

11. Sharma R.S., Kewat M.L. Effect of sowing date and fertilizer on yield attributes and seed yield of niger (*Guizotia abyssinica*) under rainfed condition Indian // Journal of Agronomy. – 1994. – № 39. – P. 148–150.

Статья поступила в редакцию 21.05.2019 г.

Prakhova T.Ya., Buyankin V.I., Prakhov V.A. Fatty acid composition of oilseeds of *Guizotia abyssinica*, Medeya cultivar // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 133. – P. 65-70.

The Penza Institute of Agriculture has created Medeya cultivar of *Guizotia abyssinica*, which has been included in the State Register of Breeding Achievements since 2019 and is recommended in all regions for cultivation. The cultivar has ecological plasticity, is characterized by resistance to drought and high temperatures, as well as high responsiveness to additional moisture. It differs in stable seed productivity and high fat content. The aim of the research is a comparative assessment of the fatty acid composition of oil seeds of *Guizotia abyssinica* grown in contrasting agroclimatic regions. The object of study was the seeds of *G. abyssinica* grown in different soil and climatic conditions of the Penza, Astrakhan, Tambov and Volgograd regions. The article presents the results of changes in the content of oil and fatty acids, depending on weather, soil and geographical conditions of growth of the culture. The fat content in the seeds of *G. abyssinica* varied from 33.3-39.2%, depending on agro-climatic conditions. The rich chernozem soils of the Penza and Tambov regions have a fat content of 36.7 to 39.2%, respectively. In the Volgograd region on chestnut soils, the oil content of the seeds of *G. abyssinica* was 33.3-35.7 %. The main component of the fatty acid composition of the oil of *G. abyssinica* is polyunsaturated fatty acid - linoleic, the content of which reaches a high value of 79.17%. The content of oleic acid is low and is 5.26%, and linolenic 1.21%. There is no erucic acid in the seeds. The maximum content of linoleic acid (77.5-80.0%) is noted in oilseeds grown on the black soil of Penza and Tambov. The content of linoleic acid was highest in the optimally wetted conditions of 2016 (GTK 1.1) - 79.17%. In arid conditions, with GTK 0.3, the concentration of this acid significantly decreased to 74.36%. The content of palmitic and stearic acids in GTK 1.1 was 7.82 and 5.80 %, in GTK 0.8, their values reached 7.96 and 5.93 %, and in GTK 0.3 - 8.22 and 7, 91%, respectively. Hotter and drier conditions during the vegetation period of hydration contribute to an increase in saturated acids and a decrease in linoleic acid.

Key words: *Guizotia abyssinica*; Medeya cultivar; oil content; fatty acid composition; cultivation region

УДК 615.32:547.633.88: 58.006 (477.75)

DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-70-79

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА НАДЗЕМНОЙ МАССЫ *HELICHRYSUM ITALICUM* (ROTH) G.DON

Оксана Михайловна Шевчук¹, Светлана Павловна Лукашук²,
Сергей Александрович Феськов¹, Симилла Леонтьевна Аджирахметова²,
Надежда Михайловна Червонная², Ирина Анатольевна Федотова¹

¹Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, г. Ялта
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита

E-mail: oksana_shevchuk1970@mail.ru

²Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ
Минздрава России,

357532, г. Пятигорск, пр. Калинина, 11

E-mail: similla503@mail.ru

В статье предоставлены данные сравнительного изучения содержания и компонентного состава эфирного масла, суммарного содержания антиоксидантов и флавоноидов двух сортов и двух перспективных сортообразцов бессмертника итальянского (*Helichrysum italicum* (Roth) G.Don), выращиваемых на Южном берегу Крыма в коллекции ароматических и лекарственных растений

Никитского ботанического сада. Установлено, что содержание эфирного масла в надземной массе бессмертника колеблется от 0,1% от сырой массы (сорт 'Кристалл') до 0,2 (сортообразец № 5). Основными компонентами эфирного масла сорта 'ВИМ' являются α -пинен и D-лимонен, сорта 'Кристалл' – нерил ацетат, сортообразца № 5 – α -пинен и розифориол, сортообразца № 158 – нерилацетат и γ -куркумен. Отмечено существенное относительное содержание β -дикетон (38%) в эфирном масле сорта сорт 'Кристалл'. Наибольшее количество антиоксидантов (2,59 мг/г (в пересчете на кверцетин) и флавоноидов (0,366%) в соцветиях бессмертника итальянского сорта 'ВИМ' содержится в фазу бутонизации. Результаты хроматографического анализа доказывают присутствие 4 веществ фенольной природы в соцветиях бессмертника итальянского. УФ-спектры спиртовых растворов изучаемого сырья имели максимум поглощения при длине волны 418 ± 2 нм. Количественное определение флавоноидов методом дифференциальной спектроскопии в пересчете на изосалипурпозид показало, что содержание флавоноидов в соцветиях колеблется от 0,262 % до 0,366 % в зависимости от сорта и фазы вегетации.

Ключевые слова: соцветия; надземная масса *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don; эфирное масло; антиоксидантная активность; флавоноиды

Введение

При заболеваниях печени и желчного пузыря очень эффективным оказывается использование цветков бессмертника песчаного, которые являются фармакопейным видом сырья, применяемым для лечения хронического холецистита, холангит и желудочно-кишечного тракта. Ежегодная потребность здравоохранения РФ в сырье бессмертника составляет 240 т, в то время как фактические заготовки сырья не превышают 100 т. В связи с постоянным дефицитом данного лекарственного растительного сырья актуальна необходимость поиска новых дополнительных источников для производства препаратов желчегонного действия [9]. В странах Средиземноморья произрастает другой вид – бессмертник итальянский, культивируемый в Никитском ботаническом саду республика Крым.

Бессмертник (цмин) итальянский (*Helichrysum italicum* (Roth) G. Don) – вечнозеленый полукустарник полудревесного типа из семейства *Asteraceae*. Родина – Средиземноморье. В Никитском ботаническом саду (НБС) проходит интродукционное изучение с 1960 г. как перспективная для выращивания на территории Крыма эфиромасличная и лекарственная культура [12, 15].

Цмин итальянский засухоустойчив, хорошо растет на коричневых, бурых, горно-лесных почвах, красноземах и других почвах с тяжелым механическим составом, на известковых почвах. Выдерживает отрицательные температуры до -25 °C. Устойчив к болезням и вредителям [12]. В условиях ЮБК начало вегетации у цмина итальянского наблюдается при среднесуточной температуре воздуха $+5^{\circ}$, $+6^{\circ}$ C, обычно в начале апреля. Имеет два периода роста: весенне-летний и осенне-зимний и два периода покоя: летний и зимний. Интенсивный рост побегов отмечается в середине мая.

В фазе массового цветения рост побегов прекращается. Второй рост новых побегов начинается после созревания семян. Бутонизация отмечается во второй половине мая – начале июня, начало цветения – в первой половине июля. Продолжительность цветения – 20-25 дней. Плодообразование наблюдается через 7-10 дней после окончания цветения. Плод – семянка округлой формы, светло-коричневая, мелкая с крупными продолговатыми железками [15].

Все растение имеет специфический аромат, напоминает запах карри. В надземной части содержится эфирное масло, обладающее бактерицидным и противовирусным действием. Используется при производстве парфюмерно-косметических изделий, безалкогольных напитков, в медицине [12].

Целью работы является изучение содержания биологически активных веществ (эфирного масла в надземной части, антиоксидантов и флавоноидов – в соцветиях) сортов и сортообразцов бессмертника итальянского.

Объекты и методы исследования

ВИМ' и 'Кристалл', а также два сортобразца (№ 5 и № 158). Растения выращиваются на интродукционно-коллекционном участке, с одинаковыми почвенными и микроклиматическими условиями и при идентичной агротехнике. Почвы на коллекционном участке ароматических и лекарственных растений - агрокоричневые, среднегумусированные, мощные, карбонатные, легкоглинистые. Никитский ботанический сад расположен на Южном берегу Крыма (ЮБК) и находится в зоне сухого субтропического климата средиземноморского типа с преобладанием осенне-зимних осадков. Характеризуется умеренно жарким летом и мягкой зимой с частыми оттепелями. Средняя годовая температура составляет 12-15⁰С, абсолютный минимум зимой -13⁰С, абсолютный максимум летом + 39⁰С. Количество осадков – 620-730 мм [14].

Сорт 'ВИМ'. Куст компактный высотой 60 см, диаметр 90 см. Стебли сильно ребристые, древеснеющие, однолетние побеги 20-30 см. Молодые листья сизые, взрослые – почти белые, опушенные густым войлоком одноклеточных и многоклеточных волосков. Листья продолговатые, сидячие, 2,2-2,8 см длиной, плотные и 0,3 см шириной. Соцветие головчатое, плотное, слабоветвистое. В соцветии до 30 крупных корзинок 7 мм диаметром, бочковидной формы в фазе бутонизации и шаровидной в фазе цветения. Цветки ярко-желтые. Массовое цветение отмечается во 2 декаде июля, плодоношение – в 1-2 декаде августа.

Сорт 'Кристалл'. Куст компактный высотой 60 см, диаметр 90 см. Стебли сильно ребристые, древеснеющие, однолетние побеги до 20 см длиной. Молодые листья серо-зеленые, сидячие, узколистные 2-3 см длиной, 0,15-0,20 см шириной. Соцветие щитковидное рыхлое. В соцветии 10-11 мелких корзинок 3 мм диаметром, яйцевидной формы в фазе бутонизации и цилиндрической – в фазе цветения. Цветки светло-желтые. Массовое цветение отмечается во 2-3 декаде июля, плодоношение – во 2-3 декаде августа.

Сортообразец № 5. Вечнозеленый полукустарник высотой до 60 см, диаметром 90 см, куст полураскидистой формы. Молодые листья сизые. Листья продолговатые, сидячие, 2,2-2,8 см длиной, плотные и 0,3 см шириной. Цветки светло-желтые. Массовое цветение отмечается во 2-3 декаде июля, плодоношение – во 2-3 декаде августа. От начала вегетации до созревания семян проходит в среднем 130 дней.

Сортообразец № 158. Вечнозеленый полукустарник высотой до 60 см, диаметром 90 см, куст полураскидистой формы. Молодые листья серо-зеленые, сидячие, узколистные 2 см длиной и 0,15 см шириной. Цветки светло-желтые. Массовое цветение отмечается во 2-3 декаде июля, плодоношение – во 2-3 декаде августа. От начала вегетации до созревания семян проходит в среднем 130 дней.

Для исследования биологически активных веществ сырье собирали в 2017 г. Массовую долю эфирного масла определяли в фазу полной бутонизации растений (начало июля) методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга [3]. Компонентный состав летучих веществ определяли с помощью аппаратно-программного комплекса на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2», оснащённого масс-спектрометрическим детектором. Колонка капиллярная CR – 5ms, длина 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм. Фаза 5% фенил 95% полисилфениленсилоксан, толщина плёнки 0,25 мкм. Температура термостата программировалась от 750⁰С до 240⁰С со скоростью 4⁰С/мин. Температура испарителя 250⁰С. Газ носитель – гелий, скорость потока 1 мл /мин. Температура переходной линии 250⁰С. Температура источника ионов 200⁰С. Электронная ионизация 70 eV. Диапазон сканирования 20-450. Длительность скана 0,2. Объем пробы эфирного масла 0,2 мкл. Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST14 (MS

Search). Индексы удерживания получены путём логарифмической интерполяции приведённых времён удерживания с использованием аналитического стандарта смеси реперных n-алканов (Sigma-Aldrich). Массовая доля компонентов в пробе определена методом процентной нормализации [6, 16, 19].

Суммарное содержание антиоксидантов определяли на жидкостном хроматографе «Цвет Яуза-01-АА» [7, 17, 18]. Массовую концентрацию антиоксидантов измеряли, используя градуировочный график зависимости выходного сигнала от концентрации кверцетина и/или галловой кислоты [1, 10, 11, 13, 17, 18].

Влажность сырья не более 10%. Методика получения анализируемых извлечений: точную навеску измельченного сырья (около 1 г) помещали в колбу вместимостью 100 мл, добавляли примерно 30 мл спирта этилового соответствующей концентрации или воды и кипятили на водяной бане в течение 30 минут. Содержимое колбы фильтровали через бумажный фильтр в мерную колбу вместимостью 100 мл. Извлечение вышеуказанным способом повторяли еще 2 раза, фильтр промывали экстрагентом и доводили объем фильтрата до метки. В случае необходимости пробу разбавляли [17,18].

При спектрофотометрическом определении флавоноидов использована реакция комплексообразования с алюминия хлоридом. Оптическую плотность полученных растворов измеряли на спектрофотометре СФ-103 «Аквилон» в кювете с толщиной слоя 10 мм при длине волны 418 ± 2 нм относительно растворов сравнения. Определение проводили по методике ГФ XIV издания [4].

Результаты и обсуждение

Сырьем для получения эфирного масла бессмертника итальянского является надземная масса - годичный прирост, собранный в фазе полной бутонизации (конец июня – начало июля), когда содержание эфирного масла в сырье максимально. Эфирное масло локализуется в железистом аппарате, расположенном по всему растению.

Эфирное масло (ЭМ), полученное методом дистилляции, представляет собой бесцветную или слегка желтоватую жидкость. Исследуемые сорта и сортообразцы отличаются по органолептической и парфюмерной оценке эфирного масла.

Эфирное масло сорта 'ВИМ' и сортообразца № 5 имеет хвойно-бальзамический аромат с медовой нотой. Парфюмерная оценка эфирного масла – 4,0 балла. Эфирное масло сорта 'Кристалл' и сортообразца № 158 отличается бальзамическим ароматом с нотами трав, слабой нотой розы и смолы. Парфюмерная оценка масла – 4,5 балла.

Выход ЭМ сорта 'ВИМ' составил 0,19% от сырой массы (0,56% на абсолютно сухой вес). Основной компонент эфирного масла α -пинен – 49,89% и D-лимонен – 21,21 % (табл. 1). Выход ЭМ сорта 'Кристалл' составил 0,10% от сырой массы (0,23% на абсолютно сухой вес). Основной компонент эфирного масла нерилацетат – 24,46 %. Массовая доля ЭМ сортообразца № 5 – 0,2% от сырой массы (0,63% на абсолютно сухой вес), основной компонент - α -пинен – 29,92% и розифолиол – 18,02%, у сортообразца № 158 – 0,15% от сырой массы (0,38 % на абсолютно сухой вес), основной компонент ЭМ нерил ацетат – 27,67% и куркумен – 16,90% (табл. 1).

Отметим, что эфирное масло сорта 'ВИМ' и сортообразца № 5 характеризуются сходным компонентным составом с преобладанием бициклического терпена α -пинена, а эфирное масло сорта 'Кристалл' и сортообразца № 158 – преобладанием кислородсодержащего соединения - нерил ацетата.

Также в эфирном масле 'Кристалл' выявлено существенная массовая доля β -дикетон (8-децен-3,5-дион, 4,6,9-триметил-, 8-децен-3,5-дион, 2,4,6,9-тетраметил-, 9-ундецен-4,6-дион, 3,5,7,10-тетраметил-) – 38,05%. β -дикетоны – это вещества,

имеющие в структуре молекулы β -дикарбонильный фрагмент (две карбонильные группы, разделённые атомом углерода) (рис.1), и обладающие кислотными свойствами вследствие электроноакцепторного действия двух карбонильных групп на метиленовую группу, расположенную между ними.

Эти компоненты характерны для эфирного масла бессмертника итальянского, но в значительно меньших количествах (в эфирном масле *H. italicum* subsp. *italicum*, произрастающего в природных условиях на Корсике, содержание β -дикетонов составляет 4,8–9,4% [20]).

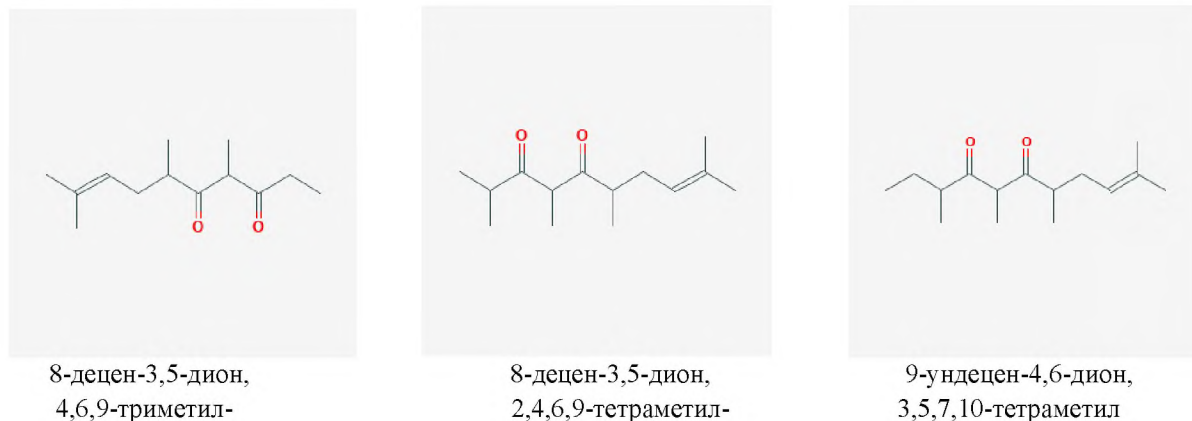


Рис. 1 Формулы β -дикетонов эфирного масла *Helichrysum italicum* (Roth) G.Don cv. 'Кристал'

Таблица 1

Компонентный состав эфирного масла надземной массы *Helichrysum italicum* (Roth) G.Don в фазу полной бутонизации

№	Компоненты	RI	Сорт, сортообразец			
			'ВИМ'	'Кристал'	№ 5	№ 158
			Содержание компонента, %			
1	2	3	4	5	6	7
1	α-пинен	945	49,89	-	29,92	5,01
2	β -пинен	987	2,24	-	0,74	0,49
3	камфен	960	2,42	-	1,14	-
4	p-цимен	1030	0,10	-	0,11	0,49
5	D-лимонен	1038	21,21	-	1,90	0,75
6	γ -терпинен	1065	0,33	-	-	1,20
7	линалоол	1097	-	0,16	0,47	0,33
8	бутилангелат-2-метил-1	1150	0,11	0,09	-	1,51
9	энодоборнеол	1177	0,02	-	0,16	0,16
10	терпинен-4-ол	1185	0,09	-	0,07	2,17
11	нерол	1230	-	1,88	-	1,55
12	α -терпинеол	1196	0,18	0,23	0,70	0,87
13	нерил ацетат	1357	1,14	24,46	2,36	27,67
14	гексилангелат	1281	0,77	-	1,40	-
15	тимол	1293	-	0,10	1,73	-
16	карвакрол	1302	-	0,11	0,24	-
17	α -копаен	1387	0,41	-	1,15	-
18	нерил пропионат	1445	-	-	-	3,48
19	италицен	1418	0,10	0,73	0,68	1,92
20	куркумен	1485	2,49	0,29	5,76	16,90
21	кариофиллен	1434	1,28	-	1,71	-
22	8-децен-3,5-дион, 4,6,9-триметил-	1435	-	18,89	-	12,99

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
23	β-кадинен	1515	-	-	-	1,73
24	γ-кадинен	1525	0,70	-	2,53	0,13
25	δ-кадинен	1530	1,57	0,25	4,01	0,27
26	8-децен-3,5-дион, 2,4,6,9-тетраметил-	1478	-	18,04	-	3,27
27	α-аморфен	1493	-	1,32	-	1,69
28	β-селинен	1501	0,94	4,28	2,41	2,31
29	мууролен	1509	-	-	1,69	-
30	α-селинен	1512	-	4,46	-	2,27
31	кариофилленоксид	1597	-	0,39	1,15	0,19
32	гвайол	1606	0,71	-	1,86	-
33	(4αS,8R)-4a,8-диметил-3,4,5, 6,7,8-гексагидронафтален -2-он	1551	-	-	1,10	-
34	β-эудесмол	1648	1,01	-	0,75	-
35	9-ундецен-4,6-дион, 3,5,7,10-тетраметил-	1578	-	1,12	-	-
36	розифолиол	1626	6,24	-	18,02	-
37	эпикубенол	1641	0,19	2,00	0,55	0,90
38	тау-кадиол	1653	1,20	0,09	4,03	-
39	интермедеол	1669	-	2,25	-	0,52
40	булнесол	1678	0,44	-	1,46	-
Найдено / идентифицировано компонентов			59/50	48/38	68/54	55/48

Изучение содержания антиоксидантов в спиртовых, водно-спиртовых и водных извлечениях из соцветий, собранных в фазу бутонизации, показало, что максимальное их количество достигается при использовании в качестве экстрагента спирта этилового 70%. Наибольшим содержанием равным $2,59 \pm 0,010$ и $1,69 \pm 0,007$ мг/г (в пересчете на кверцетин и галловую кислоту соответственно) обнаружено в извлечениях из соцветий бессмертника итальянского сорт 'ВИМ' (табл. 2).

Таблица 2

Содержание антиоксидантов в надземной массе *Helichrysum italicum* (Roth) G.Don в фазу бутонизации

Сорт, сорто-образец	Используемые экстрагенты	Площадь пика (S_n нА/с)	Кратность разбавления анализируемого образца	Содержание антиоксидантов (в пересчете на кверцетин, мг/г)	Содержание антиоксидантов (в пересчете на галловую кислоту, мг/г)
'Кристалл'	спирт этиловый 95%	4812,26	2	$0,84 \pm 0,004$	$0,54 \pm 0,004$
	спирт этиловый 70%	4406,85	5	$1,91 \pm 0,008$	$1,24 \pm 0,006$
	спирт этиловый 50%	4851,36	3	$1,27 \pm 0,006$	$0,84 \pm 0,004$
	вода очищенная	3816,16	3	$0,99 \pm 0,005$	$0,64 \pm 0,004$
'ВИМ'	спирт этиловый 95%	4357,54	6	$2,27 \pm 0,008$	$1,48 \pm 0,006$
	спирт этиловый 70%	4963,44	6	$2,59 \pm 0,010$	$1,69 \pm 0,007$
	спирт этиловый 50%	4356,62	6	$2,27 \pm 0,008$	$1,47 \pm 0,005$
	вода очищенная	3408,98	6	$1,75 \pm 0,007$	$1,13 \pm 0,005$
№ 158	спирт этиловый 95%	3469,89	2	$0,60 \pm 0,004$	$0,38 \pm 0,003$
	спирт этиловый 70%	3828,48	2	$0,66 \pm 0,005$	$0,43 \pm 0,003$
	спирт этиловый 50%	3128,23	2	$0,43 \pm 0,003$	$0,34 \pm 0,003$
	вода очищенная	2945,55	2	$0,50 \pm 0,003$	$0,32 \pm 0,002$
№ 5	спирт этиловый 95%	3033,57	-	$0,26 \pm 0,002$	$0,17 \pm 0,002$
	спирт этиловый 70%	4548,24	2	$0,79 \pm 0,005$	$0,51 \pm 0,004$
	спирт этиловый 50%	4223,17	2	$0,73 \pm 0,004$	$0,47 \pm 0,003$
	вода очищенная	4135,69	2	$0,72 \pm 0,004$	$0,46 \pm 0,003$

Содержание антиоксидантов в извлечении из соцветий бессмертника итальянского сорт ВИМ, собранных в фазу цветения, при использовании в качестве экстрагента спирта этилового 70% составляет $1,41 \pm 0,006$ и $0,91 \pm 0,005$ мг/г в пересчете на кверцетин и галловую кислоту соответственно. Поэтому, в дальнейших наших исследованиях в качестве объекта использовали соцветия бессмертника итальянского разных сортов, собранных в фазу бутонизации, а при анализе флавоноидов в качестве экстрагента использовали спирт этиловый 70%.

Для проведения качественных реакций на флавоноиды были получены извлечения из анализируемых объектов (соотношение сырье-экстрагент 1:10). Предварительно полифенольные соединения исследовали хроматографически с применением качественных реакций с ионизирующими и комплексообразующими добавками: с 2% раствором алюминия хлорида наблюдается ярко-желтое окрашивание; с парами водного раствора аммиака образуются имины желтого цвета; анализируемые спиртовые извлечения в условиях цианидиновой пробы приобретают красное окрашивание [2, 5, 8].

Сопоставляя данные хроматографического анализа извлечений, полученных из соцветий бессмертника итальянского исследуемых сортов, можно сделать заключение, что они характеризуются близким полифенольным составом. Обнаружено 4 соединения полифенольной природы. По интенсивности окрасок пятен на хроматограммах можно предположить, что наибольшим содержанием фенольных соединений характеризуется сорт 'ВИМ' в фазу бутонизации (табл. 3).

Таблица 3

Данные хроматографического анализа 70% спиртового извлечения из соцветий бессмертника итальянского сорта 'ВИМ'

Окраска пятен			Значение коэффициента подвижности
УФ-свет до обработки $AlCl_3$	Видимый свет после проявления $AlCl_3$	УФ-свет после проявления $AlCl_3$	
Подвижная фаза – 15% кислота уксусная			
желтая;	ярко-желтая;	желто-зеленая;	0,16±0,01
желтая;	ярко-желтая;	желто-зеленая;	0,27±0,02
голубая;	бесцветная;	ярко-голубая;	0,60±0,03
фиолетовая.	бесцветная.	ярко-голубая.	0,86±0,02
Подвижная фаза – <i>n</i> -бутанол – кислота уксусная – вода (БУВ) (4:1:5)			
желтая;	ярко-желтая;	желто-зеленая;	0,42±0,01
желтая;	ярко-желтая;	желто-зеленая;	0,64±0,03
голубая;	бесцветная;	ярко-голубая;	0,75±0,02
сине-голубая.	бесцветная.	ярко-голубая.	0,79±0,03

Для количественного определения флавоноидов в анализируемых образцах использована методика, основанная на способности образовывать окрашенные комплексы со спиртовым раствором алюминия хлорида, который вызывает батохромное смещение полос и при этом дает основной максимум поглощения при длине волны 418 ± 2 нм (рис. 2 и рис. 3). УФ-спектральная кривая полученного комплекса идентична изосалипурпозиду, что дает основание использовать удельный показатель поглощения комплекса изосалипурпозид с алюминия хлоридом [4].

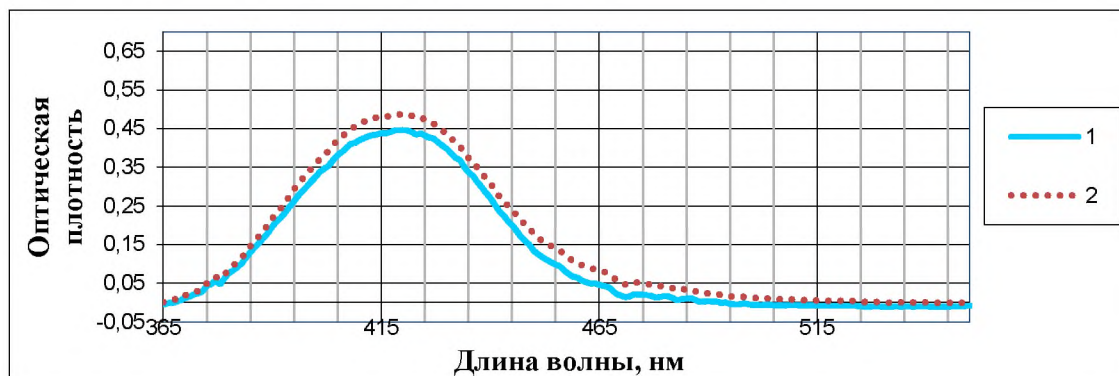


Рис. 2 Дифференциальные спектры поглощения извлечений из соцветий бессмертника итальянского сорт Кристалл в фазу цветения (1) и бутонизации (2)

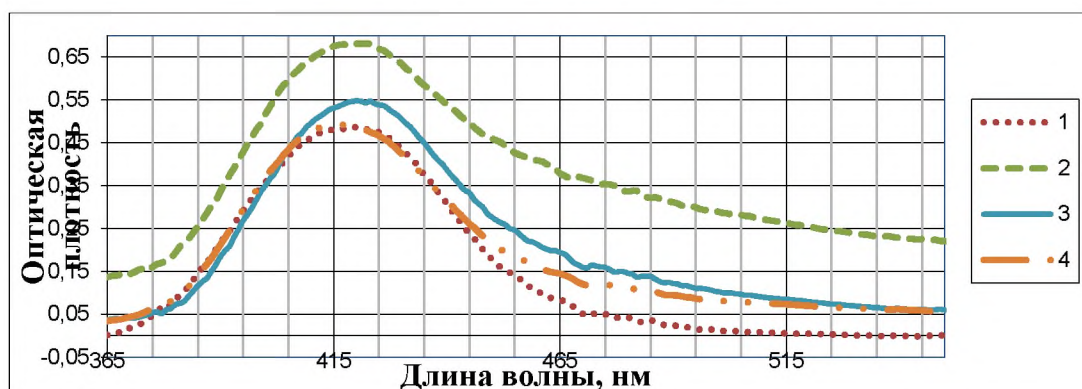


Рис. 3 Дифференциальные спектры поглощения извлечений из соцветий бессмертника итальянского, полученных экстракцией 70% спиртом этиловым, с 2% спиртовым раствором алюминия хлорида (1 – сорт Кристалл, 2 – сорт ВИМ, 3 – №5, 4 – № 158)

Изучение содержания суммы флавоноидов в соцветиях изучаемых сортов и сортообразцов бессмертника итальянского в фазу бутонизации колеблется от 'Кристалл' содержит флавоноидов несколько ниже ($0,241 \pm 0,007\%$), что согласуется с полученными данными относительно содержания антиоксидантов в соцветиях сорта 'ВИМ' в разные фазы вегетации.

Таблица 4

Содержание суммы флавоноидов в извлечениях из соцветий бессмертника итальянского, полученных экстракцией спиртом этиловым 70%, в фазу бутонизации

Сорт	Сумма флавоноидов, %	Метрологические характеристики ($P=95\%$, $n=6$)	
Кристалл	$0,262 \pm 0,009$	$\bar{x} = 0,26$ $S\bar{x} = 0,0035$	$\Delta x = 0,0091$ $\varepsilon = 3,45 \%$
ВИМ	$0,366 \pm 0,011$	$\bar{x} = 0,37$ $S\bar{x} = 0,0042$	$\Delta x = 0,011$ $\varepsilon = 2,91 \%$
№ 5	$0,295 \pm 0,010$	$\bar{x} = 0,30$ $S\bar{x} = 0,0041$	$\Delta x = 0,010$ $\varepsilon = 3,53 \%$
№ 158	$0,267 \pm 0,006$	$\bar{x} = 0,27$ $S\bar{x} = 0,0024$	$\Delta x = 0,006$ $\varepsilon = 2,31 \%$

Выводы

Таким образом, в надземной массе сортов и сортообразцов бессмертника итальянского содержится эфирное масло, флавоноиды и антиоксиданты.

Выход эфирного масла в фазу полной бутонизации колеблется от 0,1% (сорт 'Кристалл') до 0,2% (сортообразец № 5). Основными компонентами эфирного масла сорта 'ВИМ' являются α -пинен и D-лимонен, сорта 'Кристалл' – нерилацетат, 8-децен-3,5-дион, 4,6,9-триметил- и 8-децен-3,5-дион, 4,6,9-триметил-, сортообразца № 5 – α -пинен и розифориол, сортообразца № 158 – нерилацетат и γ -куркумен. Впервые для сорта 'Кристалл' выявлено существенное относительно содержание β -дикетон – 38%.

Установлено, что наибольшее количество антиоксидантов (2,59 мг/г (в пересчете на кверцетин) и флавоноидов (0,366%) в соцветиях бессмертника итальянского сорта 'ВИМ' содержится в фазу бутонизации.

Результаты хроматографического анализа доказывают присутствие 4 веществ фенольной природы в соцветиях бессмертника итальянского. УФ-спектры спиртовых растворов изучаемого сырья имели максимум поглощения при длине волны 418 ± 2 нм.

Количественное определение флавоноидов методом дифференциальной спектроскопии в пересчете на изосалипурпозид показало, что содержание флавоноидов в соцветиях колеблется от 0,262 % до 0,366 % в зависимости от сорта и фазы вегетации.

Исследования выполнены на оборудовании ЦКП «Физиолого-биохимические исследования растительных объектов» (ФБИ РО) ФГБУН "НБС-НИЦ" (Ялта, Россия).

Работа выполнена в рамках темы Госзадания № 0829-2019-0039

Список литературы

1. Аджиахметова С.Л. Антиоксидантная активность экстрактов из листьев, плодов и стеблей крыжовника отклоненного (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.) [Электронный ресурс] // Фундаментальные исследования. – 2013. – №10(6). – С. 1297 – 1301. – Режим доступа: <http://www.gae.ru/fs/pdf/2013/10-6/32535>.
2. Бандюкова В.А., Шинкаренко А.Л., Казаков А.Л. Методы исследования природных флавоноидов. – Пятигорск, 1977. – 72 с.
3. Биохимические методы анализа эфирномасличных растений и эфирных масел / под ред. А.Н. Карпачёвой. – Симферополь: ВНИЭМК, 1972. – 107 с.
4. Государственная фармакопея Российской Федерации [Электронный ресурс]. – 14-е изд. – Режим доступа: <http://femb.ru/feml>.
5. Гринкевич Н.И. Химический анализ лекарственных растений. – М.: Высш. шк., 1983. – 176 с.
6. Горяев М., Плива И. Методы исследования эфирных масел. – Алма-Ата, 1962. – 751 с.
7. Короткова Е.И., Корбаинов Ю.А. Новый вольтамперометрический способ определения активности антиоксидантов // Биоантиоксидант: тез. докл. VI Междунар. конф. 16-19 апр. 2002 г. – М., 2002. – С. 298-299.
8. Коренькин Д.Ю., Абилов Ж.А., Музычкина Р.А., Толстиков Г.А. Природные флавоноиды. – Новосибирск: Гео, 2007. – 232 с.
9. Куркин В.А. Основы фитотерапии / Учебное пособие для студентов фармацевтических вузов. – Самара: ООО «Офорт», ГОУ ВПО «СамГМУ Росздрава», 2009. – 963 с.
10. Лукашук С.П., Шевчук О.М. Фенольные соединения цветков бессмертника итальянского, культивируемого в Никитинском ботаническом саду // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: «Фармацевтическое образование, наука и практика. Горизонты развития, посвященная 50-летию фармацевтического факультета КГМУ». – Курск, 2016. – С. 499-501.

11. Лукашук С.П., Меликов Ф.М., Ленченко Ю.Н. Сравнительное морфолого-анатомическое изучение лекарственного растительного сырья бессмертника песчаного и бессмертника итальянского // Разработка исследование и маркетинг новой фарм. Продукции. – 2016. – Вып. 71. – С. 41-43.
12. Машанов В.И., Андреева Н.Ф., Машанова Н.С., Логвиненко И.Е. Новые эфирномасличные культуры. – Симферополь: Таврия, 1988. – 160 с.
13. Пат. 2238554 Российская Федерация, МКИ G01 N33/15 N27/26. Способ определения суммарной антиоксидантной активности биологически активных веществ / В.П. Пахомов [и др.] (РФ). – № 2003123072/15; заявл. 25.07. 03; опубл. 20.10.04, Бюл. № 15. – 3 с.
14. Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ильницкий О.А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 164 с.
15. Работягов В.Д., Хлытенко Л.А., Бакова Н.Н., Машанов В.И. Аннотированный каталог видов и сортов эфирномасличных, пряно-ароматических и пищевых растений коллекции Никитского ботанического сада. – Ялта: Никитский ботанический сад, 2007. – 48 с.
16. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. – Новосибирск: «Офсет», 2008. – 969 с.
17. Червонная Н.М., Андреева О.А. Об антиоксидантной активности спиртоводных извлечений из цветков бархатцев распростертых [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2015 – №2 (часть 3). – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23713>
18. Яшин А.Я., Яшин Я.И. Прибор для определения антиоксидантной активности растительных лекарственных экстрактов и напитков // Журн. междунар. информационная система по резонансным технологиям. – 2004. – № 34. – С.10-14.
19. Adams R.P. Identification of essential oil compounds by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy // Allured Pub. Corp., USA, 2007. – 804 с.
20. Bianchini A., Tomi P., Bernardini A. F., Morelli I., Flamini G., Cioni P. L., Usai M., Marchetti M. A comparative study of volatile constituents of two *Helichrysum italicum* (Roth) Guss. Don Fil subspecies growing in Corsica (France), Tuscany and Sardinia (Italy) // Flavour Fragr. J. 2003; 18: 487–491 DOI: 10.1002/ffj.1231

Статья поступила в редакцию 01.11.2019 г.

Shevchuk O.M., Lukashuk S.P., Feskov S.A., Adzhiakhmetova S.L., Chervonnaya N.M., Fedotova I.A. Biologically active substances of *Helichrysum italicum* (Roth) G.Don // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 133. – P. 70-79.

The article provides data on a comparative study of the content and component composition of essential oil, the total content of antioxidants and flavonoids of two cultivars and two promising cultivar samples of Italian strawflower (*Helichrysum italicum* (Roth) G. Don) grown on the Southern Coast of the Crimea in the collection of aromatic and medicinal plants of the Nikitsky Botanical Gardens. It has been found that the content of essential oil in the green weight of top of *H. italicum* varies from 0.1% of the wet weight ('Crystal' cultivar) to 0.2 (cultivar No. 5). The main components of 'VIM' cultivar essential oil are α -pinene and D-limonene, of 'Crystal' cultivar is neril acetate, of the sample No. 5 is α -pinene and rosiforiol, of the sample No. 158 is neryl acetate and γ -turmeric. A significant relative content of β -diketones (38%) in the essential oil of 'Crystal' cultivar was noted. The greatest amount of antioxidants (2.59 mg / g (in conversion to quercetin) and flavonoids (0.366%) in the inflorescences of Italian strawflower 'VIM' cultivar is contained in the budding phase. The results of chromatographic analysis prove the presence of 4 phenolic substances in the inflorescences of Italian strawflower. UV-spectra of alcohol solutions of the studied raw materials had a maximum absorption at a wavelength of 418 ± 2 nm. Quantitative determination of flavonoids by differential spectroscopy calculated as isosalipurposide showed that the content of flavonoids in inflorescences varies from 0.262% to 0.366% depending on a cultivar and a phase of vegetation.

Key words: *inflorescences; green weight of top of Helichrysum italicum* (Roth) G. Don; *essential oil; antioxidant activity; flavonoids*