

ЭФИРОМАСЛИЧНЫЕ И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

УДК 543.544:633.88:581.526.5(477.75)

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОРТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ В РАЗНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**Сергей Александрович Феськов, Андрей Павлович Диваков,
Юрий Сергеевич Хохлов, Оксана Михайловна Шевчук**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, спуск Никитский, 52
E-mail: oksana_shevchuk1970@mail.ru

Многолетнее изучение особенностей роста, развития, морфологических параметров и хозяйственных показателей (урожайность, массовая доля эфирного масла и его компонентный состав) сорта 'Никитский белый' иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) в разных природно-климатических условиях Крыма (Южный берег Крыма – зона сухого субтропического климата средиземноморского типа и Степной Крым – зона умеренно-континентального климата) показало, что сорт сохраняет основные сортовые признаки не зависимо от условий произрастания: массовая доля эфирного масла колеблется от 0,31 до 0,35% (от сырой массы), в хроматографическом профиле стабильно доминируют пинокамфон и изо-пинокамфон (суммарно их массовая доля составляет 69,8-79,4% на Южном берегу Крыма и 64,4-84,1% в Степном Крыму). Вегетация растений на Южном берегу Крыма начинается на месяц раньше, вегетационный период короче на 40-45 дней, фазы бутонизации, цветения и плодоношение растений наступают на 10-20 дней позже в сравнении со Степным Крымом. Растения иссопа при культивировании в Степном Крыму отличаются более высокой продуктивностью надземной массы (115,56-133,33 ц/га) и соответственно более высоким сбором эфирного масла до 46,66 кг/га). Выявлена прямая зависимость содержания пинокамфона от температуры и содержания эфирного масла от количества осадков и влажности воздуха в течении вегетационного периода.

Ключевые слова: Крым; *Hyssopus officinalis* L.; сорт; эфирное масло; компонентный состав; пинокамфон, изо-пинокамфон

Введение

Среди ценных эфиромасличных и лекарственных культур особое место занимают виды рода *Hyssopus* L. (Lamiaceae). Наиболее распространенным и перспективным является иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.), уступающий по значимости как эфиромасличная культура только лишь лаванде узколистной [7, 24]. Природный ареал иссопа лекарственного охватывает Средиземноморье, Центральную Европу и Среднюю Азию, а также юг России, где он успешно натурализовался [7, 24, 26].

Иссоп лекарственный широко применяется в фармакологии, пищевой и парфюмерно-косметической промышленности благодаря ценному составу биологически активных веществ, накапливающихся в надземной массе растений. В ней содержится существенное количество (до 1,5% на абс. с.в.) эфирного масла с высоким содержанием пинокамфона и его изомера; флавоноидов (апигенин, лютеолин, кверцетин и их гликозиды: диосмин, иссопин и гесперидин), фенольных кислот (розмариновая, хлорогеновая, кофейная, феруловая и др.), а также аскорбиновой кислоты и β-каротина [1], отмечено содержание полиненасыщенных незаменимых жирных кислот (линолевая и α-линоленовая) [19]. Многие из этих веществ, в частности флавоноиды, являются природными лекарственными средствами и находят широкое применение в традиционной и народной медицине [6, 8]. Фитопрепараты из сырья иссопа обладают доказанной антимикробной, противовирусной, противовоспалительной, противогрибковой и антиоксидантной активностью [1, 6, 8, 12,

30, 31, 34, 38]. Иссоп лекарственный включен в фармакопеи ряда европейских стран (Франция, Португалия, Румыния, Швеция) [4], в официальной медицине России пока не применяется.

Широкое применение в народной медицине, парфюмерии и пищевой отрасли находят эфирное масло и гидролат иссопа [21, 28]. Коммерческие плантации иссопа лекарственного существуют во многих странах Европы (Франция, Испания, Италия, Венгрия и др.), что свидетельствует о его значимости как ценной лекарственной и эфиромасличной культуры.

В России в настоящее время промышленное возделывание иссопа лекарственного носит ограниченный, преимущественно экспериментально-научный характер; возделывается культура, в основном, в фермерских хозяйствах Крыма, Краснодарского края, Нижнего Поволжья, Алтая и др. Наиболее заметные и устойчивые насаждения культуры сосредоточены в Республике Крым (по данным Министерства сельского хозяйства Крыма площади насаждений иссопа лекарственного занимают около 30 га), обеспечивая сырьем производство эфирного масла и гидролата. Существующие объемы производства не покрывают потенциальной потребности в сырье со стороны фармацевтической и пищевой промышленности, что создает устойчивый дефицит эфирного масла и гидролата на рынке.

Эфирное масло иссопа лекарственного широко используется в различных промышленных отраслях, таких как пищевая, парфюмерная и медицинская (ароматерапия) [14, 18, 40, 43]. В значительных объемах это масло получают во Франции, Италии и странах Восточной Европы [3]. Основными биологически активными компонентами эфирного масла иссопа лекарственного являются монотерпеновые кетоны пинокамфон и изо-пинокамфон, высокое содержание которых обуславливает его антимикотическую [43], иммуностимулирующую, противоопухолевую активность [12, 32, 43], антитромбоцитную [3], спазмолитическую активность [33], а также оказывают ингибирующее действие в отношении патогенных грибов *Pyrenophora avenae* и *Pyricularia oryzae* [5, 32]. Имеются данные об отхаркивающих, противоотечных и тонизирующих свойствах эфирного масла при лечении бронхиальной астмы [40] и других заболеваний дыхательной системы человека. В ароматерапии эфирное масло оказывает стимулирующее действие при депрессивных состояниях [14] и существенно улучшает психоэмоциональное состояние человека [23].

Гидролат иссопа (дистиляционная вода), получаемый в результате отгонки эфирного масла методом гидродистилляции, представляет собой прозрачную или слабо опалесцирующую жидкость, содержащую небольшое количество водорастворимых компонентов эфирного масла [21] и обладает фитонцидными свойствами, антибактериальной активностью как в отношении природных тест-объектов, так и рекомбинантных бактерий *Escherichia coli* (pXen-lux) [2, 11], оказывает ингибирующее действие на *Sarcina flava* [20], может применяться для ароматизации и увлажнения воздуха [28].

На данный момент известно, что основным хемотипом эфирного масла иссопа лекарственного является пинокамфоновый [3, 35, 44], также выявлены: в Испании цинеольный до 52,89% [42], в Сербии пиненово-пинокарвоно-линалоольный [36], Франции линалоольный до 49,6%, изо-пинокамфоновый хемотипы до 63,55% [3, 8, 9, 39].

В коллекции ароматических и лекарственных растений ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» (НБС-ННЦ) *Hyssopus officinalis* представлен тремя формами: белоцветковой (f. *alba*), розовоцветковой (f. *rubra*) и синецветковой (f. *cyaneus*) [13, 16], характеризующихся различными

показателями содержания и компонентного состава эфирного масла: наибольший выход эфирного масла отмечен для *f. alba*, наименьшей – для *f. rubra*), для *f. alba* характерен пинокамфоновый хемотип [16, 46], *f. cyanescens* характерно высокое содержание изо-пинокамфона (40,7%) [37, 39]. Изучение вариабельности компонентного состава эфирного масла в семенной популяции *f. alba* позволило выделить хемоформу с биосинтезом линалоола (34,88%) и редкого терпеноида метилэвгенола (до 37,80%) [17].

Для создания промышленных плантаций в мире созданы высокоурожайные адаптивные сорта иссопа лекарственного: в Германии зарегистрирован сорт 'Florarot', в Швейцарии – сорт 'Perly', а в Румынии – сорт 'De Ciorani' [29]. В Государственный реестр селекционных достижений РФ включено 17 сортов иссопа лекарственного, в том числе пять сортов крымской селекции: 'Никитский белый' селекции НБС-ННЦ - и 'Родник здоровья', 'Иней', 'Лазарь', 'Формула' селекции ФГБУН НИИСХ.

Выход и химический состав эфирного масла зависят от происхождения и фазы развития растений, почвенно-климатических условий, агротехники культивирования, времени заготовки сырья и др. [3, 12, 16, 17, 45]. Учитывая все вышеизложенное, актуальным является изучение особенностей развития сортов иссопа лекарственного в разных природно-климатических условиях для определения степени изменчивости основных сортовых показателей и оптимизации технологии получения эфирного масла.

Целью наших исследований было выявление особенностей роста, развития, морфологических параметров и хозяйственных признаков сорта иссопа лекарственного 'Никитский белый' селекции Никитского ботанического сада при культивировании в различных природно-климатических условиях Крыма.

Объекты и методы исследования

Объект изучения: *Hyssopus officinalis* cv. Никитский белый - полукустарник компактной формы, высотой более 50 см с диаметром куста более 60 см, формирующий до 65 цветоносов; листья светло-зеленые, густо опущенные, длиной 40 мм, шириной 8 мм; цветки мелкие, белой окраски, соцветие длиной около 5 см. Сортовые характеристики (в условиях ЮБК): массовая доля эфирного масла пинокамфонового хемотипа (доля пинокамфона может достигать 60%) составляет 0,31-0,36% от сырой массы, урожайность сырья до 108 ц/га, сбор эфирного масла - до 38 кг/га. Помимо эфирного масла, в сырье сорта (надземная масса в фазе массового цветения растений) содержится существенное количество микро- и макроэлементов (Cu, K, Fe, Ca, Zn, Mn и Mg) [8] и других биологически активных веществ: концентрация летучих соединений в водно-этанольном экстракте составляет 600 мг/100 г, содержание фенольных веществ - 592,1 мг/100 г, аскорбиновой кислоты - 9,50 мг/100 г, каротиноидов - 0,66 мг/100 г [6]. Сорт засухоустойчив, зимостоек. Для сохранения сортовых характеристик предпочтительным является размножение вегетативным путем (черенкованием). Хорошо растет на легких, дренированных почвах, не переносит засоленных и заболоченных почв.

Растения, полученные методом весеннего (апрель 2018 г.) черенкования, были высажены весной 2019 г. в количестве по 30 шт. со схемой посадки 90 x 40 см на опытно-коллекционном участке лаборатории ароматических и лекарственных растений НБС-ННЦ (Южный берег Крыма) и на опытном участке отделения НБС-ННЦ ДИПК (с. Медведевка, Степной Крым). Агротехника ухода за посадками была общепринятой и включала рыхление почвы без внесения удобрений, уборку сорняков и двухразовый полив в неделю в течении вегетационного сезона. Исследования особенностей роста и развития растений проводили в 2020-2022 гг.

Южный берег Крыма (ЮБК) находится в зоне сухого субтропического климата средиземноморского типа [15], с умеренно теплой зимой на высоте 200 м н. у. м.

Среднегодовая температура воздуха 13°C. Температура самого теплого месяца (августа) 23-25°C, самого холодного (февраля) 2,5°C -4,5°C, средний из абсолютных годовых минимумов температуры -6°C...-9°C. Зимний период, или период с устойчивыми среднесуточными температурами воздуха ниже 0°C, наблюдается крайне редко. Осадки в виде снега выпадают ежегодно, но устойчивый снежный покров бывает не более 12 дней. Первые заморозки наблюдаются в начале декабря, весенние прекращаются в конце второй декады марта. Безморозный период составляет 259 дней. Годовое количество осадков 535 мм, из них в вегетационный период выпадает 260 мм. Максимум их (75 мм в месяц) наблюдается в декабре, минимум (29 мм) – в апреле-мае. На опытном участке преобладают коричневые среднегумусированные карбонатные мощные легкоглинистые почвы.

Климат в Степном Крыму (СК) (Северный Присивашский агроклиматический район) умеренно-континентальный, засушливый, характеризуется неустойчивой умеренно мягкой зимой и умеренно жарким летом. Температура самого теплого месяца (июля) 23,3°C, самого холодного (января) -1,8°C. В июле в полдень температура воздуха поднимается до +27°C...30°C, в отдельные годы до 40°C. Переход среднесуточной температуры через 5°C, обеспечивающий начало вегетации сельскохозяйственных культур, начинается 29 марта и заканчивается 14 ноября. Период активной вегетации на данной территории – 187 229 дней. Сумма активных температур выше 10° составляет 3300°C. Весенние заморозки на территории района прекращаются в среднем 14 апреля. Первые осенние заморозки проявляются в среднем 21 октября. За вегетационный период выпадает 271 мм осадков.

Таблица 1
Погодные условия Южного берега Крыма и Степного Крыма за период 2020-2022 гг.

Месяц	2020 г.						2021 г.						2022 г.					
	ЮБК			Степной Крым			ЮБК			Степной Крым			ЮБК			Степной Крым		
	Температура	Осадки, мм	Влажность воздуха, %	Температура	Осадки, мм	Влажность воздуха, %	Температура	Осадки, мм	Влажность воздуха, %	Температура	Осадки, мм	Влажность воздуха, %	Температура	Осадки, мм	Влажность воздуха, %	Температура	Осадки, мм	Влажность воздуха, %
январь	5,0	25,9	67	2,6	13	81	6,0	100	73	2,3	51	84	4,0	29,6	68	3,2	16,2	81
февраль	5,3	85,0	65	3,7	44	79	4,7	27,6	70	1,4	21	81	5,8	80,3	76	4,4	26,5	79
март	9,3	3,0	60	8,6	0,9	61	5,1	74,0	61	4,0	39	73	3,2	53,3	60	2,2	9,7	68
апрель	10,1	8,1	50	10,1	16	49	9,5	41,2	65	9,7	28,8	70	11,7	41,4	64	11,9	63	68
май	14,9	56	66	15,8	18	63	16,3	20,2	68	16,4	64,1	63	14,9	24,5	61	15,7	40,8	62
июнь	21,7	54,8	63	22,4	64	67	23,0	11,3	77	20,9	184	77	22,8	83,5	58	22,4	67,1	66
июль	25,5	8,4	58	25,0	59	67	26,3	59,0	55	25,7	90	66	24,2	22,3	53	24,3	19,4	57
август	24,8	8,7	51	23,1	58	59	25,1	96,9	61	24,7	33,6	68	26,0	20,4	64	25,4	22,4	67
сентябрь	22,4	24,1	63	20,6	47	69	17,9	50,0	58	16,4	30,7	65	19,7	12,1	60	18,4	4,3	62
октябрь	18,2	35,0	70	16,3	16	80	12,6	12,7	70	10,7	16,1	75	15,1	19,0	60	12,6	33,4	73
ноябрь	9,6	35,7	73	5,8	23	84	10,3	53,9	77	7,9	39,1	83	11,2	109	78	8,3	33,1	82
декабрь	7,4	41,6	82	3,5	14	87	7,5	120	78	6,4	27,3	87	7,8	86,9	82	4,8	58,2	86

Анализ погодных условий периода исследования (табл. 1, рис. 1), согласно данным метеостанций этих районов, показывает их однородность и типичность за исключением количества осадков, отсутствие которых компенсировалось поливом.

Особенности развития, морфологических параметров и основных хозяйственных показателей (урожайность, содержание эфирного масла в свежесобранным сырье в фазу массового цветения методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга) проведены в

период 2020 по 2022 гг. согласно общепринятым методикам [25]. Компонентный состав эфирного масла 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% полисилфениленсиликсан, толщина плёнки 0,25 мкм. Температура термостата программировалась от 75°C до 240°C со скоростью 4°C/мин. Температура испарителя 250°C. Газ носитель – гелий, скорость потока 1 мл /мин.

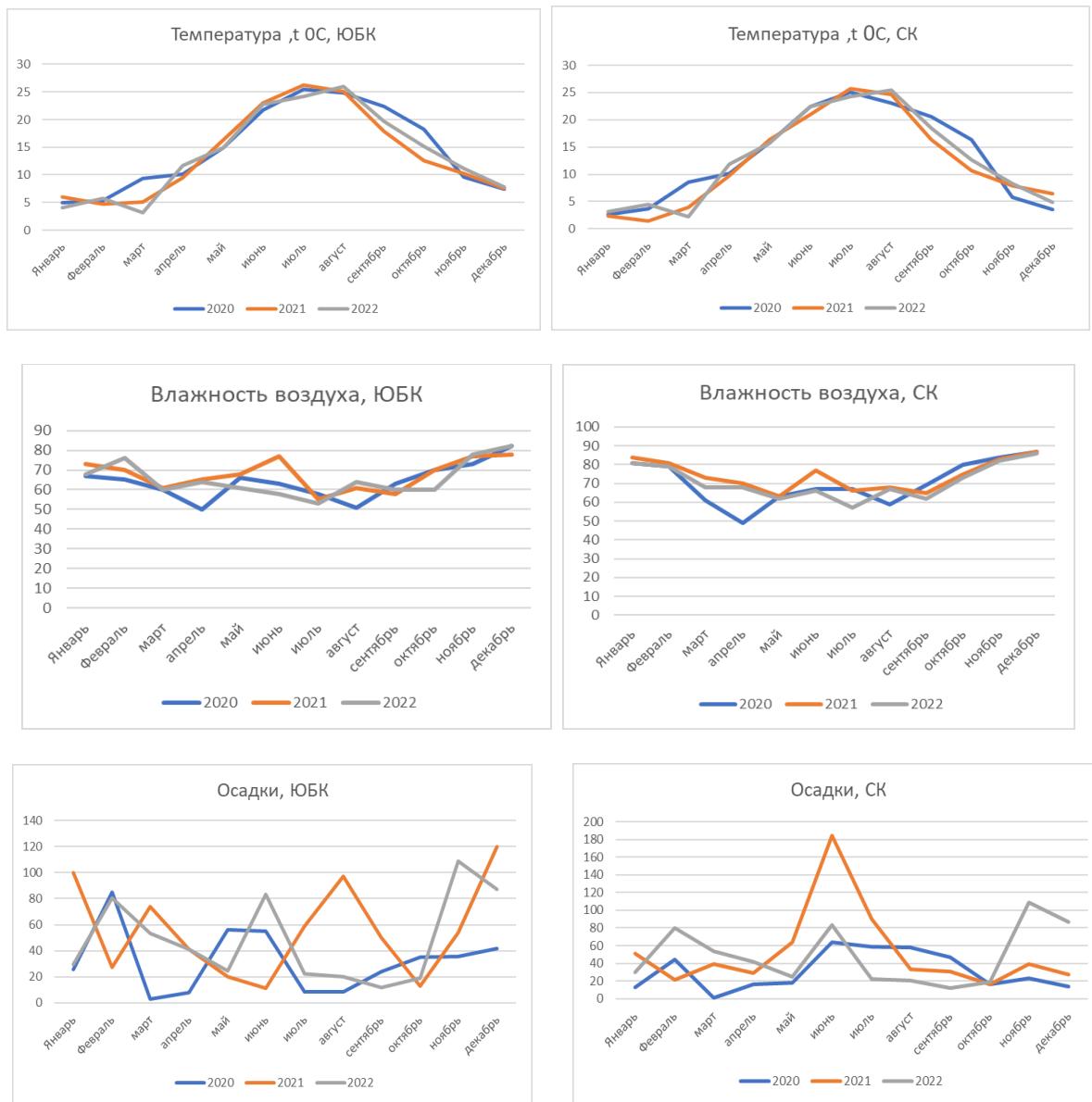


Рис. 1 Погодные условия 2020-2022 гг.
Сокращениями обозначены: ЮБК – Южный берег Крыма, СК – Степной Крым

Температура переходной линии 250°C. Температура источника ионов 200°C. Электронная ионизация 70 eV. Диапазон сканирования 20 - 450. Длительность скана 0.2. Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST 14 (Национальный Институт Стандартов и Технологий, США). Программа поиска и идентификации спектров MS Search (США). Индексы удерживания получены путём логарифмической интерполяции приведённых времён удерживания с

использованием аналитического стандарта смеси реперных н-алканов Sigma-Aldrich (Швейцария) и аналитических стандартов Supelco (США). Массовая доля компонентов в пробе определена методом процентной нормализации [22, 27].

Корреляционный анализ зависимости компонентного состава эфирного масла от погодных условий проведён с использованием коэффициента Пирсона [10].

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ фенологического развития растений в двух зонах (СК и ЮБК) за 2020-2022 гг. показал существенные различия как по срокам наступления фаз, так и по их продолжительности (рис. 2).

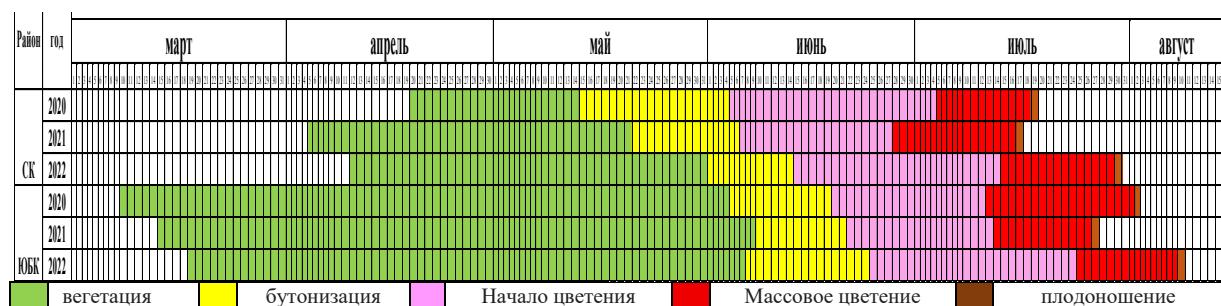


Рис. 2 Фенологический спектр *Hyssopus officinalis* cv. 'Никитский белый'
в разных регионах Крыма (2020-2022 гг.)

Сокращениями обозначены: ЮБК – Южный берег Крыма, СК – Степной Крым

Для климата Южного берега Крыма характерна более высокая теплообеспеченность и более низкая влажность (см. рис. 1 и табл. 4) по сравнению с климатом Степного Крыма, что способствует более раннему отрастанию растений. Так, вегетация здесь начинается с середины марта и длится около 80 дней, тогда как в Степном Крыму растения начинают отрастать лишь во второй декаде апреля, а фаза вегетации длится около 40 дней. Фаза бутонизации на ЮБК наступает в начале июня, в среднем на 15-20 дней позже, чем в условиях СК. Цветение растений в Степном Крыму начинается в начале июня, на ЮБК – в конце июня, но продолжительность этой важной в хозяйственной отношении фазы одинакова для обеих районов - 30-33 дня. Продолжительность вегетационного периода растений (от начала вегетации до полного созревания семян) в среднем составляет около 115 дней в СК и 140-155 дней на ЮБК.

Таким образом, для растений иссопа лекарственного на ЮБК характерно более раннее наступление вегетации, длительный вегетационный период, в то время как в СК цикл в целом короче на 40-45 дней и генеративные фазы наступают быстрее и (рис. 2).

Растения иссопа лекарственного сорта Никитский белый при культивировании в условиях СК формируют более морфологически развитые растения: на третьем году жизни их высота достигает $74,3 \pm 3,4$ см, диаметр куста - $79,9 \pm 4,0$, в то время как в условиях ЮБК эти показатели составляют $66,1 \pm 2,7$ см и $70,2 \pm 3,8$ см соответственно. Аналогичная разница между морфологическими параметрами растений в СК и на ЮБК сохраняется все годы исследований (табл. 3).

В условиях Степного Крыма иссоп лекарственный отличается более высокой урожайностью сырья (надземной массы): 122,22-133,33 ц/га по сравнению с 91,85-108,89 ц/га в условиях Южного берега Крыма.

В надземной массе растений в фазу массового цветения накапливается в условиях ЮБК от $0,31 \pm 0,01$ до $0,36 \pm 0,02\%$ и СК – от $0,31 \pm 0,03\%$ до $0,35 \pm 0,03\%$ от сырой массы эфирного масла (табл. 3) светло-желтого цвета с характерным камфорным ароматом. Учитывая урожайность надземной массы и содержание эфирного масла в ней, в условиях

СК со второго года жизни растений можно получить 46,66 кг/га, в то время как в условиях ЮБК сбор эфирного масла составляет до 38,37 кг/га.

Таблица 3

**Основные морфологические параметры и хозяйствственные показатели
Hyssopus officinalis cv. Никитский белый при культивировании в разных регионах Крыма
(2020-2022 гг.)**

Фенологическая фаза	Параметр см	Степной Крым			Южный берег Крыма		
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Вегетация	высота	53,2 ± 1,1	56,1 ± 0,5	58,1 ± 3,1	48,0 ± 0,5	50,4 ± 0,7	52,7 ± 2,5
	диаметр	42,9 ± 1,5	53,0 ± 1,7	59,6 ± 2,5	28,0 ± 2,4	43,2 ± 2,7	56,0 ± 3,3
Бутонизация	высота	56,9 ± 1,0	57,6 ± 0,4	59,2 ± 3,1	49,6 ± 0,7	53,1 ± 0,8	56,3 ± 2,5
	диаметр	48,7 ± 1,9	56,6 ± 2,7	71,7 ± 3,8	32,4 ± 2,3	45,7 ± 3,2	65,3 ± 3,7
Начало цветения	высота	58,0 ± 0,5	64,1 ± 1,5	70,3 ± 3,6	54,3 ± 0,8	56,6 ± 0,7	59,6 ± 2,4
	диаметр	54,5 ± 2,1	65,3 ± 3,1	80,0 ± 3,3	34,7 ± 2,9	53,2 ± 4,2	69,2 ± 3,1
Массовое цветение	высота	63,5 ± 0,5	67,5 ± 1,2	74,3 ± 3,4	60,6 ± 0,8	63,0 ± 0,9	66,1 ± 2,7
	диаметр	58,3 ± 2,1	69,1 ± 2,0	79,9 ± 4,0	37,0 ± 3,1	52,1 ± 3,7	70,2 ± 3,8
	продуктивность надземной массы, г/растения	520,67 ± 14,53	600,0 ± 31,85	550,67 ± 21,28	413,33 ± 18,55	479,67 ± 26,27	490 ± 30,05
	урожайность, ц/га	115,56	133,33	122,22	91,85	106,59	108,89
	выход ЭМ от сырой массы / на сух. вес	0,34 ± 0,01 0,75 ± 0,22	0,35 ± 0,03 1,16 ± 0,18	0,31 ± 0,03 1,09 ± 0,03	0,31 ± 0,01 0,78 ± 0,20	0,36 ± 0,01 1,25 ± 0,1	0,35 ± 0,02 1,07 ± 0,09
	сбор эфирного масла, кг/га	39,29	46,66	37,89	28,47	38,37	38,11

Химический состав иссопа характеризуется доминированием кислородсодержащих монотерпенов, особенно кетонов, где основными являются бициклический монотерпеновый кетон пинокамфон и изо-пинокамфон. В Степном Крыму суммарное содержание пинокамфона и изо-пинокамфона варьировало от 70,85 до 78,26%, в то время как на Южном берегу Крыма – от 69,81 до 79,37%, что говорит о стабильности компонентного состава эфирного масла как основной характеристики сорта. В условиях СК пинокамфона накапливается незначительно больше (массовая доля составляет 58,65%) по сравнению с ЮБК (51,75%). Содержание изо-пинокамфона в условиях СК составляет 19,61 ± 2,12 - 26,10 ± 2,27%, Южном берегу Крыма – 25,29 ± 0,69 – 27,62 ± 1,61%.

Основными минорными компонентами эфирного масла сорта Никитский белый были β -пинен (1,72-6,40%), миртенол (4,04-5,21%), элемол (1,32-4,34%), бициклогермакрен (2,99-4,81%), гермакрен D (1,03-2,51%), что также соответствует полученным ранее данным по белоцветковым формам иссопа [17]. Отметим, что среди минорных компонентов в условиях субтропического климата ЮБК накапливается больше сесквитерпенов: гермакрена (2,51 ± 0,52%) и бициклогермакрена (4,81 ± 0,2%).

Таблица 3
Компонентный состав эфирного масла *Hyssopus officinalis* cv. Никитский белый при культивировании в разных регионах Крыма (2020-2022 гг.)

№	Компонент	RI	Степной Крым			Южный берег Крыма		
			Массовая доля компонента, %					
			2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
1	α -туйен	924	-	0,21 ± 0,01	-	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01
2	α -пинен	935	0,04 ± 0,02	0,31 ± 0,10	0,30 ± 0,09	0,07 ± 0,01	0,12 ± 0,06	0,18 ± 0,01
3	камфен	954	-	0,11 ± 0,00	-	0,09 ± 0,02	-	-
4	сабинен	978	0,37 ± 0,27	1,48 ± 0,26	0,78 ± 0,45	0,50 ± 0,08	0,63 ± 0,21	0,9 ± 0,06
5	β -пинен	987	1,72 ± 1,04	6,40 ± 1,31	4,12 ± 0,98	2,18 ± 0,11	2,76 ± 0,46	3,71 ± 0,49

Продолжение таблицы 3							
6	β-мирцен	992	0,40±0,27	1,27±0,24	0,65±0,31	0,34±0,06	0,54±0,26
7	ρ-цимен	1029	0,04±0,00	0,13±0,07	0,14±0,05	-	-
8	β-Рфелландрен	1030	0,47±0,25	1,07±0,07	0,81±0,2	0,53±0,04	0,64±0,15
9	лимонен	1035	0,46±0,31	0,96±0,14	0,54±0,28	0,42±0,05	0,45±0,09
10	(Z)-оцимен	1045	0,42±0,27	0,91±0,32	0,53±0,05	0,31±0,06	0,46±0,22
11	γ-Терпинен	1062	-	0,09±0,00	-	0,07±0,00	-
12	цис сабинен гидрат	1075	-	-	-	0,06±0,01	0,11±0,01
13	α-терпинолен	1088	-	0,08±0,01	-	0,06±0,01	-
14	линалоол	1107	0,94±0,11	0,88±0,05	1,24±0,41	0,67±0,1	0,79±0,22
15	β-туйон	1115	0,51±0,17	0,63±0,01	0,67±0,04	0,38±0,05	0,43±0,10
16	trans-пинокарвеол	1141	0,09±0,02	0,28±0,01	-	0,13±0,005	0,14±0,01
17	камфора	1146	-	-	-	0,06±0,01	-
18	(E)-пинокамфон	1158	58,65±5,11	44,75±1,98	50,40±3,56	51,75±1,25	48,54±4,24
19	изо-пинокамфон	1178	19,61±2,12	26,10±2,27	25,42±2,89	27,62±1,61	25,29±0,69
20	терпине-4-ол	1192	0,22±0,06	0,32±0,01	0,21±0,03	-	0,17±0,01
21	миртеналь	1195	-	-	1,08±0,01	-	-
22	α-терпинеол	1203	0,49±0,10	0,55±0,24	0,75±0,00	0,38±0,01	0,70±0,03
23	миртенол	1212	5,21±0,4	3,84±0,38	4,32±0,09	4,28±0,78	4,04±0,55
24	тимол	1289	0,38±0,00	0,62±0,02	0,37±0,27	-	-
25	карвакрол	1306	0,53±0,01	-	-	-	-
26	метил миртенат	1325	0,51±0,12	0,49±0,07	0,64±0,08	0,47±0,03	0,50±0,01
27	метил ацетат	1329	0,07±0,01	0,06±0,01	0,11±0,01	0,08±0,01	0,07±0,01
28	метилэвгенол	1396	0,78±0,02	0,22±0,07	0,21±0,11	0,36±0,01	0,28±0,01
29	β-боурбонен	1375	0,81±0,02	0,42±0,05	0,44±0,005	0,96±0,02	0,7±0,28
30	α-гурюнен	1417	-	0,22±0,10	0,10±0,01	-	0,14±0,02
31	β-кариофиллен	1425	0,39±0,00	0,25±0,01	0,52±0,26	0,73±0,15	0,84±0,03
32	гумулен	1466	0,07±0,01	0,05±0,02	0,10±0,01	0,08±0,01	0,08±0,01
33	аллоаромадендрен	1467	0,32±0,01	0,8±0,33	0,47±0,01	0,54±0,18	0,71±0,01
34	гермакрен D	1482	1,64±0,37	1,03±0,16	1,8±0,93	1,86±0,01	2,44±0,59
35	бициклогермакрен	1500	3,00±0,08	2,99±1,04	2,94±0,99	2,70±0,11	3,79±1,21
36	элемол	1537	2,03±0,19	1,32±0,05	1,57±0,29	2,07±0,19	3,19±0,92
37	(+)-спатуленол	1568	0,38±0,15	0,82±0,11	0,59±0,34	0,75±0,46	0,80±0,39
38	кариофиллен оксид	1582	0,24±0,01	0,22±0,05	0,19±0,08	0,44±0,01	0,33±0,12
39	ледол	1602	-	-	-	0,22±0,01	0,23±0,01
40	γ-эудесмол	1630	0,34±0,05	0,37±0,03	0,20±0,02	-	0,42±0,02
41	β-эудесмол	1650	0,27±0,08	0,37±0,02	0,12±0,01	0,48±0,02	0,31±0,03
Монотерпеновые углеводороды, %		3,93	12,92	8,37	4,41	5,27	7,09
Кислородсодержащие монотерпены, %:							
Спирты		6,95	5,87	7,04	5,56	5,84	7,04
Кетоны		78,77	71,48	76,49	79,75	74,26	70,37
Фенолы		0,91	0,62	0,37	0,38	0,43	0,56
Эфиры		0,58	0,55	0,75	0,55	0,57	0,44
Сесквитерпеновые углеводороды		6,23	5,56	6,27	6,87	8,71	9,28
Кислородсодержащие сесквитерпены, %		3,24	3,10	2,67	3,74	5,05	5,73
Другие, %		0,78	0,44	0,44	0,36	0,71	0,71

Полученные данные за 2020-2022 гг. по эфирному маслу иссопа сорта Никитский белый, выращенного в Степном Крыму и на Южном берегу Крыма, полностью согласуются с литературными данными [17, 18] и в то же время выявляют важные закономерности, связанные с влиянием эколого-климатических условий.

Анализ изменчивости содержания и компонентного состава эфирного масла лекарственного сорта Никитский белый в зависимости от погодных условий района выращивания (табл.4) показал, что выход эфирного масла отрицательно коррелирует с температурой (корреляция -0,599), положительно с влажностью воздуха

(+0,463) и осадками (+0,239). Сумма пинокамфонов положительно коррелирует с средней температурой (+0,565), но отрицательно с повышенными осадками (-0,572) и влажностью воздуха (-0,419). Отмечается, что *изо*-пинокамфон имеет слабую положительную связь с влажностью воздуха (+0,090), осадками (+0,079) и отрицательную с температурой (-0,117).

Таблица 4

Корреляционные связи основных климатических параметров с содержанием основных компонентов эфирного масла

Параметры	Температура	Осадки	Влажность	Регион	пинокамфон	<i>изо</i> -пинокамфон	Σ пинокамфонов	Выход ЭМ
Температура	1.000	-0.618	-0.683	0.553	0.565	-0.117	0.682	-0.599
Осадки	-0.618	1.000	0.903	-0.341	-0.572	0.079	-0.717	0.239
Влажность	-0.683	0.903	1.000	-0.560	-0.419	0.090	-0.503	0.463
Регион (СК=0, ЮБК=1)	0.553	-0.341	-0.560	1.000	-0.313	0.472	-0.090	-0.119
Пинокамфон	0.565	-0.572	-0.419	-0.313	1.000	-0.695	0.862	-0.460
<i>Изо</i> -пинокамфон	-0.117	0.079	0.090	0.472	-0.695	1.000	-0.234	0.273
Сумма пинокамфонов	0.682	-0.717	-0.503	-0.090	0.862	-0.234	1.000	-0.430
Выход масла	-0.599	0.239	0.463	-0.119	-0.460	0.273	-0.430	1.000

Коэффициент Пирсона: от -1 до 1, где >0 – положительная связь; <0 – отрицательная, сильная связь >0,5

ЭМ – эфирное масло

Выводы

Подводя итоги многолетнего изучения особенностей роста, развития, морфологических параметров и хозяйственных показателей (урожайность, массовая доля эфирного масла и его компонентный состав) сорта иссопа лекарственного 'Никитский белый' в разных природно-климатических условиях Крыма отметим, что в целом сорт сохраняет свои основные сортовые признаки не зависимо от условий произрастания.

Вегетация растений на Южном берегу Крыма начинается на месяц раньше, вегетационный период короче на 40-45 дней, фазы бутонизации, цветения и плодоношение растений наступают на 10-20 дней позже в сравнении со Степным Крымом.

Растения иссопа при культивировании в Степном Крыму отличаются более высокой продуктивностью надземной массы (115,56-133,33 ц/га) и соответственно более высоким сбором эфирного масла 46,66 кг/га.

Массовая доля эфирного масла колеблется от 0,31 до 0,36% (от сырой массы), в хроматографическом профиле стабильно доминируют пинокамфон и *изо*-пинокамфон (суммарно их массовая доля составляет 69,8-79,4% на Южном берегу Крыма и 64,4-84,1% в Степном Крыму).

Выявлена прямая зависимость содержания пинокамфона от температуры и содержания эфирного масла от количества осадков и влажности воздуха в течении вегетационного периода.

В целом, необходимо отметить, что сорт иссопа лекарственного Никитский белый селекции Никитского ботанического сада отличается высокой экологической пластичностью и стабильностью сортовых признаков при культивировании в различных природно-климатических условиях, является стабильным источником эфирного масла ценного пинокамфон-изопинокамфонового хемотипа, а Степной Крым является перспективным регионом для создания высокопродуктивных промышленных плантаций данной культуры.

Благодарности

Работа выполнена в рамках НИР «Выявление закономерностей синтеза биологически активных веществ как основы создания сортов эфиромасличных и лекарственных растений – источников ценного растительного сырья и средств для улучшения качества жизни человека в рамках реализации программы импортозамещения» (FNNS-2025-0001) и на оборудовании ЦКП «Физиологобиохимические методы исследования растительных объектов» ФГБУН «НБС–ННЦ» (Ялта, Россия)

Список литературы

1. Беспалько Л.В., Харченко В.А., Ушакова И.Т., Козарь Е.Г., Байков А.А. Основные направления селекции иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2016. – № 14. – С. 33-37.
2. Бурцева Е.В., Кацев А.М., Кулдыркаева Е.В., Мехонюшина И.С., Тимашева Л.А., Пехова О.А. Изучение химического состава и биологического действия ароматных вод в сравнительном аспекте // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2023. – № 12(4). – С.197-208. DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-4-1526
3. 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.
4. Виноградова Н.А., Попович В.П. Биологически активные вещества иссопа лекарственного, культивируемого в донецком ботаническом саду // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – № 62. – С. 187-191.
5. Георгиевский В.П. Биологически активные вещества лекарственных растений. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 113-118.
6. Гребенникова О.А., Палий А.Е., Хлыпенко Л.А., Работягов В.Д. Биологически активные вещества *Hyssopus officinalis* L. // Орбита. – 2017. – № 1. – С. 21-28.
7. Губанов В.Г., Губанова В.М. Сравнительная характеристика интродуцированных растений семейства Lamiaceae // Научные результаты - агропромышленному производству. – 2004. – Т. 1. – С. 283-285.
8. Дунаевская Е.В., Хлыпенко Л.А., Работягов В.Д. *Hyssopus officinalis* L. сорта Никитский белый селекции Никитского сада // Перспективы лекарственного растениеведения. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Алексея Ивановича Шретера. – 2018. – С. 270-275.
9. Каневская А.А., Тарасов В.Е. Технология переработки иссопа лекарственного *Hyssopus officinalis* L. // Сборник материалов II Международного саммита молодых ученых. – Краснодар, 2023. – С. 98-104.
10. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
11. Коваленко Н.А., Ахрамович Т.И., 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/jcprm.2019014083
12. Кривда С.И., Невкрытая Н.В., Мягких Е.Ф., Грунина Е.Н., Золотилов В.А., Скипор И.С. Создание исходного материала в селекции иссопа лекарственного // Таврический вестник аграрной науки. – 2024. – № 2 (38). – С. 91-102.
13. Марко Н.В., Логвиненко Л.А., Шевчук О.М., Феськов С.А. Аннотированный каталог ароматических и лекарственных растений коллекции Никитского

- ботанического сада / под общ. ред., чл.-корр. РАН Плугатаря Ю.В. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – 176 с.
14. Николаевский В.В. Ароматерапия: Справочник. – Москва: Медицина, 2000. – 330 с.
 15. Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ильницкий О.А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 164 с.
 16. Работягов В.Д., Палий А.Е., Курдюкова О.Н. Эфирные масла ароматических растений. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2017. – 208 с.
 17. Работягов В.Д., Шибко А.Н. Исследование компонентного состава эфирного масла *Hyssopus officinalis* L. // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2014. – Т. 139. – С. 94-106.
 18. Самединова Л.А. Морфобиологические и хозяйствственные ценные признаки иссопа лекарственного *Hyssopus officinalis* L. в предгорьях Крыма // Материалы конференции: Леса и лесное хозяйство в современных условиях. – Хабаровск, 2011. – С. 194-196.
 19. Сачивко Т.В., Феськова Е.В., Коваленко Н.А., Супаченко Г.Н., Босак В.Н. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры: урожайность и жирнокислотный состав семян // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52(4). – С. 675-684. DOI: 10.21603/2074-9414-2022-4-2397
 20. Селицкая А.В., Довганюк А.И., Селицкая О.В. Антимикробная активность эфирных масел представителей семейства яснотковые (Lamiaceae) // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2022. – №. 32. – С. 81-84.
 21. Тимашева Л. А., Пехова О. А., Данилова И. Л. О Методике количественного определения эфирного масла в гидролатах // Таврический вестник аграрной науки. – 2019. – № 3(19). – С. 122-132. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-122-132
 22. Ткачев А. В. Исследование летучих веществ растений. – Новосибирск: Офсет, 2008. – 969 с.
 23. Тонковцева В.В., Ярош А.М., Батура И.А., Наговская Е.-Е.В., Коваль Е.С., Боркута М.А., Григорьев П.Е. Влияние эфирного масла иссопа лекарственного на психоэмоциональное состояние и умственную работоспособность пожилых людей // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. – 2021. – № 2. – С. 167-178. DOI: 10.37279/2413-1725-2021-7-2-167-178
 24. Фирсова М.К. Семенной контроль / М.К. Фирсова. – М.: Колос, 1969. – 295 с.
 25. Шевчук О.М., Иsicов В.П., Логвиненко Л.А. Методологические и методические аспекты интродукции ароматических и лекарственных растений. – Симферополь: ИТ «Ареал», 2022. – 140 с.
 26. Шишиов А.Д., Лесовская С.Г., Иванов М.Г. Влияние регуляторов роста растений и схем размещения на урожайность зеленой массы иссопа лекарственного различных сортообразцов в условиях Северо-запада России // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов. – 2001. – С. 177-180.
 27. Adams R.P. Identification of essential oil compounds by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy. – USA: Allured Pub. Corp., 2007. – 804 p.
 28. Ali Saebi, Saeed Minaee, Alireza Mahdavian, Mohammad-Taghi Ebadi. Effect of precision harvesting on the quality of herbal distillates (Case study of *Hyssopus officinalis* L.) // Food Science and Technology. – 2019. – Vol. 16(89). – P. 325-332.
 29. Bundessortenamt. Beschreibende Sortenliste Heil - und Gewürzpflanzen. -Hannover, Landbuch-Verlag, 2002. – 192 p.

30. *Fathiazad F., Mazandarani M., Hamedeyazdan S.* Phytochemical analysis and antioxidant activity of *Hyssopus officinalis* L. from Iran // Advanced Pharmaceutical Bulletin. – 2011. – Vol. 1(2). – P. 63-67.
31. *Hristova Y., Wanner J., Jirovetz L., Stappen I., Iliev I., Gochev V.* Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Hyssopus officinalis* L. from Bulgaria against clinical isolates of Candida species // Biotechnology & Biotechnological Equipment. – 2015. – Vol. 29(3). – P. 592-601. DOI: 10.1080/13102818.2015.1020341
32. *Letessier M.P., Svoboda K.P., Walters D.R.* Antifungal activity of the essential oil of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) // Journal of Phytopathology. – 2001. – Vol. 149(11/12). – P. 673-677.
33. *Lu M., Battinelli L., Daniele C., Melchioni C., Salvatore G., Mazzanti G.* Muscle relaxing activity of *Hyssopus officinalis* essential oil on isolated intestinal preparations // Planta Med. – 2002. – Vol. 68(3). – P. 213-216.
34. *Mićović T., Topalović D., Zivković L., Spremo-Potparević B., Jakovljević V., Matić S., Popović S., Baskić D., Stešević D., Samardžić S., Stojanović D., Maksimović Z.* Antioxidant, antigenotoxic and cytotoxic activity of essential oils and methanol extracts of *Hyssopus officinalis* L. subsp. *aristatus* (Godr.) Nyman (Lamiaceae) // Plants. – 2021. – Vol. 10(4). DOI: 10.3390/plants10040711
35. *Mitić V., Đorđević S.* Essential oil composition of *Hyssopus officinalis* L. cultivated in Serbia // Facta universitatis Series: Physics, Chemistry and Technology. – 2000. – Vol. 2(2). – P. 105-108.
36. *Mitić V., Čorđević S.* Essential oil composition of *Hyssopus officinalis* L. cultivated in Serbia // Facta univ. Ser. Phys., Chem. and Techn. – 2000. – Vol. 2(2). – P. 105-108.
37. *Moghtader M.* Essential oil composition of *Hyssopus officinalis* populations in southeastern Europe // Journal of Medicinal Plants Research. – 2013. – Vol. 7, № 28. – P. 2111-2114.
38. *Olađ M., Kolarević S., Zivković J., Alimpić Aradski A., Jovanović Marić J., Kračun Kolarević M., Dorđević J., Marin P. D., Šavikin K., Vuković-Gačić B., Duletić-Laušević S.* A comprehensive assessment of the chemical composition, antioxidant, genoprotective and antigenotoxic activities of Lamiaceae species using different experimental models in vitro // Food & Function. – 2021. – Vol. 12(7). – P. 3233-3245. doi: 10.1039/d1fo00447f
39. *Plugatar Yu.V., Bulavin I.V., Ivanova N.N., Miroshnichenko N.N., Saplev N.M., Shevchuk O.M., Feskov S.A., Naumenko T.S.* Study of the Component Composition of Essential Oil, Morphology, Anatomy and Ploidy Level of *Hyssopus officinalis* f. *cyaneus* Alef // Horticulturae. – 2023. – Vol. 9(4). – P. 480-492.
40. *Schnaubert K.* Neue Aromatherapie. Gesundheit und Wohlbefinden durch ätherische Öle. – Köln: VGS, 1996. – 167 p.
41. *Skrzypek Z.* Sterols and triterpenes in cell culture of *Hyssopus officinalis* L. – 2003. – Vol. 58(5-6). – P. 308-312.
42. *Vallejo M., Herráiz J., Pérez-Alonso M., Velasco-Negueruela A.* Volatile oil of *Hyssopus officinalis* L. from Spain // J. Essent. Oil Res. – 1995. – Vol. 7. – P. 567-568.
43. *Wabner D., Beier Ch.* Aromatherapie: Grundlagen, Wirkprinzipien, Praxis. – München: Urban & Fischer, 2009. – P. 217-321.
44. *Wesołowska A., Jadczak D., Grzeszczuk M.* Essential oil composition of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) cultivated in north-western Poland // Herba polonica. – 2010. – Vol. 56, No 1. – P. 57-65.
45. *Wolski T., Baj T., Kwiatkowski S.* Hyzop lekarski (*Hyssopus officinalis* L.) zapomniana roślina lecznicza, przyprawowa oraz miódodajna // Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska. – 2006. – Vol. 41(1). – P. 1-10.

46. Zawiślak G. Comparison of the chemical composition of essential oils isolated from hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) Cultivated in Different Conditions // *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus.* – 2013. 12(6). – P. 161-171.

Статья поступила в редакцию 29.03.2025 г.

Feskov S.A., Divakov A.P., Khohlov Yu.S., Shevchuk O.M. Variability of varietal characteristics of the essential oil plants during cultivation in different ecological and climatic conditions // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2025. – № 156. – P. 112-124.

A long-term study of the growth characteristics, development, morphological parameters and economic performance (yield, mass fraction of essential oil and its component composition) of 'Nikitskiy belyy' cultivar of medicinal hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) in different natural and climatic conditions of Crimea (the Southern Coast of Crimea is a zone of dry subtropical climate of the Mediterranean type and the Steppe Crimea is a zone of temperate continental climate) showed that the cultivar retains the main varietal characteristics regardless of the growing conditions: the mass fraction of essential oil fluctuates from 0.31 to 0.35% (of wet weight), pinocamphone and *iso*-pinocamphone stably dominate in the chromatographic profile (in total, their mass fraction is 69.8-79.4% on the Southern Coast of Crimea and 64.4-84.1% in the Steppe Crimea). Vegetation of plants on the Southern Coast of Crimea begins a month earlier, the vegetation period is shorter by 40-45 days, the phases of budding, flowering and fruiting of plants occur 10-20 days later in comparison with the Steppe Crimea. Hyssop plants when cultivated in the Steppe Crimea are distinguished by a higher productivity of the above-ground mass (115,56-133,33 c / ha) and, accordingly, a higher yield of essential oil 46,66 kg / ha). A direct dependence of the content of pinocamphone on temperature and the content of essential oil on the amount of precipitation and air humidity during the vegetation period was revealed.

Key words: Crimea; *Hyssopus officinalis* L.; cultivar; essential oil; component composition; pinocamphone; *iso*-pinocamphone