



ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ИНДУКЦИИ МОРФОГЕНЕЗА В КАЛЛУСАХ *ORIGANUM VULGARE* L.

Якимова О.В., Егорова Н.А.

ФГБУН «Научно-исследовательский институт
сельского хозяйства Крыма», Симферополь, Россия

E-mail: olyakimova@yandex.ru

OPTIMIZATION OF CULTURE MEDIUM COMPOSITION FOR INDUCING MORPHOGENESIS FROM CALLUS CULTURES OF *ORIGANUM VULGARE* L.

Yakimova O.V., Yegorova N.A.

Research Institute of Agriculture of Crimea,
Simferopol, Russia

E-mail: olyakimova@yandex.ru

Аннотация

Origanum vulgare L. (душица обыкновенная) – ценная эфиромасличная культура, выведение ее высокопродуктивных сортов является актуальной селекционной задачей, эффективность которой повышается за счет биотехнологических методов. Целью исследования являлось изучение влияния генотипа и гормонального состава питательной среды на эффективность индукции каллусо- и морфогенеза *O. vulgare in vitro* для разработки эффективной биотехнологической методики, позволяющей получать соматоклональные варианты *O. vulgare* для последующего скрининга и внедрения в селекционный процесс. При культивировании эксплантов почек на средах Мурасиге и Скуга (МС), дополненных НУК, БАП, кинетин, ТДЗ, выявлены сортовые особенности их развития. На этапе введения в культуру *in vitro* у сорта Ак-Кая наблюдали максимальную частоту индукции непрямого морфогенеза (45.0%) на среде с 1.0 мг/л НУК и 1.0 мг/л ТДЗ, тогда как для сорта Квазар оптимальной оказалась среда с 1.0 мг/л НУК, 0.5 мг/л ТДЗ и 1.0 мг/л БАП (42.8%). При субкультивировании первичных каллусов регенерацию побегов с высокой частотой у сорта Ак-Кая (до 45.0%) наблюдали, как из морфогенных, так и из условно неморфогенных каллусов, а у сорта Квазар (42.8%) – преимущественно из первичных морфогенных каллусов. В результате было получено более 50 образцов растений-регенерантов. Полученные результаты являются основой для разработки методики получения соматоклонов, которые могут быть использованы в селекционных программах.

Ключевые слова:

Origanum vulgare L., морфогенез *in vitro*, каллусогенез, эксплант, растения-регенеранты, регуляторы роста растений

Abstract

Origanum vulgare L. is a valuable essential oil crop, and breeding for high-yielding varieties is a pressing selection task, the efficiency of which is enhanced by biotechnological methods. This study aimed to investigate the influence of genotype and the hormonal composition of nutrient media on the efficiency of callus and morphogenesis induction in *O. vulgare in vitro*, with the goal of developing an effective biotechnological protocol for obtaining somaclonal variants of oregano for subsequent screening and integration into breeding programs. When culturing bud explants on Murashige and Skoog (MS) media supplemented with NAA, BAP, kinetin, and TDZ, varietal differences in their development were identified. At the initial stage of *in vitro* culture, the 'Ak-Kaya' cultivar showed the highest frequency of indirect morphogenesis (45.0%) on a medium containing 1.0 mg/l NAA and 1.0 mg/l TDZ, while for the 'Kvasar' cultivar, a medium with 1.0 mg/l NAA, 0.5 mg/l TDZ, and 1.0 mg/l BAP proved optimal (42.8%). During subculturing of primary calli, a high frequency of shoot regeneration in the 'Ak-Kaya' cultivar (up to 45.0%) was observed from both morphogenic and non-morphogenic calli, whereas in the 'Kvasar' cultivar (42.8%), it was predominantly from primary morphogenic calli. More than 50 regenerant plant samples were obtained. The obtained results form the basis for developing a methodology for producing somaclones, which can be instrumental in breeding programs.

Keywords:

Origanum vulgare L., *in vitro* morphogenesis, callusogenesis, explant, regenerant plants, plant growth regulators

Поступила в редакцию: 20.04.2026

Принято в печать: 13.05.2026

Received: 20.04.2026

Accepted: 13.05.2026

Цитировать | Cite as

DOI: <https://doi.org/10.31163/2618-964X/2026-14> EDN: <https://www.elibrary.ru/iyetir>

ВВЕДЕНИЕ

В условиях современной геополитической конъюнктуры, развитие эфиромасличной отрасли Российской Федерации, как компонента агропромышленного комплекса, приобретает статус стратегически значимого направления государственной аграрной политики, обеспечивая экономическую устойчивость и ресурсный потенциал. [Вердыш *и др.* 2022; Хейфец, Чернова 2025]. Приоритетность данного направления обоснована рядом экономических, социальных и экологических факторов [Черкашина 2014; Черкашина, Шурухина 2020]. Эфирные масла и их производные являются незаменимыми компонентами в различных отраслях промышленности, включая фармацевтику, пищевую промышленность, косметологию, парфюмерию и медицину. Стимулирование развития отечественного эфиромасличного производства позволит обеспечить снижение зависимости от импортного сырья [Черкашина 2014; Паштецкий *и др.* 2019; Тимиргалеева *и др.* 2023]. В структуре эфиромасличного производства *Origanum vulgare* L. (душица обыкновенная) занимает значимое место, поскольку её эфирное масло характеризуется уникальным биохимическим составом и выраженной биологической активностью. Сырье и эфирное масло *O. vulgare* обладает антиоксидантными, антимикробными и противовоспалительными свойствами [Абрамчук *и др.* 2018; Blank *et al.* 2019]. Кроме того, растения *O. vulgare* представляют декоративный интерес, в связи с чем некоторые ученые изучают адаптивную способность сортов и образцов *O. vulgare* к различным условиям выращивания [Myagkikh *et al.* 2021; Мягких 2024]. Высокий спрос на продукты переработки *O. vulgare*, обусловлен их применением внутрицеллюлозной, фитотерапии, медицине, животноводстве, пищевой ликероводочной и других отраслях промышленности [Абрамчук *и др.* 2018; Куевда *и др.* 2024]. Это делает выведение высокомасличных сортов *O. vulgare* актуальной задачей селекции для развития отечественного растениеводства. В связи с этим ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» реализует селекционную программу, направленную на создание новых сортов *O. vulgare*, характеризующихся высокой продуктивностью и повышенным содержанием карвакрола в эфирном масле, что обеспечит конкурентоспособность российской продукции на международном рынке и удовлетворит внутренние потребности промышленности [Мягких *и др.* 2018].

Эффективность селекционного процесса может быть существенно улучшена путем применения современных биотехнологических методов, которые предоставляют инструменты для расширения генетического разнообразия исходного селекционного материала. Одной из наиболее распространенных и нашедших практическое применение клеточных технологий, позволяющих расширить генетическое разнообразие, является использование соматоклональной вариативности. Для многих видов растений было показано, что в процессе культивирования изолированных клеток у них возникают наследуемые соматоклональные изменения, которые могут проявляться у растений-регенерантов [Егорова 2021; Калашникова, Киракосян 2023]. С использованием метода соматоклональной вариативности был получен разнообразный исходный материал и многие сорта основных сельскохозяйственных и декоративных растений [Sarmah 2017; Гуляева *и др.* 2020; Rai 2021]. В литературе есть сведения о выявлении соматоклональных вариантов в эмбриогенной культуре хвойных растений [Гуляева *и др.* 2020]. Морфогенез в каллусных культурах является фундаментальным процессом в ряде биотехнологических подходов, используемых для регенерации растений в современном растениеводстве и селекции. Индукция и последующее развитие морфогенных структур в каллусе зависит от ряда факторов, таких как генотипические особенности исходного материала, состав питательной среды, условия культивирования *и др.* [Егорова 2021; Круглова 2024]. Так, для эксплантов растений риса подобраны оптимальные концентрации регуляторов роста, стимулирующих образование морфогенных и эмбриогенных каллусов *in vitro*, и показана зависимость непрямого органо- и эмбриогенеза от генотипа [Савенко *и др.* 2017, 2025]. При культивировании каллусов голубой ели выявлены оптимальные концентрации тидиазурона (ТДЗ), позволяющие получить органогенные структуры с нормальной морфологией [Железниченко *и др.* 2019]. Для сортов картофеля сибирской селекции, которые могут быть использованы в качестве модели в генной

инженерии, показана возможность индукции морфогенеза *in vitro* в каллусе стеблевых эксплантов [Ибрагимова и др. 2018].

Исследования с применением некоторых клеточных технологий проводят для ряда эфиромасличных и лекарственных растений [Колесникова, Васильченко 2018; Егорова, Якимова 2019; Егорова 2021]. Так, выделены соматклоны лаванды сорта Степная, превосходящие исходный сорт по сбору растительного сырья более чем на 50% [Бабанина и др. 2025]. Получен сорт шалфея мускатного Селинж путем непрямого морфогенеза из каллуса с элементами клеточной селекции, который превзошел сорт контроль по сбору эфирного масла на 43.9% [Ставцева, Егорова 2021]. Отобраны соматклоны стевии (С10, С14 и С26), которые демонстрировали более высокие показатели биометрических признаков (высота растения, количество побегов) в сравнении с контролем, что приводило к увеличению продуктивности зеленой массы с одного растения [Колесникова, Васильченко 2018].

Тем не менее, для *O. vulgare* научные исследования, касающиеся биотехнологических аспектов фрагментарны, и нуждаются в дальнейшем систематическом изучении. В доступной научной литературе зафиксированы лишь единичные сообщения. В большинстве своем они относятся к изучению вопросов клонального микроразмножения [Camacho et al. 2018; Fokina et al. 2020; Sarropoulou et al. 2022]. Греческие исследователи разработали технологию *in vitro*, позволяющую успешно размножить популяцию душицы критской, находящуюся под угрозой исчезновения, путем проращивания семян *in vitro* [Sarropoulou et al. 2022]. Изучены механизмы влияния типов регуляторов роста и их концентрации на процесс укоренения *in vitro* и адаптации *ex vitro* растений *O. vulgare* [Fokina et al. 2020; Benkaddour et al. 2022].

В настоящее время литературные данные, описывающие успешную индукцию каллусогенеза и последующую регенерацию побегов в каллусах *O. vulgare*, остаются крайне ограниченными. Существенным пробелом в современных исследованиях является недостаточная изученность факторов, определяющих эффективность индукции морфогенеза *in vitro* из эксплантов растений рода *Origanum*. Так, казахские исследователи в качестве эксплантов использовали молодые проростки из семян *in vitro*, при этом максимальную частоту индукции каллусогенеза отмечали на среде МС, дополненной 1.0 мг/л 2.4-дихлорфеноксиуксусной кислотой (2.4-Д) и 0.2 мг/л 6-бензиламинопурином (БАП) [Досымбетова и др. 2021]. В другой работе лучший каллусогенный ответ наблюдали из эксплантов гипокотилей и семядолей на среде с 2.4-Д и кинетином [Hussein et al. 2014], а из листовых эксплантов – на питательной среде с 2.4-Д и бензиладенином (БА) [Al-Jibouri et al. 2012], или тидиазуроном (ТДЗ) [Arafeh et al. 2006]. Большинство исследований анализ индукции каллусогенеза проводили с целью выделения продуктов вторичного синтеза [Arafeh et al. 2006; Al-Jibouri et al. 2012]. Лишь в работе Leelavathi и Kuppan в каллусе, выращенного на питательной среде МС, дополненной 2.0 мг/л 2.4-Д и 1.0 мг/л БАП, наблюдали развитие морфогенных структур с последующим развитием побегов способных к размножению [Leelavathi, Kuppan 2013]. В предыдущих исследованиях нами была изучена зависимость индукции каллусогенеза *O. vulgare* L. *in vitro* от типа экспланта и состава питательной среды. Тем не менее, в рамках выполненных экспериментов не было зафиксировано развития морфогенных структур в каллусах [Якимова, Егорова 2014].

В свете вышеизложенного, целью настоящего исследования является изучение влияния генотипа и гормонального состава питательной среды на эффективность индукции каллусо- и морфогенеза *O. vulgare in vitro* для разработки эффективной биотехнологической методики, позволяющей получать соматклональные варианты *O. vulgare* для последующего скрининга и внедрения в селекционный процесс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал для исследования: Исследования проводили на базе лаборатории биотехнологии селекционно-семеноводческого центра эфиромасличных культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» в 2024-2025 гг. В качестве эксплантов использовали иссеченные пазушные почки размером 1.0-1.3 мм сортов *O. vulgare* Ак-Кая и Квазар, выращенных в условиях закрытого грунта.

Стерилизация растительного материала: Стерилизацию растительного материала проводили в два этапа. На первом этапе биоматериал выдерживали в мыльном растворе в течение 40 мин, затем промывали под проточной водой 10 мин. На втором этапе в стерильных условиях материал обрабатывали 70%-м этиловым спиртом в течение 1 мин и 5%-м раствором гипохлорита натрия в течение 5 мин, затем трижды промывали стерильной дистиллированной водой (экспозиция по 10 мин) для полного удаления остатков дезинфицирующих агентов. Пазушные почки вычленили под стереоскопическим микроскопом МСП-1 (Россия) в асептических условиях ламинарного бокса БАВ нп-01-«Ламинар-С»-1.2 (Россия).

Модификации питательной среды и условия культивирования эксплантов: Экспланты культивировали на питательной среде Мурасиге и Скуга (МС) [Murashige, Skoog 1962], дополненной 20 г/л сахарозы, 8 г/л агар-агара, а также модифицированной регуляторами роста растений ауксинового и цитокининового типа действия в различных сочетаниях и концентрациях, такими как α -нафтилуксусная кислота (НУК), 6-бензиламинопурин (БАП), кинетин и тидиазурон (ТДЗ) (табл. 1). рН питательной среды корректировали до 5.7–5.8 ед. перед стерилизацией в автоклаве ГК-100-3 (ТУ 64-1-3667-82), режим стерилизации – давление 0.7–0.8 атм, экспозиция 20 мин. Культивирование эксплантов проводили в культуральной комнате при температуре воздуха $24 \pm 2^\circ\text{C}$, влажности 70%, освещенности 2000–3000 люкс и 16-часовом фотопериоде, согласно общепринятым в культуре клеток, тканей и органов *in vitro* методам [Калашникова, Киракосян 2023].

Таблица 1. Модификации питательной среды МС, использованные в экспериментах

Table 1. MS media compositions tested in the experiments

№ питательной среды	Гормональные добавки в составе питательной среды, мг/л
МС 57	НУК – 1.0; ТДЗ – 2.0
МС 58	НУК – 1.0; БАП – 2.0
МС 61	НУК – 1.0; БАП – 1.0
МС 62	НУК – 1.0; кинетин – 2.0
МС 63	НУК – 1.0; ТДЗ – 1.0
МС 66	НУК – 1.0; кинетин – 1.0
МС 67	НУК – 1.0; ТДЗ – 0.5; БАП – 1.0
МС 69	НУК – 1.0; ТДЗ – 1.0; БАП – 0.5

Анализируемые показатели: В рамках эксперимента на 35–40 сутки культивирования проводили анализ исследуемых параметров после этапа введения в культуру *in vitro* и после 1-го субкультивирования. Проводили оценку следующих параметров развития эксплантов: частоту образования каллуса (%-е соотношение эксплантов с каллусом от общего числа эксплантов); прирост каллуса (оценивали в баллах, при этом один балл соответствовал массе каллуса 150–300 мг, два балла – 300–400 мг, три балла – более 400 мг); частоту непрямого морфогенеза (%-е соотношение морфогенных каллусов от общего числа эксплантов с каллусами); среднее количество почек и побегов из одного каллуса.

Статистическая обработка данных: В каждом варианте опыта анализировали не менее 20 эксплантов в 3-кратной повторности. Количественные данные, полученные в результате экспериментов, были подвергнуты статистическому анализу с применением программного обеспечения Microsoft Excel 2016 и Statistica 10 (StatSoft, USA). В таблицах и на рисунках показаны средние значения и их стандартные ошибки. Нормальность распределения данных оценивали с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Так как все данные характеризовались нормальным распределением ($p \geq 0.5$), для оценки достоверности различий между вариантами применяли доверительный интервал ($\bar{x} \pm t_{0.05} \cdot SE$) и использовали дисперсионный анализ с последующим множественным сравнением по критерию Тьюки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В предыдущих исследованиях нами были разработаны протоколы индукции и длительного пассирования каллуса из разных типов эксплантов (лист, стебель, черешок) *O. vulgare*. При этом максимальная частота (до 85.0%) и прирост массы каллуса (1.5 балла) были на среде с добавлением 1.0 мг/л 2.4-Д и 0.5 мг/л БАП из эксплантов черешка [Якимова, Егорова 2014]. Следует отметить, что в каллусных тканях, полученных из этих эксплантов, мы не наблюдали индукцию морфогенеза, в связи с чем мы попробовали использовать в качестве эксплантов иссечённые пазушные почки размером 1.0–1.3 мм.

На этапе введения эксплантов *in vitro* формирование первичной каллусной ткани отмечали на 14–16-е сутки культивирования. В последующий период, с 15-х по 20-е сутки, наблюдали дифференциацию каллуса с образованием почек и побегов, что свидетельствует об индукции органогенеза. В отдельных экспериментальных вариантах отмечали индукцию ризогенеза, частота которого не превышала 10%. К 30-м суткам культивирования были зафиксированы различия в морфогенетическом потенциале: частота каллусогенеза варьировала от 25.0 до 100%, а интенсивность прироста каллуса составляла от 0.3 до 1.1 балла, в зависимости от варианта опыта (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние состава питательной среды и сорта на индукцию каллусо- и морфогенеза при введении в культуру *in vitro* эксплантов почек *O. vulgare*

Table 2. Effect of the culture medium composition and the cultivar on the induction of callus and morphogenesis when introducing *O. vulgare* bud explants into *in vitro* culture

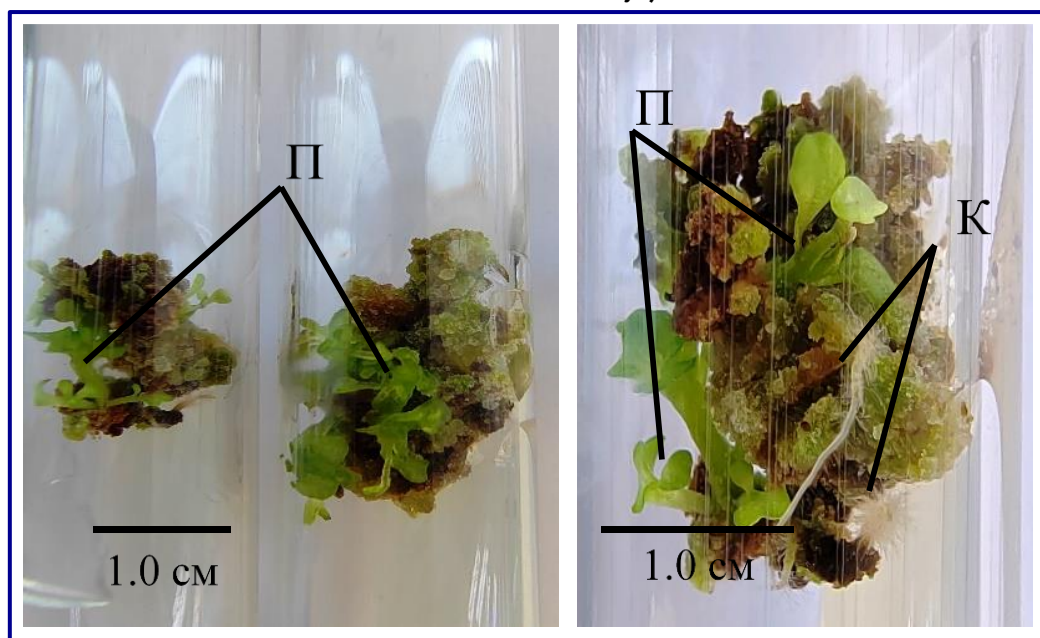
№ питательной среды	Сорт	Частота индукции каллусогенеза, %	Прирост каллуса, балл	Частота индукции морфогенеза, %	Количество почек и побегов, шт./каллус
МС 57	Ак-Кая	100	1.1±0.2 ^c	40.0±1.1	5.3±0.4 ^a
	Квазар	33.3±1.1	0.3±0.1 ^{ab}	0	-
МС 58	Ак-Кая	100	0.8±0.1 ^{abc}	10.5±0.7	1.2±0.2 ^a
	Квазар	40.0±1.2	0.3±0.1 ^a	0	-
МС 61	Ак-Кая	100	0.8±0.1 ^{abc}	23.5±0.4	2.6±0.3 ^a
	Квазар	25.0±0.9	0.4±0.1 ^{ab}	0	-
МС 62	Ак-Кая	100	0.7±0.1 ^{abc}	0	-
	Квазар	40.0±1.2	0.6±0.1 ^{ab}	0	-
МС 63	Ак-Кая	100	0.8±0.1 ^{abc}	45.0±1.4	9.0±1.8 ^{ab}
	Квазар	19.0±2.1	0.5±0.1 ^{abc}	0	-
МС 66	Ак-Кая	80.0±9.1	0.8±0.1 ^{abc}	0	-
	Квазар	27.2±0.9	0.4±0.1 ^{ab}	0	-
МС 67	Ак-Кая	94.7±5.2	0.9±0.1 ^{bc}	33.3±1.4	14.0±0.8 ^b
	Квазар	36.8±1.3	0.5±0.1 ^{ab}	42.8±2.1	5.3±0.4 ^{ab}

Анализ результатов эксперимента, представленных в таблице, свидетельствует о выраженном влиянии как генотипа, так и гормонального состава питательной среды на морфогенетический потенциал *O. vulgare*. При использовании в составе среды 1.0 мг/л НУК в сочетании с БАП или кинетином, индукция морфогенеза в каллусах отсутствовала, либо была минимальной (не превышала 10%). У сорта Ак-Кая индукция каллусогенеза, в зависимости от модификации питательной среды, варьировала в пределах 80–100% на всех исследованных вариантах среды, а у сорта Квазар величина данного показателя была значительно ниже (19–40%), что подтверждает существенные межсортные различия. Для сорта Ак-Кая высокую эффективность индукции морфогенеза в каллусе отмечали на средах МС 57 и МС 63, дополненных 1.0 мг/л НУК и 1.0 или 2.0 мг/л ТДЗ соответственно, а для сорта Квазар – исключительно на среде МС 67, дополненной НУК в сочетании с ТДЗ и БАП. Максимальные значения прироста каллуса (1.1 балла на среде МС 57) также были зафиксированы у сорта Ак-Кая. Однако самое большое количество

почек и побегов (14.0 шт./кallус) для этого сорта наблюдали на среде МС 67. Следует отметить, что у эксплантов сорта Ак-Кая развивалось в 1.7–2.6 раза больше почек, чем у эксплантов сорта Квазар. Полученные данные согласуются с общепринятой в мировой практике концепцией генотипической детерминированности морфогенетического ответа, согласно которой способность тканей к дедифференцировке и последующей регенерации во многом определяется генотипом донорного растения [цит. по: Егорова 2021]. В работе Leelavathi и Kuppan на этапе введения в культуру максимальная частота индукции каллусогенеза из эксплантов *O. vulgare* (90%) была на среде МС с 1.0 мг/л БАП и 2.0 мг/л 2.4-Д, но все каллусы были неморфогенными. Индукцию непрямого морфогенеза авторы отмечали только после субкультивирования первичных каллусов на питательной среде того же состава [Leelavathi, Kuppan 2013]. В других исследованиях максимальный каллусогенный ответ из эксплантов сегментов листьев получен на питательной среде, дополненной 1.0 мг/л 2.4-Д и 0.2 мг/л БАП [Досымбетова и др. 2021], из эксплантов гипокотилей и семядолей – на среде с 2.0 мг/л 2.4-Д и 0.5 мг/л кинетина или 4.0 мг/л 2.4-Д и 0.4 мг/л БАП [Hussein et al. 2014]. Однако в обоих случаях в сформированном каллусе исследователи не наблюдали морфогенных образований.

Рисунок 1. Морфогенные каллусы *O. vulgare* (сорт Ак-Кая)

Figure 1. Morphogenic calli of *O. vulgare* (cultivar Ak-Kaya)



Примечание: «П» – почки и побеги; «К» – корни

Визуальная оценка показала, что на этапе введения в культуру *in vitro* из эксплантов развивались каллусы с явно выраженными морфогенными структурами – зачатками листьев, почек (морфогенный каллус) и без них (условно неморфогенный каллус). В связи с чем оценку развития эксплантов из разных типов каллуса при последующем пассировании проводили отдельно.

При субкультивировании первичного каллуса жизнеспособность первичного каллуса у изучаемых сортов варьировала в пределах 50–80%. Сорт Квазар на ряде сред (МС 58, МС 63, МС 66, МС 69) показал более высокую частоту (62.5–80.0%), чем сорт Ак-Кая (55.0–72.7%), однако эти различия не всегда были статистически достоверными. Наиболее высокую частоту и интенсивность прироста каллуса для обоих сортов наблюдали на средах МС 57 и МС 63 (до 72.0% и 1.1 балла для Ак-Кая и до 80.0% и 0.5 балла для Квазара соответственно), что свидетельствует об адаптации каллусных клеток к условиям *in vitro* и их способности к быстрому росту (табл. 3). Сходные результаты по поддержанию каллусогенеза у популяции *Origanum majorana* были на среде с 0.2 мг/л ИУК и 1.5 мг/л БАП, что указывало на общую способность каллусных культур к росту при наличии стимуляторов [Sandhya et al. 2025]. В другой

работе, наоборот, отмечали достоверно значимое снижение частоты индукции каллусогенеза при пассировании. Однако каждое последующее субкультивирование приводило к снижению показателей интенсивности прироста каллуса [Hussein et al. 2014]. Максимальная частота индукции непрямого морфогенеза у сортов Ак-Кая и Квазар при пассировании также были на среде МС 63 (72.2 и 40.0%, соответственно). При этом в каллусах развивалось до 12.6 почек и побегов.

Таблица 3 – Влияние состава питательной среды и сорта на протекание каллусо- и морфогенеза при субкультивировании каллусных эксплантов *O. vulgare* (I пассаж)

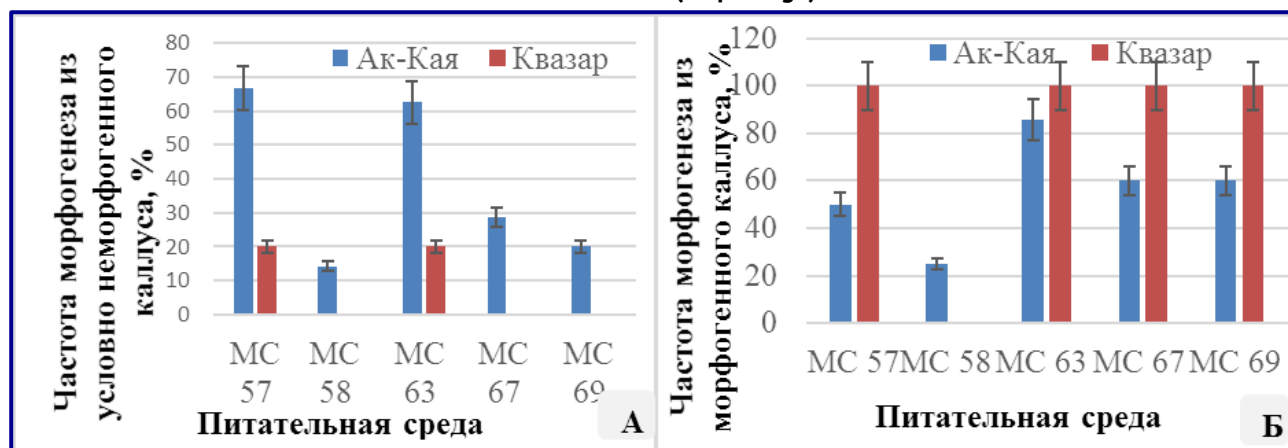
Table 3. The influence of culture medium composition and the cultivar on the progression of callus and morphogenesis during subculturing of callus explants *O. vulgare* (1st passage)

№ питательной среды	Сорт	Жизнеспособность первичного каллуса, %	Прирост каллуса, балл	Частота индукции морфогенеза, %	Количество почек и побегов, шт./каллус
МС 57	Ак-Кая	65.4±1.8	2.3±0.2 ^a	64.7±7.3	10.0±0.7 ^a
	Квазар	71.4±8.2	1.7±0.2 ^{ab}	40.0±0.2	4.5±0.5 ^b
МС 58	Ак-Кая	55.0±4.1	1.7±0.1 ^{ab}	18.2±1.2	5.5±0.5 ^b
	Квазар	50.0±2.3	1.4±0.2 ^b	0	-
МС 63	Ак-Кая	72.0±8.1	1.9±0.2 ^{ab}	72.2±6.8	11.5±0.5 ^{ab}
	Квазар	80.0±2.4	1.5±0.2 ^b	40.0±4.5	9.0±0.8 ^{ab}
МС 67	Ак-Кая	57.1±4.8	1.6±0.2 ^{ab}	41.7±1.4	12.6±0.4 ^a
	Квазар	66.7±2.1	2.4±0.3 ^a	20.0±2.0	8.5±0.5 ^{ab}
МС 69	Ак-Кая	72.7±9.7	2.1±0.2 ^a	5.0±2.9	9.9±0.9 ^a
	Квазар	62.5±1.8	1.9±0.2 ^{ab}	20.0±2.4	6.0±0.5 ^b

Следует отметить, что в первом пассаже регенерацию побегов с высокой частотой у сорта Ак-Кая наблюдали, как из субкультивируемых первичных морфогенных, так и из первичных условно неморфогенных каллусов, а у сорта Квазар – преимущественно из первичных морфогенных каллусов (рис. 2). Это может указывать на то, что у сорта Ак-Кая в визуально определяемых условно неморфогенных первичных каллусах уже происходила закладка морфогенных структур и, по-видимому, начинали формироваться почки, однако для их развития и образования побегов необходимо дальнейшее культивирование каллусной ткани.

Рисунок 2. Влияние состава питательной среды на развитие почек и побегов из условно неморфогенного (А) и морфогенного каллуса (Б) *O. vulgare* (1 пассаж)

Figure 2. Effect of nutrient medium composition on the development of buds and shoots from conditionally non-morphogenic (A) and morphogenic callus (B) of *O. vulgare* (1st passage)



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили выявить закономерности морфогенетического потенциала сортов *Origanum vulgare* L. в зависимости от гормонального состава питательной среды на этапах введения эксплантов в культуру *in vitro* и субкультивирования каллусных эксплантов. Показано, что экспланты сорта Ак-Кая обладают более высоким морфогенетическим потенциалом по сравнению с сортом Квазар. У сорта Ак-Кая морфогенез был успешно индуцирован в условиях пяти модификаций питательной среды, тогда как у сорта Квазар индукция морфогенеза наблюдалась лишь в одной модификации, что свидетельствует об ограниченности условий для проявления данного процесса у этого генотипа. Установлено, что максимальную частоту морфогенеза в каллусах для эксплантов сорта Ак-Кая на этапе введения в культуру *in vitro* отмечали на средах с 1.0 мг/л НУК и 1.0 или 2.0 мг/л ТДЗ (45.0 и 40.0%, соответственно), а для сорта Квазар (42.8%) – на среде с 1.0 мг/л НУК, 0.5 мг/л ТДЗ и 1.0 мг/л БАП.

При субкультивировании первичных каллусов регенерацию побегов в 1-м пассаже с высокой частотой у сорта Ак-Кая (до 72.2%) наблюдали, как из морфогенных, так и из условно неморфогенных каллусов, а у сорта Квазар (40.0%) – преимущественно из первичных морфогенных каллусов. Это демонстрирует способность сорта Ак-Кая сохранять морфогенетический потенциал при субкультивировании эксплантов из разных типов каллуса.

В результате работы были получены образцы растений-регенерантов, которые на сегодняшний день размножены с использованием разработанной нами методики клонального микроразмножения. В дальнейшем с полученными образцами планируется проведение молекулярно-генетических исследований с целью генетической идентификации соматоклональных вариаций у регенерантов в сравнении с исходными сортами, и их анализ в открытом грунте по комплексу хозяйственно полезных признаков.

Полученные результаты являются основой для разработки методики получения соматоклонов, которые могут служить исходным материалом для селекции.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена в рамках государственного задания № FNZW-2022-0008 при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Авторский вклад | Author's contribution

Якимова Ольга Валерьевна – формулирование идеи, исследовательских целей и задач, разработка методологии исследования, отслеживание воспроизводимости результатов / экспериментов, применение статистических методов для анализа данных исследования, проведение исследовательского процесса, в частности, проведение экспериментов, написание первоначального текста рукописи, подготовка и создание рукописи, её комментирование или пересмотр.

Егорова Наталья Алексеевна – надзор и руководство за планированием и выполнением исследовательской деятельности, включая наставничество, ответственность за управление и координацию планирования и осуществления научно-исследовательской деятельности, формулирование идеи, исследовательских целей и задач, подготовка и создание рукописи, её комментирование или пересмотр.

Yakimova Olga Valerievna – Conceptualization; Methodology; Software; Validation; Formal analysis; Investigation; Resources; Data curation; Writing – Original draft; Writing – Review & Editing; Visualization; Project administration.

Yegorova Natalia Alekseevna – Supervision; Project administration; Conceptualization; Methodology; Validation; Formal analysis; Investigation; Resources; Data curation; Writing – Original draft; Writing – Review & Editing; Visualization.

Конфликт интересов | Conflicts of Interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамчук А.В., Карпухин М.Ю., Сапарклычева С.Е. (2018) Влияние физиологически активных веществ на эффективность возделывания душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.). *Аграрный вестник Урала*. (8 (175)): 4–9. EDN: YLGONE
- Бабанина С.С., Егорова Н.А., Якимова О.В., Коваленко М.С. (2025) Вариабельность морфобиологических и хозяйственно ценных признаков у соматоклональных вариантов, полученных из каллусов лаванды сорта Степная. *Земледелие*. (1): 40–45. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2025-1-40-45> EDN: VTIZUY
- Вердыш М.В., Попова А.А., Якубовский В.В. (2022) Перспективы эфиромасличного производства в России. В: *Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений: Материалы IV международной научно-практической конференции. 22–25 июня 2022 г.* Симферополь: 5–11. EDN: WAGIZP
- Гуляева Е.Н., Игнатенко Р.В., Галибина Н.А. (2020) Соматоклональная изменчивость у хвойных в культуре *in vitro*. *Экологическая генетика*. 18(3): 301–315. <https://doi.org/10.17816/ecogen19143> EDN: NNXFLC
- Досымбетова С.А., Амирова А.К., Курбангалиева Т.А. (2021) Дәрілік өсімдік *Origanum vulgare* каллусогенезіне фитогормондардың әсері. *Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университетінің хабаршысы*. (1 (50)): 84–90. EDN: UNFZAV
- Егорова Н.А. (2021) Биотехнология эфиромасличных растений: создание новых форм и микроразмножение *in vitro*. Издательский дом «Автограф». Екатеринбург: 315. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-978-5-6045452-9-4> EDN: TEEKVB
- Егорова Н.А., Якимова О.В. (2019) Влияние длительного субкультивирования на клональное микроразмножение *Melissa officinalis* L. и *Origanum vulgare* L. *Вестник Томского государственного университета. Биология*. (47): 22–39. <https://doi.org/10.17223/19988591/47/2> EDN: UXEEWJ
- Железниченко Т.В., Мурасева Д.С., Стасова В.В., Новикова Т.И. (2019) Морфогенез *Picea pungens* Engelm. в культуре *in vitro* под действием тидиазурона. *Сибирский лесной журнал* (1): 57–64. <https://doi.org/10.15372/SJFS20190105> EDN: YZZXSP
- Ибрагимова С.М., Романова А.В., Мызгина Г.Х., Кочетов А.В. (2018) Морфогенетический потенциал сортов картофеля сибирской селекции в культуре *in vitro*. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 22(3): 316–320. <https://doi.org/10.18699/VJ18.366> EDN: UOAITI
- Калашникова Е.А., Киракосян Р.Н. (2023) Культура тканей и клеток растений. Издательство «КноРус». Москва: 184. EDN: SUSHRA
- Колесникова Е.О., Васильченко Е.Н. (2018) Изучение соматоклональной изменчивости растений *Stevia rebaudiana* в условиях *in vitro*. *Аллея науки*. 1(9 (25)): 469–472. EDN: YNUDPF
- Круглова Н.Н. (2024) Феномен индуцирования различных путей морфогенеза *in vitro* в одном каллусе: обзор проблемы. *Экобиотех*. 7(1): 26–33. <https://doi.org/10.31163/2618-964X-2024-7-1-26-33> EDN: YTTBCU
- Кувейда Т.А., Зубоченко Д.В., Остапчук П.С., Мягких Е.Ф., Ахрамеева М.А., Рейнштейн Л.Н., Сатаева Т.П., Постникова О.Н., Шевкопляс Л.А. (2024) Применение *Origanum vulgare* L. при напольном содержании цыплят как элемента органического птицеводства. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 25(2): 251–263. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.251-263> EDN: WGTZIY
- Мягких Е.Ф. (2024) Перспективы использования новых сортов *Origanum vulgare* L. селекции ФГБУН "НИИСХ Крыма" для озеленения. *Таврический вестник аграрной науки*. (4 (40)) <https://doi.org/10.5281/zenodo.14184696> EDN: IFAJVP
- Мягких Е.Ф., Марченко М.П., Новиков И.А. (2018) Сравнительный анализ гибридов *Origanum vulgare* L. по комплексу признаков. *Таврический вестник аграрной науки*. (2): 89–95. EDN: XTYJCH
- Паштецкий В.С., Невкрытая Н.В., Власова В.С., Хасанова Л.А., Хасанова З.М. (2019) Формирование высокотехнологичной эфиромасличной отрасли в агропромышленном комплексе Республики Крым. *Актуальная биотехнология*. (3 (30)): 332–333. EDN: NZOZPT

- Савенко Е.Г., Глазырина В.А., Кострюкова Э.Н., Шундрин Л.А. (2017) Каллусогенез и регенерация гибридов риса при различных концентрациях абсцизовой кислоты (АБК) в питательных средах. *Рисоводство*. (2 (35)): 46–50. EDN: YUJSAX
- Савенко Е.Г., Глазырина В.А., Шундрин Л.А., Мухина Ж.М., Есаулова Л.В. (2025) Влияние генотипа и регуляторов роста на эффективность индукции каллусогенеза и регенерации в культуре пыльников риса *in vitro*. *Овощи России*. (6): 41–48. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-41-48> EDN: BYMRJF
- Ставцева И.В., Егорова Н.А. (2021) Создание сорта шалфея мускатного с использованием методов клеточной инженерии. 2. Изучение растений-регенерантов на этапах селекционного процесса. *Таврический вестник аграрной науки*. (2 (26)): 208–222. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-2-26-208-222> EDN: FKAOPA
- Тимиргалеева Р.Р., Паштецкий В.С., Вердыш М.В., Попова А.А., Полякова Н.Ю. (2023) Комплексный механизм управления развитием эфиромасличного производства в Республике Крым (1 изд.). «Издательство Типография «Ариал». Симферополь: 216. EDN: ASGGEV
- Хейфец Б.А., Чернова В.Ю. (2025) Геополитическая фрагментация и продовольственная безопасность. *Вестник Института экономики Российской академии наук*. (1): 106–128. https://doi.org/10.52180/2073-6487_2025_1_106_128 EDN: LSCPPL
- Черкашина Е.В. (2014) Проблемы развития эфиромасличного производства в России. *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. (2 (139)): 77–79. EDN: RYZOON
- Черкашина Е.В., Шурухина А.Н. (2020) Развитие и совершенствование эфиромасличной и лекарственной отрасли. *Известия Дагестанского ГАУ*. (3 (7)): 59–65. EDN: EIJQOR
- Якимова О.В., Егорова Н.А. (2014) Индукция каллусогенеза в культуре изолированных органов *Origanum vulgare* L. *Масличные культуры*. (2 (159-160)): 81–86. EDN: TJFWOF
- Al-Jibouri A.M.J., Abd A.S., Majeed D.M., Ismail E.N. (2012) Influence of abiotic elicitors on accumulation of thymol in callus cultures of *Origanum vulgare* L. *Journal of Life Sciences*. 6(10): 1094–1099.
- Arafteh R.M., Shibli R.A., Al-Mahmoud M., Shatnawi M.A. (2006) Callusing, cell suspension culture and secondary metabolites production in Persian oregano (*Origanum vulgare* L.) and Arabian oregano (*O. syriacum* L.). *Jordan journal of agricultural sciences*. 2(3): 274–282.
- Benkaddour R., Ali N. Ben, Hamdoun O., Badoc A., Azaroual L., Martin P., Lamarti A. (2022) Micropropagation and acclimatization of common Oregano (*Origanum vulgare* L. Subsp. *vulgare*) by shoot tip culture. *American Journal of Plant Sciences*. 13(6): 833–855. <https://doi.org/10.4236/ajps.2022.136056> EDN: PMVOTC
- Blank D.E., Hübner S. de O., Alves G.H., Cardoso C.A.L., Freitag R.A., Cleff M.B. (2019) Chemical composition and antiviral effect of extracts of *Origanum vulgare*. *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 10(7): 188–196. <https://doi.org/10.4236/abb.2019.107014>
- Camacho H.J.C., Zambrano C.A.C., Rodríguez L.G. (2018) Evaluation of the *in vitro* growth of the culture of oregano (*Origanum vulgare*) from organogenesis's technology. *Respuestas*. 23(2): 36–42.
- Fokina A., Denysiuk K., Satarova T. (2020) *Origanum vulgare* L. cuttings rhizogenesis in microclonal reproduction *in vitro*. *Innovative Biosystems and Bioengineering*. 4(1): 51–63. <https://doi.org/10.20535/ibb.2020.4.1.192191> EDN: FXURSG
- Hussein Y., Amin G., Hashem E., Youssef K. (2014) *In vitro* cultivation of Marjoram (*Origanum majorana* L.) under influence of 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxy acetic acid) as herbicide. *Life Science Journal*. 11(2): 249–257. <https://doi.org/10.7537/marslsj110214.34>
- Leelavathi D., Kuppan N. (2013) Callus induction and regeneration of multiple shoots from *in vitro* apical bud explant of *Origanum vulgare*. An important medicinal plant. *International journal of research in pharmacy and chemistry*. 3(4): 898–903.
- Murashige T., Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 15(3): 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Myagkikh E., Babanina S., Mishnev A., Radchenko L., Pashtetskiy V., Nevkrytaya N., Loretts O. (2021) Ecological adaptability of some cultivars and breeding samples of *Origanum vulgare* L. *Agronomy*. 12(1): 16. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010016> EDN: DHPZFA
- Rai M.K. (2021) Somaclonal variation in improvement of agricultural crops: recent progress. In: Kumar S.D., Kumar T.A., Kumar P. (eds.) *Agricultural Biotechnology: Latest Research and*

- Trends*. Springer Nature Singapore. Singapore: 129–146. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2339-4_6
- Sandhya D., Jogam P., Rohela G.K., Sura S.P., Vadluri R., Shekhawat M.S., Abbagani S. (2025) Efficient *in vitro* regeneration through leaf-derived callus in *Origanum majorana* (L.): a multipurpose medicinal plant. *Vegetos*. <https://doi.org/10.1007/s42535-025-01556-9> EDN: SJPHLE
- Sarmah D. (2017) Somaclonal variation and its' application in ornamentals plants. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 5(2): 396–406. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2762>
- Sarropoulou V., Maloupa E., Grigoriadou K. (2022) *In vitro* direct organogenesis of the Cretan dittany (*Origanum dictamnus* L.), an important threatened Greek endemic species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 50(2): 12715. <https://doi.org/10.15835/nbha50212715> EDN: YUTKAW

REFERENCES

- Abramchuk A.V., Karpukhin M.Yu., Saparklycheva S.E. (2018) Influence of physiologically active substances on the efficiency of cultivation of the *Origanum vulgare* L. *Agrarian Bulletin of the Urals*. (8 (175)): 4–9. EDN: YLGQNF (in Russian)
- Babanina S.S., Yegorova N.A., Yakimova O.V., Kovalenko M.S. (2025) Morpho- biological and economically important traits variability in somaclonal variants derived from 'Stepnaya' lavender calluses. *Zemledelie*. (1): 40–45. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2025-1-40-45> EDN: VTIZUY (in Russian)
- Verdysh M.V., Popova A.A., Yakubovskiy V.V. (2022) Prospects for essential oil production in Russia. In: *Scientific and innovative potential for the development of production, processing and application of essential oil and medicinal plants: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference [Nauchnyy i innovatsionnyy potentsial razvitiya proizvodstva, pererabotki i primeneniya efiromaslichnykh i lekarstvennykh rasteniy: Materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. 22–25 June 2022. Simferopol: 5–11. EDN: WAGIZP (in Russian)
- Gulyaeva E.N., Ignatenko R.V., Galibina N.A. (2020) Somaclonal variability of conifers in culture *in vitro*. *Ecological genetics*. 18(3): 301–315. <https://doi.org/10.17816/ecogen19143> EDN: NNXFLC (in Russian)
- Dossymbetova S.A., Amirova A.K., Kurbangaliyeva T.A. (2021) The effect of phytohormones on callusogenesis of the medicinal plant *Origanum vulgare*. *Bulletin of Manash Kozybayev North Kazakhstan University*. (1 (50)): 84–90. EDN: UNFZAV (in Kazakh)
- Yegorova N.A. (2021) Bionotechnology of essential oil plants: creation of new forms and micropropagation *in vitro*. Avtograf Publishing House. Ekaterinburg: 315. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-978-5-6045452-9-4> EDN: TEEKVB (in Russian)
- Yegorova N.A., Yakimova O.V. (2019) The effect of long-term subcultivation on clonal micropropagation of *Melissa officinalis* L. and *Origanum vulgare* L. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. (47): 22–39. <https://doi.org/10.17223/19988591/47/2> EDN: UXEEWJ (in Russian)
- Zheleznichenko T.V., Muraseva D.S., Stasova V.V., Novikova T.I. (2019) Morphogenesis of *Picea pungens* Engelm. *in vitro* under the influence of thidiazuron. *Siberian journal of forest science* (1): 57–64. <https://doi.org/10.15372/SJFS20190105> EDN: YZZXSP (in Russian)
- Ibragimova S.M., Romanova A.V., Myzgina G.Kh., Kochetov A.V. (2018) The morphogenic potential of Siberian potato cultivars in tissue cultures. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 22(3): 316–320. <https://doi.org/10.18699/VJ18.366> EDN: UOAITI (in Russian)

- Kalashnikova E.A., Kirakosyan R.N. (2023) Plant tissue and cell culture [Kultura tkaney i kletok rasteniy]. KnoRus Publishing. Moscow: 184. EDN: [SUSHRA](#) (in Russian)
- Kolesnikova E.O., Vasilchenko E.N. (2018) Study of somaclonal variation of *Stevia rebaudiana* plants in *in vitro* conditions [Izuchenie somaklonalnoy izmenchivosti rasteniy *Stevia rebaudiana* v usloviyakh *in vitro*]. *Alley of Science [Alleya nauki]*. 1(9 (25)): 469–472. EDN: [YNUDPF](#) (in Russian)
- Kruglova N.N. (2024) The phenomenon of inducing various pathways of morphogenesis *in vitro* in one callus: a review of the problem. *Ecobiotech.* 7(1): 26–33. <https://doi.org/10.31163/2618-964X-2024-7-1-26-33> EDN: [YTTBCU](#) (in Russian)
- Kuevda T.A., Zubochenko D.V., Ostapchuk P.S., Myagkikh E.F., Ahrameeva M.A., Reinstein L.N., Sataieva T.P., Postnikova O.N., Shevkoplyas L.A. (2024) Using *Origanum vulgare* L. in the floor management of chickens as an element of organic poultry farming. *Agricultural Science Euro-North-East.* 25(2): 251–263. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.251-263> EDN: [WGTZIY](#) (in Russian)
- Myagkikh E.F. (2024) Prospects of using new varieties of *Origanum vulgare* L. bred at the Research Institute of Agriculture of Crimea for landscaping. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences.* (4 (40)) <https://doi.org/10.5281/zenodo.14184696> EDN: [IFAJVP](#) (in Russian)
- Myagkih E.F., Marchenko M.P., Novikov I.A. (2018) Comparative analysis of *Origanum vulgare* L. hybrides according to the complex of characteristics. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences.* (2): 89–95. EDN: [XTYJCH](#) (in Russian)
- Pashtetskiy V.S., Nevkrytaya N.V., Vlasova V.S., Khasanova L.A., Khasanova Z.M. (2019) Formation of high-tech essential oil industry in the agro-industrial complex of the Republic of Crimea [Formirovanie vysokotekhnologichnoy efiromaslichnoy otrasli v agropromyshlennom komplekse Respubliki Krym]. *Current Biotechnology [Aktualnaya biotekhnologiya]*. (3 (30)): 332–333. EDN: [NZOZPT](#) (in Russian)
- Savenko E.G., Glazyrina V.A., Kostryukova E.N., Shundrina L.A. (2017) Callusogenesis and regeneration of rice hybrids at different concentrations of abscisic acid (ABA) in nutritional media. *Rice Growing.* (2 (35)): 46–50. EDN: [YUJSAX](#) (in Russian)
- Savenko E.G., Glazyrina V.A., Shundrina L.A., Mukhina Zh.M., Esaulova L.V. (2025) Effect of genotype and growth regulators on the effectiveness of callusogenesis and regeneration in anther culture of rice *in vitro*. *Vegetable crops of Russia.* (6): 41–48. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-41-48> EDN: [BYMRJF](#) (in Russian)
- Stavtzeva I.V., Yegorova N.A. (2021) Creation of clary sage cultivar using cell engineering methods. 2. Study of plant-regenerants at the stages of breeding process. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences.* (2 (26)): 208–222. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-2-26-208-222> EDN: [FKAOPA](#) (in Russian)
- Timirgaleeva R.R., Pashtetskiy V.S., Verdysh M.V., Popova A.A., Polyakova N.Yu. (2023) Complex mechanism for managing the development of essential oil production in the Republic of Crimea [Kompleksnyy mekhanizm upravleniya razvitiem efiromaslichnogo proizvodstva v Respublike Krym]. 1st ed. "Arial" Publishing House. Simferopol: 216. EDN: [ASGGEV](#) (in Russian)
- Kheyfets B.A., Chernova V.Yu. (2025) Geopolitical fragmentation and food security. *Vestnik Instituta ekonomiki RAN.* (1): 106–128. https://doi.org/10.52180/2073-6487_2025_1_106_128 EDN: [LSCPPL](#) (in Russian)

- Cherkashina E.V. (2014) Problems of essential oil production development in Russia. *Proceedings of Petrozavodsk State University*. (2 (139)): 77–79. EDN: RYZOON (in Russian)
- Cherkashina E.V., Shurukhina A.N. (2020) Development and improvement of the essential oil and drug industry. *Dagestan GAU Proceedings*. (3 (7)): 59–65. EDN: EIJOOR (in Russian)
- Yakimova O.V., Egorova N.A. (2014) Induction of callusogenesis in culture of isolated organs of *Origanum vulgare* L. *Oil crops*. (2 (159-160)): 81–86. EDN: TJFWOF (in Russian)
- Al-Jibouri A.M.J., Abd A.S., Majeed D.M., Ismail E.N. (2012) Influence of abiotic elicitors on accumulation of thymol in callus cultures of *Origanum vulgare* L. *Journal of Life Sciences*. **6**(10): 1094–1099.
- Arafteh R.M., Shibli R.A., Al-Mahmoud M., Shatnawi M.A. (2006) Callusing, cell suspension culture and secondary metabolites production in Persian oregano (*Origanum vulgare* L.) and Arabian oregano (*O. syriacum* L.). *Jordan journal of agricultural sciences*. **2**(3): 274–282.
- Benkaddour R., Ali N. Ben, Hamdoun O., Badoc A., Azaroual L., Martin P., Lamarti A. (2022) Micropropagation and acclimatization of common Oregano (*Origanum vulgare* L. Subsp. *vulgare*) by shoot tip culture. *American Journal of Plant Sciences*. **13**(6): 833–855. <https://doi.org/10.4236/ajps.2022.136056> EDN: PMVOTC
- Blank D.E., Hübner S. de O., Alves G.H., Cardoso C.A.L., Freitag R.A., Cleff M.B. (2019) Chemical composition and antiviral effect of extracts of *Origanum vulgare*. *Advances in Bioscience and Biotechnology*. **10**(7): 188–196. <https://doi.org/10.4236/abb.2019.107014>
- Camacho H.J.C., Zambrano C.A.C., Rodríguez L.G. (2018) Evaluation of the *in vitro* growth of the culture of oregano (*Origanum vulgare*) from organogenesis's technology. *Respuestas*. **23**(2): 36–42.
- Fokina A., Denysiuk K., Satarova T. (2020) *Origanum vulgare* L. cuttings rhizogenesis in microclonal reproduction *in vitro*. *Innovative Biosystems and Bioengineering*. **4**(1): 51–63. <https://doi.org/10.20535/ibb.2020.4.1.192191> EDN: FXURSG
- Hussein Y., Amin G., Hashem E., Youssef K. (2014) *In vitro* cultivation of Marjoram (*Origanum majorana* L.) under influence of 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxy acetic acid) as herbicide. *Life Science Journal*. **11**(2): 249–257. <https://doi.org/10.7537/marslsj110214.34>
- Leelavathi D., Kuppan N. (2013) Callus induction and regeneration of multiple shoots from *in vitro* apical bud explant of *Origanum vulgare*. An important medicinal plant. *International journal of research in pharmacy and chemistry*. **3**(4): 898–903.
- Murashige T., Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. **15**(3): 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Myagkikh E., Babanina S., Mishnev A., Radchenko L., Pashtetskiy V., Nevkrytaya N., Loretts O. (2021) Ecological adaptability of some cultivars and breeding samples of *Origanum vulgare* L. *Agronomy*. **12**(1): 16. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010016> EDN: DHPZFA
- Rai M.K. (2021) Somaclonal variation in improvement of agricultural crops: recent progress. In: Kumar S.D., Kumar T.A., Kumar P. (eds.) *Agricultural Biotechnology: Latest Research and Trends*. Springer Nature Singapore. Singapore: 129–146. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2339-4_6
- Sandhya D., Jogam P., Rohela G.K., Sura S.P., Vadluri R., Shekhawat M.S., Abbagani S. (2025) Efficient *in vitro* regeneration through leaf-derived callus in *Origanum majorana* (L.): a

multipurpose medicinal plant. *Vegetos.* <https://doi.org/10.1007/s42535-025-01556-9>
EDN: [SJPHLE](https://www.elibrary.ru/iyetir)

Sarmah D. (2017) Somaclonal variation and its' application in ornamentals plants. *International Journal of Pure & Applied Bioscience.* 5(2): 396–406. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2762>

Sarropoulou V., Maloupa E., Grigoriadou K. (2022) *In vitro* direct organogenesis of the Cretan dittany (*Origanum dictamnus* L.), an important threatened Greek endemic species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca.* 50(2): 12715. <https://doi.org/10.15835/nbha50212715> EDN: [YUTKAW](https://www.elibrary.ru/iyetir)

Цитировать как

Якимова О.В., Егорова Н.А. (2026) Оптимизация состава питательной среды для индукции морфогенеза из каллусов *Origanum vulgare* L. *Экобиотех.* 9(2): 174-187. DOI: <http://doi.org/10.31163/2618-964X/2026-14>
EDN: <https://www.elibrary.ru/iyetir>

Сведения об авторах

Якимова Ольга Валерьевна, к.б.н., Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия. E-mail: olyakimova@yandex.ru. SPIN: 4269-4580, ResearcherID: №-4659-4580, ORCID: 0000-0003-1586-498x, ScopusID: 57212529937.

Егорова Наталья Алексеевна, д.б.н., ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Симферополь, Россия. E-mail: yegorova.na@mail.ru. SPIN: 5825-2460, ResearcherID: P-6508-2018, ORCID: 0000-0002-5455-3044, ScopusID: 57209739894.

Cited as

Yakimova O.V., Yegorova N.A. (2026) Optimization of nutrient medium composition for inducing morphogenesis from callus cultures of *Origanum vulgare* L. *Ecobiotech.* 9(2): 174-187. DOI: <http://doi.org/10.31163/2618-964X/2026-14> EDN: <https://www.elibrary.ru/iyetir>

Information About the Authors

Yakimova Olga Valerievna, PhD in Biology, Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia. E-mail: olyakimova@yandex.ru. SPIN: 4269-4580, ResearcherID: №-4659-4580, ORCID: 0000-0003-1586-498x, ScopusID: 57212529937.

Yegorova Natalia Alekseevna, Doctor of Biological Sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute of Agriculture of Crimea", Simferopol, Russia. E-mail: yegorova.na@mail.ru. SPIN: 5825-2460, ResearcherID: P-6508-2018, ORCID: 0000-0002-5455-3044, ScopusID: 57209739894.