

## Особенности накопления биологически активных веществ в растениях *Elsholtzia stauntonii* Benth., выращиваемых в предгорной зоне Крыма

О. А. Пехова<sup>1</sup>✉, Л. А. Тимашева<sup>1</sup>, И. Л. Данилова<sup>1</sup>, И. В. Белова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия

✉ E-mail: isocrimea@gmail.com

**Аннотация.** Цель исследований – изучить качество сырья *Elsholtzia stauntonii* Benth., выращенного в предгорной зоне Крыма, по содержанию эфирного масла и других видов БАВ для комплексного применения в качестве эфиромасличного, пищевого и лекарственного. **Методы.** Определение качества сырья *E. stauntonii* осуществляли по общепринятым методикам. **Результаты.** Определены особенности накопления эфирного масла в различных органах растения *E. stauntonii*. Показана вариабельность массовой доли эфирного масла, его компонентного состава и БАВ по фазам развития растений. Установлено, что основными маслосинтезирующими органами растений *E. stauntonii* являются листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла было получено из соцветий – 1,82 %, которые во фракционном составе сырья составили 45,6 %. Максимальное количество эфирного масла с доминантными компонентами розфураном и розфуранэпоксидом накапливалось в растениях в фазу массового цветения (1,48 % на а. с. м.). Самый высокий уровень содержания БАВ – фенольных соединений – отмечен в фазы активного роста вегетативных и формирования генеративных органов растений (отрастание и бутонизация); экстрактивных веществ – в фазу отрастания. В процессе хранения воздушно-сухого сырья *E. stauntonii* в течение 2 лет происходят потери эфирного масла в результате его испарения (54,0 %) и изменение его компонентного состава (увеличение монотерпеновых производных фурана на 26,6 % и уменьшение сесквитерпеновых углеводов на 23,5 %). Хранить воздушно-сухое сырье данной культуры более 2 лет нецелесообразно из-за существенных потерь эфирного масла. **Научная новизна.** Впервые изучено качество сырья *E. stauntonii* сорта Розовое облако, выращенного в предгорной зоне Крыма. Сырье и эфирное масло *E. stauntonii* обладают широким спектром биологической активности и могут применяться в эфиромасличном и пищевом производствах, в медицине.

**Ключевые слова:** *Elsholtzia stauntonii* Benth., сырье, эфирное масло, биологически активные вещества, срок хранения.

**Для цитирования:** Пехова О. А., Тимашева Л. А., Данилова И. Л., Белова И. В. Особенности накопления биологически активных веществ в растениях *Elsholtzia stauntonii* Benth., выращиваемых в предгорной зоне Крыма // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 76–84. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-76-84.

**Дата поступления статьи:** 23.09.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Эльсгольция Стаунтона (*Elsholtzia stauntonii* Benth.) – многолетний полукустарник семейства *Lamiaceae*, распространен в Восточной и Центральной Индии, Китае, Монголии, Японии, Индокитае, Западной Европе, Молдове, Украине, Закавказье, Краснодарском крае и в Крыму. В качестве дикорастущего растения встречается на Дальнем Востоке и в Сибири.

В условиях предгорного Крыма в культуре растения достигают высоты 85–103 см. Главный корень стержневой с боковыми ответвлениями, листья крупные, супротивные, удлинненно-овальные, с городчатыми краями (оппадают в конце вегетации). Соцветия – полителический колосовидный тирс длиной 10–15 см, цветки мелкие, обоеполые, симметричные. Плод – орешек [1, с. 170–171]. Вегетация растений обычно начинается в конце марта. Активный рост растений наблюдается во второй половине июня – июле. В конце августа в верхней части главного

побега появляются боковые побеги и формируются соцветия. Массовое цветение растений наступает в первой декаде сентября, в конце сентября – октябре образуются плоды. Общий вид растений *E. stauntonii*, произрастающих на интродукционно-селекционном питомнике эфиромасличных и лекарственных растений (Крым, Белогорский район, с. Крымская Роза), представлен на рис. 1.

Наземная часть растений используется как эфиромасличное, пряно-ароматическое сырье и в народной медицине для лечения неврозов сердца, сердечной недостаточности, желудочно-кишечных заболеваний, респираторных инфекций и онкологий. По литературным данным, химический состав растений эльсгольции Стаунтона обширен и включает более 50 соединений, а именно флавоноиды, кумарины, лигнаноиды, тритерпеноиды, стероиды, алкалоиды, органические кислоты (в том числе розмариновую), дубильные вещества, витамины, аминокислоты, жирные кислоты, кумарины и эфирное масло [2, с. 51–57;



Рис. 1. Общий вид растений *E. stauntonii*  
Fig. 1. Plants of *E. stauntonii*

3, с. 233–235]. Сырье, эфирное масло и водно-спиртовые экстракты эльсгольции Стаунтона обладает широким спектром биологической активности: антимикробным, противовирусным, антифунгальным, противовоспалительным, антиоксидантным, диуретическим действиями [4, с. 806–813], [5, с. 407–412], [6, с. 553–554].

Фитохимия этого растения, выращиваемого в различных природно-климатических условиях России, исследована недостаточно [7, с. 87–92], [8, с. 239–244]. В Крыму изучение эльсгольции Стаунтона было проведено в различных агроклиматических районах [9, с. 90–94], [10], [11, с. 25–26]. Однако в предгорной зоне Крыма для растений эльсгольции Стаунтона не изучены вопросы накопления биологически активных веществ, в том числе и эфирных масел по фазам вегетации и органам растений. Отсутствуют литературные данные о влиянии условий и сроков хранения высушенного сырья на содержание и качество эфирного масла и других видов БАВ.

Цель исследований – изучить качество сырья *E. stauntonii* Benth. (выращенного в предгорной зоне Крыма) по содержанию эфирного масла и других видов БАВ для комплексного применения в качестве эфиромасличного, пищевого и лекарственного растения.

Эти районы отличаются как по почвенным условиям, так и по климатическим показателям. Сравнивали растения, в корневой зоне которых поддерживался постоянный режим влажности почвы (70–80 % от наименьшей влагоемкости) со дня их посадки с контрольными растениями при естественном увлажнении.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились 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 *E. stauntonii* сорта Розовое облако [12, с. 260], выращенное на суходоле в с. Крымская Роза Белогорского района Республики Крым. Территория относится к одному из 5 агроклиматических районов Крыма – четвертому, верхнему, предгорному, теплему, недостаточно влажному; подрайон северный с

умеренно мягкой зимой. Климат района исследований умеренно континентальный. Максимальная температура воздуха составляет 37 °С; минимальная – минус 24 °С. Годовая сумма осадков колеблется 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 (влажность, содержание экстрактивных веществ, эфирного масла, общих фенольных соединений, фенолкарбоновых кислот и флавоноидов, дубильных веществ) определяли по общепринятым методикам.

Компонентный состав эфирного масла эльсгольции Стаунтона 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 60 м с внутренним диаметром 0,32 мм, неподвижная фаза CR-WAXms (полиэтиленгликоль в золь-гель матрице). Температура термостата колонки программировалась в следующем режиме: 80 °С продолжительностью 1 мин., далее программирование со скоростью 5 °С/мин до 220 °С. Давление на входе в колонку было 100 кПа, далее со скоростью 0,20 кПа/мин до 120,0 кПа, деление потока газа-носителя – 1/70. Газ-носитель – азот.

Идентификацию основных компонентов эфирного масла эльсгольции Стаунтона 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. Математическую обработку данных исследований проводили с использованием статистических методов.

#### Результаты (Results)

В настоящее время нет однозначного ответа на ряд вопросов, которые стоят перед учеными и практиками, занимающимися изучением эфиромасличных растений, их выращиванием и переработкой. Это обусловлено, прежде всего, тем, что состав эфирных масел и других БАВ в растениях под влиянием различных факторов может существенно изменяться. На содержание и компонентный состав БАВ влияют различные абиотические и биотические факторы региона выращивания эфирносов (температура воздуха, осадки, освещенность, состав почвы, болезни и вредители растений), а также фаза онтогенеза растений, способ переработки сырья, условия его сушки и хранения.

Одним из вопросов, стоящих при изучении эфиромасличных растений, является исследование динамики накопления эфирных масел 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 [13, с. 72–75].

Знание динамики накопления эфирного масла, изменения его химического состава в процессе развития растения дает возможность установить оптимальные сроки уборки сырья с наибольшим выходом и характерным качеством эфирного масла.

Структурный анализ растений *E. stauntonii*, выращенных в предгорной зоне Крыма, показал, что над-

земная часть растений состоит из следующих фракций: листья (26,1–55,6 %), стебли (23,1–44,4 %) и соцветия (19,8–45,6 %). Соотношение фракций по фазам вегетации меняется. Так, фракция «листья» уменьшается к концу фазы цветения в 2,1 раза от 55,6 % в фазу отрастания до 26,1 % в фазу окончания цветения вследствие их засыхания и опадания (таблица 1).

Таблица 1

Динамика накопления эфирного масла в различных органах растений *E. stauntonii* по фазам вегетации, 2017–2019 гг.

Фаза вегетации растений	Органы растений	Фракционный состав, %	Массовая доля, % m/m	
			Влаги	Эфирного масла (на а. с. м.)
Отрастание	Листья	55,6 ± 3,8	74,3 ± 0,5	0,73 ± 0,03
	Стебли	44,4 ± 2,6	72,0 ± 0,5	Следы
	Целое	100,0 ± 0,0	74,1 ± 0,5	0,59 ± 0,03
Бутонизация	Листья	51,9 ± 3,5	67,3 ± 0,4	0,86 ± 0,04
	Стебли	28,3 ± 2,3	60,5 ± 0,3	Следы
	Соцветия	19,8 ± 0,8	68,8 ± 0,4	1,19 ± 0,05
	Целое	100,0 ± 0,0	65,9 ± 0,4	0,87 ± 0,04
Начало цветения	Листья	48,8 ± 3,6	65,4 ± 0,4	0,99 ± 0,05
	Стебли	24,5 ± 2,5	54,8 ± 0,3	Следы
	Соцветия	26,7 ± 2,0	66,5 ± 0,4	1,38 ± 0,06
	Целое	100,0 ± 0,0	65,3 ± 0,4	1,05 ± 0,06
Массовое цветение	Листья	31,3 ± 3,0	61,8 ± 0,4	1,11 ± 0,06
	Стебли	23,1 ± 2,2	52,5 ± 0,3	Следы
	Соцветия	45,6 ± 4,0	70,5 ± 0,5	1,82 ± 0,07
	Целое	100,0 ± 0,0	65,0 ± 0,4	1,48 ± 0,06
Окончание цветения	Листья	26,1 ± 2,5	60,0 ± 0,4	0,55 ± 0,04
	Стебли	29,0 ± 3,0	46,2 ± 0,3	Следы
	Соцветия	44,9 ± 3,4	65,7 ± 0,4	1,16 ± 0,05
	Целое	100,0 ± 0,0	56,8 ± 0,4	1,09 ± 0,04
НСР <sub>05</sub> (целое растение)				0,20
НСР <sub>05</sub> (листья)				0,09
НСР <sub>05</sub> (соцветия)				0,15

Table 1

The dynamics of the accumulation of essential oil in various organs of *E. stauntonii* depending on the growth stage, 2017–2019

Plant growth stage	Plant organs	Fractional composition, %	Mass fraction, % m/m	
			Moisture	Essential oil (in terms of absolutely dry weight)
Regrowth	Leaves	55.6 ± 3.8	74.3 ± 0.5	0.73 ± 0.03
	Stems	44.4 ± 2.6	72.0 ± 0.5	Traces
	Whole plant	100.0 ± 0.0	74.1 ± 0.5	0.59 ± 0.03
Bud formation	Leaves	51.9 ± 3.5	67.3 ± 0.4	0.86 ± 0.04
	Stems	28.3 ± 2.3	60.5 ± 0.3	Traces
	Inflorescences	19.8 ± 0.8	68.8 ± 0.4	1.19 ± 0.05
	Whole plant	100.0 ± 0.0	65.9 ± 0.4	0.87 ± 0.04
Early flowering	Leaves	48.8 ± 3.6	65.4 ± 0.4	0.99 ± 0.05
	Stems	24.5 ± 2.5	54.8 ± 0.3	Traces
	Inflorescences	26.7 ± 2.0	66.5 ± 0.4	1.38 ± 0.06
	Whole plant	100.0 ± 0.0	65.3 ± 0.4	1.05 ± 0.06
Mass flowering	Leaves	31.3 ± 3.0	61.8 ± 0.4	1.11 ± 0.06
	Stems	23.1 ± 2.2	52.5 ± 0.3	Traces
	Inflorescences	45.6 ± 4.0	70.5 ± 0.5	1.82 ± 0.07
	Whole plant	100.0 ± 0.0	65.0 ± 0.4	1.48 ± 0.06
End of flowering	Leaves	26.1 ± 2.5	6.0 ± 0.4	0.55 ± 0.04
	Stems	29.0 ± 3.0	46.2 ± 0.3	Traces
	Inflorescences	44.9 ± 3.4	65.7 ± 0.4	1.16 ± 0.05
	Whole plant	100.0 ± 0.0	56.8 ± 0.4	1.09 ± 0.04
LSD <sub>05</sub> (whole plant)				0.20
LSD <sub>05</sub> (leaves)				0.09
LSD <sub>05</sub> (inflorescences)				0.15

Исследованиями установлено, что содержание эфирного масла в растениях колебалось в течение вегетационного периода в среднем от 0,59 % до 1,48 % на абсолютно сухую массу (на а. с. м.).

В целых растениях максимальное содержание эфирного масла было отмечено в фазу массового цветения и составило 1,48 % на а. с. м. В эту же фазу в соцветиях и листьях также был отмечен максимум содержания эфирного масла: 1,82 % и 1,11 % соответственно. В сырье *E. stauntonii* стебли являлись балластом, так как не содержали эфирного масла.

Методом газожидкостной хроматографии был определен компонентный состав эфирного масла *E. stauntonii* по органам растений и фазам вегетации. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Эфирное масло *E. stauntonii* содержало 43 компонента, из них идентифицирован 31. По массовой доле в эфирном масле эльгольдии Стаунтона преобладали монотерпеновые производные фурана (розфуран и его оксид – розфуранэпоксид), которые являются кислородсодержащими гетероциклическими соединениями. Сумма их в целом растении в течение вегетации варьировала незначительно от 65,61 % до 72,08 %. Благодаря высокой доле этих компонентов эфирное масло *E. stauntonii* проявляет антибактериальную активность по отношению к патогенным микроорганизмам: *Staphelococcus aureus*, *Bactericum mesentericus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* и *Pseudomonas auruginosa* [6, с. 553–554], [4, с. 806–813]. Антибактериальная активность эфирного масла приобретает особое значение в связи с использованием его в качестве ароматизатора для пищевых продуктов.

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

Фаза вегетации растений	Органы растений	Терпеновые углеводороды (моно/сескви)	Монотерпеновые производные фурана		Терпеновые спирты
			Всего	Розфуран/розфуранэпоксид	
Отрастание	Листья	2,48/5,13	74,91	38,48/36,43	3,23
	Целое	0,97/4,26	65,61	35,47/30,14	0,98
Бутонизация	Листья	1,68/4,56	73,50	40,00/33,50	5,61
	Соцветия	2,18/6,20	66,76	40,31/26,45	7,59
	Целое	2,13/4,57	72,06	42,12/29,94	6,59
Начало цветения	Листья	3,15/8,02	70,43	57,00/13,43	4,86
	Соцветия	1,71/7,76	75,92	51,20/24,72	3,17
	Целое	3,04/7,18	72,08	48,82/23,26	3,44
Массовое цветение	Листья	2,58/6,80	68,87	54,49/14,38	2,69
	Соцветия	3,12/2,44	75,16	47,88/27,28	4,25
	Целое	2,67/2,89	70,95	47,42/23,23	3,24
Окончание цветения	Листья	3,50/6,01	60,26	47,72/12,54	3,01
	Соцветия	2,65/5,68	71,66	44,89/26,77	2,31
	Целое	3,10/5,93	68,73	49,17/19,56	2,86

Table 2  
Chemical composition of *E. stauntonii* essential oil obtained from various organs depending on the growth stage (%), 2017–2019

Plant growth stage	Plant organs	Terpene hydrocarbons (monoterpenes/sesquiterpenes)	Furan monoterpene derivatives		Terpene alcohols
			Total	Rosefuran/rosefuranepoxide	
Regrowth	Leaves	2.48/5.13	74.91	38.48/36.43	3.23
	Whole plant	0.97/4.26	65.61	35.47/30.14	0.98
Bud formation	Leaves	1.68/4.56	73.50	40.00/33.50	5.61
	Inflorescences	2.18/6.20	66.76	40.31/26.45	7.59
	Whole plant	2.13/4.57	72.06	42.12/29.94	6.59
Early flowering	Leaves	3.15/8.02	70.43	57.00/13.43	4.86
	Inflorescences	1.71/7.76	75.92	51.20/24.72	3.17
	Whole plant	3.04/7.18	72.08	48.82/23.26	3.44
Mass flowering	Leaves	2.58/6.80	68.87	54.49/14.38	2.69
	Inflorescences	3.12/2.44	75.16	47.88/27.28	4.25
	Whole plant	2.67/2.89	70.95	47.42/23.23	3.24
End of flowering	Leaves	3.50/6.01	60.26	47.72/12.54	3.01
	Inflorescences	2.65/5.68	71.66	44.89/26.77	2.31
	Whole plant	3.10/5.93	68.73	49.17/19.56	2.86

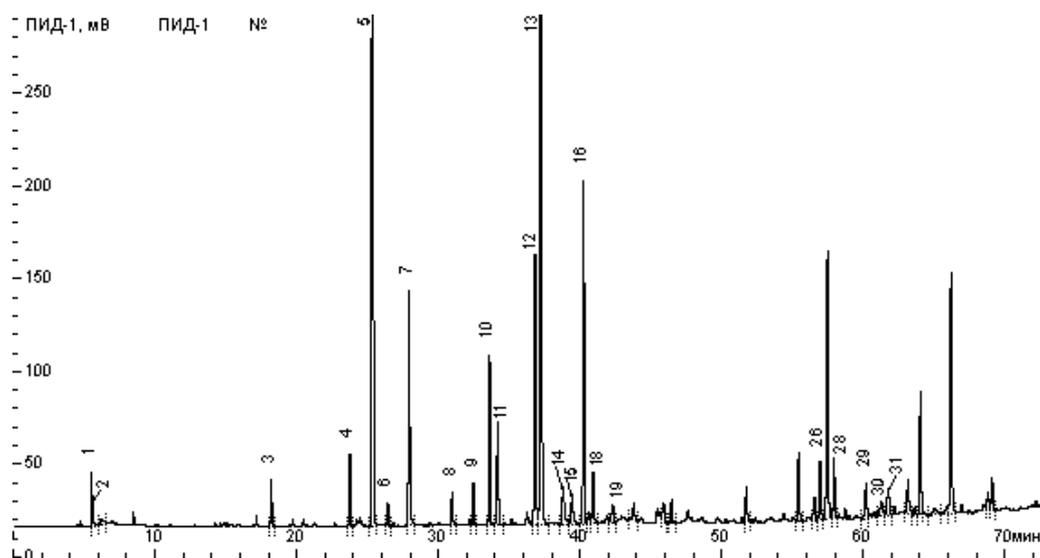


Рис. 2. Хроматограмма эфирного масла *E. stauntonii* на полярной капиллярной колонке в фазу массового цветения, 2018 г.  
 1 - октен-3-ол; 2 - октанон-3; 3 - пара-цимен; 4 - сабинен; 5 - розфуран; 6 - камфен; 7 - линалоол; 8 -  $\gamma$ -терпинен; 9 - камфора;  
 10 - ацетофенон; 11 - артемизиякетон; 12 -  $\beta$ -кариофиллен; 13 - розфуранэпоксид; 14 -  $\alpha$ -хумулен; 15 - пиран;  
 16 - терпинен 1-ол; 18 - эвгенол; 19 -  $\alpha$ -гумулен; 26 - гермакрен D; 28 - кариофилленоксид; 29 - спатуленол;  
 30 - артемизия кетон; 31 - гумуленэпоксид

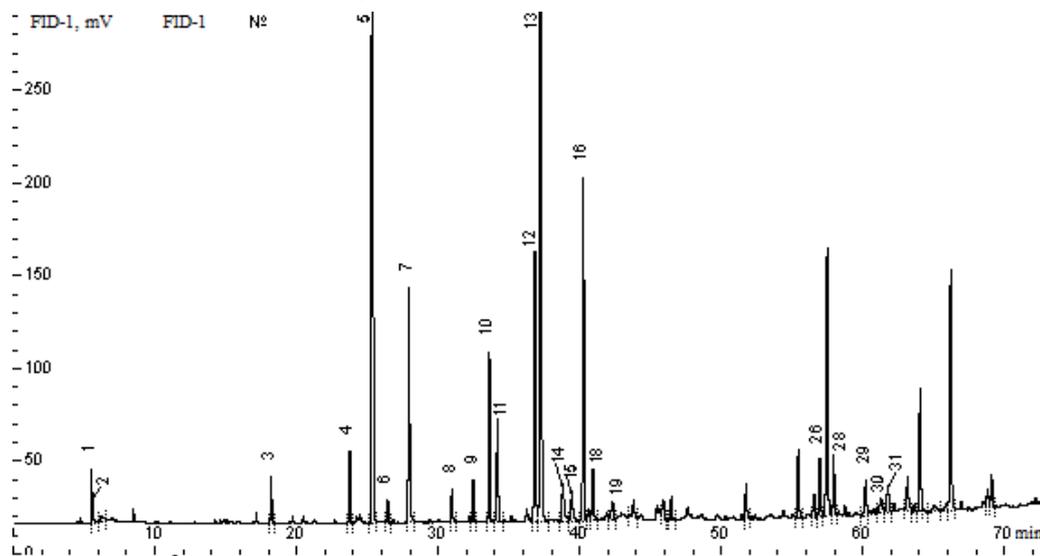


Fig. 2. Chromatogram of *E. stauntonii* essential oil on a polar capillary column in the stage of mass flowering, 2018  
 1 - okten-3-ol; 2 - oktanon-3; 3 - para-cymene; 4 - sabinene; 5 - rosefuran; 6 - camphene; 7 - linalool; 8 -  $\gamma$ -terpinene; 9 - camphora;  
 10 - acetophenone; 11 - artemisia ketone; 12 -  $\beta$ -caryophyllene; 13 - rosefuran epoxide; 14 -  $\alpha$ -humulene; 15 - pyran; 16 - terpinen 1-ol;  
 18 - eugenol; 19 -  $\alpha$ -humulene; 26 - germacrene D; 28 - caryophyllene oxide; 29 - spathulenol; 30 - artemisia ketone;  
 31 - humulene epoxide

В эфирном масле также содержатся терпеновые спирты ( $\beta$ -спатуленол, кариофилленол и линалоол), массовая доля которых колебалась в пределах от 0,98 % до 6,59 %, а также терпеновые углеводороды: монотерпены ( $\alpha$ -пинен,  $\beta$ -пинен, камфен, сабинен,  $\gamma$ -терпинен) и сесквитерпены ( $\beta$ -кариофиллен,  $\alpha$ -гумулен и гермакрен D) содержание которых составило соответственно 0,97–3,10% и 2,44–8,02%.

Типичная хроматограмма эфирного масла *E. stauntonii* полученного из свежесобранного сырья в фазу массового цветения представлена на рис. 2.

Отмечено, что в предгорной зоне Крыма все органы растений *E. stauntonii* синтезировали одинаковый набор терпеновых соединений, однако в различном количественном соотношении. Так, например, в листьях в фазы начала и массового цветения синтезируется розфуран на уровне 54,49–57,00 %, а розфуранэпоксид – на уровне

13,43–14,38 % а у соцветий в эти фазы соответственно 47,88–51,20 % и 24,72–27,28 %. Наблюдается увеличение содержания в эфирном масле *E. stauntonii* основного компонента розфурана и уменьшение его производного розфуранэпоксид в фазу цветения по сравнению с фазами отрастания и бутонизации. Про этом улучшаются органолептические показатели качества эфирного масла. Неодинаковый компонентный состав эфирного масла, полученного из различных органов растений, отмечен и у других видов рода эльсгольция [14, с. 625, с. 629–633].

Данные по компонентному составу эфирного масла *E. stauntonii* согласуются с литературными данными и характеристиками сорта Розовое облако, выращиваемого в разных агроклиматических районах Крыма [11, с. 25–26], [15, с. 172–176], [16, с. 36–38].

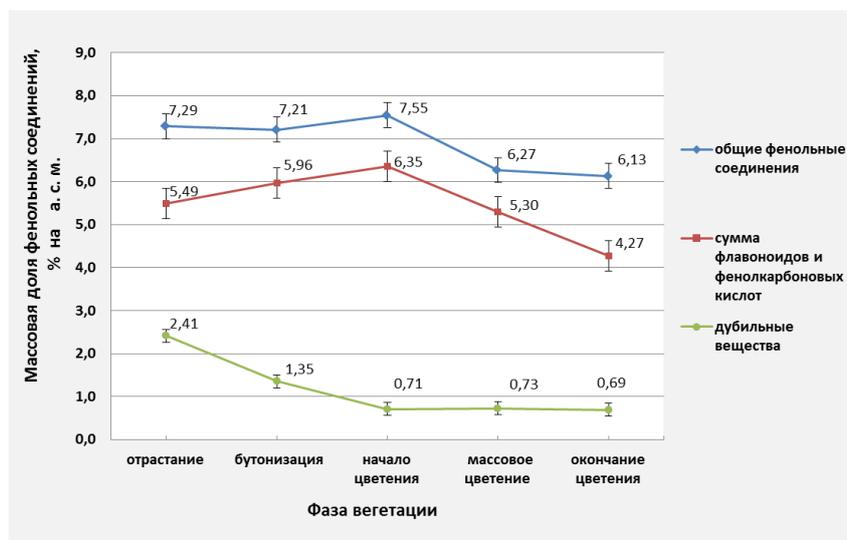


Рис. 3. Биохимические показатели качества воздушно-сухого сырья *E. stauntonii* по фазам вегетации растений, среднее за 2017–2019 гг.

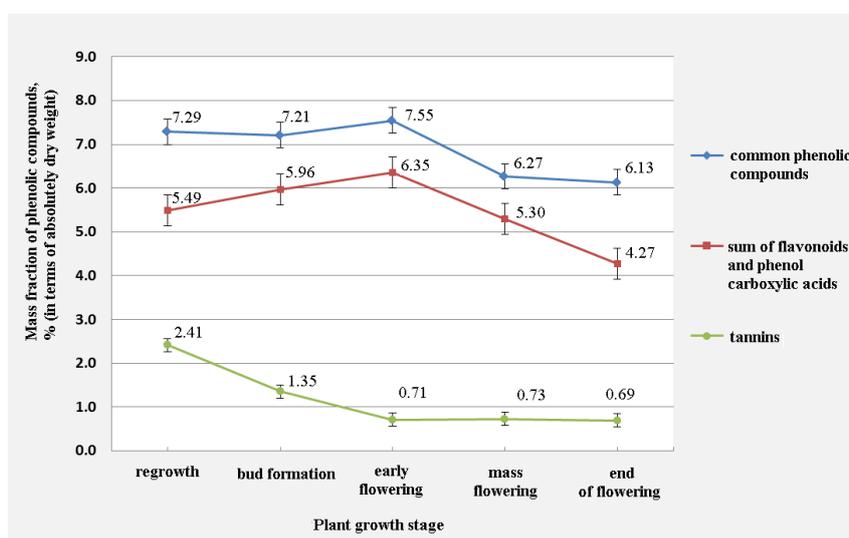


Fig. 3. Biochemical indicators of the quality of air-dry raw materials of *E. stauntonii* depending on the growth stage, average for 2017–2019

Эфирное масло *E. stauntonii*, полученное способом гидродистилляции, представляло собой легкоподвижную прозрачную жидкость желто-оранжевого цвета. По запаху эфирное масло относится к фруктово-бальзамическому типу с нотами сухофруктов. Относительная плотность эфирного масла была на уровне 0,901–0,906, а показатель преломления – 1,4980–1,4985. Эфирное масло после 2 месяцев хранения при температуре от +3 °C до +7 °C загустело и приобрело коричневатую окраску, что объясняется большим содержанием в эфирном масле производных фурана, склонных к полимеризации и осмолению.

С целью оценки сырья *E. stauntonii* в качестве лекарственного было проведено определение содержания биологически активных веществ в воздушно-сухом сырье, убранным 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 28,40 до 33,87 % на а. с. м.

Массовая доля общих фенольных соединений в течение вегетационного периода колебалась от 6,13 до 7,55 %, в т. ч. суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот 4,27–6,35 %, дубильных веществ 0,69–2,41 % (рис. 3). Отмечено, что наибольшее количество фенольных соединений синтезировалось в период активного роста растений и формирования генеративных органов, а экстрактивных веществ – в фазу отрастания. Максимальное содержание дубильных веществ также отмечено в фазу отрастания (2,41 %).

При изучении влияния продолжительности хранения воздушно-сухого сырья *E. stauntonii* в течение двух лет на содержание и химический состав эфирного масла установлено, что за этот период произошла потеря эфирного масла от 33,9 (сырье, убранное в фазу отрастания) до 53,7 % (сырье, убранное в фазу окончания цветения). Изменился и качественный состав эфирного масла: уменьшилось содержание терпеновых спиртов на 1,6–4,1 %, сесквитерпеновых углеводов – на 17,4–23,5 %, увеличилось содержание монотерпеновых производных фурана на 9,3–26,6 %.

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенные исследования показали, что предгорная зона Крыма наряду с Центральным равнинно-степным и Центральным южнобережным районами Крыма является благоприятной для выращивания растений эльсгольции. Растения проходят все фазы вегетации – с апреля по октябрь. Продуктивность растений сорта Розовое облако составляла в среднем за годы исследований 1,53 кг/м<sup>2</sup>.

В результате проведенных исследований определены особенности накопления эфирного масла в различных органах растения *E. stauntonii* в разные фазы вегетации, показана вариабельность массовой доли эфирного масла, его компонентного состава и БАВ (экстрактивные вещества, общие фенольные соединения, сумма флавоноидов и фенолкарбоновых кислот, дубильные вещества).

Установлено, что основными маслосинтезирующими органами растений эльсгольции являются листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла было получено из соцветий *E. stauntonii* – 1,82 %, которые во фракционном составе сырья составили 45,6 %. Максимальное количество эфирного масла характерного качества накапливалось в растениях в фазу массового цветения (1,48 % на а. с. м.). Доминантными компонентами эфирного масла являлись монотерпеновые производные фурана: розфуран и розфуранэпоксид.

В качестве технического сырья следует использовать верхнюю облиственную часть годовичного прироста растений с соцветиями, убранную в фазу массового цветения.

Самый высокий уровень содержания фенольных соединений отмечен в фазы активного роста вегетативных и формирования генеративных органов растений (отрастание и бутонизация); экстрактивных и дубильных веществ – в фазу отрастания.

Определено, что в процессе хранения воздушно-сухого сырья эльсгольции Стаунтона в течение двух лет происходят потери эфирного масла в результате его испарения (54,0 %) и изменение его компонентного состава (увеличение монотерпеновых производных фурана на 26,6 % и уменьшение сесквитерпеновых углеводородов на 23,5 %). Следовательно, хранить воздушно-сухое сырье данной культуры более двух лет нецелесообразно из-за существенных потерь эфирного масла.

Таким образом, сырье и эфирное масло *E. stauntonii*, выращиваемой в предгорной зоне Крыма, обладают широким спектром биологической активности и могут применяться в эфиромасличном и пищевом производствах, в медицине. Исследования предполагается продолжить с целью изучения практического применения различных групп БАВ *E. stauntonii* в виде биодобавок в пищевой индустрии, медицине, фармации и ветеринарии.

### Библиографический список

1. 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. 170–171.
2. Зоценко Л. О., Цуркан О. О. Амінокислотний склад надземних органів *Elsholtzia Stauntonii* Benth. // Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П. Л. Шупика. 2017. Вип. 28. С. 51–57.
3. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра: 2-е изд., доп. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 233–235.
4. Barua S. C., Yasmin N., Buragohain L. *Elsholtzia communis*: A Review of its Traditional Uses, Pharmacological Activity and Phytochemical Compounds // *EC Pharmacology and Toxicology*, 2018. Vol. 6. Iss. 9. Pp. 806–813.
5. Kuzmin O., Kucherenko V., Sylka I., Isaienko V., Furmanova Yu., Pavliuchenko O., Hubenia V. Antioxidant capacity of alcoholic beverages based on infusions from non-traditional spicy-aromatic vegetable raw materials // *Ukrainian Food Journal*. 2020. Vol. 9. Iss. 2. Pp. 407–412.
6. Phetsang S., Panyakaew Ju., Wangkarn S., Chandet N., Inta A., Kittiwachana S., Pyne S. G., Mungkornasawakul P. Chemical diversity and anti-acne inducing bacterial potentials of essential oils from selected *Elsholtzia* species // *Natural Product Research*. 2019. No. 33 (4). Pp. 553–554.
7. Савченко О. М., Бабенко Л. В. Аспекты выращивания эльсгольции Стаунтона (*Elsholtzia Stauntonii* Benth.) в условиях Подмоскovie // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: сборник трудов Седьмой научной конференции с международным участием. Москва, 2019. С. 87–92.
8. Гагиева Л. Ч., Зубарева Н. Н. Биохимический состав эльсгольции реснитчатой (*Elsholtzia ciliata* L.) с учетом высотной дифференциации // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2016. Т. 53. Ч. 4. С. 239–244.
9. Орел Т. И. Культивирование эльсгольции Стаунтона в разных агроклиматических районах Крыма при орошении // Сборник научных трудов ГНБС. 2018. Т. 146. С. 90–94.
10. Орел Т. И., Хлыпенко Л. А. Котовник лимонный и эльсгольция Стаунтона в условиях Крыма при орошении [Электронный ресурс] // *Universum: химия и биология: электрон. научный журнал*, 2015. № 9-10 (17). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/2619> (дата обращения: 16.10.2020).
11. Хлыпенко Л. А., Орел Т. И. Компонентный состав эфирного масла *Elsholtzia Stauntonii* сорта Розовое облако // *Бюллетень ГНБС*. 2016. Вып. 118. С. 25–26.
12. Плугатарь Ю. В., Шевчук О. М., Хлыпенко Л. А., Логвиненко Л. А. Виды и сорта эфиромасличных и лекарственных растений для развития агропромышленного комплекса Крыма // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики. Инновационные направления отраслевого и территориального развития АПК: материалы XXII международной научно-практической конференции. Ялта, 2017. С. 260.
13. Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. Актуальные направления биохимических исследований эфиромасличных растений (обзор). Ч. 2. Анализ содержания и компонентного состава эфирного масла в растениях для целей селекции и семеноводства // *Таврический вестник аграрной науки*. 2019. № 1 (17). С. 72–75.

14. Wang X., Gong L., Jiang H. Study on the Difference between Volatile Constituents of the Different Parts from *Elsholtzia ciliata* by SHS-GC-MS // American Journal of Analytical Chemistry. 2017. Vol. 8. No. 10. Pp. 625–635.

15. Хлыпенко Л. А., Дунаевская Е. В., Орел Т. И. Эльсгольция – ценное лекарственное растение // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВИЛАР. Москва, 2016. С. 172–176.

16. Логвиненко Л. А., Хлыпенко Л. А., Марко Н. В. Ароматические растения семейства Lamiaceae для фитотерапии // Фармация и фармакология. 2016. № 4 (4). С. 36–38.

#### Об авторах:

Ольга Антоновна Пехова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0003-1725-9046, AuthorID 840978; +7 978 810-05-31

Лидия Алексеевна Тимашева<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-9230-7664, AuthorID 450590; +7 978 810-05-71

Ирина Львовна Данилова<sup>1</sup>, научный сотрудник, ORCID 0000-0001-9311-1479, AuthorID 857747; +7 978 810-51-99

Ирина Викторовна Белова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-2036-3701, AuthorID 848829; +7 978 745-66-13

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия

## Accumulation of biologically active substances in plants of *Elsholtzia stauntonii* Benth. grown in the foothill zone of the Crimea

O. A. Pekhova<sup>1</sup>✉, L. A. Timasheva<sup>1</sup>, I. L. Danilova<sup>1</sup>, I. V. Belova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia

✉ E-mail: isocrimea@gmail.com

**Abstract.** The purpose of the research was to study the quality of *Elsholtzia stauntonii* Benth. raw materials grown in the foothill zone of the Crimea. In the course of the research, we studied such indicators as the content of essential oil and other types of biologically active substances (BAS), which allow using elsholtzia as an essential oil, food, or medicinal raw materials.

**Research methods.** Determination of the quality of *E. stauntonii* raw materials was carried out according to generally accepted methods. **Results.** Peculiarities of the accumulation of essential oil in various organs of *E. stauntonii* were determined. The variability of the mass fraction of essential oil, its component composition and BAS depending on the plant's growth stage is shown. We found that the main oil-synthesizing organs of *E. stauntonii* are leaves and inflorescences. The largest amount of essential oil (1.82 %) was obtained from inflorescences. In the fractional composition of raw materials, they amounted to 45.6 %. The maximum amount of essential oil with the dominant components (rosefuran and rosefuran epoxide) accumulated in plants during the phase of mass flowering (1.48 % in terms of absolutely dry weight). The highest content of BAS, namely phenolic compounds, accumulated in the stage of active growth of vegetative and the formation of generative organs of plants (regrowth and bud formation); extractives – in the stage of regrowth. During two years of storage of air-dry raw materials, there is a loss of essential oil as a result of its evaporation (54.0 %) and a change in its component composition (an increase in monoterpene derivatives of furan by 26.6 % and a decrease in sesquiterpene hydrocarbons by 23.5 %). To store air-dry raw materials of *E. stauntonii* for more than two years is not, however, reasonable because of significant losses of essential oil. **Scientific novelty.** The quality of raw materials of *E. stauntonii* variety Rozovoe oblako, which was grown in the foothill zone of the Crimea, was studied for the first time. Raw materials and essential oil of *E. stauntonii* have a broad spectrum of biological activity and can be used in medicine, as well as in essential oil and food industries.

**Keywords:** *Elsholtzia stauntonii* Benth., raw materials, essential oil, biologically active substances, shelf life.

**For citation:** Pekhova O. A., Timasheva L. A., Danilova I. L., Belova I. V. Osobennosti nakopleniya biologicheskii aktivnykh veshchestv v rasteniyakh *Elsholtzia stauntonii* Benth., vyrashchivaemykh v predgornoy zone Kryma [Accumulation of biologically active substances in plants of *Elsholtzia stauntonii* Benth. grown in the foothill zone of the Crimea] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 76–88. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-76-84. (In Russian.)

**Paper submitted:** 23.09.2020.

#### References

1. Marko N. V., Logvinenko L. A., Shevchuk O. M., Fes'kov S. A. Annotirovanny katalog aromatischeskikh i lekarstvennykh rasteniy kollektsii Nikitskogo botanicheskogo sada [Annotated catalog of aromatic and medicinal plants from the collection of the Nikitsky Botanical Garden]. Simferopol: Izdatel'stvo tipografiya "ARIAL", 2018. Pp. 170–171. (In Russian.)

2. Zotsenko L. O., Tsurkan O. O. Aminokislотноy sklad nadzemnykh organiv *Elsholtzia Stauntonii* Benth. [Aminoacid composition in aboveground organs of *Elsholtzia Stauntonii* Benth.] // Zbirnik naukovikh prats' spivrobotnikiv NMAPO im. P. L. Shupika. 2017. Vol. 28. Pp. 51–57. (In Ukrainian.)
3. Pashtetskii V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., L. G. Nazarenko. Efiromaslichnaya otrasl' Kryma. Vchera, segodnya, zavtra: 2-e izd., dop. [Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow: 2<sup>nd</sup> edition, enlarged]. Simferopol: Izdatel'stvo tipografiya "ARIAL", 2018. Pp. 233–235. (In Russian.)
4. Barua C. C., Yasmin N., Buragohain L. *Elsholtzia communis*: A Review of its Traditional Uses, Pharmacological Activity and Phytochemical Compounds // EC Pharmacology and Toxicology, 2018. Vol. 6. Iss. 9. Pp. 806–813.
5. Kuzmin O., Kucherenko V., Sylka I., Isaienko V., Furmanova Yu., Pavliuchenko O., Hubenia V. Antioxidant capacity of alcoholic beverages based on infusions from non-traditional spicy-aromatic vegetable raw materials // Ukrainian Food Journal. 2020. Vol. 9. Iss. 2. Pp. 407–412.
6. Phetsang S., Panyakaew Ju., Wangkarn S., Chandet N., Inta A., Kittiwachana S., Pyne S. G., Mungkornasawakul P. Chemical diversity and anti-acne inducing bacterial potentials of essential oils from selected *Elsholtzia* species // Natural Product Research. 2019. No. 33 (4). Pp. 553–554.
7. Savchenko O. M., Babenko L. V. Aspekty vyrashchivaniya el'sgol'tsii Stauntona (*Elsholtzia Stauntonii* Benth.) v usloviyakh Podmoskov'ya [Aspects of growing *Elsholtzia Staunton* (*Elsholtzia Stauntonii* Benth.) in the Moscow region] // Sovremennye tendentsii razvitiya tekhnologii zdorov'esberezheniya: sbornik trudov Sed'moy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Moscow, 2019. Pp. 87–92. (In Russian.)
8. Gagieva L. Ch., Zubareva N. N. Biokhimicheskiy sostav el'sgol'tsii resnitchatoy (*Elsholtzia ciliata* L.) s uchetom vysotnoi differentsiatsii [Biochemical composition *Elsholtzia ciliate* L. based on altitude differentiation] // Journal of Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2016. Vol. 53. Part. 4. Pp. 239–244. (In Russian.)
9. Oryol T. I. Kul'tivirovanie el'sgol'tsii Stauntona v raznykh agroklimaticheskikh raionakh Kryma pri oroshenii [Cultivation of *Elsholtzia stauntonii* Benth. in various agro-climatic regions of the Crimea under irrigation conditions] // Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. 2018. Vol. 146. Pp. 90–94. (In Russian.)
10. Oryol T. I., Khlypenko L. A. Kotovnik limonnyi i el'sgol'tsiya Stauntona v usloviyakh Kryma pri oroshenii [*Nepeta cataria* and *Elsholtzia stauntonii* under conditions of the Crimea under irrigation] [e-resource] // Universum: Himiya i Biologiya. 2015. No. 9-10 (17). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/2619> (appeal date: 16.10.2020). (In Russian.)
11. Khlypenko L. A., Oryol T. I. Komponentnyi sostav efirnogo masla *Elsholtzia Stauntonii* sorta Rozovoe oblako [Component composition of *Elsholtzia stauntonii* essential oil, Rozovoye oblako cultivar] // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2016. No. 118. Pp. 25–26. (In Russian.)
12. Plugatar Yu. V., Shevchuk O. M., Khlypenko L. A., Logvinenko L. A. Vidy i sorta efiromaslichnykh i lekarstvennykh rasteniy dlya razvitiya agropro-myshlennogo kompleksa Kryma [Types and varieties of essential oil and medicinal plants for the development of the agricultural complex of the Crimea] // Problemy i perspektivy innovatsionnogo razvitiya ekonomiki. Innovatsionnye napravleniya otraslevogo i territorial'nogo razvitiya APK: materialy XXII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Yalta, 2017. P. 260. (In Russian.)
13. Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. Aktual'nye napravleniya biokhimicheskikh issledovaniy efiromaslichnykh rasteniy (obzor). Ch. 2. Analiz sodержaniya i komponentnogo sostava efirnogo masla v rasteniyakh dlya tselei selektsii i semenovodstva [Actual and 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 breeding and seed growing] // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. No. 1 (17). Pp. 72–75. (In Russian.)
14. Wang X., Gong L., Jiang H. Study on the Difference between Volatile Constituents of the Different Parts from *Elsholtzia ciliata* by SHS-GC-MS // American Journal of Analytical Chemistry. 2017. Vol. 8. No. 10. Pp. 625–635.
15. Khlypenko L. A., Dunaevskaya E. V., Oryol T. I. El'sgol'tsiya – tsennoe lekarstvennoe rastenie [*Elsholtzia* – valuable medicinal plant] // Biologicheskie osobennosti lekarstvennykh i aromatischeskikh rasteniy i ikh rol' v meditsine: sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 85-letiyu VILAR. Moscow, 2016. Pp. 172–176. (In Russian.)
16. Logvinenko L. A., Khlypenko L. A., Marko N. V. Aromatischeskie rasteniya semeistva Lamiaceae dlya fitoterapii. [Aromatic plant of Lamiaceae family for use in phytoterapy] // Pharmacy & Pharmacology. 2016. No. 4 (4). Pp. 36–38. (In Russian.)

#### Authors' information:

Olga A. Pekhova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0003-1725-9046, Author ID 840978; +7 978 810-05-31

Lidia A. Timasheva<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-9230-7664, Author ID 450590; +7 978 810-05-71

Irina L. Danilova<sup>1</sup>, researcher, ORCID 0000-0001-9311-1479, Author ID 857747; +7 978 810-51-99

Irina V. Belova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, researcher, ORCID 0000-0002-2036-3701, Author ID 848829; +7 978 745-66-13

<sup>1</sup> Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia