EDN MLMKMQ
DOI 10.5281/zenodo.12200357
УДК 633.81:57.085.2

Тевфик А. Ш., Егорова Н. А.

РАЗВИТИЕ ЭКСПЛАНТОВ *THYMUS MARSCHALLIANUS* WILLD. И *THYMUS* × *CITRIODORUS* (PERS.) SCHREB. DOONE VALLEY НА ПЕРВОМ ЭТАПЕ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *Тимьян – одно из ценных эфиромасличных, лекарственных и пряноароматических растений, большой интерес к которому вызван наличием в эфирном масле тимола, имеющего антимикробную и антимикотическую активность. Клональное микроразмножение способствует ускоренному размножению ценных образцов, а также является основой для разработки методики депонирования. Цель исследования – изучение влияния состава питательной среды, типа экспланта и условий культивирования на развитие эксплантов на этапе введения in vitro при клональном микроразмножении. В статье представлены результаты исследований по стерилизации и культивированию эксплантов двух видов тимьяна (Thymus marschallianus Willd., Thymus × citriodorus (Pers.) Schreb.) на 15 вариантах питательной среды Мурасиге и Скуга (МС). Успешная стерилизация (94,2 % стерильных и 90,5 % жизнеспособных эксплантов) отмечена при последовательной обработке растительного материала 70 % этанолом (40 сек.) и 0,3 % раствором препарата «ДезТаб» (3 мин.). Показано, что наибольшее количество побегов на эксплант (до 8,8 шт./эксплант) было сформировано у T. × citriodorus по сравнению с T. marschallianus (до 4,3 шт./эксплант) при добавлении в питательную среду ТДЗ или БАП. Следует ометить, что при культивировании двух видов тимьяна на этих средах формировались короткие витрифицированные (5,1–73,2 %) микропобеги длиной 0,1–0,4 см. Определены оптимальные питательные среды для первого этапа размножения T. marschallianus – МС с 1,0 мг/л кинетина и 1,0 мг/л ГК$_3$, для T. × citriodorus – МС без регуляторов роста. На этих средах был получен коэффициент размножения растений, составивший 2,8–3,4. Показана эффективность использования в качестве эксплантов верхушек побегов и сегментов стебля с узлом. Установлено, что культивирование эксплантов в закрытых фольгой пробирках способствовало повышению коэффициента размножения до 1,3 раза по сравнению с пробирками, закрытыми ватно-марлевыми пробками.*

Ключевые слова*: Thymus × citriodorus, Thymus marschallianus, in vitro, регуляторы роста растений, генотип, факторы культивирования.*

Для цитирования: *Тевфик А. Ш., Егорова Н. А. Развитие эксплантов Thymus marschallianus Willd. и Thymus × citriodorus (Pers.) Schreb. Doone Valley на первом этапе клонального микроразмножения // Таврический вестник аграрной науки. 2024. № 2(38). С. 153–164. EDN: MLMKMQ. DOI: 10.5281/zenodo.12200357.*

For citation: *Tevfik A. Sh., Yegorova N. A. Development of explants of Thymus marschallianus Willd. and Thymus × citriodorus (Pers.) Schreb. Doone Valley at the first stage of clonal micropropagation // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2024. No. 2(38). P. 153–164. EDN: MLMKMQ. DOI: 10.5281/zenodo.12200357.*

Введение

Тимьян (*Thymus*) – многолетний полукустарник из семейства Яснотковые (Lamiaceae), получивший широкое признание еще со времен Древней Греции и Рима, где тимьян считался символом силы и мужества. В настоящее время его препараты используют при заболеваниях желудочно-кишечного тракта (гастритах, колитах, спазмах кишечника и метеоризме), верхних дыхательных путей и бронхитах и как антисептическое средство для обработки полости рта [1–4].

В Фармакопею России и других стран входят два вида тимьяна *Thymus vulgaris* L. и *Thymus serpyllum* L. [5]. Кроме того, существуют и другие виды тимьяна, которые можно использовать в качестве сырья для изготовления лекарственных препаратов. Так, по данным зарубежных ученых, основными компонентами *Thymus* × *citriodorus* является терпинолен (59,0–71,0 %), α-терпинеол (20,0–29,6 %) [6]. Эфирное масло этого вида также содержит гераниол (54,2–72,5 %) и до 15 % цитраля, что придаёт ему приятный лимонный аромат [7]. Наличие этих ценных компонентов позволяет использовать это масло в косметологии, ликероводочной и парфюмерной промышленности. Известно, что *Thymus* × *citriodorus* активно используется в кулинарии [8]. Имеется ряд публикаций, в которых говорится о применении растительного сырья этого вида в составе лекарственных препаратов [7, 9–11].

По данным биохимического анализа Шаповал и др. [12] в состав эфирного масла *Thymus marschallianus* входит тимол и его изомеры – 38,4 %, циклогексен – 8,9 %, g-терпинен – 7,6 %, эндоборнеол – 5,3 %. Suleimenov и др., в эфирном масле *T. marschallianus* также обнаружили 42,5 % тимола и 13,2 % лимонена [13]. Существуют данные о содержании карбоновых [14] и гидроксикоричных [15] кислот в эфирном масле этого вида. В ряде публикаций представлены данные об антимикробном [16–18], противоопухолевом [19, 20] и антиоксидантном [19] действиях эфирного масла *T. marschallianus*.

В последние десятилетия широкое распространение получило применение биотехнологических методов для микроразмножения и сохранения некоторых эфиромасличных культур. Так, протоколы микрорамножения *in vitro* разработаны для лаванды, розы эфиромасличной, шалфея, мяты, мелиссы, душицы, тысячелистника и других культур [21–24].

Аналогичные исследования для *Thymus* × *citriodorus* и *T. marschallianus in vitro* практически не проводили. Судя по имеющимся литературным источникам, эксперименты зарубежных и отечественных ученых, касающиеся микроразмножения тимьяна *in vitro*, достаточно противоречивы и в основном включали изучение клонального размножения других видов тимьяна, не произрастающих в России [25–28]. Поэтому **цель исследований** – изучение влияния состава питательной среды и условий культивирования на развитие эксплантов на этапе введения *in vitro* при клональном микроразмножении.

Материалы и методы исследований

Материалом служили ткани и органы тимьяна лимоннопахнущего (*Thymus* × *citriodorus* (Pers.) Schreb.) Doone Valley) и тимьяна Маршалла (*Thymus marschallianus* Willd.). Исходные донорные растения выращивали в условиях закрытого грунта. Растительный материал был получен из коллекции генофонда пряноароматических, эфиромасличных и лекарственных растений ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (УНУ №507515 http//www.ckp-rf.ru.).

В работе использовали общепринятые методы культуры органов и тканей растений [29], а также разработанные для некоторых видов эфиромасличных

растений [21, 30]. Для стерилизации растительного материала применяли следующие антисептики: «Фармасепт» – 96 % C_2H_5OH («Виват», Украина), «ДезТаб» – 43 % $C_3O_3N_3Cl_3$, 20 % – $NaC_3O_3N_3Cl_2$ («Ахлор Донге ЛТД», КНР). В качестве эксплантов выделяли из растений сегменты стебля с одним узлом или верхушки побегов (8–10 мм). Экспланты культивировали на различных модификациях питательной среды Мурасиге и Скуга (МС) [31] с добавлением тидиазурона (ТДЗ), гиббереллловой кислоты ($ГК_3$), кинетина (Кин) и БАП (Sigma, США) в пробирках, закрытых фольгой или ватно-марлевыми пробками. В пробирки с 10 мл питательной среды помещали два экспланта. Культивирование проводили при температуре 24–26 °С, относительной влажности воздуха 70 % и освещенности 2–3 тысячи люкс с фотопериодом 16 часов. Анализ морфометрических параметров развивающихся эксплантов проводили на 35–40 сут. культивирования. При этом определяли количество жизнеспособных и развивающихся эксплантов, частоту множественного побегообразования, количество и длину побегов, количество узлов на побег. Коэффициент размножения рассчитывали как произведение количества побегов (на экспланте) на число узлов на побеге. В каждом варианте опыта анализировали не менее 20 эксплантов, повторность опыта двух-трехкратная. Статистическую обработку данных проводили согласно стандартным методам, с использованием пакета программ Microsoft Office (Excel 2010).

Результаты и их обсуждение

С целью получения асептической культуры *T. marschallianus* и *T.* × *citriodorus* были проанализированы 12 вариантов режимов стерилизации растительного материала. Подобранная оптимальная схема стерилизации (последовательное использование 70 % этанола (40 сек.) и 0,3 % раствора препарата «ДезТаб» (10 мин.)) позволила получить максимальное количество стерильных (83,3–90,2 %) и развивающихся эксплантов (68,1–77,5 %).

В процессе культивирования эксплантов (сегментов стебля с одним узлом и верхушек побегов) на 10–15 сут. отмечали начало их развития у двух видов тимьяна. По мере дальнейшего выращивания на 3–4 неделю наблюдали формирование основного побега, а также индукцию адвентивных почек и побегов. В некоторых вариантах опыта происходило развитие пазушных побегов.

Для многих видов растений показано, что морфогенетический потенциал эксплантов в асептических условиях выращивания зависит от многих факторов – генотипа, физиологического состояния донорного растения, типа экспланта, условий культивирования (освещенности, типа культурального сосуда и пробки, продолжительности цикла выращивания), состава питательной среды. На этапе введения в культуру *in vitro* одним из важных показателей эффективности размножения является количество жизнеспособных и развивающихся эксплантов. При анализе развития эксплантов на разных модификациях питательной среды МС на большинстве сред с кинетином при культивировании *T. marschallianus* и *T.* × *citriodorus* наблюдали тенденцию повышения количества жизнеспособных эксплантов (рисунок 1). Всего было проанализировано 15 модификаций среды МС, контролем служила безгормональная среда (БГ).

Анализ влияния состава регуляторов роста на количество развивающихся эксплантов показал снижение этого параметра при использовании в качестве цитокинина ТДЗ или БАП (рисунок 2). При культивировании на средах с кинетином число развивающихся эксплантов у *T. marschallianus* достигало 78,4 %, *у T.* × *citriodorus* – 78,1 %.

Сравнение частоты множественного побегообразования у эксплантов *T. marschallianus* в зависимости от состава питательной среды показало, что этот

параметр значительно снижался при использовании 1,0 мг/л кинетина совместно с 0,5 мг/л ИМК (23,8 %) или 1,0 мг/л БАП с 0,5 мг/л ИУК (30,9 %). Наиболее активное множественное побегообразование с частотой до 73,3–79,2 % отмечено на средах, содержащих 1,0 мг/л кинетина с 0,5 мг/л ИУК или БАП с 1,0 мг/л $ГК_з$ (рисунок 3).

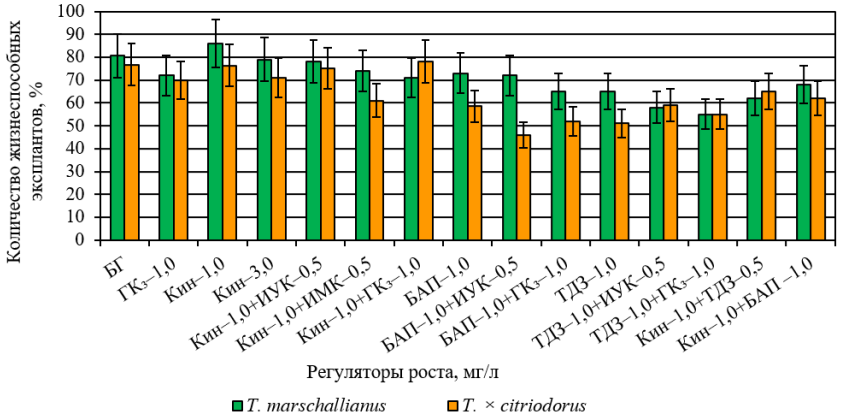


Рисунок 1 – Количество жизнеспособных эксплантов на этапе введения *T. × citriodorus* и *T. marschallianus* в культуру *in vitro*

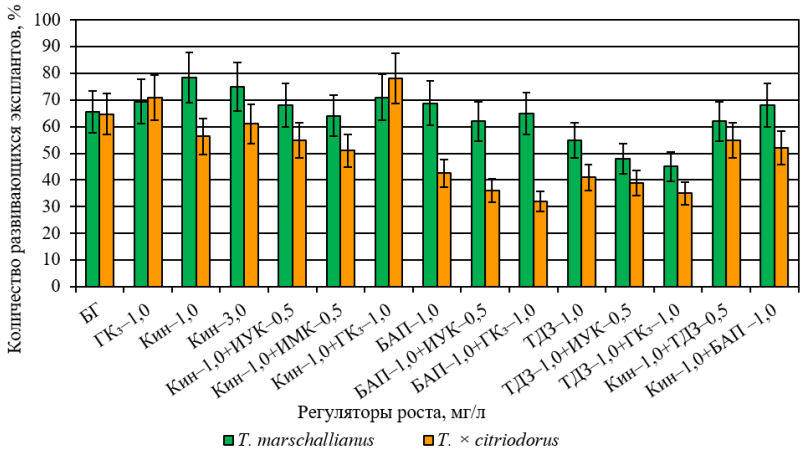


Рисунок 2 – Количество развивающихся эксплантов на этапе введения *T. × citriodorus* и *T. marschallianus* в культуру *in vitro*

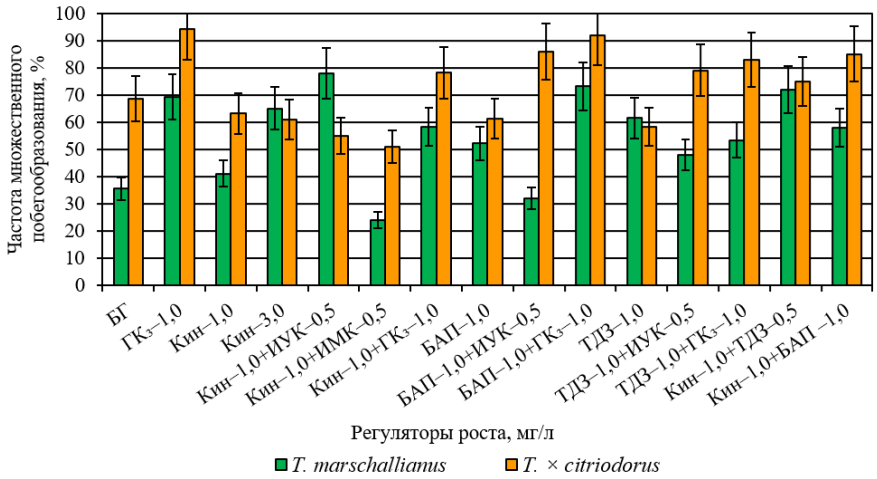


Рисунок 3 – Частота множественного побегообразования в зависимости от гормонального состава среды МС на первом этапе микроразмножения тимьяна

Максимальная частота множественного побегообразования *T. × citriodorus* (91,8–94,6 %) отмечена на питательной среде МС, содержащей $ГК_3$ или БАП совместно с $ГК_3$.

Анализ развития эксплантов на разных модификациях питательной среды МС показал, что при культивировании *T. × citriodorus* на средах с БАП или ТДЗ формировалось большее количество микропобегов (до 8,8 шт./эксплант) по сравнению с другими питательными средами (1,8–2,5 шт./эксплант). При введении в культуру *in vitro* эксплантов *T. marschallianus* также была выявлена тенденция увеличения данного показателя при использовании этих цитокининов (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние гормонального состава питательной среды и генотипа на развитие эксплантов тимьяна при введении в культуру *in vitro*

Регуляторы роста в среде МС, мг/л	*T. marschallianus*		*T. × citriodorus*	
	количество побегов на эксплант, шт.	длина побега, см	количество побегов на эксплант, шт.	длина побега, см
БГ	1,9 ± 0,2	1,2 ± 0,1	2,0 ± 0,2	1,4 ± 0,1
$ГК_3$ – 1,0	1,5 ± 0,1	0,4 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,8 ± 0,1
Кин – 1,0	1,6 ± 0,1	1,2 ± 0,1	2,0 ± 0,2	1,3 ± 0,1
Кин – 3,0	1,4 ± 0,1	2,0 ± 0,2	1,8 ± 0,2	0,8 ± 0,1
Кин – 1,0 + ИУК – 0,5	1,3 ± 0,2	0,9 ± 0,1	2,1 ± 0,1	1,3 ± 0,1
Кин – 1,0 + ИМК– 0,5	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1	2,0 ± 0,2	1,3 ±0,1
Кин –1,0 + $ГК_3$– 1,0	1,4 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,1 ± 0,1
БАП – 1,0	1,5 ± 0,2	1,2 ± 0,1	2,2 ± 0,2	0,5 ± 0,1
БАП – 1,0 + ИУК – 0,5	1,8 ± 0,2	0,9 ± 0,1	4,8 ± 0,3	0,5 ± 0,1
БАП –1,0 + $ГК_3$ – 1,0	2,2 ± 0,2	1,0 ± 0,1	8,8 ± 0,3	1,5 ± 0,2
ТДЗ – 1,0	3,9 ± 0,1	0,3 ± 0,1	4,1 ± 0,4	0,5 ± 0,1
ТДЗ –1,0 + ИУК – 0,5	2,8 ± 0,2	0,4 ± 0,1	4,7 ± 0,2	0,4 ± 0,1
ТДЗ – 1,0 + $ГК_3$ – 1,0	3,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1	4,5 ± 0,4	0,9 ± 0,1
Кин – 1,0 + ТДЗ – 0,5	1,2 ± 0,1	1,4 ± 0,1	3,7 ± 0,4	0,6 ± 0,1
Кин – 1,0 + БАП – 1,0	1,1 ± 0,2	1,3 ± 0,1	3,0 ± 0,3	0,7 ± 0,1

Исследование зависимости длины побегов от анализируемого состава и концентраций регуляторов роста в питательной среде показало, что при культивировании *T. marschallianus* на среде с ТДЗ формировались короткие микропобеги (до 0,4 см). Аналогичное снижение длины побегов у *T. × citriodorus* отмечено при добавлении ТДЗ или БАП. Использование в питательной среде МС в качестве цитокинина кинетина позволило повысить длину побегов до 0,9–2,0 см. Это способствовало получению побегов с 1,3–2,2 узлами.

Следует отметить, что у двух видов тимьяна большая часть укороченных микропобегов (длиной 0,3–0,4 см), полученных на средах с БАП и ТДЗ, были не способны к регенерации при дальнейшем субкультивировании. Поэтому оптимальной средой для *T. marschallianus* является МС с 1,0 мг/л кинетина и 1,0 мг/л $ГК_3$, а для *T. × citriodorus* – МС без регуляторов роста.

В ходе исследований выявлено, что среди изучаемых генотипов у *T.× citriodorus* был получен наибольший коэффициент размножения. Так, на среде МС с БАП и $ГК_3$ этот показатель достигал 12,3 (рисунок 4, таблица 2). Значительное повышение коэффициента размножения обусловлено высоким количеством побегов на эксплант, который достигал 8,8 шт./эксплант (см. таблицу 1). Однако 73,2 % полученных микропобегов в этом варианте опыта были оводненными, что свидетельствует о нецелесообразности использования этих регуляторов роста для культивирования на этапе введения *in vitro*.

При изучении влияния типа экспланта на морфометрические показатели микропобегов при введении в асептическую культуру отметили тенденцию

увеличения количества узлов на побег при использовании сегментов стебля с одним узлом (1,4–2,2 шт.). При этом количество улов на побеге увеличилось при использовании верхушек побегов (1,1–2,3).

При анализе влияния типа экспланта на коэффициент размножения не выявлено существенных различий. Поэтому для клонального микроразмножения тимьяна можно использовать как верхушки побегов, так и сегменты стебля с одним узлом, что способствует получению большего количества эксплантов с одного растения (таблица 3).



Рисунок 4 – Микропобеги *T.* × *citriodorus* (слева) и *T. marschallianus* (справа), формирующиеся на этапе введения *in vitro*

Таблица 2 – Коэффициент размножения тимьяна на этапе введения в культуру *in vitro* в зависимости от состава питательных сред и генотипа

Регуляторы роста в среде МС, мг/л	*T. marschallianus*		*T.* × *citriodorus*	
	коэффициент размножения	частота образования оводненных побегов, %	коэффициент размножения	частота образования оводненных побегов, %
БГ	2,1 ± 0,2	0	3,4 ± 0,3	0
$ГК_з$ – 1,0	1,7 ± 0,1	0	2,2 ± 0,2	0
Кин – 1,0	2,1 ± 0,2	0	3,0 ± 0,3	0
Кин – 3,0	2,2 ± 0,3	0	2,2 ± 0,3	0
Кин – 1,0 + ИУК – 0,5	1,4 ± 0,1	0	2,7 ± 0,3	0
Кин – 1,0 + ИМК – 0,5	1,8 ± 0,2	0	2,4 ± 0,4	0
Кин – 1,0 + $ГК_з$ – 1,0	2,8 ± 0,3	0	2,5 ± 0,3	0
БАП – 1,0	2,1 ± 0,2	0	2,4 ± 0,2	0
БАП – 1,0 + ИУК – 0,5	2,0 ± 0,2	5,1 ± 0,4	5,3 ± 0,5	34,3 ± 3,5
БАП – 1,0 + $ГК_з$ – 1,0	2,4 ± 0,2	12,4 ± 1,2	12,3 ± 0,9	73,2 ± 6,9
ТДЗ – 1,0	4,3 ± 0,5	44,8 ± 3,5	4,5 ± 0,5	12,5 ± 1,5
ТДЗ – 1,0 + ИУК – 0,5	3,1 ± 0,3	3,1 ± 0,3	5,2 ± 0,5	30,2 ± 3,5
ТДЗ – 1,0 + $ГК_з$ – 1,0	3,6 ± 0,4	45,3 ± 4,4	5,0 ± 0,5	25,6 ± 2,5
Кин – 1,0 + ТДЗ – 0,5	1,8 ± 0,2	0	4,1 ± 0,4	16,1 ± 1,4
Кин – 1,0 + БАП – 1,0	1,7 ± 0,2	0	3,3 ± 0,3	10,3 ± 0,3

При оптимизации условий культивирования в процессе клонального микроразмножения немаловажным является подобор типа культурального сосуда и даже типа пробки. Для этого в наших экспериментах экпланты *T. marschallianus* и *T.*× *citriodorus* помещали на питательные среды в пробирки, закрытые ватно-марлевыми пробками или фольгой (рисунок 5).



Рисунок 5 – Микропобеги *T.* × *citriodorus* при культивировании в пробирках с ватно-марлевыми пробками (слева) и фольгой (справа) на безгормональной питательной среде

Таблица 3 – Влияние генотипа и типа экспланта на развитие побегов на этапе введения тимьяна в культуру *in vitro*

Вид тимьяна	Регуляторы роста в среде МС, мг/л	Количество побегов, шт. на эксплант		Количество узлов, шт. на побег		Коэффициент размножения	
		ВП	У	ВП	У	ВП	У
T. marschallianus	–	1,7 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,1	2,0 ± 0,2	2,1 ± 0,2
	Кин – 1,0 + $ГК_3$ – 1,0	1,3 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1
	Кин – 1,0	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,8 ± 0,2	2,1 ± 0,2
	$ГК_3$ – 1,0	1,2 ± 0,2	1,4 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,0 ± 0,2	2,8 ± 0,3	2,8 ± 0,3
	БАП –1,0	1,4 ± 0,2	1,5 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,2
T. × *citriodorus*	–	1,8 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,7 ± 0,2	3,4 ± 0,3	3,1 ± 0,3
	Кин – 1,0 + $ГК_3$ – 1,0	1,8 ± 0,1	2,0 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,1 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2
	Кин – 1,0	1,6 ± 0,2	2,0 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,5 ± 0,2	2,9 ± 0,3	3,0 ± 0,3
	$ГК_3$ – 1,0	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,3 ± 0,1	2,7 ± 0,3	2,5 ± 0,3
	БАП –1,0	2,0 ± 0,2	2,2 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,4 ± 0,2

Примечание. *ВП – верхушка побега; У – сегмент стебля с узлом.*

Анализ зависимости коэффициента размножения от типа пробки показал в большинстве вариантов опыта увеличение этого показателя до 1,3 раза при использовании фольги для закрытия пробирок по сравнению с ватно-марлевыми пробками (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние генотипа и типа пробки на развитие побегов при введении тимьяна в культуру *in vitro*

Показатель	Регуляторы роста в среде МС, мг/л	*T. marschallianus*		*T.* × *citriodorus*	
		ватно-марлевая	фольга	ватно-марлевая	фольга
Количество побегов на эксплант, шт.	–	1,6 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,5 ± 0,2	1,8 ± 0,2
	Кин – 1,0	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,8 ± 0,2	2,0 ± 0,2
	БАП – 1,0	1,3 ± 0,1	1,5 ± 0,2	1,8 ± 0,2	2,2 ± 0,2
Длина побега, см	–	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,2	1,4 ± 0,1
	Кин – 1,0	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,1 ± 0,2	1,3 ± 0,1
	БАП – 1,0	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1
Количество узлов, шт. на побег	–	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,5 ± 0,2	1,7 ± 0,2
	Кин – 1,0	1,1 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0,2	1,5 ± 0,2
	БАП – 1,0	1,1 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,1 ± 0,2	1,1 ± 0,1
Коэффициент размножения	–	1,7 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,3 ± 0,2	3,1 ± 0,3
	Кин – 1,0	1,6 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,3 ± 0,2	3,0 ± 0,3
	БАП – 1,0	1,4 ± 0,1	2,1 ± 0,2	1,9 ± 0,2	2,4 ± 0,2

Хотя при культивировании эксплантов на большинстве питательных сред была отмечена лишь тенденция повышения этого параметра, тем не менее, на этапе введения целесообразно использовать фольгу. Аналогичные результаты были получены и при культивировании других видов тимьяна [22].

Выводы

В результате исследований выявлены особенности развития эксплантов двух видов тимьяна (*Thymus marschallianus* Willd., *Thymus* × *citriodorus* (Pers.) Schreb.) в зависимости от генотипа, гормонального состава питательной среды и условий культивирования на этапе введения в культуру *in vitro*. Установлено, что для получения 94,2 % стерильных и 90,5 % жизнеспособных эксплантов необходима последовательная стерилизация растительного материала 70 % этанолом (40 сек.) и 0,3 % раствором препарата «ДезТаб» (3 мин.). Изучение влияния 15 модификаций питательной среды Мурасиге и Скуга на развитие эксплантов показало, что при культивировании *T.* × *citriodorus* (8,8 шт./эксплант) и *T. marschallianus* (4,3 шт./эксплант) на средах с БАП или ТДЗ формировалось наибольшее количество микропобегов. Выявлено, что при культивировании двух видов тимьяна при добавлении ТДЗ или БАП формировались короткие микропобеги (до 0,4 см) с частотой витрификации 5,1–73,2 %. Установлено, что при использовании кинетина и среды без регуляторов роста отметили повышение длины побегов до 0,9–2,0 см, что позволило получить побеги с 1,3–2,2 узлами. Определены оптимальные питательные среды для первого этапа клонального микроразмножения: для *T. marschallianus* – МС с 1,0 мг/л кинетина и 1,0 мг/л $ГК_3$, для *T.* × *citriodorus* – МС без регуляторов роста. Показана эффективность использования в качестве эксплантов верхушек побегов и сегментов стебля с узлом. Установлено, что культивирование в пробирках, закрытых фольгой, способствовало увеличению коэффициента размножения (до 1,3 раза) по сравнению с пробирками, закрытыми ватно-марлевыми пробками. Представленные в данной статье результаты экспериментов по выявлению оптимальных лимитирующих факторов культивирования на этапе введения в культуру *in vitro T.* × *citriodorus* и *T. marschallianus* являются основой для дальнейшей разработки протокола клонального микроразмножения (2–4 этапы) этих видов тимьяна.

Литература

1. Aljabeili H. S., Barakat H., Abdel-Rahman H. A. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of thyme essential oil (*Thymus vulgaris*) // Food and Nutrition Sciences. 2018. Vol. 9. P. 433–446. DOI: 10.4236/fns.2018.95034.

2. Piatkowska E., Rusiecka-Ziólkowska J. Influence of essential oils on infectious agents // Adv. Clin. Exp. Med. 2016. Vol. 25. P. 989–995. DOI: 10.17219/acem/31287.

3. Sienkiewicz M., Denys P., Kowalczyk E. Antibacterial and immunostimulatory effect of essential oils // Int. Rev. Allergol. Clin. Immunol. 2011. Vol. 17. Iss. 1–2. P. 40–44.

4. Afonso A. F., Pereira O. R., Cardoso S. M. Health-promoting effects of Thymus phenolic-rich extracts: antioxidant, anti-inflammatory and antitumoral properties // Antioxidants. 2020. Vol. 9. No. 9. P. 814–834. DOI: 10.3390/antiox9090814.

5. Винокурова О. А., Тринеева О. В., Сливкин А. И. Сравнительная характеристика различных видов тимьяна: состав, свойства, применение (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. № 4 (17). С. 134–150.

6. Toncer O., Karaman S., Diraz E., Sogut T., Kizil S. Essential oil composition of *Thymus* × *citriodorus* (Pers.) Schreb. at different harvest stages // Not Bot Horti Agrobo. Cluj-Napoca. 2017. Vol. 45(1). P. 185–189. DOI: 10.15835/nbha45110672.

7. Raudone L., Zymone K., Raudonis R., Vainoriene R., Motiekaityte V., Janulis V. Phenological changes in triterpenic and phenolic composition of *Thymus* L. species // Industrial Crops and Products. 2017. Vol. 109. P. 445–451. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.08.054.

8. Pereira O. R., Peres A. M., Silva A. M. S., Domingues M. R. M., Cardoso S. M., Pereira O. R. Simultaneous characterization and quantification of phenolic compounds in *Thymus* × *citriodorus* using a validated HPLC–UV and ESI–MS combined method // Food Research International. 2013. Vol. 54. P. 1773–1780. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.09.016.

9. Oliveira A. S., Rolo J., Gaspar C., Cavaleiro C., Salgueiro L., Palmeria-de-Oliveira R., Ferraz C., Coelho S., Ramiro Pastorinho M. R., Sousa A. C., Teixeira J. P., Martinez-de-Oliveira J., Palmeira-de-Oliveira A. Chemical characterization and bioactive potential of *Thymus* × *citriodorus* (Pers.) Schreb. preparations for anti-acne applications: antimicrobial, anti-biofilm, anti-inflammatory and safety profiles // Journal of Ethnopharmacology. 2022. Vol. 287. Art. No. 114935. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114935/

10. Jurevičiūtė R., Ložienė K., Bruno M., Maggio A., Rosselli S. Composition of essential oil of lemon thyme (*Thymus* × *citriodorus*) at different hydrodistillation times // Natural Product Research. 2019. Vol. 33. Iss. 1. P. 80–88. DOI: 10.1080/14786419.2018.1434642.

11. Oliveira A. S., Cavaleiro C., Martinez-de-Oliveira J., Palmeira-de-Oliveira A. *Thymus* × *citriodorus*: an emerging aromatic and medicinal hybrid plant with relevant bioactive potential // Revista Brasileira de Farmacognosia. 2023. Vol. 33. P. 1089–1109. DOI: 10.1007/s43450-023-00423-5.

12. Шаповал О. Г., Шереметьева А. С., Дурнова Н. А., Мухамадиев Н. К., Раббимова Г. Т., Назирбеков М. Х., Купряшина М. А. Антибактериальная активность эфирных масел тимьяна ползучего (*Thymus serpyllum* L.) и тимьяна Маршалла (*Thymus marschallianus* Willd.) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2023. № 12(3). С. 143–150.

13. Suleimenov M., Machmudah S., Ishmuratova M. Yu., Sasaki M., Goto M. Investigation of Kazakhstani flora. I. GC/MS analysis of *Thymus marschallianus* Willd essential oil obtained by supercritical CO_2 extraction // Химия растительного сырья. 2010. № 1. С. 161–163.

14. Бубенчикова В. Н., Старчак Ю. А., Безъязычная А. А. Карбоновые кислоты травы тимьяна Маршалла (*Thymus marchallianus* Willd.) // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–15. С. 3316–3318.

15. Бубенчикова В. Н., Старчак Ю. А., Попова Н. В. Анализ гидроксикоричных кислот в траве тимьяна ползучего и тимьяна Маршалла // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2014. № 4. С. 28–31.

16. Шереметьева А. С., Шаповал О. Г., Дурнова Н. А. Антимикробная активность экстракта Thymus marshallianus в отношении клинических штаммов *S. aureus* и *C. albicans* // Аспирантский вестник Поволжья. 2022. Т. 22(4). С. 69–72. DOI: 10.55531/2072-2354.2022.22.4.69-72.

17. Ахметалимова А. М., Оразбаева П. З., Ишмуратова М. Ю., Ивасенко С. А., Гловняк К. Изучение растительных ресурсов *Thymus marschallianus* на территории Центрального Казахстана // Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». 2017. № 4(88). С. 8–13.

18. Niculae M., Hanganu D., Oniga I., Benedec D., Ielciu I., Giupana R., Sandru C.D., Ciocârlan N., Spinu M. Phytochemical profile and antimicrobial potential of extracts obtained from *Thymus marschallianus* Willd // Molecules. 2019. Vol. 24. Art. No. 3101. DOI: 10.3390/molecules24173101.

19. Шереметьева А. С., Дурнова Н. А., Чернышева Ю. Г. Влияние экстрактов тимьяна Маршалла на антиоксидантные процессы в опыте *in vivo* и *in vitro* // Аспирантский вестник Поволжья. 2021. № 5–6. С. 127–131.

20. Шереметьева А. С., Напшева А. М., Дурнова Н. А. Противоопухолевая активность *in vivo* водного и спиртового экстрактов *Thymus marschallianus* Willd. // Фармация и фармакология. 2021. № 9 (6). С. 476–484.

21. Егорова Н. А. Биотехнология эфиромасличных растений: создание новых форм и микроразмножение *in vitro*. Симферополь: Автограф, 2021. 315 с. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-978-5-6045452-9-4.

22. Егорова Н. А., Тевфик А. Ш. Клональное микроразмножение некоторых видов рода *Thymus* L. // Turczaninowia. 2023. Vol. 26. № 3. С. 5–13. DOI: 10.14258/turczaninowia.26.3.1.

23. Yegorova N. A., Stavtzeva I. V. Clonal micropropagation of essential oil rose cultivars and breeding samples at long-term subcultivation *in vitro* // E3S Web of Conferences: TPACEE-2020. 2020. Vol. 224. Art. No. 04010. DOI: 10.1051/e3sconf/202022404010.

24. Егорова Н. А., Якимова О. В. Влияние длительного субкультивирования на клональное микроразмножение *Melissa officinalis* L. и *Origanum vulgare* L. // Вестник Томского государственного университета. Серия «Биология». 2019. № 47. С. 22–39. DOI: 10.17223/19988591/47/2.

25. Tsoktouridis G., Krigas N., Sarropoulou V., Kampouropoulou S., Papanastasi K., Grigoriadou K., Menexes G. C., Maloupa E. Micropropagation and molecular characterization of *Thymus sibthorpii* Benth. (Lamiaceae), an aromatic-medicinal thyme with ornamental value and conservation concern // In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant. 2019. Vol. 55. P. 647–658. DOI: 10.1007/s11627-019-10000-y.

26. Bekircan T., Yaşar A., Yıldırım S., Sökmen M., Sökmen A. Effect of cytokinins on *in vitro* multiplication, volatiles composition and rosmarinic acid content of *Thymus leucotrichus* Hal. Shoots // Biotech. 2018. Vol. 8. Art. No. 180. DOI: 10.1007/s13205-018-1206-2.

27. Ansari Z. N., Boussaoudi I., Benkaddour R., Hamdoun O., Lemrini M., Martin P., Badoc A., Lamarti A. Conservation of *Thymus pallidus* Cosson ex Batt. by shoot tip and axillary bud *in vitro* culture // J Plant Biotechnol. 2020. Vol. 47. P. 53–65. DOI: 10.5010/JPB.2020.47.1.053.

28. Bakhtiar Z., Mirjalili M.H., Sonboli A. *In vitro* callus induction and micropropagation of *Thymus persicus*, an endangered medicinal plant // Crop Breeding and Applied Biotechnology. 2016. Vol. 16. P. 48–54. DOI: 10.1590/1984-70332016v16n1a8.

29. Калинин Ф. Л., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. К.: Наукова думка, 1980. 488 с.

30. Tevfik A. Sh., Yegorova N. A. Clonal micropropagation of *Thymus vulgaris* L. // E3S Web of Conferences: Topical Problems of Agriculture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE 2020). 2020. Vol. 224(2). Art. No. 04001. DOI: 10.1051/e3sconf/202022404001

31. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant, 1962. Vol. 15. No. 3. P. 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.

References

1. Aljabeili H. S., Barakat H., Abdel-Rahman H. A. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of thyme essential oil (*Thymus vulgaris*) // Food and Nutrition Sciences. 2018. Vol. 9. P. 433–446. DOI: 10.4236/fns.2018.95034.

2. Piatkowska E., Rusiecka-Ziólkowska J. Influence of essential oils on infectious agents // Adv. Clin. Exp. Med. 2016. Vol. 25. P. 989–995. DOI: 10.17219/acem/31287.

3. Sienkiewicz M., Denys P., Kowalczyk E. Antibacterial and immunostimulatory effect of essential oils // Int. Rev. Allergol. Clin. Immunol. 2011. Vol. 17. Iss. 1–2. P. 40–44.

4. Afonso A. F., Pereira O. R., Cardoso S. M. Health-promoting effects of Thymus phenolic-rich extracts: antioxidant, anti-inflammatory and antitumoral properties // Antioxidants. 2020. Vol. 9. No. 9. P. 814–834. DOI: 10.3390/antiox9090814.

5. Vinokurova O. A., Trineeva O. V., Slivkin A. I. Comparative characteristics of different types of thyme: the composition, properties and application (review) // Drug development & registration. 2016. No. 4 (17). P. 134–150.

6. Toncer O., Karaman S., Diraz E., Sogut T., Kizil S. Essential oil composition of *Thymus* × *citriodorus* (Pers.) Schreb. at different harvest stages // Not Bot Horti Agrobo. Cluj-Napoca. 2017. Vol. 45(1). P. 185–189. DOI: 10.15835/nbha45110672.

7. Raudone L., Zymone K., Raudonis R., Vainoriene R., Motiekaityte V., Janulis V. Phenological changes in triterpenic and phenolic composition of *Thymus* L. species // Industrial Crops and Products. 2017. Vol. 109. P. 445–451. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.08.054.

8. Pereira O. R., Peres A. M., Silva A. M. S., Domingues M. R. M., Cardoso S. M., Pereira O. R. Simultaneous characterization and quantification of phenolic compounds in *Thymus* × *citriodorus* using a validated HPLC–UV and ESI–MS combined method // Food Research International. 2013. Vol. 54. P. 1773–1780. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.09.016.

9. Oliveira A. S., Rolo J., Gaspar C., Cavaleiro C., Salgueiro L., Palmeria-de Oliveira R., Ferraz C., Coelho S., Ramiro Pastorinho M. R., Sousa A.C., Teixeira J. P., Martinez-de-Oliveira J., Palmeira-de-Oliveira A. Chemical characterization and bioactive potential of *Thymus* × *citriodorus* (Pers.) Schreb. preparations for anti-acne applications: antimicrobial, anti-biofilm, anti-inflammatory and safety profiles // Journal of Ethnopharmacology. 2022. Vol. 287. Art. No. 114935. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114935.

10. Jurevičiūtė R., Ložienė K., Bruno M., Maggio A., Rosselli S. Composition of essential oil of lemon thyme (*Thymus* × *citriodorus*) at different hydrodistillation times // Natural Product Research. 2019. Vol. 33. Iss. 1. P. 80–88. DOI: 10.1080/14786419.2018.1434642.

11. Oliveira A. S., Cavaleiro C., Martinez-de-Oliveira J., Palmeira-de-Oliveira A. *Thymus* × *citriodorus*: an emerging aromatic and medicinal hybrid plant with relevant bioactive potential // Revista Brasileira de Farmacognosia. 2023. Vol. 33. P. 1089–1109. DOI: 10.1007/s43450-023-00423-5.

12. Shapoval O. G., Sheremetyeva A. S., Durnova N. A., Mukhamadiev N. Q., Rabbimova G. T., Nazirbekov M. K., Kupryashina M. A. Antibacterial activity of essential oils of *Thymus serpyllum* L. and *Thymus marschallianus* Willd // Drug development & registration. 2023. No. 12(3). P. 143–150. DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-3-143-150.

13. Suleimenov M., Machmudah S., Ishmuratova M.Yu., Sasaki M., Goto M. Investigation of Kazakhstani flora. I. GC/MS analysis of *Thymus marschallianus* Willd essential oil obtained by supercritical CO_2 extraction // Khimija rastitel'nogo syr'ja (Chemistry of plant raw material). 2010. No.1. P. 161–163.

14. Bubenchikova V. N., Starchak Yu. A., Bezyazychnaya A. A. Carboxylic acid herb *Thymus marchallianus* Willd. // Fundamental Research. 2015. No. 2–15. P. 3316–3318.

15. Bubenchikova V. N., Starchak Yu. A., Popova N. V. Hydroxycinnamic acids analysis of *Thymus serpyllum* L. and *Thymus marschallianus* Willd. herb // Journal of pharmaceuticals quality assurance issue. 2014. No. 4. P. 28–31.

16. Sheremetyeva A. S., Shapoval O. G., Durnova N. A. The antimicrobial activity of *Thymus marshallianus* extract against clinical cultures *S. aureus* and *C. albicans* // Aspirantskiy Vestnik Povolzhiya. 2022. Vol. 22(4). P. 69–72. DOI: 10.55531/2072-2354.2022.22.4.69-72.

17. Akhmetalimova A. M., Orazbaeva P. Z., Ishmuratova M. Yu., Ivasenko S. A., Glovnyak K. Study of raw material resources of *Thymus marschallianus* at the territory of the Central Kazakhstan // Bulletin of the Karaganda University. Biology. Medicine. Geography Series. 2017. No. 4. P. 8–13.

18. Niculae M., Hanganu D., Oniga I., Benedec D., Ielciu I., Giupana R., Sandru C.D., Ciocârlan N., Spinu M. Phytochemical profile and antimicrobial potential of extracts obtained from *Thymus marschallianus* Willd // Molecules. 2019. Vol. 24. Art. No. 3101. DOI: 10.3390/molecules24173101.

19. Sheremetyeva A. S., Durnova N. A., Chernysheva Yu. G. Effect of *Thymus marschallianus* extract on lipid peroxidation processes *in vivo* and *in vitro* experiments // Aspirantskiy Vestnik Povolzhiya. 2021. No. 5-6. P. 127–131. DOI: 10.55531/2072-2354.2021.21.3.127-131.

20. Sheremetyeva A. S., Napsheva A. M., Durnova N. A. Antitumor activity *in vivo* of aqueous and alcoholic extracts of *Thymus marschallianus* Willd. // Pharmacy & Pharmacology. 2021. No. 9(6). P. 476–484. DOI: 10.19163/2307-9266-2021-9-6-476-484.

21. Yegorova N. A. Biotechnology of essential oil plants: creation of new forms and micropropagation *in vitro*. Simferopol: Autograph, 2021. 315 p. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-978-5-6045452-9-4.

22. Yegorova N. A., Tevfik A. Sh. Clonal micropropagation of some species of the genus T*hymus* L. // Turczaninowia. 2023. Vol. 26. No. 3. P. 5–13. DOI: 10.14258/turczaninowia.26.3.1.

23. Yegorova N. A., Stavtzeva I. V. Clonal micropropagation of essential oil rose cultivars and breeding samples at long-term subcultivation *in vitro* // E3S Web of Conferences: TPACEE-2020. 2020. Vol. 224. Art. No. 04010. DOI: 10.1051/e3sconf/202022404010.

24. Yegorova N. A., Yakimova O. V. The effect of long-term subcultivation on clonal micropropagation of *Melissa officinalis* L. and *Origanum vulgare* L. // Tomsk State University Journal of Biology. 2019. No. 47. P. 22–39. DOI: 10.17223/19988591/47/2.

25. Tsoktouridis G., Krigas N., Sarropoulou V., Kampouropoulou S., Papanastasi K., Grigoriadou K., Menexes G. C., Maloupa E. Micropropagation and molecular characterization of *Thymus sibthorpii* Benth. (Lamiaceae), an aromatic-medicinal thyme with ornamental value and conservation concern // In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant. 2019. Vol. 55. P. 647–658. DOI: 10.1007/s11627-019-10000-y.

26. Bekircan T., Yaşar A., Yıldırım S., Sökmen M., Sökmen A. Effect of cytokinins on *in vitro* multiplication, volatiles composition and rosmarinic acid content of *Thymus leucotrichus* Hal. Shoots // Biotech. 2018. Vol. 8. Art. No. 180. DOI: 10.1007/s13205-018-1206-2.

27. Ansari Z. N., Boussaoudi I., Benkaddour R., Hamdoun O., Lemrini M., Martin P., Badoc A., Lamarti A. Conservation of *Thymus pallidus* Cosson ex Batt. by shoot tip and axillary bud *in vitro* culture // J Plant Biotechnol. 2020. Vol. 47. P. 53–65. DOI: 10.5010/JPB.2020.47.1.053.

28. Bakhtiar Z., Mirjalili M. H., Sonboli A. *In vitro* callus induction and micropropagation of *Thymus persicus*, an endangered medicinal plant // Crop Breeding and Applied Biotechnology. 2016. Vol. 16. P. 48–54. DOI: 10.1590/1984-70332016v16n1a8.

29. Kalinin F. L., Sarnatskaya V. V., Polishchuk V. E. Methods of tissue culture in plant physiology and biochemistry. Kiev: Naukova dumka, 1980. 488 p.

30. Tevfik A. Sh., Yegorova N. A. Clonal micropropagation of *Thymus vulgaris* L. // E3S Web of Conferences: Topical Problems of Agriculture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE 2020). 2020. Vol. 224(2). Art. No. 04001. DOI: 10.1051/e3sconf/202022404001.

31. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant, 1962. Vol. 15. No. 3. P. 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.

UDC 633.81:57.085.2

Tevfik A. Sh., Yegorova N. A.

DEVELOPMENT OF *EXPLANTS OF THYMUS MARSCHALLIANUS WILLD.* AND *THYMUS* × *CITRIODORUS (*PERS.) SCHREB. DOONE VALLEY AT THE FIRST STAGE OF CLONAL MICROPROPAGATION

Summary. *Thyme is one of the valuable essential oil, medicinal and spicy-aromatic plants. Its essential oil contains thymol, which has antimicrobial and antimycotic properties. To accelerate propagation of such valuable plants and to develop the techniques of their deposition, clonal micropropagation is widely used. So, the aim of the current research was to study the influence of the culture medium composition, explant type and cultivation conditions on the development of explants at the stage of introduction in vitro. The article presents the results of studies on the sterilization and cultivation of two types of thyme explants (Thymus marschallianus Willd., Thymus × citriodorus (Pers.)*

Schreb.) using 15 variants of the Murashige and Skoog culture medium. The plant material was successfully sterilized using a sequential treatment of 70% ethanol (40 sec) and 0.3% solution of "DezTab". This resulted in obtaining 94.2% of sterile explants and 90.5% of viable ones. When TDZ or BAP was added to the culture medium, T. × citriodorus produced 8.8 shoots per explant, which was significantly higher than that of T. marschallianus (4.3 pieces/explant). However, it should be noted that both types of thyme cultured on these media had short vitrified microshoots (5.1-73.2%) with a length of 0.1-0.4 cm. At the 1st stage of propagation, MS with 1.0 mg/l kinetin and 1.0 mg/l GA_3 was found to be optimal for T. marschallianus, while MS without growth regulators – for T. × citriodorus. Multiplication index obtained on these media was equal to 2.8-3.4. The effectiveness of using shoot tips and stem segments with a node as explants has been demonstrated. It was also established that cultivating explants in test tubes sealed with foil increased the multiplication index by 1.3 times compared to tubes closed with cotton-gauze stoppers.

Keywords: *Thymus × citriodorus, Thymus marschallianus, in vitro, plant growth regulators, genotype, cultivation factors.*

Тевфик Арзы Шевкиевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: tevfik.arzy@yandex.ua.

Егорова Наталья Алексеевна, доктор биологических наук, заведующая лабораторией биотехнологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: yegorova.na@mail.ru.

Tevfik Arzy Shevkievna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of biotechnology, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: tevfik.arzy@yandex.ua.

Yegorova Natalia Alekseevna, Dr. Sc. (Biol.), head of the Laboratory of biotechnology, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: yegorova.na@mail.ru.

Работа выполнена в рамках государственного задания № FNZW-2022-0008 "Исследование морфогенетических, физиолого-биохимических и молекулярно-генетических особенностей культивируемых тканей, органов и регенерантов для разработки клеточных технологий получения новых генотипов, микроразмножения и создания коллекций эфиромасличных растений in vitro" при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей и животных в качестве объектов исследований.

Дата поступления в редакцию – 12.03.2024
Дата принятия к печати – 20.04.2024