УДК 635.71.665.52/5.4

DOI: 10.36305/2712-7788-2020-1-154-106-115

ИЗМЕНЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА *THYMUS VULGARIS* L. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТОДА ДИСТИЛЛЯЦИИ

Юрий Сергеевич Хохлов, Ирина Анатольевна Федотова,
Оксана Михайловна Шевчук

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: aomor@mail.ru

Целью работы являлось выявление изменений в количестве и компонентном составе эфирного масла в сырье *Thymus vulgaris* L. (чабреца обыкновенного) при использовании разных методов дистиляции. Объектом исследования выбраны два образца чабреца - тимольного и линалоольного хемотипов. Эфирное масло получали из свежесобранного сырья (соцветия в фазу массового цветения) следующими методами: методом гидродистиляции на аппаратах Клевенджера и методом паровой экстракции на установке по производству эфирного масла и полупродуктов «Альфа-Эфир Компакт». Компонентный состав летучих веществ определяли методом газовой хромато-масс-спектрометрии. В составе летучих соединений эфирного масла растений идентифицировано 29 компонентов для тимольного хемотипа, в составе линалоольного хемотипа – 18. Выявлено, что использование метода гидродистиляции позволяет экстрагировать на 40-50% больше эфирного масла. Обнаружены существенные различия между массовой долей извлеченных компонентов эфирного масла при использовании различных методов и содержания массовой доли эфирного масла в сырье *Th. vulgaris* и установлено, что в зависимости от способа получения эфирного масла, меняется доля легколетучих терпеновых углеводородов и кислородсодержащих соединений. Метод паровой отгонки приводит к ухудшению компонентного состава эфирного масла, снижая содержание доминирующих компонентов обоих хемотипов (тимола и линалоола).

Ключевые слова: *Thymus vulgaris* L.; тимольный хемотип; линалоольный хемотип; методы экстракции эфирного масла; терпеновые углеводороды; кислородсодержащие соединения

Введение

Thymus vulgaris L. (чабрец обыкновенный) – вечнозеленый полукустарничек с природным ареалом, охватывающий Средиземноморье, Пиренейский полуостров, Южную Францию, северо-запад Италии, Балеарские острова. Культивируется в странах Западной Европы, Северной Америке, Северной Африке и Азии как эфиромасличное, лекарственное (Letchamo et al., 1996; Wichtl, 2009) и пряноароматическое растение (Javanmardi et al., 2002).

Промышленным сырьем чабреца обыкновенного является вся надземная часть, содержащая флавоноиды, фенольные кислоты (урсуловая, аминная, кофейная), эфирное масло (Машанов и др., 1988; Работягов и др., 2007). Эфирное масло обладает противовоспалительными (Hotta et al., 2010), противогрибковыми (Soković et al., 2009), противовирусными, цитотоксическими (Zu et al., 2010) и антиоксидантными (Wei, Shibamoto, 2010) свойствами. Эфирное масло чабреца обыкновенного обычно получают путем гидродистиляции из соцветий, срезанных в фазу массового цветения; его массовая доля может достигать 2,5% от сырой массы (Wichtl, 2009).

Как и у других представителей семейства яснковые (Lamiaceae) для *Thymus vulgaris* характерно наличие большого разнообразия хемотипов (Granger, Passet 1973) - наличие растений, однородных морфологически, но имеющих определенный химический фенотип. Как правило, хемотипы определяются одним компонентом или небольшим количеством биосинтетически родственных соединений (Kaloustian et al., 2005). Самым распространенным для чабреца обыкновенного является тимольный

хемотип, с доминированием в эфирном масле тимола (до 50%) и присутствием в достаточном количестве γ -терпинена, *n*-цимола, линалоола и др. (Tamura et al., 1993). Менее распространенным является *линалоольный хемотип*, с доминированием в эфирном масле линалоола (до 85%) и присутствием α -терпинеола, 1,8-цинеола, линалилацетата, карвакрола.

Основными методами извлечения эфирного масла являются гидро- и пародистилляция (Биохимические методы..., 1972). На выбор метода экстракции оказывает влияние разнородность сырья по типу вместилищ и по их локализации. Типы эфирномасличных вместилищ и их строение имеют первостепенное значение в технологии переработки каждого вида сырья, оказывают решающее влияние на потери эфирных масел при уборке, транспортировке, хранении. Сырье *Thymus vulgaris* относится к типу сырья с экзогенными эфирномасличными вместилищами. При паровой экстракции в таком сырье водяной пар отделен от эфирного масла кутикулой или клеточной оболочкой вместилища, легко разрушающихся при механических воздействиях и повышении температуры. При этом эфирное масло растекается по поверхности частиц сырья, и в соответствии с газовыми законами из него в первую очередь отгоняются углеводороды (терпены), обладающие высокой упругостью паров. В процессе же гидродистилляции эфирное масло экстрагируется из сырья водой, а затем перегоняется из разбавленного водного раствора, поэтому скорость и последовательность извлечения компонентов из внутренних вместилищ зависят от их растворимости в воде. Экстракция кислородсодержащих компонентов масла, лучше растворимых в воде, проявляется опережающей скоростью (Сидоров и др., 1984).

Некоторые эфирные масла частично растворимы в воде и при дистилляции с паром часть их уносится в растворенном виде с дистилляционными водами. Наибольшей растворимостью обладают масла, содержащие фенолы и терпеновые спирты, меньшей – эфиры и практически нерастворимы терпеновые углеводороды. При одновременном содержании и хорошо растворимых, и мало растворимых компонентов происходит вымывание из получаемого эфирного масла фенолов и терпеновых спиртов. При экономической и технологической необходимости эту часть эфирного масла можно выделить и использовать. Выделение из дистиллята растворимых компонентов эфирного масла называется когобацией. Обычно когобационное эфирное масло прибавляют к дистилляционному, чтобы увеличить общий выход. В связи с этим, лабораторные установки устроены таким образом, чтобы свести к минимуму потери перегоняемых веществ за счет растворения в конденсате, который возвращается обратно в перегонный куб (Ткачев, 2008).

Исходя из выше изложенного, целью наших исследований являлось выявление изменений в количестве и компонентном составе эфирного масла в сырье *Thymus vulgaris* различных хемотипов при использовании разных методов экстракции.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выбраны два образца *Thymus vulgaris* - тимольного и линалоольного хемотипов эфирного масла. Растения получены методом индивидуального отбора из семенной популяции чабреца обыкновенного, представлены в коллекции ароматических и лекарственных растений Никитского ботанического сада (Южный берег Крыма).

Эфирное масло извлекали из свежесобранного сырья (соцветия в фазу массового цветения, май 2018 г.) методом гидродистилляции на аппаратах Клевенджера (Государственная фармакопея..., 2015) и методом паровой экстракции на установке по производству эфирного масла и полупродуктов «Альфа-Эфир Компакт». Установка «Альфа-эфир Компакт» представляет собой модульный аппарат в полной заводской

готовности, смонтированной на рамной конструкции. Предназначена для использования в качестве устройства для переработки эфирномасличного, растительного травянистого и растительного цветочного, растительного зернового, растительного корневого сырья методом паровой экстракции. Используется отгонка с отдельным парообразователем – отгонка эфирного масла водяным паром. Благодаря летучести эфирное масло извлекается паром и после охлаждения в холодильнике поступает в маслосборник. Технические характеристики: температура пара 86°C, производство пара 2,4 кг/ч, давление пара в процессе генерации 0,2 Бар, выход эфирного масла 0,1-100,0 г/час (Технические данные установки данные «Альфа-эфир Компакт»). Время извлечения эфирного масла 1 час, масса сырья 300 гр.

Компонентный состав летучих веществ определяли с помощью аппаратно-программного комплекса на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2», оснащенного масс-спектрометрическим детектором. Колонка капиллярная CR –5ms, длина 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм. Фаза 5% фенил 95% полисилфениленсилоксан, толщина пленки 0,25 мкм. Температура термостата программировалась от 75°C до 240°C со скоростью 4°C /мин. Температура испарителя 250°C. Газ носитель – гелий, скорость потока 1 мл /мин. Температура переходной линии 250°C Температура источника ионов 200°C. Электронная ионизация 70 eV. Диапазон сканирования 20-450. Длительность скана 0,2. Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST14 (Национальный Институт Стандартов и Технологий, США) Программа поиска и идентификации спектров MS Search (США). Индексы удерживания получены путем логарифмической интерполяции приведенных времен удерживания с использованием аналитического стандарта смеси реперных *n*-алканов Sigma-Aldrich (Швейцария) и аналитических стандартов Supelco (США). Массовая доля компонентов в пробе определена методом процентной нормализации (Adams, 2007).

Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных по массовой доле эфирного масла в исследуемых образцах показал, что существенно больше эфирного масла извлекается из сырого сырья чабреца обыкновенного обоих хемотипов при использовании метода гидродистилляции.

Так, массовая доля эфирного масла в соцветиях для тимольного хемотипа при использовании метода гидродистилляции составила 0,36% в расчете на сырое вещество, в перерасчете на сухое вещество 1,02%, что на 60% больше, чем при использовании способа паровой экстракции на аппарате «Альфа-эфир компакт» (0,22% - сырое вещество, 0,62% - сухое вещество) (рис. 1 А).

Такая же картина характерна и для образца линалоольного хемотипа: массовая доля эфирного масла в соцветиях при использовании способа гидродистилляции в расчете на сырое вещество составила 0,61% (на сухое вещество - 2,44%), что на 50,8% больше в сравнении со способом паровой экстракции (0,3% - сырое вещество, 1,2% - сухое вещество) (рис. 1, В). Это объясняется указанной выше особенностью способа гидродистилляции, заключающимся в повторном использовании конденсата.

В эфирном масле тимольного хемотипа *Thymus vulgaris* инфицировано 29 химических веществ – 14 монотерпеновых углеводов, 6 кислородосодержащих монотерпенов, 4 сесквитерпена, алифатический спирт, сложный эфир, простой эфир, 2 монотерпеновых фенола (табл. 1).

Рис. 1 Массовая доля эфирного масла в сырье *Thymus vulgaris* L. тимольного (А) и линалоольного (В) хемотипов

Fig. 1 Mass fraction of essential oil in the *Thymus vulgaris* L. raw material of thymol (A) and linalool (B) chemotypes

Количественно доминирующими компонентами являются монотерпеновые фенолы – тимол, карвакрол и их естественные предшественники монотерпеновые углеводороды *n*-цимен, γ -терпинен, составляющие 85% массовой доли от общего количества летучих веществ, монотерпены линалоол, α -терпинен, 1,8-цинеол и борнеол. Высокое содержание тимола и биогенетически связанного с ним *n*-цимена подтверждают тимольный хемотип данного образца чабреца обыкновенного. Идентичность химического состава ароматических соединений, полученных с помощью обоих методов, представлена в рисунке 2.

Компонентный состав эфирных масел, полученных как с помощью метода гидродистилляции, так и метода паровой отгонки, в основном, был идентичным (табл.1). Исключение составили некоторые монотерпеновые углеводороды и сесквитерпены, не экстрагируемые методом паровой отгонки. Необходимо заметить, что их массовая доля в эфирном масле, извлеченном методом гидродистилляции также была низкой (меньше 1%).

Существенные различия в компонентном составе исследуемых масле наблюдаются в массовой доле мажорных компонентов и в соотношении основных групп компонентов. При использовании способа паровой экстракции содержание тимола и карвакрола почти на 30% меньше, чем при гидродистилляции (28,84% и 40,82%, 1,81% и 2,48% соответственно). Относительное содержание монотерпеновых углеводородов увеличивается с 43 до 53% (в частности, массовая доля *p*-цимена возрастает 24,38% и 26,42%, γ -терпинена с 12,79% до 15,25%) (табл. 1).

Таблица 1

Компонентный состав эфирных масел тимольного хемотипа *Thymus vulgaris* L.

Table 1

Component composition of thymol chemotype essential oils *Thymus vulgaris* L.Способ паровой экстракции
Steam extraction method

Наименование компонента The component name	RI	Массовая доля компонента, % Mass fraction of the component, %
Монотерпеновые углеводороды Monoterpene hydrocarbons		
α-Туйен α -Thujene	934	2,56
α-Пинен α -Pinene	945	1,20
Дегидросабинен Dehydrosabinene	952	0,07
Камфен Camphene	962	0,60
Сабинен Sabinene	980	0,14
β-Пинен β -Pinene	988	0,30
β-Мирицен β -Myrcene	990	3,10
α-Фелландрен α -Phellandrene	1012	0,25
Δ^3-Карен Δ^3 -Carene	1017	0,15
α-Терпинен α -Terpinene	1023	2,31
p-Цимен p-Cymene	1030	26,42
D-Лимонен D-Limonene	1036	0,58
γ-Терпинен γ -Terpinene	1063	15,25
α-Терпинолен α -Terpinolen	1089	0,20
Кислородосодержащие монотерпены Oxygen-containing monoterpenes		
1,8-Цинеол Eucalyptol	1039	2,41
Камфора Camphor	1151	0,32
Терпинен-4-ол Terpinen-4-ol	1184	0,77
Линалоол Linalool	1094	3,59
α-Терпинеол α -Terpineol	1196	0,15
Борнеол Borneol	1176	0,33
Сесквитерпены Sesquiterpenes		
β-Кариофиллен β -Caryophyllene	1434	4,33

Способ гидроdistillation
Method of hydrodistillation

Наименование компонента The component name	RI	Массовая доля компонента, % Mass fraction of the component, %
Монотерпеновые углеводороды Monoterpene hydrocarbons		
α-Туйен α -Thujene	934	0,37
α-Пинен α -Pinene	945	0,79
Дегидросабинен Dehydrosabinene	952	-
Камфен Camphene	962	0,38
Сабинен Sabinene	980	-
β-Пинен β -Pinene	988	-
β-Мирицен β -Myrcene	990	2,12
α-Фелландрен α -Phellandrene	1012	0,16
Δ^3-Карен Δ^3 -Carene	1017	0,09
α-Терпинен α -Terpinene	1023	1,54
p-Цимен p-Cymene	1030	24,38
D-Лимонен D-Limonene	1036	0,33
γ-Терпинен γ -Terpinene	1063	12,79
α-Терпинолен α -Terpinolen	1089	0,12
Кислородосодержащие монотерпены Oxygen-containing monoterpenes		
1,8-Цинеол Eucalyptol	1039	1,83
Камфора Camphor	1151	0,38
Терпинен-4-ол Terpinen-4-ol	1184	0,99
Линалоол Linalool	1094	3,19
α-Терпинеол α -Terpineol	1196	0,21
Борнеол Borneol	1176	0,46
Сесквитерпены Sesquiterpenes		
β-Кариофиллен β -Caryophyllene	1434	2,34

1	2	3
Гумулен Humulene	1470	0,10
β-Бисаболен β -Bisabolene	1515	0,06
Кариофиллен оксид Caryophyllene oxide	1595	0,14
Алифатические спирты Aliphatic alcohol		
1-Октен-3-ол 1-Octen-3-ol	978	0,71
Сложный эфир Complex ether		
Метил 2-метилбутират Methyl 2-methylbutyrate	773	0,03
Монотерпеновые фенолы и их производные Monoterpene phenols and their derivatives		
Метилкарвакрол Methyl carvacrol	1243	0,77
Тимол Thymol	1292	28,84
Карвакрол Carvacrol	1300	1,81

Продолжение таблицы 1/Continuation of the Table 1

1	2	3
Гумулен Humulene	1470	-
β-Бисаболен β -Bisabolene	1515	-
Кариофиллен оксид Caryophyllene oxide	1595	0,18
Алифатические спирты Aliphatic alcohol		
1-Октен-3-ол 1-Octen-3-ol	978	0,87
Сложный эфир Complex ether		
Метил 2-метилбутират Methyl 2-methylbutyrate	773	0,37
Монотерпеновые фенолы и их производные Monoterpene phenols and their derivatives		
Метилкарвакрол Methyl carvacrol	1243	0,42
Тимол Thymol	1292	40,82
Карвакрол Carvacrol	1300	2,48

Способ паровой экстракции
Steam extraction method Способ гидродистилляции
Method of hydrodistillation Рис. 2 Хроматограмма эфирных масел тимольного хемотипа *Thymus vulgaris* L.Fig. 2 Chromatogram of essential oils of the thymol chemotype *Thymus vulgaris* L.

Во втором образце эфирного масла *Thymus vulgaris* (табл. 2) идентифицировано 17 химических веществ – 7 монотерпеновых углеводородов, 4 кислородосодержащих монотерпена, алифатический спирт, сесквитерпен, 2 сложных эфира и 2 монотерпеновых фенола (табл. 2). Количественно доминирующими компонентами являются монотерпеновый спирт линалоол (до 86,93%) и его сложный эфир линалилацетат (до 1,60%), которые составляют 89% массовой доли от количества летучих веществ, монотерпеновые фенолы – тимол (до 8,70%), карвакрол (до 4,16%).

Для линалоольного хемотипа так же установлена идентичность компонентного состава эфирных масел, полученных с помощью методов гидродистилляции и паровой отгонки (рис. 3) и обнаружены существенные различия между массовыми долями мажорных компонентов и относительным содержанием основных групп.

Таблица 2

Компонентный состав эфирных масел линалоольного хемотипа *Thymus vulgaris* L.

Table 2

Component composition of linalool chemotype essential oils *Thymus vulgaris* L.Способ паровой экстракции
Steam extraction method

Наименование компонента The component name	RI	Массовая доля компонента, % Mass fraction of the component, %
Монотерпеновые углеводороды Monoterpene hydrocarbons		
α-Туйен α -Thujene	934	0,98
α-Пинен α -Pinene	945	0,51
Камфен Camphene	962	0,33
β-Мицен β -Myrcene	990	1,52
α-Терпинен α -Terpinene	1023	1,00
γ-Терпинен γ -Terpinene	1063	6,99
<i>p</i>-Цимен <i>p</i> -Cymene	1030	14,84
Кислородосодержащие монотерпены Oxygen-containing monoterpenes		
1,8-Цинеол Eucalyptol	1039	0,52
Линалоол Linalool	1094	55,76
α-Терпинеол α -Terpineol	1196	0,13
Борнеол Borneol	1176	0,17
Сесквитерпены Sesquiterpenes		
β-Кариофиллен β -Caryophyllene	1434	3,36
Алифатические спирты Aliphatic alcohol		
1-Октен-3-ол 1-Octen-3-ol	978	0,38
Сложный эфир Complex ether		
Метил 2-метилбутират Methyl 2-methylbutyrate	773	0,06
Линалилацетат Linalyl acetate	1251	0,9
Монотерпеновые фенолы Monoterpene phenols		
Тимол Thymol	1292	8,70
Карвакрол Carvacrol	1300	2,70

Способ гидродистилляции
Method of hydrodistillation

Наименование компонента The component name	RI	Массовая доля компонента, % Mass fraction of the component, %
Монотерпеновые углеводороды Monoterpene hydrocarbons		
α-Туйен α -Thujene	934	0,15
α-Пинен α -Pinene	945	0,11
Камфен Camphene	962	0,16
β-Мицен β -Myrcene	990	0,22
α-Терпинен α -Terpinene	1023	0,07
γ-Терпинен γ -Terpinene	1063	0,56
<i>p</i>-Цимен <i>p</i> -Cymene	1030	1,45
Кислородосодержащие монотерпены Oxygen-containing monoterpenes		
1,8-Цинеол Eucalyptol	1039	0,15
Линалоол Linalool	1094	86,93
α-Терпинеол α -Terpineol	1196	0,16
Борнеол Borneol	1176	0,42
Сесквитерпены Sesquiterpenes		
β-Кариофиллен β -Caryophyllene	1434	1,46
Алифатические спирты Aliphatic alcohol		
1-Октен-3-ол 1-Octen-3-ol	978	0,36
Сложный эфир Complex ether		
Метил 2-метилбутират Methyl 2-methylbutyrate	773	0,12
Линалилацетат Linalyl acetate	1251	1,6
Монотерпеновые фенолы Monoterpene phenols		
Тимол Thymol	1292	1,87
Карвакрол Carvacrol	1300	4,16

Рис. 2 Хроматограмма эфирных масел тимольного хемотипа *Thymus vulgaris* L.
Fig. 2 Chromatogram of essential oils of the thymol chemotype *Thymus vulgaris* L.

При использовании метода паровой дистилляции содержание основных доминирующих компонентов эфирного масла линалоольного хемотипа существенно уменьшается: линалоола - с 86,93 до 55,76%, линалилацетата - с 1,60 до 0,9%. Также, как и в случае с тимольным хемотипом, характерным является увеличение относительного количества монотерпеновых углеводородов - с 7 до 11,4%, в частности *p*-цимена (1,45 до 14,84%) и γ -терпинена (0,56 до 6,99%).

Выводы

В результате сравнительного анализа эфирного масла хемотипов чабреца обыкновенного, полученного различными методами экстракции позволят сделать следующие выводы. Методом паровой отгонки извлекается меньшее количество эфирного масла (до 50%), отличающегося относительным содержанием мажорных компонентов и основных биохимических групп.

Эфирное масло обоих исследуемых хемотипов, извлеченное этим методом, характеризуется существенно меньшей массовой долей доминирующих компонентов (тимол – на 30%, линалоола – на 43%), что, по нашему мнению, свидетельствует о более низком качестве такого эфирного масла. Также выявлена тенденция увеличения доли летучих терпеновых углеводородов (β -мирцена, изомерных терпиненов, *n*-цимена).

Полученные результаты подтверждают важность выбора метода извлечения эфирного масла в зависимости от направления его использования и основываясь на расположении эфиромасличных вместилищ в сырье и биохимических групп компонентов.

Литература / References

- Биохимические методы анализа эфиромасличных растений и эфирных масел / Под ред. А.Н. Карпачёвой. Симферополь: ВНИЭМК, 1972. 107 с.
[Biochemical methods of analysis of essential oil plants and essential oils / ed. by A.N. Karpacheva. Simferopol: VNIIMK, 1972. 107 p.]
- Государственная фармакопея Российской Федерации // МЗ РФ. XIII изд. Т.3. Москва, 2015. 1294 с.
[State Pharmacopoeia of the Russian Federation // Ministry of health of the Russian Federation. XIII ed. Vol. 3. Moscow, 2015. 1294 p.]
- Машанов В.И., Андреева Н.Ф., Машанова Н.С., Логвиненко И.Е. Новые эфиромасличные культуры. Справочное издание. Симферополь: Таврия, 1988. 160 с.

[Mashanov V.I., Andreeva N.F., Mashanova N.S., Logvinenko I.E. New essential oil crops. Reference book. Simferopol: Tavria, 1988. 160 p.]

Работягов В.Д., Хлытенко Л.А., Бакова Н.Н., Машанов В.И. Аннотированный каталог видов и сортов эфиромасличных, пряноароматических и пищевых растений коллекции Никитского ботанического сада. Ялта: Никитский сад, 2007. 48 с.

[Rabotyagov V.D., Khlypenko L.A., Bakova N.N., Mashanov V.I. Annotated catalog of species and cultivars of essential oil, spicy-aromatic and food plants of the collection of the Nikitsky Botanical Gardens - Yalta: The Nikitsky Gardens, 2007. 48 p.]

Сидоров И.И., Турьшева Н.А., Фалеева Л.П., Ясюкевич Е.И. Технология натуральных эфирных масел и синтетических душистых веществ // Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 368 с.

[Sidorov I.I., Turysheva N.A., Faleeva L.P., Yasyukevich E.I. Technology of natural essential oils and synthetic scented substances // Moscow: Legkaya i pischevaya promyshlennost 1984. 368 p.]

Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений // Новосибирск: «Офсет», 2008. 969 с.

[Tkachev A.V. Research of volatile substances of plants // Novosibirsk: "Ofset", 2008. 969 p.]

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

Granger R, Passet J.T. *Vulgaris spontanée de France: Races chimiques et chemotaxonomie.* //Phytochemistry . 1973. Vol.12. P.1683-1691.

Tamura H., Sugisawa H. *Thymus vulgaris* L. (Thyme): In Vitro Culture and the Production of Secondary Metabolites. Biotechnology in Agriculture and Forestry. Medicinal and Aromatic Plants. Springer. Verlag Berlin Heidelberg 21 (1993) P. 413-426

Hotta M., Nakata R., Katsukawa M., Hori K., Takahashi S., Inoue H. Carvacrol, a component of thyme oil, activates PPAR α and γ and suppresses COX-2 expression. // Journal of Lipid Research .2010. Vol. 51. P. 132-139.

Javanmardi J., Khalighi A., Kashi A., Bais H.P., Vivanco J.M. Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L. found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002. Vol. 50. P. 5878–5883.

Kaloustian J., Abou L., Mikail C., Amiot M.J., Portugal H. Southern French thyme oils: chromatographic study of chemotypes. // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2005. Vol. 85. P. 2437–2444.

Letchamo W., Gosselin A. Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. // Journal of Horticultural Science. 1996. Vol. 71. P.123–134.

Morales R., Stahl-Biskup E., Sáez F. The history botany and taxonomy of the genus *Thymus*. In *Thyme. The genus Thymus*. Taylor and Francis, London, UK. 1-43. 2001.

Soković M.D., Vukojević J., Marin P.D., Brkić D.D., Vajs V., van Griensven L.J. Chemical composition of essential oils of *Thymus* and *Mentha* species and their antifungal activities. // Molecules. 2009. Vol. 14. P.238-249.

URL: http://www.ecoalfa.ru/file/ecoalfa_ru/Alfa-Ether.pdf (access date: 03.03.2020).

Wei A., Shibamoto T. Antioxidant/lipoxygenase inhibitory activities and chemical compositions of selected essential oils. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010. Vol. 58. P.7218-7225.

Wichtl M. (Ed.) *Teedrogen und Phytopharmaka.*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, Germany. 2009.

Zu Y., Yu H., Liang L., Fu Y., Efferth T., Liu X., Wu N. Activities of ten essential oils towards *Propionibacterium acnes* and PC-3, A-549 and MCF-7 cancer cells. // *Molecules*. 2010. Vol. 15. P.3200-3210.

Статья поступила в редакцию 03.04.2020 г.

Khokhlov Yu.S., Fedotova I.A., Shevchuk O.M. Changes in the component composition of *Thymus vulgaris* L. essential oil depending on the method of distillation // *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2020. № 1(154). P. 106-115.

The objective of the work was to identify changes in the amount and component composition of essential oil in the raw material of *Thymus vulgaris* L. (common thyme) when using different distillation methods. The object of the study was two samples of thyme-thymol and linalool chemotypes. Essential oil was obtained from freshly harvested raw materials (inflorescences in the mass flowering phase) by the following methods: hydrodistillation method on Clevenger apparatuses and steam extraction method on the installation for the production of essential oil and intermediates "Alpha-Ether Compact". The component composition of volatile substances was determined by gas chromatography-mass spectrometry. In the composition of volatile compounds of plant essential oil, 29 components for the thymol chemotype were identified, and 18 components for the linalool chemotype were identified. It was found that the use of the hydrodistillation method allows extracting 40-50% more essential oil. Significant differences were found between the mass fraction of extracted essential oil components using different methods and the content of the mass fraction of essential oil in the raw material of *Th. vulgaris* and found that depending on the method of obtaining essential oil, the proportion of volatile terpene hydrocarbons and oxygen-containing compounds changes. The method of steam distillation leads to a deterioration of the component composition of the essential oil, reducing the content of the dominant components of both chemotypes (thymol and linalool).

Key words: *Thymus vulgaris* L.; thymol chemotype; linalool chemotype; essential oil extraction methods; terpene hydrocarbons; oxygen-containing compounds

УДК 633.8:631.532:631.8

DOI: 10.36305/2712-7788-2020-1-154-115-124

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЗЮЗНИКА АМЕРИКАНСКОГО (*LYCOPUS AMERICANUS* MUHLENBERG.) В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Лилия Владимировна Бабенко

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных
и ароматических растений» (ФГБНУ ВИЛАР), 117216 Россия, Москва, ул. Грина, д.7
E-mail: a250abcd@yandex.ru

Одной из основных задач ботанических садов является создание и поддержание биологических коллекций. В биологической коллекции ФГБНУ ВИЛАР насчитывается 5 видов зюзников (*Lycopus*). Один из них – зюзник американский (*Lycopus americanus* Muhlenberg ex W.P.C. Bart.), как наиболее сложный в возделывании, явился объектом данной работы. В питомнике 1-4 года вегетации проводились исследования роста и развития зюзника американского. Семена были получены по обменному фонду из Канады (сбор 2011 г.). Посев провели в мае 2016 г. в условиях защищённого грунта в паллеты 7×7 см. Рассада выращивалась в течение двух месяцев при температуре +18+20⁰С и освещённости 1000 – 1200 лк. В первой декаде июля был заложен питомник 60-ти дневной рассадой по схеме 20×60 см. Площадь деланки 0,8 м², повторность четырёхкратная. Учет показателей и обработку результатов проводили по стандартным методикам. Для опыта по вегетативному размножению зюзника американского (2018-2019 гг.) получали делёнки от маточного растения и согласно схеме опыта, после деления и посадки эти делёнки однократно поливали раствором гомеопатического препарата «Amica C200» (вариант 1) в концентрации 1 гранула/5 л воды, расход 5 л на м². Для второго варианта растения после пересадки однократно поливали раствором лактозы (молочного сахара), гранулы которого являются наполнителем