УДК 633.82:665.52
EDN CNDVID

Пехова О. А., Тимашева Л. А., Данилова И. Л., Белова И. В., Платонова Т.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ ДВУХ ХЕМОТИПОВ *THYMUS VULGARIS* L., ВЫРАЩИВАЕМЫХ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ КРЫМА

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *В настоящее время востребованным эфиромасличным растением, содержащим широкий спектр биологически активных веществ (БАВ), является тимьян обыкновенный (Thymus vulgaris L.). Цель исследований – изучение динамики накопления эфирного масла и других видов биологически активных веществ (БАВ), а также продолжительности хранения растений двух хемотипов T. vulgaris, произрастающих в предгорной зоне Крыма, для обоснования возможности их применения в качестве сырья различных отраслей промышленности (пищевой, парфюмерно-косметической, фармации, медицине и ветеринарии). Исследования проводили в 2018−2020 гг. в ФГБУН «НИИСХ Крыма». Объектом исследований служили свежеубранные и воздушно-сухие растения T. vulgaris селекционных образцов двух хемотипов: Дагестан и ФГБУН «НИИСХ Крыма», используемые в качестве сырья для определения БАВ и сроков хранения. Качественные и количественные характеристики сырья по содержанию разных видов БАВ, в том числе эфирного масла, определяли по общепринятым методикам. Основными органами, накапливающими эфирное масло, у изучаемых селекционных образцов T. vulgaris были листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла содержали соцветия свежеубранных растений: 3,12 % − селекционный образец Дагестан и 3,62 % − селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма», которые во фракционном составе сырья составляли соответственно 45,3 % и 43,6 %. Экспериментально установлено, что максимальное количество эфирного масла характерного качества накапливалось в растениях в фазе массового цветения (1,85 % − селекционный образец Дагестан и 2,48 % − селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»). Доминантными компонентами эфирного масла являлись: тимол (34,65–52,42 %) в селекционном образце Дагестан и линалоол (83,29–90,22 %) в селекционном образце ФГБУН «НИИСХ Крыма». Высокий уровень содержания фенольных соединений и экстрактивных веществ отмечен в фазы активного роста растений: в фазе начало цветения у селекционного образца Дагестан и в фазе окончания цветения у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма». Показано, что в процессе хранения воздушно-сухого сырья тимьяна обыкновенного после 24 месяцев происходят потери эфирного масла на 25,9 % у селекционного образца Дагестан и на 17,8 % у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма». При этом изменяется химический состав эфирного масла. Количественных изменений других видов БАВ в сырье при хранении не отмечено.*

Ключевые слова: *тимьян обыкновенный (Thymus vulgaris L.), селекционный образец Дагестан, селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма», эфирное масло, биологически активные вещества, тимол, линалоол.*

Для цитирования: *Пехова О. А., Тимашева Л. А., Данилова И. Л., Белова И. В., Платонова Т. В. Исследование накопления биологически активных веществ в растениях двух хемотипов Thymus vulgaris L., выращиваемых в предгорной зоне Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 167–180. EDN: CNDVID.*

For citation: *Pekhova O.A., Timasheva L.A., Danilova I.L., Belova I.V., Platonova T.V. Accumulation of biologically active substances in plants of two Thymus vulgaris L. chemotypes grown in the foothill zone of Crimea // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 167–180. EDN: CNDVID.*

Введение

Растения рода тимьян (*Thymus* L.) являются одним из наиболее известных представителей семейства Яснотковых (Lamiaceae). Все виды рода *Thymus* синтезируют эфирные масла и принадлежат к числу пряно-ароматических и лекарственных растений [1]. Из многочисленных представителей рода *Thymus* в фармакопею РФ включены два вида: *Thymus vulgaris* L. и *Thymus serpyllum* L. [2, 3].

В диком виде *T. vulgaris* произрастает в Средиземноморье (от Португалии до Греции). Культивируется на юге России, Украины, в Италии, Франции, Испании и Северной Америке в качестве пряноароматического и лекарственного растения [4].

В цветущей надземной части растений содержится эфирное масло в количестве от 0,6 до 2,5 % (на абсолютно сухую массу) и другие виды биологически активных веществ: флавоноиды, органические кислоты (урсоловая, олеаноловая, кофейная, хлорогеновая, розмариновая, тимуновая, хинная и др.), дубильные вещества, горечи, смолы [5].

Литературные данные свидетельствуют о том, что растения рода *Thymus* характеризуются внутривидовым и межсортовым полиморфизмом по морфологическим и химическим признакам (по содержанию эфирного масла и его компонентному составу), которые определяют хемотип растения. Хемотипическая изменчивость *T. vulgaris* представлена следующими хемотипами: тимольный, карвакрольный, линалоольный, гераниольный, туйанольный и терпинеольный [6,7].

Сырье, эфирное масло, экстракты *T. vulgaris* обладают широким спектром биологической активности: антимикробной, антивирусной, антиоксидантной, цитотоксичной, антинематоцидной, противовоспалительной, спазмолитической, что обуславливает их применение в медицине, фармации, пищевой промышленности и ветеринарии [8–12].

Фитохимия этого растения, выращиваемого в различных природно-климатических условиях России, изучена недостаточно. В Крыму исследования по изучению *T. vulgaris* были проведены только на Южном Берегу Крыма [13–15].

Для растений *T. vulgaris,* произрастающих в предгорной зоне Крыма, не изучены вопросы накопления биологически активных веществ (БАВ), в том числе и эфирного масла, в течение вегетационного периода в разных органах растений. Изучение динамики накопления БАВ в растениях *T. vulgaris,* изменения их химического состава в процессе развития растения дает возможность установить оптимальные сроки уборки сырья с наибольшим выходом целевых веществ характерного качества.

Отсутствуют литературные данные о влиянии продолжительности хранения высушенного сырья на содержание и качество БАВ.

Цель исследований – изучение динамики накопления эфирного масла и других видов биологически активных веществ, а также продолжительности хранения растений двух хемотипов *T. vulgaris,* произрастающих в предгорной зоне Крыма, для обоснования возможности его применения в качестве сырья различных отраслей

промышленности (пищевой, парфюмерно-косметической, фармации, медицине и ветеринарии).

Материалы и методы исследования

Исследования проводили с 2018 по 2020 гг. в отделе переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма». Объект исследований – свежеубранные и воздушно-сухие растения *T. vulgaris* селекционных образцов двух хемотипов: Дагестан и ФГБУН «НИИСХ Крыма», выращенные на суходоле в с. Крымская Роза Белогорского района и в дальнейшем используемые в качестве сырья для определения БАВ и сроков хранения.

Изучение растений проводили в фазы вегетации: отрастание, бутонизация, начало, массовое и окончание цветения у селекционного образца Дагестан и бутонизация–начало цветения, массовое и окончание цветения у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма». В связи с небольшим количеством сырья у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» при весеннем отрастании побегов отбор проб для анализа не проводили. Изучаемые селекционные образцы *T. vulgaris* в 2021 г. были включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию соответственно под названием «Горный бальзам» (автор сорта: Платонова Т.В.) и «Крымрозовец» (авторы сорта: Платонова Т. В., Серкова А. А.).

Тимьян обыкновенный *(T. vulgaris)* представляет собой многолетний небольшой полукустарник. В условиях предгорной зоны Крыма растения имеют сферическую форму высотой 23–28 см, диаметром 46–52 см. Стебли растения восходящие, сильноветвистые, четырехгранные, в нижней части одревесневающие. Листья мелкие, короткочерешковые, супротивные, от светло-зеленого до темно-зеленого цвета, с обеих сторон усеяны точечными железками, содержащими эфирное масло. Соцветия кистевидные, прерывистые, состоящие из 4–6 мутовок. Цветки мелкие, окраска венчика розово-фиолетовая. Плод – орешек округлой формы от буро-коричневого до черного цвета. Цветет в мае.

Общий вид растений *T. vulgaris,* произрастающих в интродукционном питомнике эфиромасличных и лекарственных растений, представлен на рисунке 1.

а б

Рисунок 1 – Общий вид растений *T. vulgaris:*
а – в фазе отрастания, б − в фазе массового цветения

Территория питомника относится к IV агроклиматическому району, верхнему, предгорному, теплому, недостаточно влажному. Почвы – предгорные карбонатные

черноземы на элювии и делювии плотных карбонатных пород. Максимальная температура воздуха составляет 37 °С; минимальная – не опускается ниже минус 24 °С. Годовая сумма осадков находится в пределах от 293 мм до 986 мм, из них 59 % ливневых [16].

Качественные и количественные характеристики свежеубранного и воздушно-сухого сырья определяли: влажность − гравиметрическим методом [17, 18], содержание эфирного масла − методом дистилляции по Клевенджеру [17, 19], экстрактивных веществ – методом экстрагирования водно-спиртовым раствором [20], общих фенольных соединений, фенолкарбоновых кислот и флавоноидов, дубильных веществ − титриметрическим методом [21, 22]. Все результаты исследований представлены в пересчете на абсолютно-сухую массу растений. Сразу после извлечения эфирного масла его компонентный состав определяли методом газовой хроматографии на приборе Кристалл 2000М [23]. Для полного разделения основных компонентов эфирного масла и их идентификации использовалась колонка капиллярная кварцевая длиной 60 м с внутренним диаметром 0,32 мм, неподвижная фаза CR-WAXms (полиэтиленгликоль в соль-гель матрице). Экспериментально были подобраны следующие условия хроматографирования: температура термостата − программирование 80,0 °С продолжительностью 1 мин, далее со скоростью 5,0 °С/мин до 220,0 °С; давление на входе в колонку − 100 кПа далее со скоростью 0,20 кПа/мин до 120,0 кПа, деление потока газа-носителя – 1/60. Детектор: пламенно-ионизационный. Газ-носитель – азот: давление на входе в колонку 156,30 мл/мин, продолжительностью 30 сек до 35 мл/мин. Объем пробы: $0{,}10\times10^{-3}$ см^3. Идентификацию основных компонентов эфирного масла *T. vulgaris* проводили путем сравнения времени удерживания пиков стандартных веществ, массовую долю которых определяли методом нормализации, основанном на расчете отношения параметра пика данного компонента к сумме параметров всех компонентов. Повторность определения содержания БАВ в сырье трехкратная. Полученные данные исследований обрабатывали стандартными статистическими методами (вариационный и дисперсионный анализы) [24] при помощи пакета программ Microsoft Office Excel, 2010.

Результаты и их обсуждение

При изучении растений *T. vulgaris* рядом исследователей была обнаружена связь между хемотипическим, половым полиморфизмом и окружающей средой, которая являются одной из причин сложности определения оптимальной фазы вегетации растений для их уборки с максимальным количеством и наилучшим качеством эфирного масла и других видов БАВ [25]. Поэтому одним из важных вопросов изучения селекционных образцов *T. vulgaris,* имеющих теоретическое и практическое значение, является исследование динамики накопления эфирного масла и других видов БАВ в различных органах растений в течение вегетационного периода. Полученные результаты исследований селекционных образцов *T. vulgaris* представлены на рисунках 2 и 3.

Структурный анализ растений *T. vulgaris,* выращенных в предгорной зоне Крыма, показал, что надземная часть растений имеет следующий фракционный состав: селекционный образец Дагестан – листья (41,5–63,9 %), стебли (13,2–36,1 %) и соцветия (22,4–45,3 %); селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма» – листья (35,7–48,3 %), стебли (20,7–23,7 %) и соцветия (28,0–43,6 %).

Соотношение фракций растений по фазам вегетации изменялось: у селекционного образца Дагестан в фазе отрастания преобладали листья – 63,9 %, а в фазе окончания цветения содержание их уменьшалось до 46,4 %, содержание

соцветий достигало максимума в фазе массового цветения – 45,3 %. У растений селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» содержание соцветий также достигало максимума в фазе массового цветения – 43,6 %.

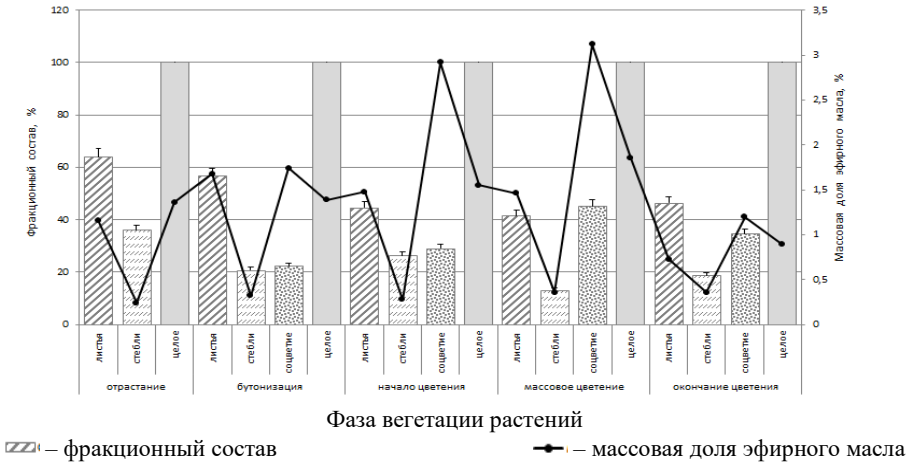


Рисунок 2 − Динамика накопления эфирного масла в различных органах растений селекционного образца Дагестан по фазам вегетации (среднее за 2018-2020 гг.)

Примечание. *Массовая доля эфирного масла, %. НСР$_{05}$: целое растение – 0,09; листья – 0,12; соцветия – 0,16; стебли – 0,06.*

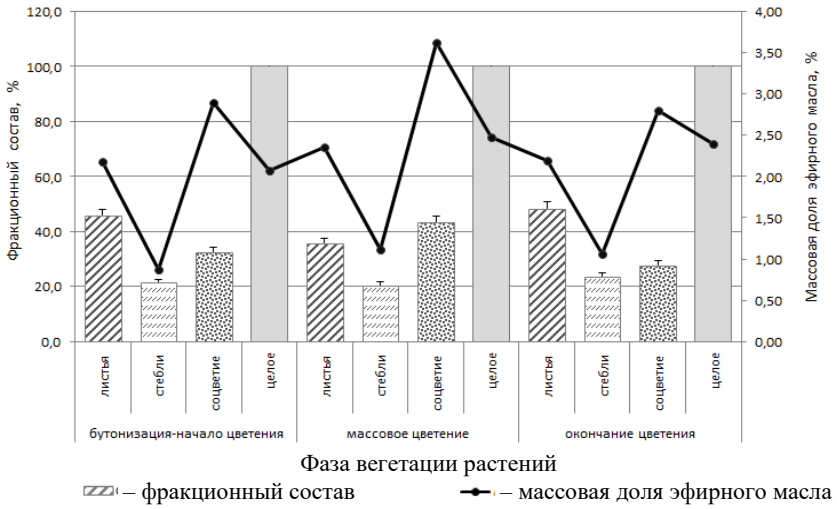


Рисунок 3 − Динамика накопления эфирного масла в различных органах растений селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» по фазам вегетации (среднее за 2018–2020 гг.)

Примечание. *Массовая доля эфирного масла, %, НСР$_{05}$: целое растение − 0,05, листья − 0,12, соцветия − 0,25, стебли − 0,04.*

Экспериментально определено, что в условиях предгорной зоны Крыма содержание эфирного масла в надземной части растений селекционного образца Дагестан в фазы вегетации отрастание–окончание цветения варьировало от 0,89 до 1,85 %. У селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» содержание эфирного масла в фазы бутонизация–начало цветения и окончание цветения находилось на уровне 2,07 и 2,48 % соответственно (рисунок 2 и 3).

Изменение содержания эфирного масла в период вегетации *T. vulgaris* происходило следующим образом: в процессе развития растений количество эфирного масла увеличивалось, начиная с фазы отрастания (1,36 %), достигая максимума в период массового цветения (1,85 %) и снижаясь до 0,89 % в конце цветения – селекционный образец Дагестан. Полученные данные показали, что основными маслонакапливающими органами *T. vulgaris* являются листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла содержалось в соцветиях 2,92% − селекционный образец Дагестан и 3,62 % − селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма». В листьях изучаемых образцов эфирное масло находилось на уровне соответственно 1,69 % и 2,38 %. Содержание эфирного масла в стеблях колебалось в течение вегетации от 0,24 % до 0,36 % – селекционный образец Дагестан и от 0,87 % до 1,11 % − селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Таким образом, одной из физиологических особенностей растений тимьяна, выращенных в предгорной зоне Крыма, является неравномерность накопления и локализации эфирного масла в вегетативных и генеративных органах.

Методом газожидкостной хроматографии определен химический состав эфирного масла 2 хемотипов *T. vulgaris* по органам растений и фазам их вегетации (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав эфирного масла сырья *T. vulgaris* в различных органах растений по фазам вегетации (среднее за 2018–2020 гг.)

Фаза вегетации растений	Орган растений	Массовая доля, %		
		терпеновые углеводороды (моно- и сескви)	фенолы (тимол)	спирты (линалоол, борнеол, гераниол)
селекционный образец Дагестан				
Отрастание	листья	25,23 ± 1,10	50,63 ± 3,20	0,29 ± 0,08
	стебли	53,76 ± 3,12	34,63 ± 1,91	0,29 ± 0,08
	целое	36,77 ± 2,40	45,16 ± 2,15	0,45 ± 0,10
Бутонизация	листья	31,29 ± 1,90	54,16 ± 3,24	2,49 ± 0,51
	стебли	20,71 ± 1,00	37,30 ± 2,18	18,86 ± 1,02
	соцветие	31,78 ± 1,80	50,24 ± 3,05	12,68 ± 0,98
	целое	30,45 ± 1,87	34,65 ± 2,18	21,28 ± 1,10
Начало цветения	листья	16,75 ± 0,85	54,10 ± 3,17	1,66 ± 0,33
	стебли	31,24 ± 1,62	37,30 ± 2,18	21,30 ± 1,11
	соцветие	36,58 ± 1,85	52,34 ± 3,09	4,11 ± 0,65
	целое	37,34 ± 1,80	43,61 ± 2,06	14,32 ± 1,02
Массовое цветение	листья	18,20 ± 0,90	54,10 ± 3,21	1,66 ± 0,33
	стебли	14,21 ± 0,72	36,00 ± 2,20	2,02 ± 0,31
	соцветие	21,46 ± 1,10	67,90 ± 3,42	3,57 ± 0,48
	целое	25,74 ± ,170	52,42 ± 3,11	3,84 ± 0,66
Окончание цветения	листья	31,50 ± 1,73	42,23 ± 2,10	7,13 ± 0,24
	стебли	24,47 ± 1,20	59,62 ± 3,37	2,21 ± 0,30
	соцветие	12,10 ± 0,58	64,50 ± 3,48	4,68 ± 0,71
	целое	31,98 ± 1,68	50,27 ± 3,23	5,52 ± 0,88
селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»				
Бутонизация − начало цветения	листья	1,28 ± 0,32	1,84 ± 0,30	80,38 ± 4,05
	стебли	4,41 ± 0,68	2,20 ± 0,52	84,33 ± 4,12
	соцветие	0,88 ± 0,12	1,46 ± 0,32	90,78 ± 4,42
	целое	2,58 ± 0,40	1,86 ± 0,31	83,29 ± 4,00
Массовое цветение	листья	0,83 ± 0,10	1,73 ± 0,35	80,95 ± 4,03
	стебли	3,28 ± 0,56	3,41 ± 0,52	84,50 ± 4,07
	соцветие	1,41 ± 0,38	1,43 ± 0,27	91,36 ± 4,45
	целое	0,96 ± 0,12	2,39 ± 0,38	88,24 ± 4,12
Окончание цветения	листья	0,66 ± 0,10	2,20 ± 0,30	91,95 ± 4,36
	стебли	1,98 ± 0,35	2,51 ± 0,41	80,16 ± 4,00
	соцветие	1,08 ± 0,17	2,80 ± 0,56	89,64 ± 4,07
	целое	1,93 ± 0,35	2,31 ± 0,32	90,22 ± 4,22

В эфирном масле тимьяна обыкновенного определено 60 компонентов из них идентифицировано 19 для селекционного образца Дагестан и 37 для селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма». Установлено, что химический состав эфирного масла тимьяна обыкновенного включает следующие основные группы веществ: монотерпеновые углеводороды (α-и β-пинены, камфен, α-терпинен, лимонен, γ-терпинен, п-цимен, β-мирцен), сесквитерпеновые углеводороды и их кислородные производные (β –кариофиллен и кариофиллен оксид), спирты (1,8-цинеол, линалоол, борнеол, гераниол), кетон – камфора, сложные эфиры (линалилацетат и геранилацетат), фенолы (тимол, карвакрол). У селекционного образца Дагестан в эфирном масле содержание тимола варьировало в течение вегетации от 34,65 % до 52,42 %, а у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» содержание линалоола – от 83,29 % до 90,22 %. Таким образом, растения селекционных образцов тимьяна обыкновенного Дагестан и ФГБУН «НИИСХ Крыма» по качеству эфирных масел относятся к разным хемотипам: тимольному и линалоольному. Типичные хроматограммы эфирных масел из растений тимьяна, убранных в фазе массового цветения представлены на рисунках 4 и 5.

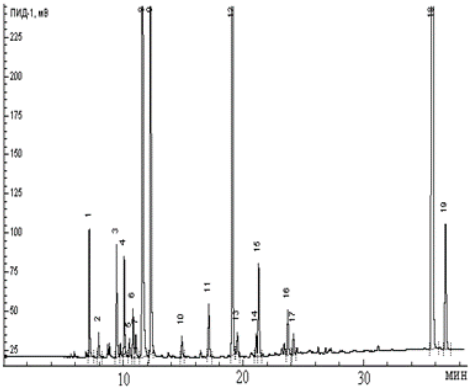


Рисунок 4 – Типичная хроматограмма эфирного масла *T. vulgaris* (селекционный образец Дагестан)

Примечание. *1 – α-пинен; 2 – камфен; 3 – α-терпинен; 4 – сабинен; 6 – β-мирцен; 7 – 1,8-цинеол; 8 – γ терпинен; 9 – п-цимен; 12 – линалоол; 13 – камфора; 15 – линалилацетат; 17 – борнеол; 18 – тимол; 19 – карвакрол.*

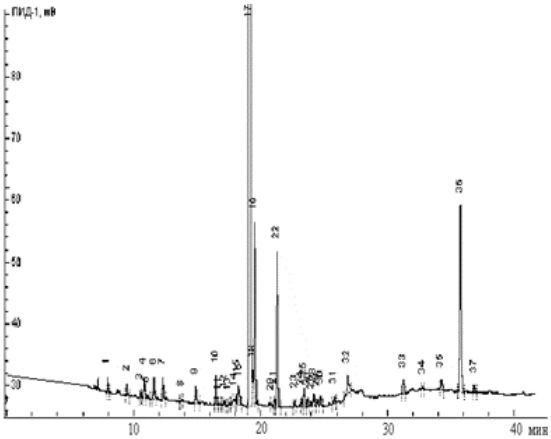


Рисунок 5 – Типичная хроматограмма эфирного масла *T. vulgaris* (селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»)

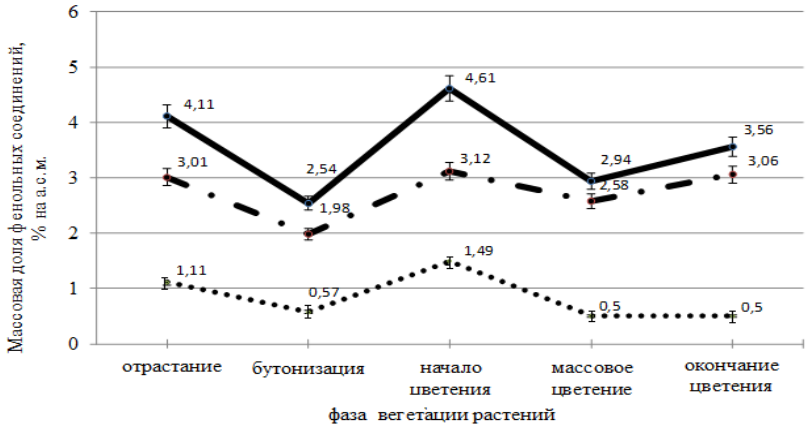
Примечание. *1 – лимонен; 2 – α-терпинен; 5 – 1,8-цинеол; 7 – γ терпинен; 17 – линалоол; 19 – камфора; 22 – линалилацетат; 25 – борнеол; 26 – геранилацетат; 28 – кариофиллен оксид; 36 – тимол; 37 – карвакрол.*

Литературные данные свидетельствуют о том, что эфирные масла с высоким содержанием тимола или карвакрола (свыше 40 %) обладают сильными антимикробным и антиоксидантным эффектами. Эфирное масло с преобладанием линалоола характеризуется высокой противогрибковой активностью, в частности против дрожжеподобных грибов рода *Candida* и применяется не только в качестве фармацевтического средства, но и как средство защиты растений плодоовощных культур от черной пятнистости, микозов, серой гнили и др. [26, 27].

Исследования выявили, что все органы растений накапливали одинаковый набор терпеновых соединений, но в различном количественном соотношении. Так, в эфирном масле из соцветий содержалось максимальное количество основного компонента: у селекционного образца Дагестан тимола – 50,24–67,90 %, у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» линалоола – 89,64−91,36 %; в эфирном масле из листьев соответственно: тимола – 42,23–54,10 %, линалоола – 80,38–91,95 %; в эфирном масле из стеблей: тимола – 34,63–59,62 %, линалоола – 80,16–84,50 %. Именно соцветия и листья оказали влияние на количественный и качественный состав эфирного масла из целых растений.

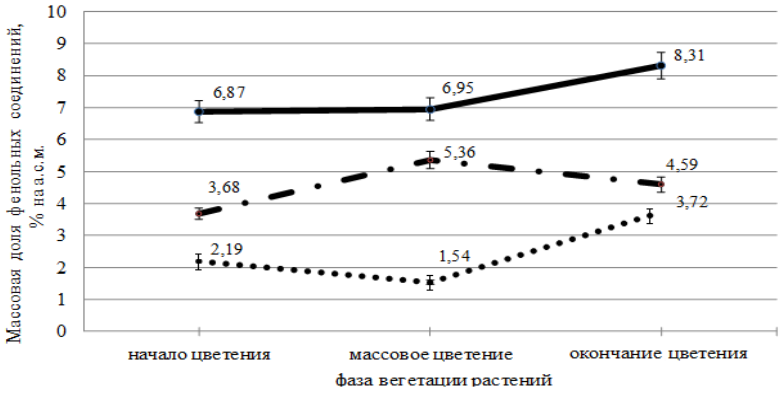
С целью оценки сырья в качестве лекарственного было проведено определение содержания БАВ в сырье, убранном в разные фазы вегетации в 2018–2020 гг. Установлено, что количество экстрактивных веществ, извлекаемых 30 % водно-спиртовым раствором, находилось в пределах 20,34−28,11 % (селекционный образец Дагестан) и 21,94–25,63 % (селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»). Максимальное количество экстрактивных веществ отмечено в фазы бутонизация–начало цветения у двух селекционных образцов, а в фазе окончания цветения количество экстрактивных веществ снижается соответственно на 7,77 % и 3,69 %.

Результаты количественного определения фенольных соединений в воздушно-сухом сырье *T. vulgaris* приведены на рисунках 6 и 7.



- общие фенольные соединения; - сумма флавоноидов и фенолкарбоновых кислот; -дубильные вещества

Рисунок 6 – Динамика накопления фенольных соединений в растениях *T. vulgaris* (селекционный образец Дагестан), среднее за 2018−2020 гг.



- общие фенольные соединения; - сумма флавоноидов и фенолкарбоновых кислот; -дубильные вещества

Рисунок 7 – Динамика накопления фенольных соединений в растениях *T. vulgaris* (селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»), среднее за 2018−2020 гг.

Отмечено, что наибольшее количество фенольных соединений, в том числе флавоноидов, фенолкарбоновых кислот и дубильных веществ синтезировалось у селекционного образца Дагестан в период активного роста растений (фаза отрастания) – 4,11 % и в фазе «начало цветения» – 4,61 %. У селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» максимальное содержание общих фенольных соединений, в том числе дубильных веществ выявлено в фазе окончания цветения – 8,31 %, а флавоноидов и фенолкарбоновых кислот – в фазе массового цветения – 5,36 %.

T. vulgaris является фармакопейным растением и широко используется в фармакологии и народной медицине в воздушно-сухом состоянии, так как обладает широким спектром терапевтических свойств. Поэтому вопросы, связанные с качеством и продолжительностью хранения воздушно-сухого сырья тимьяна, являются актуальными [2].

При хранении высушенного сырья *T. vulgaris* в течение 24 месяцев в лабораторных условиях происходили процессы количественного и качественного изменения эфирного масла, а именно:

− количество эфирного масла снижалось по сравнению с контролем – свежесрезанным сухим сырьем, заложенным на хранение 24 мес. назад – в сырье тимьяна обыкновенного на 25,9 % (селекционный образец Дагестан) и на 17,8 % (селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»);

− уменьшалось количество линалоола в эфирном масле селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» на 12,92 %, а количество тимола в эфирном масле селекционного образца Дагестан практически не изменялось и находилось на уровне 51,96–53,48 %.

− увеличивалось количество терпеновых углеводородов в эфирном масле тимьяна обыкновенного с 25,7 % до 37,0 % – селекционный образец Дагестан и от 0,96 % до 5,9 % – селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Изменений в содержании флавоноидов, фенолкарбоновых кислот и дубильных веществ в сырье при хранении не отмечено.

Полученные результаты свидетельствуют об изменении химического состава эфирного масла, содержащегося в высушенном сырье двух селекционных образцов *T. vulgaris* после 24 мес. хранения. Эти изменения – результат процессов окисления и терпенизации. Следовательно, хранить воздушно-сухое сырье тимьяна

обыкновенного более двух лет нецелесообразно из-за потерь эфирного масла и изменения его химического состава.

Выводы

В результате проведенных исследований определены особенности накопления эфирного масла в различных органах растений селекционных образцов Дагестан и ФГБУН «НИИСХ Крыма» *T. vulgaris* в разные фазы вегетации, показана вариабельность содержания эфирного масла и его компонентного состава, а также других видов БАВ.

Определено, что основными маслонакапливающими органами двух клонов *T. vulgaris* являются листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла содержалось в соцветиях: 3,12 % (селекционный образец Дагестан) и 3,62 % (селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»), которые во фракционном составе сырья составляли соответственно 45,3 % и 43,6 %. Максимальное количество эфирного масла характерного качества накапливалось в растениях в фазе массового цветения (1,85 % − селекционный образец Дагестан и 2,48 % –селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»). Доминантными компонентами эфирного масла являлись: тимол (от 34,65 % до 52,42 %) для селекционного образца Дагестан и линалоол (от 83,29 % до 90,22 %) для селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма».

В качестве технического эфиромасличного сырья изучаемых селекционных образцов *T. vulgaris* следует использовать надземную облиственную часть растений, убранную в фазе массового цветения.

Высокий уровень содержания фенольных соединений и экстрактивных веществ отмечен в фазы активного роста растений и в фазе «начало цветения» у селекционного образца Дагестан. У селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» максимальное содержания фенольных соединений, в том числе дубильных веществ, определено в фазе окончания цветения – 8,31 % и 3,72 % соответственно. В эти фазы сырье изучаемых селекционных образцов целесообразно использовать в качестве лекарственного.

Определено, что в процессе хранения воздушно-сухого сырья тимьяна обыкновенного в течение 24 месяцев происходят потери эфирного масла – на 25,9 % у селекционного образца Дагестан и на 17,8 % – у образца ФГБУН «НИИСХ Крыма». Изменяется компонентный состав эфирного масла: увеличивается количество терпеновых углеводородов с 25,70 % до 37,00 % − селекционный образец Дагестан и с 0,96 до 5,90 % − селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма», уменьшается содержание линалоола на 12,92 % в эфирном масле − ФГБУН «НИИСХ Крыма». Изменений содержания других видов БАВ в сырье при хранении не отмечено. Следовательно, хранить воздушно-сухое сырье тимьяна обыкновенного более двух лет нецелесообразно из-за потерь эфирного масла и изменения его химического состава.

Таким образом, сырье *T. vulgaris* двух селекционных образцов, выращиваемое в предгорной зоне Крыма, содержит широкий спектр БАВ и может применяться в эфиромасличном и пищевом производствах, в фармации, медицине и ветеринарии.

Литература

1. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 225–226.
2. ФС 61. Трава тимьяна обыкновенного. ГФ СССР. 11-е изд. доп., вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. М.: Медицина, 1990. С. 339–340.
3. ФС.2.5.0047.15. Чабреца трава. ГФ РФ. XIII изд. М., 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0047-15-chabretsa-trava/ (дата обращения 06.04.2022).

4. Марко Н. В., Логвиненко Л. А., Шевчук О. М., Феськов С. А. Аннотированный каталог ароматических и лекарственных растений коллекции Никитского ботанического сада. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 151–152.

5. Исиков В. П., Плугатарь Ю. В., Шевчук О. М. Ароматические растения Крыма и их использование. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. 265 с.

6. Винокурова О. А., Тринеева О. В., Сливкин А. И. Сравнительная характеристика различных видов тимьяна: состав, свойства, применение (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. № 4 (17). С. 134–150.

7. Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П. Эфиромасличные растения в условиях меняющегося климата. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. 180 с.

8. Satyal P., Murray B. L., Feeters R. L. and Setzer W. N. Essential oil characterization of *Thymus vulgaris* from various geographical locations // Foods. 2016. No. 5(4). Art. No. 70. DOI: 10.3390/foods5040070.

9. Mancini E., Senatore F., Del Monte D., De Martino L., Grulova D., Scognamiglio M., Snoussi M., De Feo V. Studies on chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of five *Thymus vulgaris* L. essential oils // Molecules. 2015. No. 20 (7). P. 12016–12028. DOI: 10.3390/molecules200712016.

10. El Hattabi L., El Madani N., Charrouf Z., Costa J., Desjobert J. M. and Tabyaoui M. Studies on chemical composition, phenolic contents and antioxidant activities of three *Thymus* essential oils from Morocco // Der Pharma Chemica. 2016. No. 8(7). P. 7–15.

11. Galovičová L., Borotová P., Valková V., Vukovic N. L., Vukic M., Štefániková J., Ďúranová H., Kowalczewski P. Ł., Čmiková N., Kačániová M. *Thymus vulgaris* essential oil and its biological activity // Plants. 2021. No. 10. P. 1–17. DOI: 10.3390/plants10091959.

12. Паштецкий В. С., Тимашева Л. А., Пехова О. А., Данилова И.Л., Серебрякова О. А. Эфирные масла и их качество. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. С. 114–116. DOI: 10.33952/2542-0720-978-5-907506-16-9.

13. Марко Н. В., Работягов В. Д., Корсакова С. П., Шевчук О. М., Феськов С. А., Орел Т. И., Бакова Н. Н. Виды растений с высоким содержанием тимола из коллекции Никитского ботанического сада // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3(11). С. 17–30.

14. Хохлов Ю. С., Федотова И. А., Шевчук О. М. Изменение компонентного состава эфирного масла *Thymus vulgaris* L. в зависимости от метода дистилляции // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2020. № 1 (154). С. 106–115. DOI: 10.36305/2712-7788-2020-1-154-106-115.

15. Корсакова С. П., Работягов В. Д., Канцаева У. И. Морфобиологическая характеристика и компонентный состав эфирного масла видов рода *Thymus* L. // Труды КубГАУ. 2017. № 67. С. 107–110. DOI: 10.21515/1999-1703-67-107-110.

16. Савчук Л. П. Климат предгорья Крыма и эфироносы. Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2006. 76 с.

17. ГОСТ 34213–2017. Сырье эфиромасличное цветочно-травянистое. Методы отбора проб, определения влаги, примесей и эфирного масла. М.: Стандартинформ, 2018. 23 с.

18. ОФС.1.5.3.0007.15. Определение влажности лекарственного растительного сырья. ГФ РФ. XIII изд. М., 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0007-15-opredelenie-vlazhnosti-lekarstvennogo-rastitelnogo-syrya/(дата обращения 05.05.2022).

19. ОФС.1.5.3.0010.15. Определение содержания эфирного масла в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. ГФ РФ. XIII изд. М., 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0010-15-opredelenie-soderzhaniya-efirnogo-masla-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah/ (дата обращения 12.04.2022).

20. ОФС.1.5.3.0006.15. Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. ГФ РФ. XIII изд. М., 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.regmed.ru/gf/State_Pharmacopoeia_XIII/ (дата обращения 22.04.2022).

21. Запрометов М. Н. Основы биохимии фенольных соединений. М.: Высшая школа, 1974. 214 с.

22. Федосеева Г. М. Способ определения полифенольных соединений. Иркутск, 1988. АСС № 125708.

23. ГОСТ ISO 7609–2014. Масла эфирные. Анализ методом газовой хроматографии на капиллярных колонках. Общий метод. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.

24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 350 с.

25. Gouyon P. H., Vernett Ph., Guillerm J. L. and Valdeyron G. Polymorphisms and environment: the adaptive value of the oil polymorphisms in *Thymus vulgaris* L. // Heredity. 1986. Vol. 57. P. 59–66. DOI: 10.1038/hdy.1986.87.

26. Шереметьева А. С., Дурнова Н. А., Березуцкий М. А. Содержание эфирных масел в траве разных видов рода тимьян (*Thymus* L.) // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2017. Т. 15. Вып. 2. С. 15–19. DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-2-15-19.

27. Маланкина Е. Л., Карави Х. А., Дул В. Н., Козловская Л. Н. Варьирование количественного содержания и компонентного состава эфирного масла в сырье тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris* L.) в зависимости от сорта и происхождения // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2018. № 2 (20). С. 27–33.

References

1. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. Simferopol: ARIAL, 2018. P. 233-235.

2. FS 61 Thymi vulgaris herba / USSR State Pharmacopoeia. 11th ed. revised and updated, issue 2. General methods of analysis. Medicinal plant raw materials. Moscow: Meditsina, 1990. P. 339–340.

3. FS. 2.5.0047.15. Thymi serpylli herba / RF State Pharmacopoeia. XIII ed. Moscow, 2015. [Electronic resource]. Access point: https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0047-15-chabretsa-trava/ (reference's date 06.04.2022).

4. Marko N. V., Logvinenko L. A., Shevchuk O. M., Feskov S. A. Annotated catalog of aromatic and medicinal plants of the collection of the Nikitsky Botanical. Garden. Simferopol: ARIAL, 2018. P. 151–152.

5. Isikov V.P., Plugatar Yu.V., Shevchuk O.M. Aromatic plants of the Crimea and their use. Simferopol: ARIAL, 2020. 265 p.

6. Vinokurova O.A., Trineeva O.V., Slivkin A.I. Comparative characteristics of different types of thyme: the composition, properties and application (review) // Drug Development & Registration. 2016. No. 4 (17). P. 134-150.

7. Plugatar Yu.V., Korsakova S.P. Essential-oil-bearing plants under climate change. Simferopol: ARIAL, 2019. 180 p.

8. Satyal P., Murray B. L., Feeters R. L. and Setzer W. N. Essential oil characterization of *Thymus vulgaris* from various geographical locations // Foods. 2016. No. 5(4). Art. No. 70. DOI: 10.3390/foods5040070.

9. Mancini E., Senatore F., Del Monte D., De Martino L., Grulova D., Scognamiglio M., Snoussi M., De Feo V. Studies on chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of five *Thymus vulgaris* L. essential oils // Molecules. 2015. No. 20 (7). P. 12016–12028. DOI: 10.3390/molecules200712016.

10. El Hattabi L., El Madani N., Charrouf Z., Costa J., Desjobert J. M. and Tabyaoui M. Studies on chemical composition, phenolic contents and antioxidant activities of three thymus essential oils from Morocco // Der Pharma Chemica. 2016. No. 8(7). P. 7–15.

11. Galovičová L., Borotová P., Valková V., Vukovic N. L., Vukic M., Štefániková J., Ďúranová H., Kowalczewski P. Ł., Čmiková N. and Kačániová M. *Thymus vulgaris* essential oil and its biological activity // Plants. 2021. No. 10. P. 1-17. DOI:10.3390/plants10091959.

12. Pashtetskiy V.S., Timasheva L.A., Pekhova O.A., Danilova I.L., Serebryakova O.A. Essential oils and their quality. Simferopol: ARIAL, 2021. P. 114-116. DOI: 10.33952/2542-0720-978-5-907506-16-9.

13. Marko N.V., Rabotyagov V.D., Korsakova S.P., Shevchuk O.M., Feskov S.A., Orel T.I., Bakova N.N. Plant species from the Nikitsky Botanical Gardens collection with a high content of thymol in essential oil //Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 3 (11). P. 17-30.

14. 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. No.1 (154). P. 106-115. DOI: 10.36305/2712-7788-2020-1-154-106-115.

15. Korsakova S. P., Rabotyagov V. D., Kantsaeva U. I. Morphobiological and biological characteristics and component composition of essential oil from species of genus *Thymus* L. // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2017. No. 67. P. 107-110. DOI: 10.21515/1999-1703-67-107-110.

16. Savchuk L. P. The climate of the foothill areas of the Crimea and essential oil crops. Simferopol: El'in'o, 2006. 76 p.

17. GOST 34213-2017. Essential oil floral-herbal raw material. Methods of sampling, determining the moisture, impurities and essential oil. Moscow: Standartinform, 2019. 24 p.

18. OFS.1.5.3.007.15. Determination of the moisture content in medicinal plant raw materials / RF State Pharmacopoeia. XIII ed. Moscow, 2015. [Electronic resource]. Access point: https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0007-15-opredelenie-vlazhnosti-lekarstvennogo-rastitelnogo-syrya/ (reference's date 05.05.2022).

19. OFS.1.5.3.0010.15 Determination of the essential oil content in medicinal plant raw materials and medicinal plant preparations / RF State Pharmacopoeia. XIII ed. Moscow, 2015. [Electronic resource]. Access point: https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0010-15-opredelenie-soderzhaniya-efirnogo-masla-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah/ (reference's date 12.04.2022).

20. OFS.1.5.3.0006. 15. Determination of the content of extractive substances in medicinal plant raw materials and medicinal plant preparations / RF State Pharmacopoeia. XIII ed. Moscow, 2015. [Electronic resource]. Access point: https://www.regmed.ru/gf/State_Pharmacopoeia_XIII/ (reference's date 22.04.2022).
21. Zaprometov M. N. Fundamentals of biochemistry of phenolic compounds. Moscow: Vysshaya shkola, 1974. 214 p.
22. Fedoseeva G. M. A method for determining polyphenolic compounds. Irkutsk. 1988. ASS. No. 125708.
23. GOST ISO 7609–2014. Essential oils. Analysis by gas chromatography on capillary columns. General method. Moscow: Standartinform, 2015. 16 p.
24. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alyans, 2011. 350 p.
25. Gouyon P. H., Vernett Ph., Guillerm J. L., Valdeyron G. Polymorphisms and environment: the adaptive value of the oil polymorphisms in *Thymus vulgaris* L. // Heredity. 1986. Vol. 57. P. 59–66. DOI: 10.1038/hdy.1986.87.
26. Sheremet'eva A. S., Durnova N. A., Berezutskii M. A. Essential oils level in herbs of different species of thyme (*Thymus* L.)// Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University. 2017. Vol. 15. Iss. 2. P. 15–19. DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-2-15-19.
27. Malankina E. L., Al Karavi Kh., Dul V. N., Kozlovskaya L. N. The variation of quantitative content and component composition of essential oil in raw materials of common thyme (*Thymus vulgaris* L.) depending on cultivar and origin // Journal of Pharmaceuticals Quality Assurance Issue. 2018. No. 2 (20). P. 27–33.

UDC 633. 82: 665. 52

Pekhova O.A., Timasheva L.A., Danilova I.L., Belova I.V., Platonova T.V.

ACCUMULATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN PLANTS OF TWO *THYMUS VULGARIS* L. CHEMOTYPES GROWN IN THE FOOTHILL ZONE OF CRIMEA

Summary. *Currently, thyme (Thymus vulgaris L.) is a popular essential oil plant containing a wide range of biologically active substances (BAS). The purpose of the research was to study the dynamics of accumulation of essential oil and other types of biologically active substances (BAS) in plants of two T. vulgaris chemotypes grown in the foothill zone of Crimea, as well as the duration of their storage to justify the possibility of their use as raw materials for various industries (food, perfume and cosmetics, pharmacy, medicine and veterinary medicine). The research was conducted in 2018-2020 at the FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea". Freshly harvested and air-dried plants of T. vulgaris were the object of the current research. We used breeding samples of two chemotypes: Dagestan and FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea". They were used as raw materials for determining BAS and shelf life. Qualitative and quantitative characteristics of raw materials in terms of the content of different types of BAS, including essential oil, were determined according to generally accepted methods. In the studied breeding samples, leaves and inflorescences were the main organs accumulating essential oil. Inflorescences of freshly harvested plants contained the largest amount of essential oil: 3.12 % − breeding sample Dagestan; 3.62 % − breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea". In the fractional composition of raw materials, they (inflorescences) accounted for 45.3 % and 43.6 %, respectively. It has been experimentally proved that the maximum amount of essential oil of characteristic quality was accumulated in plants during the phase of mass flowering (1.85 % – breeding sample Dagestan; 2.48 % – breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"). Thymol was the dominant component in the essential oil of breeding sample Dagestan (34.6−52.42 %); linalool – in the essential oil of breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" (83.29−90.22 %). A high level of phenolic compounds and extractive substances was noted in the phases of active plant growth. In breeding sample Dagestan, the highest*

level of these compounds was synthesized in the phase of the beginning of flowering; in breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" – in the phase of the end of flowering. It should be mentioned that after 24-months storage of air-dry raw materials of T. vulgaris, essential oil losses occur: by 25.9 % in the breeding sample Dagestan and by 17.8 % in the breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea". In adition, the chemical composition of the essential oil changes. We did not observe any quantitative changes of other types of BAS in raw materials during storage.

Keywords: *thyme (Thymus vulgaris L.), breeding sample Dagestan, breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea", essential oil, biologically active substances, thymol, linalool.*

Пехова Ольга Антоновна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Тимашева Лидия Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Данилова Ирина Львовна, научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Белова Ирина Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Платонова Татьяна Витальевна, научный сотрудник лаборатории селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: tatplat@mail.ru.

Pekhova Olga Antonovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, Department of processing and standardization of essential oils, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail isocrimea@gmail.com.

Timasheva Lidia Alekseevna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, Department of processing and standardization of essential oils, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: e- mail: isocrimea@gmail.com.

Danilova Irina Lvovna, researcher, Department of processing and standardization of essential oils, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Belova Irina Viktorovna, Cand. Sc. (Agr.), researcher, Department of processing and standardization of essential oils, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail isocrimea@gmail.com.

Platonova Tatiana Vitalievna, researcher, Laboratory of breeding of the Department of aromatic and medicinal plants, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail tatplat@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.07.2022.
Дата принятия к печати – 21.09.2022.