

УДК 633.8:58.084.1(477.75)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРИГИНАЛЬНОГО ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ДЛЯ
КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ И ОБЪЕКТИВНОЙ
МОРФОМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВИРГИНИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ
ЛАДАННИКА КРЫМСКОГО (*CISTUS TAURICUS* C. PRESL.) В ТЕПЛИЧНОЙ
КУЛЬТУРЕ *EX SITU***

Александр Ростиславович Никифоров,

Александр Тарасович Гиль

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52.

E-mail: adonis58@mail.ru

Ладанник крымский (*Cistus tauricus* C. Presl.) относится к группе особо ценных эфиромасличных видов. Его качества позволили в своё время включить растение в культуру и получать крымской промышленности парфюмерные и лекарственные препараты в объёмах, позволяющих удовлетворять запросы массового производства. Негативным последствием использования природного сырья ладанника явилось истощение природных популяций, что угрожало исчезновением этого вида из состава природных экосистем. Во избежание негативных последствий использования вида, его промышленная эксплуатация была запрещена, а сам вид был включён в Красную книгу Республики Крым. Тем не менее, спрос на сырьё ладанника остаётся актуальным. Использование зарубежных гибридов в культуре Южного берега Крыма (ЮБК) показало их несостоятельность из-за экологической несовместимости с условиями местного климата. К климату ЮБК приспособлен лишь ладанник крымский, что актуализирует необходимость его повторного введения в культуру.

В 2023 г. после 50-летнего перерыва ФБГУН «НБС ННЦ» были возобновлены работы по введению в культуру *ex situ* технически ценного эфиромасличного вида ладанника крымского. Из массива выращенных растений были выбраны наиболее перспективные экземпляры для дальнейших исследований. Продолжением этой работы стало использование в отношении растений ладанника оригинального экспресс-метода для диагностики и оценки жизненного состояния экспериментальных образцов. Проведенная работа указывает на перспективность дальнейших исследований по введению ладанника в культуру, размножения, селекции и получения высокопродуктивных и устойчивых к местному климату гибридов.

Ключевые слова: Южный берег Крыма; ладанник крымский; *ex situ*; эфиромасличное производство; экспресс-метод

Введение

Ладанник крымский (*Cistus tauricus* C. Presl.) относится к группе технически ценных видов, имеющих эфиромасличные, лекарственные, смолисто-ароматические и декоративные свойства. В частности, растения этого вида содержат 2÷4% ароматической смолы, получившей высокую парфюмерную оценку (Машанов, Андреева, 1988). Сырьё ладанника некоторое время активно использовалось в парфюмерной промышленности Крыма (Патудин, 1970, Машанов, Андреева, 1988), но после истощения природных популяций (Червона книга України, 2009) и включения вида в Красную книгу (Красная книга Республики Крым, 2016), ладанник перестали выращивать в культуре и перерабатывать в промышленности. В результате, разработанные ранее приемы размножения ладанника крымского *ex situ* (Патудин, 1970) не получили практического распространения. Более того, попытки по введению ладанника крымского в культуру были признаны бесперспективными из-за его медленного роста, слабой олиственности побегов, неудобной для уборки формы куста (Машанов, Андреева, 1988). В этот момент актуальность приобрели поиски аналогов сырья ладанника крымского из сортов культурных ладанников стран Средиземноморья. Всего для селекционной работы в Южном Крыму было привлечено 128 образцов 18 видов (Машанов, Андреева, 1988). Экспериментальный анализ потенциала коллекции показал, что для возделывания на

Южном берегу Крыма и для получения ароматической смолы образцы выделенных сортов оказались не пригодны. Исключением стал ладанник мохнатый, из семенной популяции которого в 1954 году был выделен сорт «Первенец» с урожайностью 40÷45 ц/га и содержанием смолы 7÷8% на абсолютно сухую массу (Машанов, Андреева, 1988). Этот сорт был внедрен в производство, но зимой 1974-1975 гг. растения вымерзли, после чего не выращивались (Машанов, Андреева, 1988). Ладанник крымский, для которого Южный Крым является естественным ареалом, напротив, демонстрирует устойчивость к местным климатическим условиям, что открывает перспективы селекционных работ с его растениями. Первым этапом этого научно-производственного проекта является введение ладанника крымского в тепличную культуру *ex situ*.

Возможность повторного введения ладанника крымского в культуру появилась после получения ФГБУН «НБС-ННЦ» разрешения Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым №1/2022 от 08.11.2022 г на размножение растений видов, занесенных в Красную книгу Республики Крым и не включенных в Красную книгу Российской Федерации.

Отсутствие публикаций по размножению ладанника крымского *ex situ*, возможность его ускоренного крупномасштабного размножения *in vitro* для получения сырья при сохранении дикорастущих растений, размножение растений в культуре для восстановления природных популяций актуализирует начатые исследования. В дальнейшем на основе перспективных форм, выведенных в тепличной культуре, планируется получить гибриды с ароматическими, декоративными и производно ценными техническими свойствами. Таким образом, начатое в ФГБУН «НБС-ННЦ» исследование по повторному введению ладанника крымского в тепличную культуру является начальным этапом разработки методики его размножения *in vitro* и дальнейшей селекционной работы.

Цель работы: выявить объективный метод оценки состояния растений ладанника крымского в тепличной культуре *ex situ*.

Объекты и методы исследования

Источником семян для эксперимента послужили растения ладанника крымского *Cistus tauricus* – вечнозеленого кустарника самосевого происхождения, произрастающего на территории ФГБУН «НБС-ННЦ». Высота использованных растений оптимальна для этого вида – 30÷70 см с характерными габитуальными объемными показателями и ориентировочным возрастом 20 лет. У всех растений супротивные, кожистые, ланцетные, морщинистые, густо опушенные листья длиной 1÷5 см. В фазе цветения (май – июль) у этих однодомных растений формировались одиночные пятилепестковые сизо-розовые цветки 4÷5 см в диаметре, лепестки которых отличается своеобразная мятая текстура (рис. 1). В августе у растений формируются плоды – овальная волосистая коробочка до 0,8 см диаметром. Созревшие семена для эксперимента отбирали осенью.

Из этих семян были получены объекты для дальнейшего исследования – растения ладанника крымского в тепличной культуре.

На начальном этапе в 2023 г. подтвердили высокую эффективность ранее предложенного способа проращивания семян ладанника крымского (Патудин, 1970).



Рис. 1 Ладанник крымский
Fig. 1 *Cistus tauricus*

Семена ладанника разделили на две части по 0,6 гр – 600 шт. семян. Одна часть, далее – «опыт», была прогрета при $\sim 70^{\circ}\text{C}$ в течение 5 часов. Вторая часть, далее – «контроль», не прогревалась. Проращивание семян опыта и контроля проводили при $+5\div 6^{\circ}\text{C}$ в увлажненном грунте в течение месяца. Семена опыта прорастали массово в несколько этапов (рис.2). При тех же условиях проращивания семена контроля давали единичные всходы.



Рис. 2 Этап проращивания семян опыта
Fig. 2 Germination stage of the experiment seeds

По результатам проращивания было получено около 400 шт. рассады опыта в кассетах и в вегетационных сосудах (перфорированных одноразовых стаканчиках 180 мл).

После трех месяцев выращивания рассады были получены 362 шт. проростка, которые были пикированы (рис. 3).



Рис. 3 Полученные сеянцы
Fig. 3 Seedling

В дальнейшем растения ладанника выращивали по отдельности. Уже на этом этапе между ними была отмечена высокая степень variability. В ходе развития она увеличивалась. Также наблюдалась дифференциация растений по признакам роста и развития (см. табл. 1).

Разнообразие морфологических типов растения предопределило их идентификацию по следующим онтоморфологическим признакам (Жукова, 1987): виргинильные – высота главного побега – $3 \div 9$ см, листья супротивные в количестве до $5 \div 6$ пар, в пазухах листьев раскрытые аксиллярные почки (рис. 4);



Рис. 4 Виргинильные растений *C. tauricus*
Fig. 4 Virginal *C. tauricus*

Имматурные – высота главного побега до 3 см, листьев до 3 пар, боковые почки закрыты (рис. 5).



Рис. 5 Имматурные растения *C. tauricus*
Fig. 5 Immature plants *C. tauricus*

Ювенильные – высота главного побега до 2 см, имеются семядоли и первая пара листьев, отклонение развития – низкорослый главный побег высотой до 1 см с одной парой листьев (рис. 6).



Рис. 6 Ювенильные ладанники
Fig. 6 Juvenile *C. tauricus*

Дефектное – растение без видимого процесса роста и развития (рис. 7).



Рис. 7 Особи *C. tauricus* с дефектами роста и развития
Fig. 7 *C. tauricus* individuals with growth and developmental defects

Результат дифференциации 362 шт. проростков, полученных на первом этапе, приведен в таблице 1.

Таблица 1

Состояние развития сеянцев ладанника крымского после трех месяцев выращивания в теплице

Table 1

Developmental state of *C. tauricus* seedlings after three months of cultivation in the greenhouse

Состояние / State	Количество, шт. / Quantity, pcs.	%
Виргинильное / Virginal	71	20
Имматурное / Immature	189	52
Ювенильное / Juvenile	0	0
Отклонение развития / Deviation	21	6
Дефектное / Defective	81	22

В общей сложности из 105 фенотипов шестимесячных саженцев тепличной культуры ладанника крымского отобраны в ФГБУН «НБС-ННЦ» в 2023 г.



Рис. 8 Тепличная культура шестимесячных саженцев
Fig. 8 Glasshouse culture of six-month-old seedlings

По результату следующих трех месяцев выращивания в теплице отобрали наиболее развитые шестимесячные саженцы (90 шт.), которые имеют следующие онтогенетические и морфометрические параметры (рис. 8): виргинильные с боковыми побегами, высота главного побега – $3 \div 9$ см, листья супротивные в количестве до $5 \div 6$ пар, кожистые, опушенные, морщинистые с большим морфологическим разнообразием размеров листовых пластинок (длиной $1 \div 4$ см, шириной $0,5 \div 2$ см).

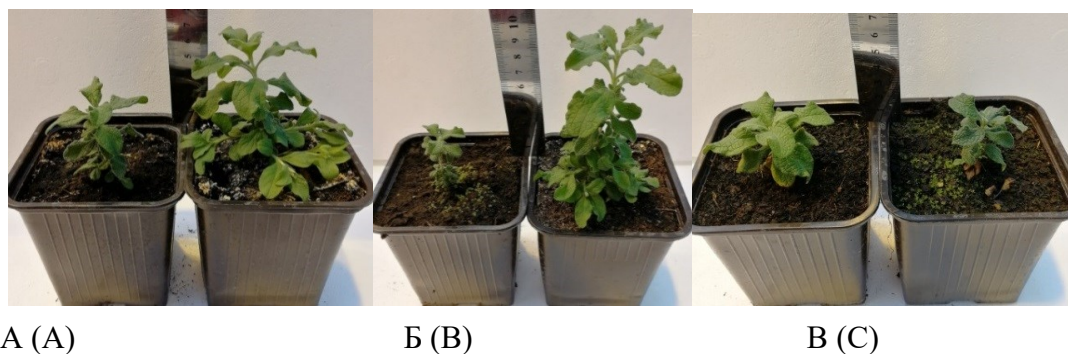


Рис. 9 Морфотипы по признакам ветвления А, размеру листьев Б, интенсивности окраски листьев В
Fig. 9 Morphotypes by branching traits A, leaf size B, leaf color intensity C

По лоткам распределили 90 ладанников (15 экземпляров в каждом лотке). Каждый из ладанников произрастает отдельно в стандартном вегетационном стаканчике (вегетационном сосуде). Ладанники дифференцированы на следующие альтернативные габитуальные морфотипы: ветвящиеся, не ветвящиеся, мелко- и крупнолистные, светло- и темнозеленые (рис. 9). В тепличной культуре преобладают ветвящиеся (67 экз.), крупнолистные (60 экз.) и темно-зеленые (69 экз.) растения. Вариабельность ладанников определила выбор метода для их общей диагностики и оценки.

Результаты и обсуждение

Для объективной диагностики состояния и оценки жизненности виргинильных растений ладанника был разработан оригинальный экспресс-метод с применением объективного показателя – коэффициента водопотребления, который равен отношению суммарного испарения воды с общей поверхности к биомассе растений. Таким образом, коэффициент водопотребления включает в себя не только транспирацию, но и испарение воды почвой (эвапорацию). В обычной практике преимущество коэффициента водопотребления перед транспирационным коэффициентом очевидно – его проще определить: для этого следует рассчитать разность содержания влаги в почве в начале и в конце вегетации (к этому добавить поступление воды с осадками и поливами), с последующим делением найденной величины на биомассу растений. В нашем случае – суточное потребление влаги, разделённое на площадь вертикальной проекции растения, вполне характеризует показатель биомассы. Коэффициент водопотребления рассчитан по формуле:

$$k_{wd} = P_d / S,$$

где

k_{wd} – коэффициент водопотребления, $\text{гр/сут} \cdot \text{см}^2$,

P_d – суточный расход воды растением, гр/сут ,

S – площадь вертикальной проекции растения, см^2 .

В этой части опыта для разработки метода диагностики и оценки использовали два лотка (30 растений). Один из них представлен на рис. 10.



Рис. 10 Лоток с растениями в тепличной культуре
Fig. 10 Tray with plants in glasshouse culture

Вегетационный сосуд 2 лотка №1 с выделенным контуром площади вертикальной проекции поверхности показан на рис. 11. Вертикальная проекция позволяет объективно оценить общую площадь транспирирующей поверхности. Для её расчёта применена программа Adobe Photoshop CS3 Extended. В разделе «анализ» устанавливали коэффициент шкалы (у нас в этом случае значению 30 см соответствовало 1836 пикселей). По выделенному контуру программа считает площадь, она составила 51.12 см². Расчёт производили для каждого растения.



Рис. 11 Вегетационный сосуд 2 лотка №1 с выделенным контуром вертикальной проекции
Fig. 11 Vegetation vessel 2 of tray 1 with highlighted contour of vertical projection

Оценку суточных эвапотранспирационных расходов провели весовым методом (разница между весом вегетационного сосуда в предыдущий и последующий день ровно через 24 часа). Результаты измерений представлены в таблице 2.

Среднесуточный коэффициент водопотребления в норме составил $0.64 \text{ гр./см}^2 \cdot \text{сут.}$, среднесуточное потребление – 14.67 гр./сут.

Таблица 2
Площади вертикальной теневой проекции, расход воды за сутки и коэффициент водопотребления
Table 2

Vertical shadow projection areas, water consumption per day and water use coefficient

Лоток_сосуд / Tray_vessel	$S_{\text{пр}}, \text{см}^2 / S_{\text{pr}}$ cm^2	расход за сут, гр. / daily rate, g	$k_{\text{wd}}, \text{гр./см}^2 \cdot \text{сут} /$ $k_{\text{wd}}, \text{g./cm}^2 \cdot \text{day}$
1 1	22.06	17	0.77
1 2	51.12	18	0.35
1 3	18.79	17	0.90
1 4	26.46	17	0.64
1 5	26.94	14	0.52
1 6	5.84	15	2.57
1 7	16.35	15	0.92
1 8	4.04	16	3.96
1 9	15.2	19	1.25
1 10	29.34	15	0.51
1 11	33.94	14	0.41
1 12	26.07	14	0.54
1 13	21.5	14	0.65
1 14	37.7	14	0.37
1 15	94.1	9	0.10
7 1	97.32	22	0.23
7 2	27.73	15	0.54
7 3	123.09	23	0.19

Окончание таблицы 1
Continuation of the Table 1

Лоток_сосуд / Tray_vessel	$S_{np}, \text{см}^2 / S_{pr}$ cm^2	расход за сут, гр. / daily rate, g	$k_{wd}, \text{гр./см}^2 \cdot \text{сут} /$ $k_{wd}, \text{g./cm}^2 \cdot \text{day}$
7_4	54.31	11	0.20
7_5	52.27	17	0.33
7_6	53.72	19	0.35
7_7	29.63	10	0.34
7_8	19.4	10	0.52
7_9	10.92	12	1.10
7_10	22.26	13	0.58
7_11	44.92	12	0.27
7_12	19.29	14	0.73
7_13	19.02	12	0.63
7_14	42.04	12	0.29
7_15	27.85	10	0.36

Отмечена следующая закономерность:

Молодые растения (1_6 и 1_8) по мере роста показали возрастную разницу (пока листья маленькие, они транспирируют интенсивнее, чем, когда они подрастают, и лист увеличивается по площади). Испарение из ряда мелких устьиц идет быстрее, чем из крупных устьиц суммарно того же диаметра. Очевидно, что эти молодые экземпляры имеют хорошую перспективу роста, тогда как разросшееся растение 1_15, видимо, утрачивает исходный потенциал развития. Для поддержания жизненного потенциала подобных растений целесообразно увеличить, полив именно в этой части лотка, где они произрастают, т.к. сейчас заметна неравномерность полива.

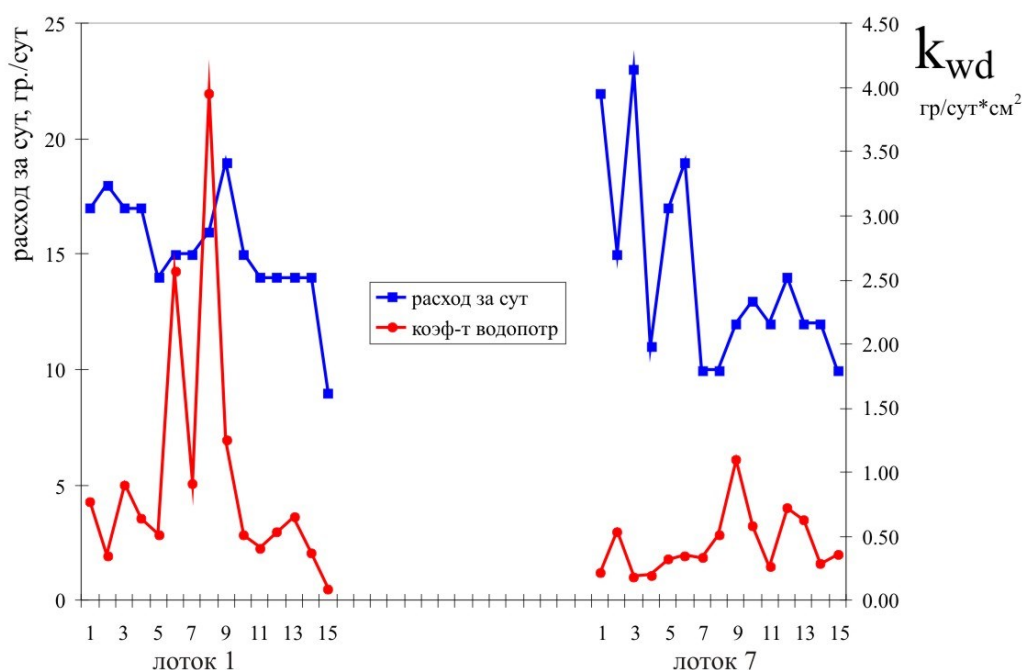


Рис. 12 Суточные расходы и коэффициенты водопотребления (лоток 1 и 7)

Fig. 12 Daily flow rates and water consumption coefficients (trough 1 and 7)

По аналитическим данным расчетов построен график, который демонстрирует соотношение расхода воды за сутки и коэффициент водопотребления (рис. 12). Из

графика следует, что высокий коэффициент водопотребления при нормальном суточном расходе воды обусловлен активным развитием растений. Низкий коэффициент водопотребления при низком расходе воды характерен для угнетённых растений. Высокий уровень суточного расхода воды, при небольших коэффициентах водопотребления отмечен у крупных растений (7_1, 7_3, 7_6). Соответственно, могут быть выделены 4 группы:

1. молодые, мелкие, активно растущие экземпляры – высокий k_{wd} ($> 1 \text{ гр./см}^2 \cdot \text{сут.}$), при нормальном P_d ($12 \div 17 \text{ гр./сут.}$);
2. нормально растущие виргинильные экземпляры – нормальный k_{wd} ($0.3 \div 0.8 \text{ гр./см}^2 \cdot \text{сут.}$), при нормальном P_d ($12 \div 17 \text{ гр./сут.}$);
3. хорошо разросшиеся, крупные экземпляры – нормальный k_{wd} ($0.3 \div 0.8 \text{ гр./см}^2 \cdot \text{сут.}$), при высоком P_d ($> 17 \text{ гр./сут.}$);
4. слабые, увядающие экземпляры – низкий k_{wd} ($< 0.3 \text{ гр./см}^2 \cdot \text{сут.}$), при низком P_d ($< 12 \text{ гр./сут.}$).

Заключение

Проведенное исследование восстанавливает утраченные компетенции ФГБУН «НБС-ННЦ» в отношении ладанника крымского. Проведенный эксперимент полностью подтверждает перспективность этого эфирноса для введения в культуру и массового размножения.

Благодарности / Acknowledgments

Материалы ладанника крымского для осуществления экспериментальной работы бережно подготовил Александр Хемович Липский, за что авторы выражают ему искреннюю благодарность.

Литература / References

- Жукова Л.А. Онтогенез и циклы воспроизведения растений // Журн. общ. биол., 1987. Т. 44. № 3. С. 361-374.
[Zhukova L.A. Ontogenesis and reproduction cycles of plants // Zh. obshch. biol. 1987. 44(3):361-374]
- Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы. Издание второе, исправленное / Отв. ред. А. В. Ена, А. В. Фатерыга. Симферополь, 2016. 480 с.
[The Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi. Second edition, revised / Ed. A.V. Yena, A.V. Fateryga. Simferopol, 2016. 480 p.]
- Машанов В.И., Андреева Н.Ф. Новые эфиромасличные культуры. Симферополь: Таврия, 1988. 160 с.
[Mashanov V.I., Andreeva N.F. New essential oil crops. Simferopol: Tavria, 1988. 160 p.]
- Патудин А.В. Ладанник крымский *Cistus tauricus* C. Presl. (биоэкологическая, биохимическая и хозяйственная характеристика): автореферат дис. ...канд. биол. наук. Ялта, 1970. 138 с.
[Patudin A.V. Crimean rockrose *Cistus tauricus* C. Presl. (bioecological, biochemical and economic characteristics): abstract of dis. ... candidate of biological sciences. Yalta, 1970. 138 p.]
- Патудин А.В. О возобновлении крымского ладанника на Южном берегу Крыма // Научные записки высшей школы. Биологические записки. 1969. № 3. С. 6-10.
[Patudin A.V. On the restoration of Crimean rockrose on the Southern Coast of Crimea // Scientific notes of the higher school. Biological notes. 1969. 3:6-10]
- Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я.П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 912 с.
[Red book of Ukraine. Plants' world / Ed. Ya.P. Didukh. K.: Globalconsulting, 2009. 912 p.]

Статья поступила в редакцию 15.08.2024 г.

Nikiforov A.R., Gil' A.T. Use of an original express method for complex diagnostics of the state and objective morphometric assessment of virginal plants of the Crimean rockrose (*Cistus tauricus* C. Presl.) in greenhouse culture *ex situ* // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2024. № 3 (172) P.15-26

Crimean frankincense (*Cistus tauricus* C. Presl.) belongs to the group of especially valuable essential oil species. Its qualities allowed in due time to include the plant into culture and to obtain perfumery and medicinal preparations in the Crimean industry in volumes allowing to satisfy the demands of mass production. The negative consequence of the use of natural raw materials of frankincense was the depletion of natural populations, which threatened the disappearance of this species from the natural ecosystems. In order to avoid negative consequences of the use of the species, its industrial exploitation was prohibited and the species was included in the Red Book of the Republic of Crimea. Nevertheless, the demand for raw materials of frankincense remains relevant. The use of foreign hybrids in the culture of the Southern Coast of Crimea (SCC) has shown their incompatibility with the local climate conditions. Only Crimean frankincense is adapted to the climate of the Southern Coast of Crimea, which actualises the need for its reintroduction into culture. In 2023, after a 50-year hiatus, the FSFIS "NBG-NSC" resumed work on the introduction of technically valuable essential-oil species of *Cistus tauricus* into *ex situ* culture. The most promising specimens for further research were selected from the array of cultivated plants. The continuation of this work was the use of the original express-method for diagnostics and assessment of the vital state of experimental specimens. The conducted work indicates the prospectivity of further studies on introduction of *Cistus tauricus* into culture, propagation, breeding and obtaining of highly productive and resistant to local climate hybrids.

Key words: *Southern Coast of Crimea; Cistus tauricus; ex situ; express-method; essential oil production*