования показали, что уборку и переработку сырья (целые растения) следует начинать в фазе полного цветения соцветий первого порядка (формирование плодов на центральных соцветиях). В этот период в сырье содержится до 0,50 % (на сырую массу) эфирного масла, а карвона в нем – до 30–32 %. Активное накопление масла в растениях продолжается, достигая в фазе побурения центральных соцветий 0,9–1,2 %. Содержание карвона может составить 50 % и более. Таким образом, убирая большую плантацию и купажируя партии эфирного масла, можно получить максимальное его количество при высоком качестве [39].

Наибольшее количество анетола – основного компонента эфирного масла фенхеля обыкновенного сорта Мэрцишор накапливается в фазе молочно-восковой спелости плодов центральных зонтиков (80,0 %). Максимальное количество фенхона (14,6 %) содержится в масле в фазе начала цветения и минимальное (3,8 %) – в фазе молочной спелости плодов. Исходя из этих данных, переработку растений с целью получения качественного эфирного масла рекомендовано проводить в фазе молочно-восковой спелости плодов центральных зонтиков [40].

Murtagh с соавторами показали, что при возделывании карвонных сортов мяты содержание основного компонента составляет 65–69 % при уборке в принятые сроки (50 % цветущих соцветий на растениях плантации – примечание авторов). В этом случае в эфирном масле содержание дигидрокарвона составляет 1,4–2,7 %. Высокое содержание этого компонента значительно снижает парфюмерное качество масла. В перестоявшем сырье содержание карвона снижается до 50 %, а дигидрокарвона – возрастает до 13–23 %. По мнению авторов, такое масло не будет подходящим душистым продуктом [41].

Изучение компонентного состава эфирного масла полыни Сиверса *Artemisia sieversiana* Ehrh. ex Willd., полученного из растений в разных фазах развития, дало

исследователям основание рекомендовать проводить сбор и переработку сырья в фазе начала цветения когда наиболее высокая урожайность сырья сочетается с высоким качеством эфирного масла [42].

При переработке эфиромасличного сырья следует при возможности учитывать информацию о суточной динамике накопления эфирного масла. Так, проведенные исследования на шалфее мускатном сорта С785 показали, что пик содержания в растениях эфирного масла приходится на 11 часов дня, достигая 144,2–182,4 % по отношению к среднесуточному [43].

Сбор цветков розы эфиромасличной проводится в самые ранние утренние часы. Собранные в это время цветки обеспечивают самый высокий выход эфирного масла с максимальным содержанием терпеновых спиртов. Выход эфирного масла при дневном сборе цветков снижается на 30–35 %, а содержание в нем терпеновых спиртов уменьшается в три и более раза [44].

Последним этапом селекции (но далеко не последним по значению) является первичное семеноводство. Без методически грамотного ведения семеноводства сорт может в значительной степени утратить свою ценность вследствие снижения количественных и качественных показателей. Первичное семеноводство эфиромасличных культур так же, как и весь селекционный процесс требует постоянного биохимического контроля показателей содержания в сырье эфирного масла и его компонентного состава [45]. В Северо-Кавказском регионе проанализировано качество промышленного сырья кориандра. В результате констатировано снижение продуктивности вследствие существенного (на 33–38 %) уменьшения содержания эфирного масла в плодах по сравнению с масличностью лучших сортов [46]. Авторы связывают это с отходом государства от регулирования производства кориандра и, прежде всего, с отсутствием качественного семенного материала новых сортов. Безусловно, в производство необходимо внедрять новые сорта. Но, из приведенных данных следует, что снижается массовая доля эфирного масла именно по сравнению с изначальной характеристикой возделываемых сортов. А это можно объяснить только отсутствием методически грамотного первичного семеноводства. В отсутствие оригинаторов сорта Янтарь (Институт эфиромасличных и лекарственных растений, Крым) организация, поддерживающая этот сорт, по-видимому, не проводила биохимического контроля при производстве его семян, что и послужило причиной снижения показателей продуктивности. Это подтверждает необходимость осуществления контроля процесса первичного семеноводства сортов эфиромасличных культур, которое должны вести либо оригинаторы, либо специализированные семеноводческие хозяйства, располагающие соответствующими специалистами и оборудованием для проведения всех необходимых анализов [45].

Проанализированные работы свидетельствуют о высокой значимости биохимических анализов для проведения исследований в области селекции и семеноводства эфиромасличных растений, без проведения которых невозможно как создание новых сортов, так и поддержания параметров их продуктивности в течение всего периода промышленной эксплуатации сорта.

Литература

1. Семенова Е. Ф., Теплицкая Л. М., Преснякова Е. В., Меженная Н. А. Анатомо-морфологическая характеристика лепестков представителей рода *Rosa L.* // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2014. Т. 27 (66). № 3. С. 138–150.
2. Назаренко Л. Г., Миньков Б. П., Мусяцэ Г. И., Мушин А. В. Культура эфиромасличной розы // Под ред. Мусяцэ Г. И. Кишинев: Штиинца, 1983. 186 с.
3. Хазиева Ф. М., Осипов В. И., Коротких И. Н. Исследование внутривидовой изменчивости эфирного масла у душицы обыкновенной (*Origanum vulgare L.*) // Химия растительного сырья. 2016. № 4. С. 97–105.

4. Мяделец М. А., Васильева О. Ю., Домрачев Д. В. Исследование химического состава эфирных масел душицы обыкновенной *Origanum vulgare* с различной окраской цветков // Химия растительного сырья. 2013. № 1. С.129–136.
5. Мусаев А. М., Алиев А. М., Вагабова Ф. А., Раджабов Г. К., Гусейнова З. А., Рабаданов Г. А., Курамагомедов М. К., Мамалиева М. М., Гаджиева З. Г. Экспериментальное изучение изменчивости компонентного состава эфирных масел // Вестник Дагестанского научного центра. 2014. № 53. С. 39–52.
6. Коротких И. Н., Бурова А. Е. Сравнительная продуктивность морфотипов *Origanum vulgare* L. по сбору эфирного масла // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2015. № 8. С. 43–46.
7. Маланкина Е. Л., Козловская Л. Н., Солопов С. Г., Зайчик Б. Ц., Ружицкий А. О., Евграфов А. А. Особенности компонентного состава эфирного масла чабера садового (*Satureja hortensis* L.) в зависимости от сорта // Известия ТСХА. 2017. Вып. 3. С.19–29.
8. Коваленко Н. А., Супиченко Г. Н., Леонтьев В. Н., Шутова А. Г., Кулинчик А. И. Компонентный состав эфирного масла *Salvia officinalis* L. из растительного сырья Республики Беларусь // Труды БГТУ. Серия 4: «Химия, технология органических веществ и биотехнология». 2010. Т. 1. № 4. С. 34–38.
9. Ильченко Г. Н., Березкин Н. Г. Изменение количества и состава эфирного масла по мере роста и развития базилика эвгенольного // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия «Естественно-математические и технические науки». 2013. № 4 (125). С. 56–60.
10. Мягих Е. Ф. Морфо-биологические особенности и хозяйственно ценные признаки *Origanum vulgare* L. в Предгорной зоне Крыма в связи с задачами селекции. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Симферополь: ГБУ РК «НИИСХ Крыма», 2015. 223 с.
11. Никитина А. С., Попова О. И., Ушакова Л. С., Чумакова В. В., Иванова Л. И. Изучение эфирного масла змееголовника молдавского, культивируемого в условиях Ставропольского края // Химико-фармацевтический журнал. 2008. Т. 42. С. 35–39.
12. Овечко С. В. Изучение динамики накопления и состава эфирного масла змееголовника молдавского в условиях юга Украины // Вісник Запорізького державного університету. Біологічні науки. 2002. № 1. С. 1–4.
13. Петришина Н. Н. Морфо-биологические и хозяйственно ценные признаки *Artemisia dracunculus* L. в условиях Предгорной зоны Крыма. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Симферополь: Институт эфиромасличных и лекарственных растений УААН, 2010. 187 с.
14. Стоянова А., Георгиева А., Георгиев Е. Содержание эфирного масла в сырье чабера горного и тимьяна ползучего // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2000. № 5–6. С. 15–16.
15. Зыкова И. Д., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла стеблей, листьев и соцветий *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. // Химия растительного сырья. 2011. № 4. С. 99–102.
16. Ефремов Е. А., Зыкова И. Д., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла соцветий, семян и листьев *Syringa vulgaris* (Oleaceae) в окрестностях г. Красноярска // Растительные ресурсы. 2011. Вып. 4. С. 119–124.
17. Gkinis G., Bozin B., Mimica-Dukic N., Tzakou O. Antioxidant Activity of *Nepeta nuda* L. ssp. *nuda*. Essential Oil Rich in *Nepeta lactones* from Greece // Journal of Medicinal Food. Vol. 13 (5). P. 1176–1181.
18. Войткевич С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии. М.: Пищевая промышленность, 1999. С. 79–80.
19. Щипицина О. С., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла различных вегетативных частей дудника лекарственного Сибирского региона // Химия растительного сырья. 2010. № 4. С.115–119.
20. Лолойко А. А., Петришина Н. Н., Невкрытая Н. В., Марченко М. П. Особенности биосинтеза эфирного масла в семенном потомстве полыни эстрагон (*Artemisia dracunculus* L.) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2011. Вып. 4. С. 116–122.
21. Мишнев А. В. Создание исходного материала для селекции мяты с нементольным составом эфирного масла. Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. Симферополь: Институт эфиромасличных и лекарственных растений УААН, 2000. 198 с.
22. Невкрытая Н. В., Скопинцева Н. К., Черняк М. С. Сравнительная характеристика перспективных сортообразцов *Melissa officinalis* L. // Виноградарство и виноделие: сборник научных трудов НИВиВ «Магарач». 2012. № 1. С. 22–24.
23. Невкрытая Н. В., Лолойко А. А., Аметова Э. Д., Марченко М. П. Создание и анализ перспективного селекционного материала полыни таврической // Таврійський вісник аграрної науки. Збірник наукових праць Кримського науково-інноваційного центру. 2013. № 1. С. 42–47.
24. Золотилов В. А., Золотилова О. М., Скипор О. Б. Новый сорт розы эфиромасличной с высоким сбором конкрета // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017. Вып. 3 (171). С. 36–40.

25. Меркурьев А. П. Результаты оценки перспективного сортообразца лаванды по хозяйственно ценным параметрам // Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Сільськогосподарські науки. Сімферополь, 2011. Вып. 137. С. 150–154.
26. Мемешева Л. С., Бабанов Н. С. Новый высокопродуктивный сорт шалфея мускатного Орфей. // Тенденции развития науки и образования. Сборник научных трудов, по материалам XXVI международной научно-практической конференции. Часть 4. Самара, 2017. С. 62–66.
27. Шульга Е. Б. Новые сорта мяты для Крыма и других регионов юга России // Таврический вестник аграрной науки. Симферополь, 2017. № 1 (9). С. 28–36.
28. Мошненко Е. В., Зеленцов С. В., Пасменко Т. В., Лунёва В. Т. Морфологические и цитологические исследования искусственных полиплоидов кориандра *Coriandrum sativum* L. // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. Вып. 2 (141). 2009. С.109–114.
29. Рабжаева А. Н., Жигжитжапова С. В., Раднаева Л. Д. Компонентный состав эфирного масла *Thymus baicalensis* Serg. (семейство Lamiaceae), произрастающего на территории Восточной Сибири и Монголии // Химия растительного сырья. 2015. № 2. С. 119–126.
30. Коваленко Н. А., Супиченко Г. Н., Леонтьев В. Н., Шутова А. Г. Динамика накопления и компонентный состав эфирного масла *Agastache rugosa* L. // Труды БГТУ. Серия 4. «Химия, технология органических веществ и биотехнология». 2008. Т. 1. Вып. 4. С. 30–33.
31. Красюк Е. В., Пупыкина К. А. Сезонная динамика накопления эфирных масел в видах монарды, интродуцированных в Республике Башкортостан // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Фармацевтические науки. 2015. № 3. С. 154–155.
32. Сидакова Т. М., Попова О. И. Сезонная динамика накопления эфирного масла в надземной части мяты длиннолистной (*Mentha longifolia* L.) // Химия растительного сырья. 2011. № 1. С. 189–190.
33. Солопов С. Г., Романова Н. Г. Динамика накопления эфирного масла в сырье двух сортов чабера садового (*Satureja hortensis* L.) в онтогенезе // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2016. № 12. С. 64–66.
34. Шутова А. Г., Спиридович Е. В., Кухарева Л. В., Кот А. А. Динамика количественных показателей накопления эфирных масел в растительном сырье семейства Lamiaceae // Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства: Материалы Международной научной конференции, посвященной 75-летию со дня образования ЦБС НАН Беларуси. Минск: НАН Беларуси, ЦБС. 2007. Т. 2 С. 182–184.
35. Шелепова О. М., Кондратьева В. В., Воронкова Т. В., Олехнович Л. С. Изменение состава эфирного масла и уровня салициловой кислоты у растений *Mentha piperita* L. в онтогенезе (вторичные метаболиты в онтогенезе мяты) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (5). С. 1514–1516.
36. Христова Ю. П. Изменчивость содержания и компонентного состава эфирного масла *Ocimum basilicum* L. // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2008. Вып. 97. С. 75–81.
37. Тимашева Л. А., Горбунова Е. В., Данилова И. Л. Изучение динамики накопления эфирного масла в процессе вегетации растений фенхеля // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия «Технические науки». 2012. № 146. С. 164–170.
38. Рошка Н., Мустяце Г., Баранова Н., Железняк Т. Морфологические компоненты фенхеля как эфиромасличное сырье // Вісник Київського національного університету імені Т. Г. Шевченка. 2009. Т. 29. С. 138–141.
39. Невкрытая Н. В., Аметова Э. Д., Марченко М. П., Данилова И. Л. Анализ динамики накопления эфирного масла в растениях укропа для уточнения оптимальной стадии переработки сырья // Сборник научных трудов Международной конференции «Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине», посвященной 85-летию ВИЛАР. М., 2016. С. 509–513.
40. Горбунова Е. В. Обоснование основных элементов технологии комплексной переработки сырья фенхеля обыкновенного (*Foeniculum vulgare* Mill.). Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Симферополь: Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Академия биоресурсов и природопользования, 2015. 248 с.
41. Murray M. J., Faas W., Marble M. Effects of plant maturity on oil composition of several spearmint grown in Indiana and Michigan // Crop Science. 1972. Vol. 12. P. 723–728.
42. Жигжитжапова С. В., Соктоева Т. Э., Раднаева Л. Д. Компонентный состав эфирного масла *Artemisia sieversiana* Ehrh ex Willd. на разных фазах развития растения // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2011. № 1 (77). Ч. 2. С. 138–141.

43. Лолойко А. А., Марченко М. П. Изучение суточной динамики накопления эфирного масла в шалфее мускатном (*Salvia sclarea* L.) в связи с задачами селекции // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2011. № 134. С. 79–86.
44. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. 2-е издание, дополненное. Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. С. 85.
45. Невкрытая Н. В. Основные методические приемы ведения первичного семеноводства сортов эфиромасличных культур в ФГБУН «НИИСХ Крыма» // Таврический вестник аграрной науки. Симферополь. 2017. № 3 (11). С. 40–46.
46. Пелипенко Т. В., Мустафаев С. К., Усов А. П., Калиенко Е. А. Качество промышленного сырья кориандра Северо-Кавказской зоны возделывания в современных экономических условиях // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2015. № 11. С. 4–11.

References

1. Semenova E. F., Teplitskaya L. M., Presnyakova E. V., Mezhenaya N. A. Anatomical and morphological characteristic of rose petals of representatives of the genus *Rosa* L. // Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Series “Biology. Chemistry”. 2014. Vol. 27 (66). No. 3. P. 138–150.
2. Nazarenko L. G., Minkov B. P., Mustyatse G. I., Murin A. V. The essential rose crop // Ed. by Mustyatse G. I. Chisinau: Shtiintsa, 1983. 186 p.
3. Hazieva F. M., Ossipov V. I., Korotkih I. N. The study of intraspecific variation of oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2016. No. 4. P. 97–105.
4. Myadelets M. A., Vasileva O. Yu., Domrachev D. V. Research of a chemical compound of essential oils *Origanum vulgare* L. with various painting flower // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2013. No. 1. P. 129–136.
5. Rabadanov G. A., Musaev A. M., Aliev A. M., Vagabova F. A., Radzhabov G. K., Guseinova Z. A., Kuramagomedov M. K., Mamaliyeva M. M., Gadzhieva Z. G. Experimental study of variability of composition of essential oils // Herald of the Daghestan Scientific Center. 2014. No. 53. P. 39–52.
6. Korotkih I. N., Burova A. E. The comparative productivity of *Origanum vulgare* L. morphotypes to essential oil // Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry. 2015. No. 8. P. 43–46.
7. Malankina E. L., Kozlovskaya L. N., Solopov S. G., Zaitchik B. C., Ruzhitsky A. O., Evgrafov A. A. Specific features of component composition of garden savoury (*Satureja hortensis* L.) essential oil depending on the variety // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2017. Iss. 3. P. 19–29.
8. Kovalenko N. A., Supichenko G. N., Leontyev V. N., Shutova A. G., Kulinchik A. I. Component composition of the essential oil of *Salvia officinalis* L. grown in the Republic of Belarus // Proceedings of BSTU. Series 4 “Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology”. 2010. Vol. 1. No. 4. P. 34–38.
9. Ilchenko G. N., Berezkin N. G. Features of flowering and ways of hybridization of eugenol basil // The Bulletin of the Adyge State University, the series “Natural-Mathematical and Technical Sciences”. 2013. No. 4(125). P. 56–60.
10. Myagkikh E. F. Morphological and biological features and economically valuable traits of *Origanum vulgare* L. in the foothill zone of the Crimea according to the tasks of selection: Authors' abstract ... Cand. Sc. (Biol.). Simferopol: SBI of the Republic of Crimea “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 2015. 223 p.
11. Nikitina A. S., Popova O. I., Ushakova L. S., Chumakova V. G., Ivanova L. I. Studying essential oil of *Dracocephalum moldavica* cultivated in the Stavropol Region // Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal. 2008. Vol. 42 (4). P. 35–39.
12. Ovechko S. V. Studying of the dynamics accumulation and composition of essential oil *Dracocephalum moldavica* in southern steppe of Ukraine // Visnyk of Zaporizhzhya National University. Series Biology. 2002. Iss. 1. P. 1–4.
13. Petrishina N. N. Morphological-and-biological and economically valuable traits of *Artemisia dracunculoides* L. in the foothill zone of the Crimea. Authors' abstract ... Cand. Sc. (Biol.). Simferopol: Institute of essential oil and medicinal plants of UAAS, 2010. 187 p.
14. Stoyanova A., Georgieva A., Georgiev E. The content of essential oil in raw materials of mountain savoury (*Satureja montana*) and creeping thyme (*Thymus serpyllum*) // News of institutes of higher education. Food technology. 2000. No. 5–6. P. 15–16.
15. Zykova I. D., Efremov A. A. Component composition of the essential oil of stems, leaves and inflorescences of *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2011. No. 4. P. 99–102.
16. Efremov E. A., Zykova I. D., Efremov A. A. Component composition of the essential oil of inflorescences, seeds and leaves of *Syringa vulgaris* (Oleaceae) in the suburbs of the city of Krasnoyarsk // Rastitelnye Resursy. 2011. Iss. 4. P. 119–124.
17. Gkinis G., Bozin B., Mimica-Dukic N., Tzakou O. Antioxidant Activity of *Nepeta nuda* L. ssp. *Nuda*. Essential Oil Rich in *Nepeta lactones* from Greece // Journal of Medicinal Food. Vol. 13 (5). P. 1176–1181.

18. Voytkevich S. A. Essential oils for perfumery and aromatherapy. Moscow: "Pishchevaya promyshlennost'", 1999. P. 79–80.
19. Shchipitsina O. S., Efremov A. A. Component composition of the essential oil of various vegetative parts of garden angelica (*Angelica archangelica*) from the Siberian region // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2010. No. 4. P.115–119.
20. Loloyko A. A., Petrishyna N. N., Nevkrytaya N. V., Marchenko M. P. Features of biosynthesis of essential oil in seed posterity of a wormwood tarragon (*Artemisia dracunculus*) // *Ekosistemy, ikh Optimizatsiya i Okhrana* [Optimization and Protection of Ecosystems]. 2011. Iss. 4. P. 116–122.
21. Mishnev A. V. Creation of initial material for the selection of mint with non-menthol composition of essential oil. Autors' abstract ... Cand. Sc. (Agr.). Institute of essential oil and medicinal plants of UAAS. Simferopol. 2000. 198 p.
22. Nevkrytaya N. V., Skopintseva N. K., Chernyak M. S. Comparative characteristics of promising varieties of *Melissa officinalis* L. // *Winemaking and Viticulture*. 2012. No. 1. P. 22–24.
23. Nevkrytaya N. V., Loloyko A. A., Ametova E. D., Marchenko M. P. Creating and analysis of prospective selection material of *Artemisia taurica* // *Taurida herald of Agrarian Sciences*. 2003. No. 1. P. 42–47.
24. Zolotilov V. A., Zolotilova O. M., Skipor O. B. New variety of rose essential oil with a high collection of concrete // *Oil crops. Scientific and Technical Bulletin VNIIMK*. 2017. Iss. 3 (171). P. 36–40.
25. Merkur'yev A. P. The results of the appreciation of lavender perspective hybrid according to the complex of economical valuable indications // *Collection of scientific works of Southern branch of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Crimean Agrotechnological University"*. Agriculture. 2011. Iss. 137. P. 150–154.
26. Memisheva L. S., Babanov N. S. New highly productive variety of clary sage (*Salvia sclarea* L.) Orfey (Orpheus) // *Trends in the development of science and education. Collection of scientific papers, based on the materials of the XXVI International Scientific and Practical Conference. Part 4. Samara, 2017. P. 62–66.*
27. Shulga E. B. New varieties of mint for the Crimea and other southern regions of Russia // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2017. No. 1 (9). P. 28–36.
28. Moshnenko E. V., Zelentsov S. V., Pasmenko T. V., Lunyova V. B. Morphological and cytological researches of artificial polyploids of coriander *Coriandrum sativum* L. // *Oil crops. Scientific and Technical Bulletin VNIIMK*. Iss. 2 (141). 2009. P. 109–114.
29. Rabzhaeva A. N., Zhigzhitzhapova S. V., Radnaeva L. D. Component composition of the essential oils of *Thymus baicalensis* Serg. (Lamiaceae), growing in the Eastern Siberia and Mongolia // *Khimiia rastitel'nogo syria* (Chemistry of plant raw material). 2015. No. 2. P. 119–126.
30. Kovalenko N. A., Supichenko G. N., Leontyev V. N., Shutova A. G. Dynamics of accumulation and component composition of the essential oil of *Agastache rugosa* L. // *Proceedings of BSTU. Series 4 "Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology"*. 2008. Vol. 1. Iss. 4. P. 30–33.
31. Krasnyuk E. V., Pupykina K. A. Seasonal dynamics of accumulation of essential oils in species of monarda introduced in the Republic of Bashkortostan // *Eurasian Union of Scientists (EUS). Pharmaceutical Sciences*. 2015. No. 3. P. 154–155.
32. Sidakova T. M., Popova O. I. Seasonal dynamics of the accumulation of essential oil in the aerial parts of the long-leaved mint (*Mentha longifolia* L.) // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* [Chemistry of plant raw material]. 2011. No. 1. P. 189–190.
33. Solopov S. G., Romanova N. G. Dynamics of accumulation of essential oil in the raw materials of two varieties of garden savory (*Satureja hortensis* L.) in ontogenesis // *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya*. 2016. No. 12. P. 64–66.
34. Shutova A. G., Spiridovich E. V., Kukhareva L. V., Kot A. A. Dynamics of quantitative indicators of the accumulation of essential oil in the plant material of the family Lamiaceae // *Theoretical and applied aspects of plant introduction as a promising directions of development of science and economy: Materials of the International Scientific Conference dedicated to the 75th anniversary of the formation of CBG of NAS of Belarus*. Vol. 2. Minsk: NAS of Belarus, CBG, 2007. P. 182–184.
35. Shelepova O. V., Kondrat'eva V. V., Voronkova T. V., Olekhovich L. S. Changes in the essential oil levels and salicylic acid levels in plants *Mentha piperita* L. in the ontogeny (secondary metabolites in the mint ontogeny) // *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2013. Vol. 15. No. 3 (5). P. 1514–1516.
36. Khristova Yu. P. The variability of the content and component composition of the essential oil of *Ocimum basilicum* L. // *Bulletin SNBG*. 2008. Iss. 97. P. 75–81.
37. Timasheva L. A., Danilova I. L., Gorbunova O. V. Study of dynamics of accumulation of essential oil in the process of vegetation of plant of fennel // *Collection of scientific works of Southern branch of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Crimean Agrotechnological University"*. Technical Sciences. 2012. No. 146. P. 164–170.

38. Roshka N., Mustyatse G., Baranova N., Zheleznyak T. Morphological components of fennel as an essential oil // Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. 2009. Vol. 29. P. 138–141.
39. Nevkrytaya N. V., Ametova E. D., Marchenko M. P., Danilova I. L. Analysis of the dynamics of accumulation of essential oil in dill plants to clarify the optimal stage of processing raw materials // Proceedings of the International Conference “Biological features of medicinal and aromatic plants and their role in medicine”, dedicated to the 85th anniversary of VILAR. Moscow, 2016. P. 509–513.
40. Gorbunova E. V. Substantiation of the main elements of the technology of complex processing of raw fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Autors' abstract ... Cand. Sc. (Agr.). Simferopol: V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Academy of Bioresources and Environmental Management. 2015. 248 p.
41. Murray M. J., Faas W., Marble M. Effects of plant maturity on oil composition of several spearmints grown in Indiana and Michigan // Crop Science. 1972. Vol. 12. P. 723–728.
42. Zhigzhitzhapova S. V., Soktoeva T. E., Radnaeva L. D. Component composition of the essential oil of *Artemisia sieversiana* Ehrh ex Willd. at different phases of plant development // Bulletin of the East Siberian Scientific Center SB RAMS. 2011. No.1 (77). Part 2. P. 138–141.
43. Loloyko A. A., Marchenko M. P. Study of the daily dynamics of the accumulation of essential oil in *Salvia sclarea* L. concerning the tasks of selection // Transactions of Taurida Agricultural Science. 2011. No. 134. P. 79–86.
44. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. 2nd edition, supplemented. Simferopol: Publisher “Arial”, 2018. P. 77.
45. Nevkrytaya N. V. The basic methods of preliminary seed growing production of different varieties of essential oil crops in the FSBSI “Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea”// Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 3 (11). P. 40–46.
46. Pelipenko T. V., Mustafaev S. K., Usov A. P., Kalienko E. A. The quality of industrial raw materials of coriander from the North Caucasus area of cultivation in modern economic conditions // Scientific works of KubSTU. 2015. No. 11. P.4–11.

UDC 633.81

Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V.

ACTUAL AND CONTEMPORARY DIRECTIONS OF BIOCHEMICAL RESEARCH OF OIL-BEARING AROMATIC PLANTS (REVIEW, PART II). ANALYSIS OF THE CONTENT AND COMPONENT COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL IN PLANTS FOR THE PURPOSE OF BREEDING AND SEED GROWING

Summary. In the second part of the review that concerned actual and contemporary directions of biochemical research of oil-bearing plants, we discussed the examples and justified the necessity to determine the content and component composition of essential oil in the breeding material at all stages of breeding and selection processes. Collection material, initial material and breeding samples created during experimental works were subject to analysis, as well as varietal samples at the stage of competitive variety testing until transferring them to the State Sort Commission of the Russian Federation for its registration and inclusion into the State Register of Breeding Achievements Approved for Use. In the process of selection (breeding) studies, it is necessary to study the peculiarities of the accumulation of essential oil and changes in its component composition at different stages of plant development; in the whole plant and in its organs separately; identification of the most valuable chemotypes; comparative analysis of these indicators in the studied samples. Biochemical analyses (tests) that are necessary to identify the optimal stage of raw materials processing, which in turn ensures maximum yield of high-quality essential oil, are very important for recommending the most effective methods of industrial cultivation of essential oil varieties. Control of the content and component composition of the essential oil is mandatory when maintaining the preliminary seed growing production of supported varieties of essential oil crops.

Keywords: aromatic plants, biochemical analysis, component composition, accumulation of the essential oil.

Невкрытая Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: nevkritaya@mail.ru.

Мишнев Александр Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории поддержания стабильности и качества сортов отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: AVMishnev@mail.ru.

Nevkrytaya Natalya Vladimirovna, Cand. Sc. (Biol.), head of the laboratory of breeding of the Department of essential oil and medicinal crops, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: nevkritaya@mail.ru.

Mishnev Aleksandr Vasilevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the laboratory of maintaining stability and quality of varieties, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: AVMishnev@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 25.12.2018.

Дата принятия к печати – 10.01.2019.