ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ 2021 Tom 11 N 3 PROCEEDINGS OF UNIVERSITIES. APPLIED CHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY 2021 Vol. 11 No. 3

Оригинальная статья / Original article УДК 579.26:579.22:579.64 DOI: https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-3-430-440



Особенности влияния штамма *Bacillus thuringiensis* 888 на содержание эфирного масла, антиоксидантов и флавоноидов в растениях *Origanum vulgare* L.

© А.В. Крыжко*, У.М. Буджурова*, Э.Д. Аметова*, И.А. Новиков*, Е.Е. Соболева*, Н.Н. Смаглий*, Г.В. Решетник**

*Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, г. Симферополь, Российская Федерация **Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, Российская Федерация

Резюме: Цель работы – исследовать особенности влияния культуры штамма Bacillus thuringiensis var. thuringiensis 888 на качество вегетативной массы Origanum vulgare по количеству антиоксидантов и флавоноидов, выходу и компонентному составу эфирного масла. Материалом исследований служила жидкая споровая культура штамма B. thuringiensis 888, образцы душицы обыкновенной: образец № г-4, содержащий в эфирном масле 52,0% карвакрола; № 2, содержащий 59,85% α-терпинеола; № 1 с преимущественным содержанием гермакрена D (21,5%) и β-кариофиллена (19,4%). Определение растворимых углеводов в растениях проводили по методу М.С. Дюбойса, флавоноидов - спектрофотометрически при 420 нм по методу Р.А. Бубенчикова. Определение общего содержания антиоксидантов осуществляли по восстановлению хлорного железа (III) до хлористого железа (II). Определение содержания эфирного масла Origanum vulgare проводили гидродистилляцией по А.С. Гинзбергу. Компонентный состав эфирного масла определяли методом газовой хроматографии. Установлено, что обработка споровой культурой штамма B. thuringiensis 888 образцов О. vulgare не оказывает существенного влияния на накопление в листьях терпеноидных хинонов, токохроманолов и водорастворимых антиоксидантов. Показано, что обработка душицы обыкновенной жидкой споровой культурой штамма B. thuringiensis 888 способствует формированию стойкой тенденции к накоплению редуцирующих сахаров в вегетативной массе растений – до 30,8% по сравнению с контролем. Обработка растений культурой штамма B. Thuringiensis 888 способствовала увеличению содержания эфирного масла в растениях О. vulgare образца № 1 в 2,4 раза по сравнению с контролем и не оказывала существенного влияния на эфиромасличность образцов № 2 и № г-4. Наиболее устойчивым к обработке энтомопатогенными бактериями оказался образец № г-4, в эфирном масле которого наблюдали уменьшение содержания линалоола и кариофилленоксида соответственно на 44,6 и 37,1% и линалилацетата в 4,3 раза по сравнению с контролем, а также накопление α-терпинеола на 86,1%.

Ключевые слова: Origanum vulgare L., Bacillus thuringiensis, эфирное масло, флавоноиды, антиоксиданты, штамм

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания Министерства образования и науки РФ AAAA16-116022610119-2.

Для цитирования: Крыжко А.В., Буджурова У.М., Аметова Э.Д., Новиков И.А., Соболева Е.Е., Смаглий Н.Н., Решетник Г.В. Особенности влияния штамма *Bacillus thuringiensis* 888 на содержание эфирного масла, антиоксидантов и флавоноидов в растениях *Origanum vulgare* L. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология.* 2021. Т. 11. N 3. C. 430–440. https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-3-430-440

Features of the *Bacillus thuringiensis* 888 strain's influence on the content of essential oil, antioxidants and flavonoids in *Origanum vulgare* L.

Anastasiia V. Kryzhko*, Uryane M. Budzhurova*, Elmira D. Ametova*, Ilya A. Novikov*, Elena E. Soboleva*, Natalia N. Smagliy*, Galina V. Reshetnik**

*Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation **V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

Abstract: This article aims to study the influence of the culture of the Bacillus thuringiensis var. thuringiensis 888 on the quality of the vegetative mass of Origanum vulgare in terms of the number of antioxidants and flavonoids, yield and composition of the essential oil. The research material included a liquid spore culture of the B. thuringiensis 888 strain, samples of oregano: sample no. g-4, containing 52.0% carvacrol in essential oil; No. 2 containing 59.85% α-terpineol; No. 1 with a predominant content of germacrene D (21.5%) and βcaryophyllene (19.4%). Soluble carbohydrates in the plants were determined using M.S. Dubois's method, flavonoids – spectrophotometrically at 420 nm following R.A. Bubenchikov's method. The total content of antioxidants was determined using the reduction of iron(III) chloride to iron(II) chloride. The essential oil content of Origanum vulgare was determined by using hydrodistillation following A.S. Ginsberg, Gas chromatography was used to determine component composition of the essential oil. The results show that treating the O. vulgare samples with the spore culture of B. thuringiensis 888 strain culture does not significantly affect the accumulation of terpenoid quinones, tochromanols and water-soluble antioxidants in leaves. It has been shown that treating oregano with an ordinary liquid spore culture of the B. thuringiensis 888 strain promotes the formation of a persistent tendency towards the accumulation of reducing sugars in the vegetative mass of plants — up to 30.8% compared to the control. Treating plants with a culture of B. Thuringiensis 888 strain promoted an increase in the essential oil content in O. vulgare plants of the sample no. 1 by 2.4 times, as compared to the control and did not significantly affect the essential oil content of the samples no. 2 and no. g-4. The sample no. g-4 was the most resistant to treatment with entomopathogenic bacteria, and the content of linalool and caryophyllene oxide in essential oils decreased by 44.6 and 37.1%, respectively, and linalyl acetate by 4.3 times compared with the control, as well as the accumulation of α-terpineol by 86.1%.

Keywords: Origanum vulgare L., Bacillus thuringiensis, essential oil, flavonoids, antioxidants, strain

Acknowledgments: The work was performed within the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation no. AAAA16-116022610119-2.

For citation: Kryzhko AV, Budzhurova UM, Ametova ED, Novikov IA, Soboleva EE, Smaglii NN, Reshetnik GV. Features of the *Bacillus thuringiensis* 888 strain's influence on the content of essential oil, antioxidants and flavonoids in *Origanum vulgare* L. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology.* 2021;11(3):430–440. (In Russian) https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-3-430-440

ВВЕДЕНИЕ

Одной из перспективных эфиромасличных и лекарственных культур издавна считается душица обыкновенная (Origanum vulgare L.). Растение содержит широкий спектр физиологически активных веществ: фенольные глюкозиды, флавоноиды, дубильные вещества, стерины и терпеноиды. Последние часто экстрагируются гидродистилляцией, в результате чего образуется эфирное масло, богатое монотерпенами (карвакрол, тимол, линалилацетат) и/или сесквитерпенами ((Ε)-β-кариофиллен, гермакрен D, бициклогермакрен, β -кариофилленоксид) [1]. Эфирное масло O. vulgare L. находит применение в косметологии и дерматологии, так как обладает противовоспалительными [2], тканевыми ремодулирующими, иммуномодулирующими и противоопухолевыми свойствами благодаря входящему в его состав карвакролу [3]. В ветеринарии и животноводстве оно применяется как нематицидное средство и пищевая добавка [4-5].

Известны ларвицидные и овицидные свойства таких компонентов эфирного масла душицы, как карвакрол и терпинен-4-ол относительно представителей родов Anopheles и Culex [6], пцимена, у-терпинена против личинок Helicoverpa armigera [7]. Эфирное масло O. vulgare L. обла-

дает выраженными антибактериальными свойствами относительно большого числа патогенных бактерий [8, 9], антифунгальной активностью против грибов рода Aspergillus [10], Botrytis cinerea [11], Malassezia furfur [12]. Эфирное масло с преимущественным содержанием α-терпинеола и тимола способно подавлять рост дрожжей рода Candida за счет значительного снижения продукции фермента фосфолипазы, продуцируемого штаммами Candida albicans [13]. Традиционно трава душицы обыкновенной используется при производстве полутвердых сыров [14] и как приправа к мясу не только за счет антиоксидантной активности, но и благодаря эффективному замедлению окисления липидов [15].

Важной проблемой при возделывании душицы обыкновенной остается защита от вредителя, относящегося к группе эриофиидных клещей – Eriophye ssp. [16]. В качестве биоагента защиты может быть использована бактерия Bacillus thuringiensis как широко известный энтомопатоген, применяющийся в качестве биоагента препаратов для защиты сельскохозяйственных культур против листогрызущих насекомых и некоторых видов клещей. В настоящее время именно на основе B. thuringiensis выпускается около 90–95% биопестицидов на мировом рынке

[17]. В. thuringiensis формирует при споруляции параспоральные кристаллические включения белковой природы, обуславливающие главным образом ее инсектицидную активность в дозах, рекомендованных для биоконтроля насекомыхвредителей. В то же время она безвредна для теплокровных животных, рыб, пчел и энтомофагов и может быть использована в защите лекарственных растений [18].

Цель исследований — изучить особенности влияния культуры штамма *B. thuringiensis* var. thuringiensis 888 на качество сырья душицы обыкновенной по выходу и компонентному составу эфирного масла, количеству антиоксидантов и флавоноидов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследования были проведены на базе лаборатории молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики в сельском хозяйстве отдела сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (НИИСХ Крыма). Материалом исследования послужил штамм B. thuringiensis var. thuringiensis 888 Крымской коллекции микроорганизмов НИИСХ Крыма, зарегистрированной в Каталоге центров коллективного пользования научным оборудованием и уникальных научных установок (http://www.ckp-rf.ru) под номером 507484. Жидкую споровую культуру штамма получали при культивировании бактерий на технологических качалках в питательной среде на основе соевой муки и кукурузного крахмала в колбах объемом 750 мл с 50 мл питательной среды. Для изучения влияния штамма B. thuringiensis 888 на накопление эфирных масел, антиоксидантов и флавоноидов в листьях и соцветиях душицы растения обрабатывали жидкой споровой культурой с титром спор 0,4·10⁹ в фазе бутонизации. В качестве контроля использовали растения, обработанные водой. В исследованиях использовались следующие образцы Origanum vulgare L., различающиеся по компонентному составу эфирного масла: образец № г-4, содержащий 52.04% карвакрола; образец № 2, содержащий 59,85% α-терпинеола; образец № 1 с преимущественным содержанием гермакрена D (21,5%) и β-кариофиллена (19,4%). Все биохимические показатели в сырье определяли в фазу цветения.

Экстракцию антиоксидантов проводили в водно-этанольных экстрактах с детергентом мембранных структур тритоном X-100 в течение 24 ч. Определение общего содержания антиоксидантов осуществляли по восстановлению хлорного железа (III) до хлористого железа (II), количество которого определялось спектрофотометрически при 505 нм по интенсивности

окраски при добавлении о-фенантролина¹. Флавоноиды экстрагировали кипячением сухого сырья в 70%-м этаноле. Содержание флавоноидов определялось спектрофотометрически при 420 нм. В качестве стандарта использовался рутин [19]. Содержание эфирного масла в растениях определяли методом гидродистилляции по Гинзбергу. При отгонке по данному методу используется отдельный приемник (приемник Гинзберга), находящийся в реакционной зоне, т.е. температура приемника Гинзберга равна температуре паров воды и масла внутри колбы. Параметры анализа по определению массовой доли эфирного масла в растительном сырье душицы следующие: объем колбы – 1000 мл, навеска сырья – 100 г, объем воды - 250 мл, длительность перегонки -45 мин, интенсивность перегонки - 45-50 капель в минуту [20]. Компонентный состав эфирного O. Vulgare определяли методом газовой хроматографии на приборе Кристалл 5000.2 с пламенно-ионизационным детектором. Для идентификации и полного разделения основных компонентов эфирного масла были подобраны следующие условия хроматографирования: колонка капиллярная кварцевая длиной 30 м с внутренним диаметром 0,32 мм и толщиной фазы 0,5 мкм.

Для разделения компонентов эфирного масла использовалась капиллярная кварцевая колонка с жидкой неподвижной фазой CR-WAXms. Температура термостата колонки программировалась в следующем режиме: 75 °C продолжительностью 1 мин, далее - до 210 °C со скоростью 4 °С/мин. Температура инжектора – 230 °С, детектора - 250 °C. Скорость потока газаносителя (гелий) составила 1,9 мл/мин, деление потока - 1/20 [21]. Большинство компонентов эфирного масла было идентифицировано с помощью газовой хроматографии путем сравнения их индексов удерживания по Ковачу, либо с литературными данными, либо с помощью стандартных веществ, имеющихся в лаборатории. Индексы удерживания Ковача определялись по отношению к гомологическому ряду н-алканов (C_8-C_{40}) в тех же рабочих условиях [22].

Достоверность разницы между опытными и контрольными вариантами оценивали по критерию Стьюдента. В работе использовались современные методы статистических исследований с применением программ Microsoft Excel и ППП Statistica 7 [23].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

За счет окислительно-восстановительных реакций, происходящих с участием молекулярного кислорода и катализирующихся ферментами в живых организмах, происходит большинство процессов регуляции роста и развития, ответа на неблагоприятные воздействия, заживле-

¹Рогожин В.В., Рогожина Т.В. Практикум по физиологии и биохимии растений: учеб. пособие. СПб.: ГИОРД, 2013. 352 с.

ние повреждений. Некоторые окислительновосстановительные реакции связаны со спонтанными превращениями, приводящими к окислительным повреждениям важнейших биологических молекул. Равновесие и единство антиоксидантов и прооксидантов рассматриваются как неотъемлемое условие поддержания внутренней среды живых клеток².

Антиоксидантные функции в растительном организме выполняет огромное количество веществ разной химической природы. Рассматриваемая в эксперименте группа терпеноидных хинонов и токохроманолов, включающая токоферолы, токотриенолы и жирорастворимые хиноны входит в состав клеточных биомембран. Антиоксидантная активность этих веществ обусловлена их способностью переходить в форму феноксильного радикала [24].

В эксперименте с образцами душицы обыкновенной № 1 и № г-4, обработанными споровой культурой штамма *B. thuringiensis* 888, существенного влияния на накопление терпеноидных хинонов и токохроманолов отмечено не было (табл. 1). Исключение составил образец № 2, после обработки которого на 10-е сутки наблюдали уменьшение общего количества антиоксидантов на 7,5%, а на 20-е сутки – их увеличение на 9,6%.

Поскольку токохроманолы в растительном организме способны влиять на углеводный обмен, было проведено изучение влияния жидкой культуры штамма 888 на содержание сахаров в листьях и соцветиях душицы обыкновенной. Анализируя полученные результаты, необходимо отметить, что обработка душицы обыкновенной жидкой споровой культурой штамма *B. thuringiensis* 888 способство-

вала формированию стойкой тенденции к накоплению редуцирующих сахаров в стеблях и листьях (рисунок). Так, при обработке образца № 1 количество сахаров увеличивалось на 15,8% на 10-е сутки и достигало 30,8% к 20-ым. Активнее всего углеводы аккумулировались в надземной массе образца № 2 — на 10-е сутки наблюдали увеличение их содержания на 28,9%, а на 20-е — на 37,2% по сравнению с контролем. Обработка вегетативной массы душицы обыкновенной образца № г-4 культурой штамма *В. thuringiensis* 888 существенного влияния на накопление редуцирующих сахаров не оказывала.

Таким образом, обнаруженное увеличение содержания редуцирующих сахаров в листьях образца № 2 в течение всего периода наблюдений может быть связано с участием в метаболизме токохроманолов. Известно, что токохроманолы снижают синтез жасмоновой кислоты у растений и тем самым изменяют их гормональный баланс. Гормоны в свою очередь влияют на синтез ферментов, контролирующих токоферолообразование, и имеют АБК-респонсивный эффект [25].

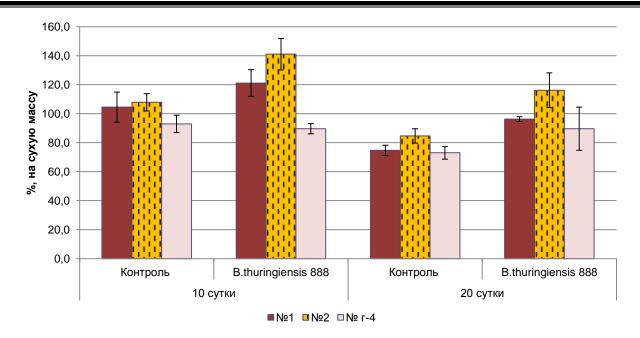
Изучение влияния обработки жидкой споровой культурой штамма *В. thuringiensis* 888 душицы обыкновенной различных образцов показало, что существенное накопление водорастворимых антиоксидантов (на 6,8% к контролю) отмечали лишь в листьях образца № г-4 на 10-е сутки после обработки (см. табл. 1). На основании этого можно заключить, что обработка культурой штамма *В. thuringiensis* 888 душицы обыкновенной не оказывает существенного влияния на естественно сложившиеся условия нормального метаболизма и свободнорадикального окисления.

Таблица 1. Содержание антиоксидантов и флавоноидов в растениях O. Vulgare L.

Table 1	Content of	antiovidante	and flavonoid	le in O	vulgara l
Table 1.	Content of	antioxidants	and Havonoid	is in O	. vuidare L.

Вариант опыта	Общие антиоксиданты, мг/г сырой массы	Водорастворимые антиоксиданты, мг/г сырой массы	Флавоноиды, мкг/г сухой массы		
	Анализ на 10-е сутки после обработки				
Nº 1	8,62±0,19	4,70±0,08	1,98±0,03		
№ 1 + B. thuringiensis 888	8,49±0,16	4,92±0,24	2,65±0,04		
Nº 2	8,04±0,11	4,53±0,05	3,47±0,02		
№ 2 + B. thuringiensis 888	7,40±0,25	4,39±0,06	4,19±0,05		
№ г-4	7,85±0,11	4,39±0,11	1,96±0,03		
№ г-4 + <i>B. thuringiensis</i> 888	8,23±0,11	4,70±0,17	2,04±0,05		
	Ана	Анализ на 20-е сутки после обработки			
Nº 1	8,87±0,06	4,89±0,06	4,29±0,07		
№ 1 + <i>B. thuringiensis</i> 888	8,36±0,06	4,77±0,12	4,64±0,03		
Nº 2	8,30±0,12	5,11±0,14	3,75±0,33		
№ 2 + B. thuringiensis 888	9,06±0,06	5,01±0,14	4,61±0,06		
№ г-4	7,98±0,16	4,64±0,18	3,92±0,05		
№ г-4 + B. thuringiensis 888	8,23±0,11	4,89±0,08	4,04±0,12		

²Окунцев М.М., Аксенова О.Ф., Вертоухова Г.С., Чупахина Г.Н.. Роньжина О.А. Специальный практикум по биохимии и физиологии растений. 2-е изд., перераб. и доп. Томск : Изд-во Томского ун-та, 1974. 114 с.



Влияние штамма В. Thuringiensis 888 на содержание редуцирующих сахаров в листьях О. Vulgare L. различных образцов

B. thuringiensis strain 888 effect on the reducing sugars content in O. vulgare L. leaves of variouse samples

Флавоноиды являются полифенольными соединениями, обладающими противовоспалительными, антиаллергическими, антивирусными и антиканцерогенными свойствами [26]. Известно, что флавоноиды, содержащиеся в траве *O. vulgare*, перспективны при лечении диабета [27].

Исследование влияния культуры штамма B. thuringiensis 888 на содержание флавоноидов в сырье душицы обыкновенной позволили обнаружить накопление флавоноидов во всех изученных образцах O. vulgare (см. табл. 1). Наиболее существенно содержание флавоноидов увеличивалось в варианте с образцом № 1 на 10-е сутки после обработки штаммом *B. thuringiensis* 888 – на 33,8% к контролю. Однако на 20-е сутки значительного изменения в содержании флавоноидов отмечено не было. Стойкое, в среднем до 4,4 мкг/г (на 21,8% к контролю) накопление флавоноидов в течение всего эксперимента установлено в варианте с обработанным образцом № 2. При обработке образца № г-4 культурой штамма 888 наблюдали тенденцию к увеличению содержания флавоноидов как на 10-е, так и на 20-е сутки эксперимента (до

4,08% к контролю).

Максимальное количество эфирного масла у большинства представителей рода Origanum, как правило, накапливается в фазу цветения [28]. Поэтому исследования проводились именно в эту фазу. Исследуемые образцы *O. vulgare* № 1 и № 2 на фенофазе цветения содержали 0,22–0,71% эфирного масла от сухой массы растений (табл. 2). Обработка растений споровой культурой штамма *B. thuringiensis* 888 не оказала достоверного влияния на эфиромасличность образцов № 2 и № г-4. Однако после обработки образца № 1 наблюдали увеличение содержания эфирного масла в 2,4 раза по сравнению с контролем (до 0,59% от сухой массы).

Определение компонентного состава эфирного масла душицы обыкновенной методом газожид-костной хроматографии позволило обнаружить 90 компонентов, из которых было идентифицировано 22, 6 из них обладают бактерицидным действием: n-цимен, эвкалиптол, γ -терпинен, α -терпинеол, тимол, карвакрол (табл. 3).

Таблица 2. Содержание эфирного масла в образцах *O. vulgare* L.

Table. 2. Content of essential oil in O. vulgare L.

Denugur erure	Массовая доля эфирного масла			
Вариант опыта	% от сырой массы	% от сухой массы		
Nº 1	0,10±0,009	0,24±0,01		
№ 1 + B. thuringiensis 888	0,24±0,01	0,59±0,01		
Nº 2	0,09±0,004	0,22±0,003		
№ 2 + B. thuringiensis 888	0,09±0,006	0,23±0,01		
№ г-4	0,29±0,01	0,71±0,009		
№ г-4 + <i>B. thuringiensis</i> 888	0,26±0,006	0,64±0,005		

Крыжко А.В., Буджурова У.М., Аметова Э.Д. и др. Особенности влияния штамма ... Kryzhko A.V., Budzhurova U.M., Ametova E.D. et al. Features of the Bacillus thuringiensis 888 ...

Таблица 3. Влияние жидкой споровой культуры штамма *B. thuringiensis* 888 на компонентный состав эфирного масла в образцах *O. vulgare*

Table 3. Effect of *B. thuringiensis strain* 888 liquid spore culture on the component composition of essential oil in *O. vulgare* samples

	Концентрация компонента, % от цельного масла образцов <i>O. vulgare</i>					
Компонент		Nº 1 +		№ 2 +		№ г-4 +
	Nº 1	B. thuringiensi	№ 2	B. thuringiensis	№ г-4	B. thuringiensis
		s 888		888		888
α-Пинен	0,06±0,008	0,05±0,002	0,13±0,008	0,06±0,003	0,66±0,05	0,79±0,11
Сабинен	-	_	0,03±0,002	-	0,09±0,005	0,09±0,01
β-Пинен	0,10±0,004	0,09±0,001	2,70±0,28	1,07±0,02	0,17±0,006	0,20±0,02
β-Мирцен	0,18±0,003	0,13±0,005	0,52±0,001	0,26±0,01	1,63±0,03	1,66±0,12
α-Терпинен	0,27±0,01	0,21±0,008	0,45±0,001	0,20±0,03	1,29±0,08	1,33±0,09
Лимонен	0,06±0,001	0,05±0,004	0,19±0,003	0,09±0,005	0,17±0,02	0,17±0,01
Эвкалиптол	0,22±0,003	0,05±0,009	2,75±0,36	1,31±0,03	1,81±0,09	2,01±0,05
ү-Терпинен	2,85±0,01	2,00±0,34	10,64±0,06	5,20±0,57	19,17±1,09	20,54±0,97
п-Цимен	0,75±0,02	0,53±0,12	1,49±0,02	0,63±0,18	10,06±0,63	8,04±0,34
3-Гексенол-1	0,14±0,007	0,18±0,02	0,87±0,006	0,64±0,04	0,06±0,003	0,07±0,01
1-Октен-3-ол	0,37±0,001	0,34±0,003	0,38±0,012	0,22±0,01	1,07±0,02	0,97±0,03
Камфора	0,05±0,006	0,09±0,045	0,12±0,001	0,22±0,005	0,06±0,01	0,05±0,004
Линалоол	0,84±0,09	1,00±0,004	0,66±0,02	2,50±1,20	2,91±0,84	1,61±0,05
Линалилацетат	0,82±0,20	1,68±0,006	0,43±0,004	2,97±1,38	1,66±0,80	0,38±0,14
Кариофиллен	10,95±0,07	7,28±0,04	18,16±1,09	20,04±0,86	3,47±0,10	3,76±0,30
α-Хумулен	2,10±0,04	1,47±0,008	3,36±0,009	3,73±0,14	0,39±0,01	0,43±0,02
α-Терпинеол	24,21±0,70	22,76±0,41	0,84±0,003	2,43±0,27	0,36±0,05	0,67±0,33
Гермакрен Д	6,60±0,16	6,47±0,05	21,47±0,27	22,57±0,63	2,31±0,09	2,59±0,07
β-Циклогер-	2,09±0,07	1,50±0,006	3,00±0,17	3,32±0,17	0.93±0.04	0,95±0,04
макрен	2,0910,07	1,50±0,000	3,0010,17	3,3210,17	0,9310,04	0,9310,04
Кариофил-	0,68±0,03	0,54±0,003	3,94±0,24	5,17±0,26	0,70±0,06	0,44±0,05
леноксид	0,0010,03	0,0410,000	3,3410,24	3,1710,20	0,70±0,00	U, TT ±U,UU
Тимол	0,26±0,08	0,10±0,001	0,60±0,008	0,55±0,004	0,22±0,02	0,22±0,007
Карвакрол	22,91±0,14	29,72±0,57	5,29±0,26	3,95±0,38	41,06±2,43	43,38±0,51

По результатам анализа влияния обработки жидкой споровой культурой штамма B. thuringiensis 888 на компонентный состав эфирного масла образцов O. vulgare было установлено, что наиболее устойчивым к обработке энтомопатогенными бактериями оказался образец № г-4 (см. табл. 3). Наблюдали уменьшение содержания линалоола и кариофилленоксида соответственно на 44,6 и 37,1% и линалилацетата в 4,3 раза по сравнению с контролем. При этом происходило накопление α-терпинеола на 86,1% к контролю. Поскольку повышенное содержание α-терпинеола и α-терпинена связывают с репеллентной активностью против представителей рода Сітех [29], возможно, обработка штаммом 888 позволит получить эфирное масло обладающее инсектицидным свойством. Обработка штаммом 888 образца № 1, напротив, способствовала увеличению содержания в эфирном масле душицы обыкновенной линалоола на 19,0% и линалилацетата в 2,0 раза к контролю. При этом отмечали уменьшение количества β -мирцена, α -терпинена, эвкалиптола и β -циклогермакрена в среднем на 23,6%, а также тимола в 2,6 раза к контролю. Наименее устойчивым к обработке жидкой споровой культурой штамма B. thuringiensis 888 оказался образец № 2. В данном варианте наблюдали уменьшение содержания в эфирном масле α - и β -пинена, β -мирцена, α - и γ -терпинена, лимонена, эвкалиптола, п-цимена в среднем на 53,3% к контролю, а также отсутствие сабинена. Однако содержание камфоры и кариофиленоксида увеличивалось соответственно на 83,3 и 31,2% к контролю, а линалоола, линалилацетата и α-терпинеола соответственно в 3,7; 6,9 и 2,8 раза. Увеличение содержания камфоры, обладающей антиоксидантными и антифунгальными свойствами против микромицетов родов Aspergillus, Penicillium, может свидетельствовать о повышении устойчивости душицы обыкновенной образца № 2, обработанной культурой штамма *B. thuringiensis* 888, к данным фитопатогенам [30].

выводы

Установлено, что действие споровой культуры штамма *B. thuringiensis* 888 образцов *O. vulgar*е не оказывает существенного влияния на накопление в листьях терпеноидных хинонов, токохроманолов и водорастворимых антиоксидантов.

Показано, что обработка душицы обыкновенной жидкой споровой культурой штамма *B. thuringiensis* 888 способствует формированию стойкой тенденции к накоплению редуцирующих сахаров в вегетативной массе – до 30,8% к контролю.

Отмечено, что обработка растений споровой культурой штамма *B. thuringiensis* 888 способствовала увеличению содержания эфирного масла в растениях *O. vulgare* образца № 1 в 2,4 раза по сравнению с контролем, и не оказывала существенного влияния на эфиромасличность образцов № 2 и № г-4.

Установлено, что наиболее устойчивым к обработке энтомопатогенными бактериями оказался образец № г-4, в эфирном масле которого наблюдали уменьшение содержания линалоола и ка-

риофилленоксида соответственно на 44,6 и 37,1% и линалилацетата — в 4,3 раза по сравнению с контролем, и накопление α —терпинеола на 86,1%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- **1.** Morshedloo M.R., Craker L.E., Salami A., Nazeri V., Sang H., Maggi F. Effect of prolonged water stress on essential oil content, compositions and gene expression patterns of mono- and sesquiterpene synthesis in two oregano (*Origanum vulgare* L.) subspecies // Plant Physiology and Biochemistry. 2017. Vol. 111. P. 119–128. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.11.023
- **2.** Avola R., Granata G., Geraci C., Napoli E., Graziano A.C.E., Cardile V. Oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil provides anti-inflammatory activity and facilitates wound healing in a human keratinocytes cell model // Food and Chemical Toxicology. 2020. Vol. 144. P. 111586. https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111586
- **3.** Han X., Parker T. L. Anti-inflammatory, tissue remodeling, immunomodulatory, and anticancer activities of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil in a human skin disease model // Biochimie Open. 2017. Vol. 4. P. 73–77. https://doi.org/10.1016/j.biopen.2017.02.005
- **4.** Migliorini M.J., Boiago M.M., Roza L.F., Barreta M., Arno A., Robazza W.S., et al. Oregano essential oil (*Origanum vulgare*) to feed laying hens and its effects on animal health // Anais da Academia Brasileira de Ciencias. 2019. Vol. 91. Issue 1. e20170901. https://doi.org/10.1590/0001-3765201920170901
- **5.** Bampidis V., Azimonti G., de Lourdes Bastos M., Christensen H., Dusemund B., Kouba M., et al. Safety of an essential oil from *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (Link) letsw. var. Vulkan when used as a sensory additive in feed for all animal species // In EFSA journal // European Food Safety Authority. 2019. Vol. 17. Issue 7. e05794. https://doi.org/10.29 03/j.efsa.2019.5794
- **6.** Govindarajan M., Rajeswary M., Hoti S.L., Benelli G. Larvicidal potential of carvacrol and terpinen-4-ol from the essential oil of *Origanum vulgare* (Lamiaceae) against *Anopheles stephensi*, *Anopheles subpictus*, *Culex quinquefasciatus* and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) // Research in Veterinary Science. 2016. Vol. 104. P. 77–82. https://doi.org/pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26850541/
- **7.** Gong X., Ren Y. Larvicidal and ovicidal activity of carvacrol, p-cymene, and γ-terpinene from *Origanum vulgare* essential oil against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) // Environmental Science and Pollution Research International. 2020. Vol. 27. Issue 15. P. 18708–18716. https://doi.org/pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32207008/
- **8.** Castronovo L.M., Calonico C., Ascrizzi R., del Duca S., Delfino V., Chioccioli S., et al. The cultivable bacterial microbiota associated to the medicinal plant *Origanum vulgare* L.: from antibiotic resistance

- to growth-inhibitory properties // Frontiers in Microbiology. 2020. Vol. 11. P. 862. https://doi.org/10.33 89/fmicb.2020.00862
- **9.** Di Vito M., Cacaci M., Barbanti L., Martini C., Sanguinetti M., Benvenuti S., et al. *Origanum vulgare* essential oil vs. a commercial mixture of essential oils: *in vitro* effectiveness on *Salmonella* spp. from poultry and swine intensive livestock // Antibiotics. 2020. Vol. 9. Issue 11. P. 763. https://doi.org/10.3390/antibiotics9110763
- **10.** Císarová M., Tančinová D., Medo J., Kačániová M. The *in vitro* effect of selected essential oils on the growth and mycotoxin production of Aspergillus species // Journal of Environmental Science and Health. Part B: pesticides, food contaminants, and agricultural wastes. 2016. Vol. 51. Issue 10. P. 668–674. https://doi.org/10.1080/03601234.2 016.1191887
- **11.** Hou H., Zhang X., Zhao T., Zhou L. Effects of *Origanum vulgare* essential oil and its two main components, carvacrol and thymol, on the plant pathogen *Botrytis cinerea* // PeerJ. 2020. Vol. 8. P. e9626. https://doi.org/10.7717/peerj.9626
- **12.** Vinciguerra V., Rojas F., Tedesco V., Giusiano G., Angiolella L. Chemical characterization and antifungal activity of *Origanum vulgare*, *Thymus vulgaris* essential oils and carvacrol against *Malassezia furfur* // Natural Product Research. 2019. Vol. 33. Issue 22. P. 3273–3277. https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1468325
- **13.** Pradebon Brondani L., Alves da Silva Neto T., Antonio Freitag R., Guerra Lund R. Evaluation of anti-enzyme properties of *Origanum vulgare* essential oil against oral *Candida albicans* // Journal de Mycologie Medicale. 2018. Vol. 28. Issue 1. P. 94–100. https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2017.12.001
- **14.** Marcial G.E., Gerez C.L., de Kairuz M.N., Araoz V.C., Schuff C., de Valdez G.F. Influence of oregano essential oil on traditional Argentinean cheese elaboration: Effect on lactic starter cultures // Revista Argentina de Microbiologia. 2016. Vol. 48. Issue 3. P. 229–235. https://doi.org/10.1016/j.ram. 2016.04.006
- **15.** Hać-Szymańczuk E., Cegiełka A., Karkos M., Gniewosz M., Piwowarek K. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of oregano (*Origanum vulgare* L.) preparations during storage of lowpressure mechanically separated meat (BAADER meat) from chickens // Food Science and Biotechnology. 2019. Vol. 28. Issue 2. P. 449–457. https://doi.org/10.1007/s10068-018-0491-1
- **16.** Tuttolomondo T., Martinelli F., Mariotti L., Leto C., Maggio A., La Bella S. Agronomic, metabolomic and lipidomic characterisation of Sicilian *Ori-*

- ganum vulgare (L.) ecotypes // Natural Product Research. 2016. Vol. 30. Issue 9. P. 1103–1107. https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1104672
- **17.** Deshayes C., Siegwart M., Pauron D., Froger J.-A., Lapied B., Apaire-Marchais V. Microbial pest control agents: Are they a specific and safe tool for insect pest management? // Current Medicinal Chemistry. 2017. Vol. 24. Issue 27. P. 2959–2973. https://doi.org/10.2174/0929867324666170314144311
- **18.** Rubio-Infante N., Moreno-Fierros L. An overview of the safety and biological effects of *Bacillus thuringiensis* Cry toxins in mammals // Journal of Applied Toxicology. 2016. Vol. 36. Issue 5. P. 630–648. https://doi.org/10.1002/jat.3252
- 19. Moghrovyan A., Sahakyan N., Babayan A., Chichoyan N., Petrosyan M., Trchounian A. Essential oil and ethanol extract of oregano (*Origanum vulgare* L.) from Armenian flora as a natural source of terpenes, flavonoids and other phytochemicals with antiradical, antioxidant, metal chelating, tyrosinase inhibitory and antibacterial activity // Current Pharmaceutical Design. 2019. Vol. 25. Issue 16. P. 1809–1816. https://doi.org/10.2174/1381612825666190702095612
- **20.** Биохимические методы анализа эфиромасличных растений и эфирных масел: сборник науч. трудов / сост.: А.Н. Карпачева, К.Г. Персидская, Л.Н. Лиштванова. Симферополь, 1972. 107 с.
- **21.** Мягких Е.Ф., Марченко М.П., Новиков И.А. Сравнительный анализ гибридов *Origanum vulgare* L. по комплексу признаков // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 2 (14). С. 89–95.
- **22.** Jennings W., Shibamoto T. Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography. N.-Y.: Academic Press, 1980. 240 p. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384250-3.x5001-6
- **23.** Халафян А.А. Современные статистические методы медицинских исследований: монография. 3-е изд. М.: Ленанд, 2014. 320 с.
 - 24. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rob-

- ers P.A., Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances // Analytical Chemistry. 1956. Vol. 28. P. 350–356. https://doi.org/10.1021/ac60111a017
- **25.** Witkowicz R., Biel W., Skrzypek E., Chlopicka J., Glen-Karolczyk K., Krupa M., et al. Microorganisms and biostimulants impact on the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) sprouts // Antioxidants. 2020. Vol. 9. Issue 7. P. 584. https://doi.org/10.3390/antiox9070584
- **26.** Bojić M., Maleš Ž., Antolić A., Babić I., Tomičić M. Antithrombotic activity of flavonoids and polyphenols rich plant species // Acta Pharmaceutica. 2019. Vol. 69. Issue 4. P. 483–495. https://doi.org/10.2478/acph-2019-0050
- **27.** Bower A.M., Real Hernandez L.M., Berhow M.A., de Mejia E.G. Bioactive compounds from culinary herbs inhibit a molecular target for type 2 diabetes management, dipeptidyl peptidase IV // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2014. Vol. 62. Issue 26. P. 6147–6158. https://doi.org/10.1021/jf500639f
- **28.** Fikry S., Khalil N., Salama O. Chemical profiling, biostatic and biocidal dynamics of *Origanum vulgare* L. essential oil // AMB Express. 2019. Vol. 9. Issue 1. Article number 41. https://doi.org/10.1186/s13568-019-0764-y
- **29.** Sharififard M., Alizadeh I., Jahanifard E., Wang C., Azemi M.E. Chemical composition and repellency of *Origanum vulgare* essential oil against *Cimex lectularius* under laboratory conditions // Journal of Arthropod-Borne Diseases. 2018. Vol. 12. Issue 4. P. 387–397.
- **30.** Elansary H.O., Abdelgaleil S.A.M., Mahmoud E.A., Yessoufou K., Elhindi K., Elhendawy S. Effective antioxidant, antimicrobial and anticancer activities of essential oils of horticultural aromatic crops in northern Egypt // BMC Complementary and Alternative Medicine. 2018. Vol. 18. Issue 1. Article number 214.

REFERENCE

- **1.** Morshedloo MR, Craker LE, Salami A, Nazeri V, Sang H, Maggi F. Effect of prolonged water stress on essential oil content, compositions and gene expression patterns of mono- and sesquiterpene synthesis in two oregano (*Origanum vulgare* L.) subspecies. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2017;111:119–128. https://doi.org/10.1016/j.plaphy. 2016.11.023
- **2.** Avola R, Granata G, Geraci C, Napoli E, Graziano ACE, Cardile V. Oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil provides anti-inflammatory activity and facilitates wound healing in a human keratinocytes cell model. *Food and Chemical Toxicology.* 2020;144:111586. https://doi.org/10.1016/j.fct.2020. 111586
- **3.** Han X, Parker T. L. Anti-inflammatory, tissue remodeling, immunomodulatory, and anticancer activities of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil

- in a human skin disease model. *Biochimie Open.* 2017;4:73–77. https://doi.org/10.1016/j.biopen.2017. 02.005
- **4.** Migliorini MJ, Boiago MM, Roza LF, Barreta M, Arno A, Robazza WS, et al. Oregano essential oil (*Origanum vulgare*) to feed laying hens and its effects on animal health. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*. 2019;91(1):e20170901. https://doi.org/10.1590/0001-3765201920170901
- **5.** Bampidis V, Azimonti G, de Lourdes Bastos M, Christensen H, Dusemund B, Kouba M, et al. Safety of an essential oil from *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (Link) letsw. var. Vulkan when used as a sensory additive in feed for all animal species // In EFSA journal. *European Food Safety Authority*. 2019;17(7): e05794. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5794
- **6.** Govindarajan M, Rajeswary M, Hoti SL, Benelli G. Larvicidal potential of carvacrol and terpinen-

- 4-ol from the essential oil of *Origanum vulgare* (Lamiaceae) against *Anopheles stephensi*, *Anopheles subpictus*, *Culex quinquefasciatus* and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae). *Research in Veterinary Science*. 2016;104:77–82. https://doi.org/pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26850541/
- **7.** Gong X, Ren Y. Larvicidal and ovicidal activity of carvacrol, p-cymene, and γ-terpinene from *Origanum vulgare* essential oil against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Environmental Science and Pollution Research International.* 2020;27(15):18708–18716. https://doi.org/pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32207008/
- **8.** Castronovo LM, Calonico C, Ascrizzi R, del Duca S, Delfino V, Chioccioli S, et al. The cultivable bacterial microbiota associated to the medicinal plant *Origanum vulgare* L.: from antibiotic resistance to growth-inhibitory properties. *Frontiers in Microbiology*. 2020;11:862. https://doi.org/10.3389/fmicb.20 20.00862
- **9.** Di Vito M, Cacaci M, Barbanti L, Martini C, Sanguinetti M, Benvenuti S, et al. *Origanum vulgare* essential oil vs. a commercial mixture of essential oils: *in vitro* effectiveness on *Salmonella* spp. from poultry and swine intensive livestock. *Antibiotics*. 2020;9(11):763. https://doi.org/10.3390/antibiotics91 10763
- **10.** Císarová M, Tančinová D, Medo J, Kačániová M. The *in vitro* effect of selected essential oils on the growth and mycotoxin production of Aspergillus species. *Journal of Environmental Science and Health. Part B: pesticides, food contaminants, and agricultural wastes.* 2016;51(10):668–674. https://doi.org/10.1080/03601234.2016.1191887
- **11.** Hou H, Zhang X, Zhao T, Zhou L. Effects of *Origanum vulgare* essential oil and its two main components, carvacrol and thymol, on the plant pathogen *Botrytis cinerea*. *PeerJ*. 2020;8:e9626. https://doi.org/10.7717/peerj.9626
- **12.** Vinciguerra V, Rojas F, Tedesco V, Giusiano G, Angiolella L. Chemical characterization and antifungal activity of *Origanum vulgare*, *Thymus vulgaris* essential oils and carvacrol against *Malassezia furfur*. *Natural Product Research*. 2019;33(22):3273–3277. https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1468325
- **13.** Pradebon Brondani L., Alves da Silva Neto T., Antonio Freitag R., Guerra Lund R. Evaluation of anti-enzyme properties of *Origanum vulgare* essential oil against oral *Candida albicans. Journal de Mycologie Medicale.* 2018;28(1):94–100. https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2017.12.001
- **14.** Marcial GE, Gerez CL, de Kairuz MN, Araoz VC, Schuff C, de Valdez GF. Influence of oregano essential oil on traditional Argentinean cheese elaboration: Effect on lactic starter cultures. *Revista Argentina de Microbiologia*. 2016;48(3):229–235. https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.04.006
- **15.** Hać-Szymańczuk E, Cegiełka A, Karkos M, Gniewosz M, Piwowarek K. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of oregano (*Origanum*

- vulgare L.) preparations during storage of low-pressure mechanically separated meat (BAADER meat) from chickens. Food Science and Biotechnology. 2019;28(2):449–457. https://doi.org/10.1007/s10068-018-0491-1
- **16.** Tuttolomondo T, Martinelli F, Mariotti L, Leto C, Maggio A, La Bella S. Agronomic, metabolomic and lipidomic characterisation of Sicilian *Origanum vulgare* (L.) ecotypes. *Natural Product Research.* 2016;30(9):1103–1107. https://doi.org/10.1080/147 86419.2015.1104672
- **17.** Deshayes C, Siegwart M, Pauron D, Froger J-A, Lapied B, Apaire-Marchais V. Microbial pest control agents: Are they a specific and safe tool for insect pest management? *Current Medicinal Chemistry*. 2017;24(27):2959–2973. https://doi.org/10.2174/0929 867324666170314144311
- **18.** Rubio-Infante N, Moreno-Fierros L. An overview of the safety and biological effects of *Bacillus thuringiensis* Cry toxins in mammals. *Journal of Applied Toxicology*. 2016;36(5):630–648. https://doi.org/10.1002/jat.3252
- **19.** Moghrovyan A, Sahakyan N, Babayan A, Chichoyan N, Petrosyan M, Trchounian A. Essential oil and ethanol extract of oregano (*Origanum vulgare* L.) from Armenian flora as a natural source of terpenes, flavonoids and other phytochemicals with antiradical, antioxidant, metal chelating, tyrosinase inhibitory and antibacterial activity. *Current Pharmaceutical Design.* 2019;25(16):1809–1816. https://doi.org/10.2174/1381612825666190702095612
- **20.** Biochemical methods for the analysis of essential oil plants and essential oils: Collection of scientific papers. Simferopol'; 1972. 107 p. (In Russian)
- **21.** Myagkih EF, Marchenko MP, Novikov IA. Comparative analysis of origanum vulgare I. hybrides according to the complex of caracteristics. *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki.* 2018;2:89–95. (In Russian)
- **22.** Jennings W, Shibamoto T. Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography. N.-Y.: Academie Press; 1980. 240 p. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384250-3.x5001-6
- **23.** Khalafyan AA. *Modern statistical methods of medical research*. Moscow: Lenand; 2014. 320 p. (In Russian)
- **24.** Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Robers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 1956;28:350–356. https://doi.org/10.1021/ac60 111a017
- **25.** Witkowicz R, Biel W, Skrzypek E, Chlopicka J, Glen-Karolczyk K, Krupa M, et al. Microorganisms and biostimulants impact on the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) sprouts. *Antioxidants*. 2020;9(7):584. https://doi.org/10.3390/antiox9070584
 - 26. Bojić M, Maleš Ž, Antolić A, Babić I, Tomičić

Крыжко А.В., Буджурова У.М., Аметова Э.Д. и др. Особенности влияния штамма ... Kryzhko A.V., Budzhurova U.M., Ametova E.D. et al. Features of the Bacillus thuringiensis 888 ...

- M. Antithrombotic activity of flavonoids and polyphenols rich plant species. *Acta Pharmaceutica*. 2019;69(4):483–495. https://doi.org/10.2478/acph-2019-0050
- **27.** Bower AM, Real Hernandez LM, Berhow MA, de Mejia EG. Bioactive compounds from culinary herbs inhibit a molecular target for type 2 diabetes management, dipeptidyl peptidase IV. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014;62(26): 6147–6158. https://doi.org/10.1021/jf500639f
- **28.** Fikry S, Khalil N, Salama O. Chemical profiling, biostatic and biocidal dynamics of *Origanum vulgare* L. essential oil. *AMB Express.* 2019;9(1).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Крыжко Анастасия Владимировна,

к.с-х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики в сельском хозяйстве,

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,

295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150, Российская Федерация.

⊠ e-mail: solanum@ukr.net

Буджурова Урьяне Меметовна,

лаборант лаборатории молекулярной и клеточной биологии,

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,

295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150, Российская Федерация.

e-mail: ubudzhurova@mail.ru

Новиков Илья Александрович,

научный сотрудник лаборатории селекции, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма.

295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150, Российская Федерация.

e-mail: i.nowikow2012@mail.ru

Аметова Эльмира Джипаровна,

заведующая сектором биохимических анализов,

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,

295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150, Российская Федерация,

e-mail:e-ametova@mai.ua

Соболева Елена Евгеньевна,

младший научный сотрудник,

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,

295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150, Российская Федерация,

e-mail: onelarozas81@gmail.com

Article number 41. https://doi.org/10.1186/s13568-019-0764-v

- **29.** Sharififard M, Alizadeh I, Jahanifard E, Wang C, Azemi ME. Chemical composition and repellency of *Origanum vulgare* essential oil against *Cimex lectularius* under laboratory conditions. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*. 2018;12(4):387–397.
- **30.** Elansary HO, Abdelgaleil SAM, Mahmoud EA, Yessoufou K, Elhindi K, El-Hendawy S. Effective antioxidant, antimicrobial and anticancer activities of essential oils of horticultural aromatic crops in northern Egypt. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2018;18(1). Article number 214.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anastasiia V. Kryzhko,

Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Proteomics and Bioinformatics in Agriculture, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150, Kievskaya St., Simferopol, 295453, Russian Federation,

⊠ e-mail: solanum@ukr.net

Uryane M. Budzhurova,

Laboratory Assistant, Laboratory of Molecular and Cellular Biology, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150, Kievskaya St., Simferopol, 295453, Russian Federation, e-mail: ubudzhurova@mail.ru

Ilya A. Novikov,

Researcher, Laboratory of Breeding, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150, Kievskaya St., Simferopol, 295453, Russian Federation, e-mail: i.nowikow2012@mail.ru

Elmira D. Ametova.

Head of the Biochemical Analyses Sector, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150, Kievskaya St., Simferopol, 295453, Russian Federation, e-mail: e-ametova@mai.ua

Elena E. Soboleva,

Researcher, Laboratory of Breeding, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150, Kievskaya St., Simferopol, 295453, Russian Federation, e-mail: onelarozas81@gmail.com

Крыжко А.В., Буджурова У.М., Аметова Э.Д. и др. Особенности влияния штамма ... Kryzhko A.V., Budzhurova U.M., Ametova E.D. et al. Features of the Bacillus thuringiensis 888 ...

Смаглий Наталья Николаевна,

лаборант лаборатории молекулярной и клеточной биологии, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, 295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150, Российская Федерация, e-mail: scarletsun7991@mail.ru

Решетник Галина Васильевна,

к.б.н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, 295007, г. Симферополь, пр-т Академика Вернадского, 4, Российская Федерация, e-mail: gvresh@ukr.net

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Поступила в редакцию 18.04.2021. Одобрена после рецензирования 21.06.2021. Принята к публикации 30.08.2021.

Natalia N. Smagliy,

Laboratory Assistant,
Laboratory of Molecular and Cellular Biology,
Research Institute of Agriculture of Crimea,
150, Kievskaya St., Simferopol, 295453,
Russian Federation,
e-mail: scarletsun7991@mail.ru

e-maii. Scaneisum 99 i @maii.n

Galina V. Reshetnik,

Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Department of Botany and Physiology of Plants and Biotechnology, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 4, Academician Vernadsky Ave., Simferopol, 295007, Russian Federation, e-mail: gvresh@ukr.net

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 18.04.2021. Approved after reviewing 21.06.2021. Accepted for publication 30.08.2021.