

DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-138-148

УДК 633. 82: 665. 52

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

**ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ *HYSSOPUS OFFICINALIS* L., ВЫРАЩИВАЕМЫХ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ КРЫМА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** *Hyssopus officinalis* L. – перспективное эфиромасличное растение комплексного использования, содержащее различные виды биологически активных веществ (БАВ). Цель исследований – изучить особенности накопления различных видов БАВ в растениях *H. officinalis*, выращенных в предгорной зоне Крыма, для применения их в парфюмерно-косметической, пищевой отраслях промышленности, фармации и медицине. Исследования проводили в 2017–2019 гг. в НИИСХ Крыма. Материалом для исследований служило сырье *H. officinalis* (популяция с синими цветками), выращенное на суходоле. Качественные и количественные характеристики сырья и разных видов БАВ определяли по общепринятым методикам. Надземная часть растений в течение вегетации имела следующий фракционный состав: листья (21,4–70,6 %), стебли (18,8–30,9 %) и соцветия (22,0–59,1 %). Соотношение фракций по фазам вегетации менялось: в фазе отрастания преобладали листья – 70,6 %, в фазе окончания цветения их содержание снижалось до 21,4 %, а содержание соцветий достигало максимума в фазе массового цветения и окончания цветения – 53,3–59,1 %. Наибольшее количество эфирного масла получено из соцветий – 1,94 %, содержание которых во фракционном составе сырья достигало 53,3 %. Максимальное количество эфирного масла характерного качества накапливалось в фазе массового цветения (1,26 % в пересчете на а.с.м.). Доминантные компоненты эфирного масла – кетоны: изопинокамфон и пинокамфон (75,9–78,6 %). Высокий уровень содержания фенольных соединений отмечен в фазы отрастания и цветения; экстрактивных веществ – в фазе бутонизации; дубильных веществ – в фазе массового цветения. В процессе хранения воздушно-сухого сырья в течение двух лет происходят потери эфирного масла (до 20,2 %) и изменяется его компонентный состав (уменьшение углеводов на 2,5–22,7 % и увеличение кетонов на 3,4–16,2 %). Содержание остальных видов БАВ при хранении сырья увеличивалось на 10–30 %. Следовательно, хранить воздушно-сухое сырье иссопа лекарственного целесообразно в течение двух и более лет.

**Ключевые слова:** иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.), эфирное масло, биологически активные вещества, изопинокамфон, пинокамфон.

**Для цитирования:** Пехова О. А., Тимашева Л. А., Данилова И. Л., Белова И. В. Динамика накопления биологически активных веществ в растениях *Hyssopus officinalis* L., выращиваемых в предгорной зоне Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4(28). С. 138–148. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-138-148.

**For citation:** Pekhova O. A., Timasheva L. A., Danilova I. L., Belova I. V. Dynamics of accumulation of biologically active substances in *Hyssopus officinalis* L. plants grown in the foothill zone of Crimea // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 4(28). P. 138–148. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-138-148.

### Введение

В последние годы возрос интерес к эфиромасличным растениям семейства Яснотковые и накоплен большой научный материал по содержанию и накоплению эфирных масел и других видов биологически активных веществ (БАВ). Иссоп

лекарственный (*Hyssopus officinalis* L., семейство Lamiaceae) – полукустарник, встречается в Средиземноморье, Малой, Средней и Центральной Азии, Восточной и Центральной Европе. Культивируется во многих странах Западной Европы (Венгрия, Болгария), во Франции, Италии, России (Крым, Астраханская область, Ставропольский край, Дагестан, Алтай), Украине, Индии и др.

В условиях предгорного Крыма растения достигают высоты до 80 см. Стебли многочисленные, четырехгранные, хорошо разветвленные, у основания деревянистые. Корень стержневой, деревянистый, сильно разветвленный. Листья ланцетные, цельнокрайние, сидячие, супротивные. Цветки мелкие синие, розовые или белые, собраны в колосовидное соцветие. Цветет в июле. Плод при созревании распадается на четыре трехгранных, темно-бурых, продолговато-яйцевидных орешка [1]. В цветущей надземной части растений содержатся: эфирное масло (0,6–2,0 %), флавоноиды (диосмин, иссопин, гесперидин, апигенин, кверцетин) и их гликозиды, дубильные и горькие вещества, смолы, камедь, фенольные кислоты (хлорогеновая, протокатеховая, феруловая, кофейная, ванилиновая, розмариновая, кумаровая), тритерпеновые кислоты (урсоловая и олеаноловая), аскорбиновая кислота, каротин, аминокислоты, макро- и микроэлементы [2].

Общий вид растений *H. officinalis*, произрастающих в интродукционно-селекционном питомнике эфиромасличных и лекарственных растений ФГБУН «НИИСХ Крыма», представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид *H. officinalis* в фазе начала цветения

*H. officinalis* является культурой комплексного использования, он хороший медонос, обладающий декоративными качествами. Сырье и продукты его переработки используют в парфюмерно-косметической, пищевой, фармацевтической, ликероводочной промышленности, кулинарии [3, 4].

В настоящее время *H. officinalis* введен в национальные фармакопеи Румынии, Португалии, Швейцарии, Франции, Швеции, Германии [5]. В РФ *H. officinalis* не является фармакопейным растением и не применяется официальной медициной, но благодаря своим целебным свойствам (противоспазматическим, дезинфицирующим, отхаркивающим, ранозаживляющим, ветрогонным, противовоспалительным, антимикробным, противоопухолевым, гепатопротекторным и иммуностимулирующим) он нашел применение в народных медицинских практиках для лечения и предупреждения различных заболеваний. В виде сухих сборов и спиртовых настоек *H. officinalis* продают в аптеках России.

Фитохимия растений иссопа лекарственного, выращиваемого в различных природно-климатических условиях России, изучена недостаточно. В Крыму изучение иссопа лекарственного проводили в различных агроклиматических районах [6–8]. Однако в предгорной зоне Крыма для растений иссопа не изучены вопросы накопления БАВ, в том числе и эфирных масел по фазам вегетации и органам растений. Отсутствуют литературные данные о влиянии условий и сроков хранения высушенного сырья данной культуры на содержание и качество различных видов БАВ.

Отмечено, что на содержание и компонентный состав эфирных масел и других видов БАВ *H. officinalis* влияют различные внешние факторы: регион выращивания, климатические условия, тип почвы, фаза онтогенеза, время заготовки сырья, способ его переработки, условия сушки и хранения [9, 10].

Одним из вопросов, стоящих при изучении эфиромасличных растений, является исследование динамики накопления различных видов БАВ в течение вегетационного периода. Литературные данные по накоплению эфирных масел в растениях подтверждают, что его содержание значительно изменяется в процессе онтогенеза. Для многих видов эфиромасличных растений различных семейств установлена видоспецифичность по показателю содержания эфирного масла [11].

Знание динамики накопления БАВ в растениях иссопа лекарственного, изменения их химического состава в процессе развития растения дает возможность установить оптимальные сроки уборки сырья с их наибольшим выходом и характерным качеством [12].

**Цель исследований** – изучить особенности накопления различных видов БАВ в растениях *H. officinalis*, выращенных в предгорной зоне Крыма, для комплексного применения их в парфюмерно-косметической, пищевой отраслях промышленности, фармации и медицине.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследования проводили с 2017 по 2019 гг. в отделе переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма». Материалом исследований служило свежесобранное и воздушно-сухое сырье *H. officinalis* (популяция ФГБУН «НИИСХ Крыма», форма с синими цветками), выращенное на суходоле в с. Крымская Роза Белогорского района. Территория относится к одному из пяти агроклиматических районов Крыма – четвертому, верхнему, предгорному, теплomu, недостаточно влажному (подрайон северный с умеренно мягкой зимой) [9]. Максимальная температура воздуха составляет 37 °С; минимальная не опускается ниже –24 °С. Годовая сумма осадков варьирует в пределах от 293 мм до 986 мм, из них 59 % ливневых. В годы исследований количество осадков в период вегетации в среднем составляло 520 мм. Гидротермический коэффициент в среднем был равен 0,90, что свидетельствует об умеренно-засушливом характере агроклиматических условий в период вегетации.

Качественные характеристики свежесобранного и воздушно-сухого сырья (содержание влаги, экстрактивных веществ, эфирного масла, общих фенольных соединений, фенолкарбоновых кислот и флавоноидов, дубильных веществ) определяли по методикам: ГОСТ 34213, ОФС 1.5.3.0006.15, ОФС 1.5.3.00.10.15, ОФС ОФС.1.5.3.0007.15, Запрометова М. Н. [14], Федосеевой Г. М. [15].

Компонентный состав эфирного масла *H. officinalis* определяли методом газовой хроматографии на приборе «Кристалл 2000М» сразу после его извлечения из сырья. Для идентификации и полного разделения основных компонентов эфирного масла были подобраны следующие условия хроматографирования: колонка капиллярная кварцевая длиной 50 м с внутренним диаметром 0,32 мм, неподвижная фаза CR-WAXms (полиэтиленгликоль в соль-гель матрице). Температуру термостата

колонки программировали в следующем режиме: от 0 до 70,0 °С продолжительностью 5 мин, далее со скоростью 1,4 °С/мин до 130,0 °С, далее со скоростью 1,0 °С/мин до 172,0 °С. Давление на входе в колонку составило 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 70 кПа, продолжительностью 6 мин, далее со скоростью 0,5 кПа в мин до 112,0 кПа. Объем пробы  $0,10 \times 10^{-3} \text{ см}^3$

Идентификацию основных компонентов эфирного масла *H. officinalis* 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 статистическими методами [15] при помощи пакета программ Microsoft Office Excel, 2010.

### Результаты и их обсуждение

При определении динамики накопления эфирного масла в различных органах растений *H. officinalis* по фазам вегетации был проведен структурный анализ растений, который показал, что надземная часть растений имеет следующий фракционный состав: листья (21,4–70,6 %), стебли (18,8–30,9 %) и соцветия (22,0–59,1 %). Соотношение фракций по фазам вегетации менялось – в фазе отрастания преобладали листья – 70,6 %, в фазе окончания цветения их содержание уменьшалось до 21,4 %; содержание соцветий достигало максимума в фазы массовое цветение и окончание цветения 53,3–59,1 % (таблица 1).

**Таблица 1 – Динамика накопления эфирного масла в различных органах растений *H. officinalis* по фазам вегетации (2017–2019 г.)**

Фаза вегетации растений	Органы растений	Фракционный состав, %	Массовая доля, % m/m	
			влаги	эфирного масла на а.с.м.*
Отрастание	листья	70,6 ± 3,0	74,0 ± 0,4	0,90 ± 0,03
	стебли	29,4 ± 2,2	72,5 ± 0,4	следы
	целое	100,0 ± 0,0	73,3 ± 0,4	0,84 ± 0,02
Бутонизация	листья	47,1 ± 2,5	73,5 ± 0,5	0,99 ± 0,03
	стебли	30,9 ± 1,8	69,0 ± 0,3	0,05 ± 0,01
	соцветия	22,0 ± 1,5	71,8 ± 0,4	1,33 ± 0,06
	целое	100,0 ± 0,0	70,8 ± 0,5	0,98 ± 0,03
Начало цветения	листья	42,8 ± 2,3	71,0 ± 0,4	1,15 ± 0,05
	стебли	28,1 ± 2,0	64,3 ± 0,3	0,11 ± 0,02
	соцветия	29,1 ± 2,0	72,4 ± 0,5	1,87 ± 0,08
	целое	100,0 ± 0,0	70,8 ± 0,5	1,14 ± 0,05
Массовое цветение	листья	27,9 ± 3,0	66,5 ± 0,3	1,37 ± 0,06
	стебли	18,8 ± 1,5	64,0 ± 0,2	0,22 ± 0,01
	соцветия	53,3 ± 4,6	71,8 ± 0,4	1,94 ± 0,08
	целое	100,0 ± 0,0	69,5 ± 0,3	1,26 ± 0,05
Окончание цветения	листья	21,4 ± 1,4	66,0 ± 0,3	0,74 ± 0,03
	стебли	19,5 ± 1,0	62,9 ± 0,2	0,15 ± 0,01
	соцветия	59,1 ± 4,4	71,3 ± 0,4	0,96 ± 0,06
	целое	100,0 ± 0,0	69,8 ± 0,3	0,92 ± 0,05
НСР <sub>05</sub> (целое растение)				0,10
НСР <sub>05</sub> (листья)				0,08
НСР <sub>05</sub> (соцветия)				0,09

**Примечание.** \* абсолютно сухая масса.



В условиях предгорной зоны Крыма содержание эфирного масла в течение вегетационного периода 2017–2019 гг. находилось в пределах 0,84–1,26 % на а.с.м. (см. таблицу 1). Изменение содержания эфирного масла в онтогенезе *H. officinalis* происходило следующим образом: в процессе развития растений количество эфирного масла увеличивалось, начиная с фазы отрастания (0,84 %), достигая максимума в период массового цветения (1,26 %) и снижаясь до 0,92 % в конце цветения (на 28 %).

Основными маслосинтезирующими органами *H. officinalis* являются листья и соцветия, это отмечено и другими авторами [20, 21]. В фазы бутонизации и окончания цветения отмечено содержание эфирного масла и в стеблях на уровне 0,05–0,22 % на а.с.м. Наибольшее количество эфирного масла содержалось в соцветиях (1,94 % на а.с.м.) и в листьях – на уровне 1,77 % на а.с.м.

Химический состав эфирного масла *H. officinalis* по органам растений и фазам вегетации, определенный методом ГЖХ, представлен в таблице 2.

**Таблица 2 – Химический состав эфирного масла *H. officinalis* в различных органах растений по фазам вегетации, % (2017–2019 гг.)**

Фаза вегетации растений	Органы растений	Терпеновые углеводороды (моно/сесквитерпеновые)	Монотерпеновые кетоны		
			всего	в том числе	
				пинокамфон	изопинокамфон
Отрастание	листья	5,14/7,12	41,67	8,06	33,61
	целое	4,20/6,41	44,91	15,24	29,67
Бутонизация	листья	5,11/10,12	82,37	36,43	45,94
	стебли	10,23/12,07	76,07	21,00	55,07
	соцветия	3,67/9,45	84,32	32,59	51,73
	целое	9,23/19,18	69,74	20,41	49,33
Начало цветения	листья	10,09/7,37	80,97	31,08	49,89
	стебли	10,22/12,64	73,31	13,09	60,22
	соцветия	15,78/7,00	77,03	19,92	57,11
	целое	10,80/10,09	78,56	20,20	58,36
Массовое цветение	листья	11,02/8,56	71,91	17,57	54,34
	стебли	11,21/9,57	73,09	15,04	58,05
	соцветия	12,01/12,03	75,81	14,80	61,01
	целое	11,56/11,00	75,85	16,79	59,10
Окончание цветения	листья	6,32/5,12	69,94	23,99	45,95
	стебли	8,21/9,00	70,03	20,02	50,01
	соцветия	8,62/12,22	72,40	20,36	52,04
	целое	7,92/12,04	71,75	23,31	48,44

В эфирном масле *H. officinalis* определено 58 компонентов, из них идентифицировано 25. Установлено, что химический состав эфирного масла иссопа лекарственного включает следующие основные группы веществ: монотерпеновые углеводороды –  $\alpha$  и  $\beta$ -пинены, сабинен, лимонен,  $\gamma$ -терпинен,  $\beta$ -мирцен, п-цимол, камфен; сесквитерпеновые углеводороды –  $\beta$ -кариофиллен, гермакрен D,  $\beta$ -бурбонен, кадинен, аллоаромадендрен; кетоны – пинокамфон, изопинокамфон; эфиры – миртенилметилвый; высокоатомный спирт – спатуленол. Преобладающими компонентами эфирного масла *H. officinalis* являлись кетоны (изопинокамфон и пинокамфон), сумма которых достигала максимума в фазы начало цветения и массовое цветение 75,9–78,6 %, что соответствует данным других исследователей [22, 23].

Исследуемая популяция относится к изопинокамфоновому типу (содержание изопинокамфона – 29,7–58,4 %, пинокамфона – 15,2–23,3 %). Содержание изопинокамфона в эфирном масле придает ему приятный запах и обеспечивает высокую парфюмерную оценку. Согласно литературным данным, пинокамфон, изопинокамфон и  $\beta$ -пинен являются основными соединениями, ответственными за антибактериальные и противогрибковые свойства иссопа [23].

Отмечено, что в фазе цветения незначительно увеличивалось содержание высокоатомного спирта спатуленола до 2,7 %, обладающего фунгицидной активностью, а в фазе окончания цветения в листьях до 18,0 % возрастало содержание миртенилметилового эфира, обладающего сильным антисептическим действием [6].

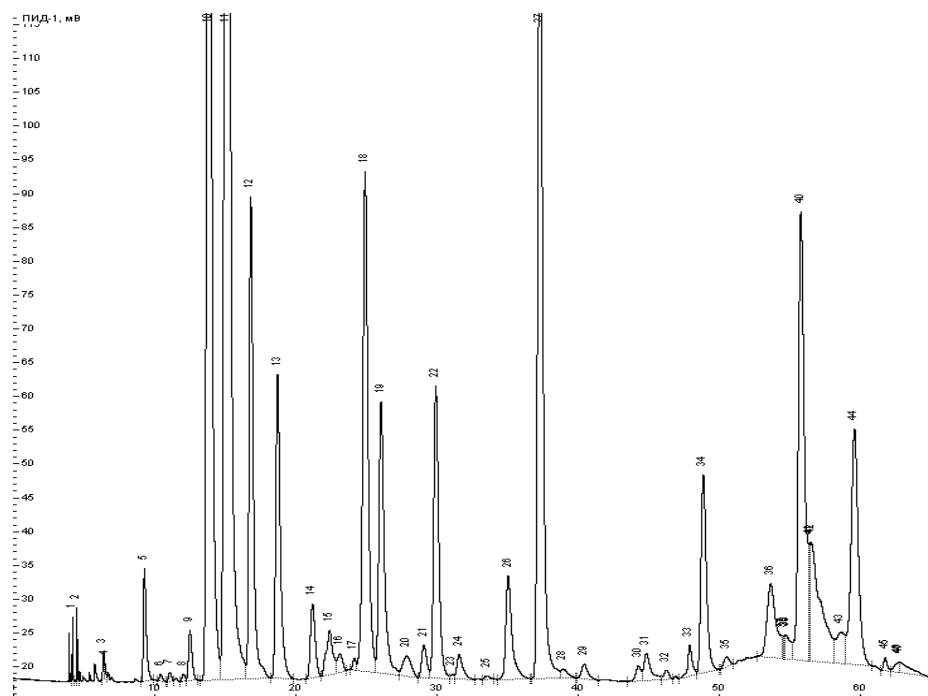
Во всех остальных фазах онтогенеза содержание этих компонентов находилось на уровне 0,1 %.

Все органы растений синтезировали одинаковый набор терпеновых соединений, однако в различном количественном соотношении. Так, эфирное масло, полученное из стеблей, содержало максимальное количество изопинокамфона (55,1–60,2 %), однако, несмотря на небольшое содержание их во фракционном составе сырья, они оказали влияние на качественный состав эфирного масла из целого сырья.

Исследования химического состава эфирного масла из генеративных органов *H. officinalis* (соцветия) в сравнении с маслом из других частей растения выявило следующие отличия. Для эфирного масла из соцветий отмечен самый высокий уровень биосинтеза пинокамфона 32,6 % в фазу бутонизации и высокий уровень содержания изопинокамфона в фазы начало цветения и массовое цветение. Массовая доля остальных компонентов варьировала в тех же пределах, что и в эфирном масле из других органов.

Исходя из выше приведенных данных, оптимальным сроком уборки сырья *H. officinalis* следует считать фазу массового цветения, в которой растения иссопа синтезировали наибольшее количество эфирного масла с высокими качественными характеристиками, обусловленными регионом выращивания и погодными условиями периода вегетации растений.

Типичная хроматограмма эфирного масла *H. officinalis*, полученного в фазе массового цветения из свежесобранного сырья, выращенного в предгорной зоне Крыма, представлена на рисунке 2.

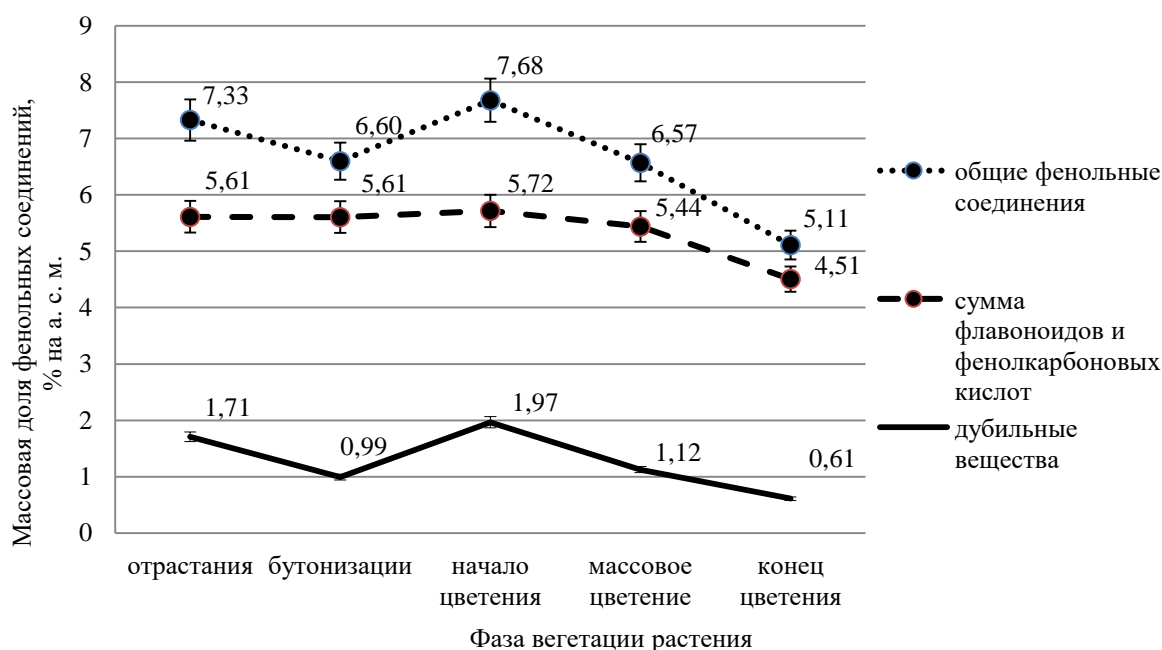


**Рисунок 2 – Типичная хроматограмма эфирного масла *H. officinalis* в фазу массового цветения на полярной капиллярной колонке**

**Примечание.** 1 –  $\alpha$ -пинен; 2 – камфен; 3 – сабинен; 4 –  $\beta$ -пинен; 5 – лимонен; 6 – 1,8-цинеол; 10 – пинокамфон; 11 – изопинокамфон; 12 – миртенилметилловый эфир; 13 – спатуленол; 18 –  $\beta$ -кариофиллен; 19 – аллоаромадендрен; 22 – гермакрен D; 27 –  $\gamma$ -кадинен.

Эфирное масло *H. officinalis*, полученное способом паровой дистилляции, представляло собой легкоподвижную прозрачную жидкость светло-жёлтого цвета, с резким ароматическим запахом с камфорным оттенком. Относительная плотность эфирного масла находилась на уровне 0,925–0,960, показатель преломления – 1,4750–1,4950. Угол вращения плоскости поляризации света, градус – от минус 25 до минус 60. Кислотное число, мгКОН/г от 5,2 до 6,8. Растворимость эфирного масла в 95 % водно-спиртовом растворе от 1:4,2 до 1:5.

С целью оценки сырья в качестве лекарственного проведено определение содержания биологически активных веществ в воздушно-сухом сырье, убранном в разные фазы вегетации в 2017–2019 гг. Установлено, что количество экстрактивных веществ, извлекаемых 70 % водно-спиртовым раствором из воздушно-сухого сырья, находилось в пределах от 23,17 до 28,12 % на а.с.м. Массовая доля общих фенольных соединений в течение вегетационного периода варьировала от 5,11 до 7,68 %, в том числе сумма флавоноидов и фенолкарбоновых кислот от 4,51 до 5,72 %, дубильных веществ от 0,61 до 1,97 % (рисунок 3). Отмечено, что наибольшее количество фенольных соединений синтезировалось в период активного роста растений (фаза отрастания) и в фазе начала цветения, а экстрактивных веществ – в фазе бутонизации. Максимальное содержание дубильных веществ (1,97 %), флавоноидов и фенолкарбоновых кислот отмечено в фазе начало цветения (5,72 %).



**Рисунок 3 – Биохимические показатели качества воздушно-сухого сырья *H. officinalis* по фазам вегетации (среднее за 2017–2019 гг.)**

Изучение продолжительности хранения воздушно сухого сырья *H. officinalis* на содержание и химический состав эфирного масла в течение двух лет показало, что за этот период произошла потеря эфирного масла от 14,0 % (сырье, убранное в фазе отрастания) до 20,2 % (сырье, убранное в фазе окончания цветения). Изменился и качественный состав эфирного масла – содержание сесквитерпеновых углеводов уменьшилось на 5,3–22,3 %, а монотерпеновых углеводов в фазы бутонизации, начала и массового цветения – соответственно на 8,2 %; 3,2 %; 2,5 %.

В эфирном масле из сырья, убранного в разные фазы вегетации, в процессе хранения увеличилось содержание кетонов – изопинокамфона на 4,2–16,2 %,

пинокамфона – на 3,4–14,7 %. В целом за два года хранения качество эфирного масла из высушенного сырья не ухудшилось. Содержание других видов БАВ в процессе хранения увеличилось на 10–30 %.

#### Выводы

В результате исследований определены особенности накопления биологически активных веществ в разных органах растений *H. officinalis* и в разные фазы вегетации.

Установлено, что основными маслосинтезирующими органами растений *H. officinalis* являются листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла получено из соцветий иссопа (1,94 %), на которые во фракционном составе сырья приходилось 53,3 %. Максимальное количество эфирного масла характерного качества накапливалось в растениях в фазе массового цветения (1,26 % на а.с.м.). Доминантными компонентами эфирного масла являлись кетоны – изопинокамфон и пинокамфон.

Высокий уровень содержания фенольных соединений отмечен в фазы отрастания и цветения, экстрактивных веществ – в фазе бутонизации, дубильных веществ – в фазе начало цветения.

Определено, что в процессе хранения воздушно-сухого сырья иссопа лекарственного в течение двух лет происходят потери эфирного масла (до 20,2 %) и изменения его компонентного состава (уменьшение углеводов на 2,5–22,7 % и увеличение кетонов на 3,4–16,2 %). Содержание остальных видов БАВ при хранении сырья увеличивалось на 10–30 %. Следовательно, целесообразно хранить воздушно-сухое сырье иссопа лекарственного в течение двух и более лет.

Таким образом, сырье и эфирное масло *H. officinalis*, выращиваемого в предгорной зоне Крыма, обладают широким спектром биологической активности, его можно использовать в эфиромасличном и пищевом производствах, в фармации и медицине.

#### 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. 233–235.
2. Гребенникова О. А., Палий А. Е., Хлыпенко Л. А., Работягов В. Д. Биологически активные вещества *Hyssopus officinalis* L. // Орбиталь. 2017. №1. С. 21–28.
3. Коваленко Н. А., Ахрамович Т. Н., Супиченко Г. Н., Сачивко Т. В., Босак В. Н. Антибактериальная активность эфирных масел иссопа лекарственного // Химия растительного сырья. 2019. № 1. С. 191–199. DOI: 10.14258/jcrpm.2019014083.
4. Беспалько Л. В., Харченко В. А., Шевченко Ю. П., Ушакова И. Т. Иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.) // Овощи России. 2016. № 2. С. 60–63.
5. Мырзагалиева А. Б., Медеубаева Б. З., Сүлеймен Е. М., Ибатаев Ж. А. Исследование компонентного состава эфирного масла *Hyssopus ambiguus* L. в условиях Восточного Казахстана // Евразийское научное объединение. 2016. Т.1. № 7(19). С. 9–11.
6. Работягов В. Д., Шибко А. Н. Исследование компонентного состава эфирного масла *Hyssopus officinalis* L. // Сборник научных трудов ГНБС. 2014. Т. 139. С.94–106.
7. Дунаевская Е. В., Хлыпенко Л. А., Работягов В. Д. *Hyssopus officinalis* L. сорта Никитский Белый селекции Никитского сада // Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Алексея Ивановича Шретера «Перспективы лекарственного растениеводства». М.: ВИЛАР, 2018. С. 270–274.
8. Шибко А. Н., Аксенов Ю. В. Динамика накопления эфирного масла и изменчивость его компонентного состава в течение суток у *Hyssopus officinalis* в условиях предгорного Крыма // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2011. Вып. 4. С. 127–133.
9. Великородов А. В., Ковалев В. Б., Курбанова Ф. Х., Щепетова Е. В. Химический состав эфирного масла *Hyssopus officinalis* L., культивируемого в Астраханской области // Химия растительного сырья. 2015. № 3. С. 71–76. DOI: 10.14258/jcrpm.201503749.
10. Курамагомедов М. К., Алиев А. М., Исламова Ф. И., Мамалиева М. М., Раджабов Г. К., Мусаев А. М. Компонентный состав эфирных масел и антиоксидантная активность сортов *Hyssopus*



*officinalis* L., интродуцированных в горных условиях Дагестана // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2020. Т. 23. № 12. С. 24–30. DOI: 10.29296/25877313-2020-12-04.

11. Невкрытая Н. В., Мишнева А. В. Актуальные направления биохимических исследований эфиромасличных растений (Обзор. Часть 2). Анализ содержания и компонентного состава эфирного масла в растениях для целей селекции и семеноводства // Таврический вестник аграрной науки. 2019. №1 (17). С. 71–82. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-71-82.

12. Kotyuk L. A. Hyssop composition depending on age and plants development phases // Biotechnologia Acta. 2015. Vol. 8. No. 5. P. 55–63. DOI: 10.15407/biotech8.05.055.

13. Савчук Л. П. Климат предгорья Крыма и эфирносы. Симферополь: ЧП «Эльинь», 2006. 76 с.

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

15. Федосеева Г. М. Способ определения полифенольных соединений. Авторское свидетельство № 125708. Иркутск, 1988.

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

17. Работягов В. Д. Изучение содержания эфирного масла в различных органах *Hyssopus officinalis* L. // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2017. Вып. 125. С. 46–49.

18. Гагиева Л.Ч. Зависимость содержания биологически активных веществ в иссопе лекарственном (*Hyssopus officinalis* L.) от ритма сезонного развития // Сборник материалов XXVIII международной научно-практической конференции «Развитие науки в XXI веке». Ч. 1. Харьков: НИЦ «Знание», 2017. С 26–35.

19. Хлыпенко Л. А., Работягов В. Д., Шибко А. Н. Изменчивость основных хозяйственно-ценных признаков у *Hyssopus officinalis* L. // Тезисы докладов международной научно-практической конференции, посвященной 200-летию Никитского Ботанического Сада «Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений». Ялта: Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, 2009. С. 196–197.

20. Wesołowska A., Jadczyk D. Comparison of the chemical composition of essential oils isolated from Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) with blue, pink and white flowers // Journal of essential oil-bearing plants JEOP. 2018. No. 21(4). P. 938–949. DOI: 10.1080/0972060X.2018.1530613.

## References

1. Pashtetskii V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. Simferopol: Publishing house “Arial”, 2018. P. 233–235.

2. Grebennikova O. A., Paliy A. E., Khlypenko L. A., Rabotyagov V. D. Biologically active substances of *Hyssopus officinalis* L. // Orbital. 2017. No. 1. P. 21–28.

3. Kovalenko N. A., Akhramovich T. N., Supichenko G. N., Sachivko T. V., Bosak V. N. Antibacterial activity of *Hyssopus officinalis* essential oils // Khimija rastitel'nogo syr'ja [Chemistry of plant raw material]. 2019. No. 1. P. 191–199. DOI: 10.14258/jcprm.2019014083.

4. Bepalko L. V., Kharchenko V. A., Shevchenko Yu. P., Ushakova I.T. Common hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) // Vegetable crops of Russia [Ovoshchi Rossii]. 2016. No. 2. P. 60–63.

5. Myrzagalieva A. B., Medeubaeva B. Z., Syleimen E. M., Ibataev Zh. A. Investigation of the component composition of *Hyssopus ambiguus* L. essential oil in the conditions of East Kazakhstan // Eurasian Scientific Association. 2016. Vol. 1. No. 7(19). P. 9–11.

6. Rabotyagov V. D., Shibko A. N. Investigation of component composition of the essential oil *Hyssopus officinalis* L. // Works of the State Nikita Botanical Garden. 2014. Vol. 139. P. 94–106.

7. Dunaevskaya E. V., Khlypenko L. A., Rabotyagov V. D. *Hyssopus officinalis* L. varieties Nikitsky White selection Nikitsky garden // Materials of the International Scientific Conference dedicated to the 100<sup>th</sup> anniversary of the birth of Professor Aleksey Ivanovich Shreter “Prospects of Medicinal Plant Growing”. Moscow: All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR), 2018. P. 270–274.

8. Shibko A. N., Aksenov Yu. V. The dynamics of the essential oil accumulation and its component composition variability in *Hyssopus officinalis* during the day under the conditions of the Crimean premountains // Ekosistemy, ikh Optimizatsiya i Okhrana [Optimization and Protection of ecosystems]. 2011. Iss. 4. P. 127–133.

9. Velikorodov A. V., Kovalev V. B., Kurbanova F. Kh., Shchepetova E. V. Chemical composition of essential oil of *Hyssopus officinalis* L., cultivated in the Astrakhan region // Khimija rastitel'nogo syr'ja [Chemistry of plant raw material]. 2015. No. 3. P. 71–76. DOI: 10.14258/jcprm.201503749.

10. Kuramagomedov M. K., Aliev A. M., Islamova F. I., Mamaliev M. M., Radzhabov G. K., Musaev A. M. Component composition of essential oils and antioxidant activity of *Hyssopus officinalis* L. cultivars introduced in the mountainous conditions of Dagestan // Problems of Biological Medical and Pharmaceutical Chemistry. 2020. Vol. 23. No. 12. P. 24–30. DOI: 10.29296/25877313-2020-12-04.

11. Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. Actual contemporary directions of biochemical research of oil-bearing aromatic plants (Review. Part 2). Analysis of the content and component composition of the essential oil in plants for the purpose of breeding and seed growing // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. No. 1(17). P. 71–82. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-71-82.
12. Kotyuk L. A. Hyssop composition depending on age and plants development phases // Biotechnologia Acta. 2015. Vol. 8. No. 5. P. 55–63. DOI: 10.15407/biotech8.05.055.
13. Savchuk L. P. The climate of the foothill areas of the Crimea and essential oil crops. Simferopol: El'in'o, 2006. 76 p.
14. Zaprometov M. N. Fundamentals of biochemistry of phenolic compounds. Moscow: Vysshaya shkola, 1974. 214 p.
15. Fedoseeva G. M. A method for determining polyphenolic compounds. Certificate of authorship No. 125708. Irkutsk, 1988.
16. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alyans, 2011. 350 p.
17. Rabotyagov V. D. The studies of essential oil content in various organs of *Hyssopus officinalis* L. // Bulletin of the State Nikita Botanical Garden. 2017. Iss. 125. P. 46–49.
18. Gagieva L. Ch. The dependence of the content of biologically active substances in the medicinal hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) from the rhythm of seasonal development // Collection of materials of the XXVIII international scientific and practical conference “Development of Science in the XXI Century”. Kharkov: Scientific Information Center “Znanie”, 2017. Part. 1. P 26–35.
19. Khlypenko L. A., Rabotyagov V. D., Shibko A. N. Variability of the main economically valuable traits in *Hyssopus officinalis* L. // Abstracts of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 200<sup>th</sup> anniversary of the Nikitsky Botanical Garden “Introduction and Breeding of Aromatic and Medicinal Plants”. Yalta: Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS, 2009. P. 196–197.
20. Wesołowska A., Jadczyk D. Comparison of the chemical composition of essential oils isolated from hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) with blue, pink and white flowers // Journal of Essential Oil-Bearing Plants. 2018. No. 21(4). P. 938–949. DOI:10.1080/0972060X.2018.1530613.

UDC 633. 82: 665. 52

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

### **DYNAMICS OF ACCUMULATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN *HYSSOPUS OFFICINALIS* L. PLANTS GROWN IN THE FOOTHILL ZONE OF CRIMEA**

**Summary.** *Hyssopus officinalis* L. is a promising essential oil plant of complex use containing various types of biologically active substances (BAS). The purpose of the research was twofold: study the features of accumulation of various types of BAS in *H. officinalis* plants grown in the foothill zone of the Crimea; assess the possibility to use them in perfumery, cosmetics, food industry, pharmacy and medicine. The research was conducted in 2017–2019 in the FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”. The raw materials of *H. officinalis* (population with blue flowers) grown without irrigation served as the research material. Qualitative and quantitative characteristics of raw materials and different types of BAS were determined according to generally accepted methods. Structural analysis of *H. officinalis* showed that the aboveground part of plants during the growing season had the following fractional composition: leaves (21.4–70.6 %), stems (18.8–30.9 %), inflorescences (22.0–59.1 %). The ratio of fractions by phases of vegetation varied, namely: in the phase of regrowth, leaves prevailed – 70.6 % but, at the end of the flowering, their content decreased to 21.4 %; the content of inflorescences reached its maximum in the phases of mass flowering and end of flowering 53.3–59.1 %. The main oil-synthesizing organs of *H. officinalis* were leaves and inflorescences. The highest yield amount of *H. officinalis* essential oil was obtained from inflorescences (1.94 %), which in the fractional composition of the raw material amounted to 53.3 %. The maximum amount of essential oil of specific quality accumulated in plants during the phase of mass flowering (1.26 % in terms of absolutely dry weight). The dominant components of essential oil are ketones: isopinocampone and pinocampone (75.9–78.6 %). A high level of phenolic

*compounds was determined in the phases of regrowth and flowering; extractive substances – in the budding phase; tannins – in the phase of mass flowering. During the storage of air-dry raw materials for two years, insignificant losses of essential oil occur (up to 20.2 %); its component composition changes (hydrocarbons amount decreased by 2.5–22.7 %; ketones – increased by 3.4–16.2 %). The content of other types of BAS during storage of raw materials increased by 10–30 %. Therefore, it is advisable to store air-dry raw materials of *Hyssopus officinalis* for two years or longer.*

**Keywords:** *Hyssopus officinalis* L., essential oil, biologically active substances, isopinocampone, pinocampone.

Пехова Ольга Антоновна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник 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 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 ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com8 (978) 810-51-99,

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

Pekhova Olga Antonovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Timasheva Lidia Alekseevna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, leading researcher, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Danilova Irina Lvovna, researcher, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Belova Irina Viktorovna, Cand. Sc. (Agr.), researcher, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

*Дата поступления в редакцию – 12.10.2021.*

*Дата принятия к печати – 05.11.2021.*