

УДК 632.959

ВОЗМОЖНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТИМОЛА И КАРВАКРОЛА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСИКОВОЙ ТЛИ *Myzus persicae* (Sulzer, 1776)

© 2024 г. Е. А. Степанычева^{1,*}, М. О. Петрова¹, Т. Д. Черменская¹¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
196608 Санкт-Петербург—Пушкин, шоссе Подбельского, 3, Россия

*E-mail: stepanycheva@yandex.ru

Широкий спектр биологической активности эфирных масел в отношении вредителей дает основание рассматривать их в качестве дополнительных средств защиты растений и в других мероприятиях, направленных на снижение численности вредных членистоногих. В данной работе представлены результаты исследования биологической активности смеси тимола и карвакрола, входящих в состав эфирных масел многих растений в том числе душицы обыкновенной *Origanum vulgare* L. на персиковую тлю *Myzus persicae*. Использование эфирного масла и смеси его компонентов в качестве фумигантов продемонстрировало их высокий афидоцидный потенциал. При обработке листьев кормового растения (бобов) установлена способность смеси тимола и карвакрола снижать жизнеспособность самок тли и численность потомства, а на вегетирующих растениях (перце) негативно воздействовать на выживаемость особей дочернего поколения в преимагинальный период. Короткая продолжительность действия позволяет применять масла и отдельные компоненты совместно с агентами биологической борьбы и опылителями, и предполагает незначительное или полное отсутствие их остатков в пищевых продуктах. Препараты на основе эфирных масел растений можно использовать непосредственно перед уборкой урожая, в связи с минимальным периодом ожидания.

Ключевые слова: эфирное масло *Origanum vulgare*, фумигация, контактно-кишечное действие, контроль численности.

DOI: 10.31857/S0002188124070058, **EDN:** CFZUWS

ВВЕДЕНИЕ

С начала 2000-х гг. интенсивное изучение широкого спектра биологической активности эфирных масел (ЭМ) в отношении вредителей и болезнетворных микроорганизмов позволило рассматривать их в качестве альтернативы синтетическим химическим пестицидам для защиты растений и в других мероприятиях, направленных на снижение численности вредных для сельского хозяйства членистоногих.

Сегодня в разработке находится ряд инсектицидов, которые содержат в качестве активных ингредиентов масла розмарина, мяты перечной, корицы, гвоздики, эвкалипта и тимьяна и др. Некоторые продукты содержат смеси масел [1], в то время как в других используют одно эфирное масло или даже индивидуальное соединение, входящее в его состав. В ряде эфирных масел инсектицидную активность объясняют свойствами доминирующего компонента, например, тимолом в масле тимьяна *Thymus vulgaris* L. или цитралем в масле лемонграсса

Cymbopogon citratus (DC.) Stapf, в других, со сложным составом биологическую активность связывают не с основным компонентом, а с синергетическим взаимодействием составляющих [2, 3]. Быстрое проявление эффекта воздействия ЭМ на многие виды вредителей дает основание предполагать, что их мишенью является нервная система. Масла, как правило, легко взаимодействуют с насекомыми при контакте и питании обработанным субстратом, а летучий характер ЭМ и их компонентов позволяет считать многих из них потенциально эффективными фумигантами в закрытых помещениях. Эти компоненты демонстрируют потенциально важные сублетальные поведенческие эффекты вредных членистоногих, в том числе отказ насекомых питаться и откладывать яйца на (в) обработанный пищевой субстрат [4, 5]. Влияние летучих соединений на поведение вредных членистоногих также может играть роль в защите растений, продуктов растениеводства, снижая их привлекательность для вредителей. Но приходится учитывать, что повышенный интерес к растительным ЭМ в качестве потенциальных

пестицидов, неизбежно столкнется с нехваткой необходимого объема растительных ресурсов. Чтобы избежать этих проблем, изучают различные способы производства натуральных терпенов из источников, отличных от эфирных масел [6, 7].

Исследования показали, что синергия между терпенами эфирных масел, по-видимому, обычное явление и его механизм был продемонстрирован на маслах из растений рода *Rosmarinus* [8]. Эффективность активных ингредиентов биоинсектицида против сосущих фитофагов уже доказана коммерческим успехом препарата Requiem® (фирма Bayer), представляющего собой смесь синтетически полученных монотерпенов (α -терпинен, p -цимен и d -лимонен), которые являются основными компонентами растения *Chenopodium ambrosioides* L. [9, 10]. Продукты на основе эфирных масел или их составляющих используют в США уже более 10 лет, а в ЕС — последние 4–5 лет [7].

Цель работы — изучить виды биологической активности смеси тимола и карвакрола, входящих в состав многих ЭМ растений и, в том числе, душицы обыкновенной *Origanum vulgare* [11–14] для многоядного вредителя сельскохозяйственных культур открытого и закрытого грунта — персиковой тли *Myzus persicae* (Sulzer, 1776).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения экспериментов культуру персиковой тли *M. persicae* в течение нескольких поколений разводили в лабораторных условиях на проростках конских бобов (*Vicia faba* L.) при температурном режиме $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$ и световом периоде 18 ч.

Эфирное масло *O. vulgare* и смесь тимол-карвакрол (20%, в соотношении 1 : 1) были получены из Crop Research Institute (г. Прага, Чешская Республика).

Фумигационное действие на самок тли. Тестируемые образцы растворяли в этаноле до определенной концентрации и наносили на фильтровальную бумагу (диспенсер) по 10 мкл/повторность. Использовали дозировки 7.5, 7.0, 6.0, 5.0, 4.5, 4.0 и 3.0 мкл/л воздуха.

Изучения фумигационного действия проводили в контейнерах с плотно закрывающимися крышками по описанной ранее методике [15], основанной на бесконтактном воздействии летучих ЭМ. В качестве субстрата для питания самок и развития потомства использовали листья бобов на влажной фильтровальной бумаге. Через 1 сут подсчитывали живых, погибших самок и рожденных личинок. В каждой из 6-ти повторностей первоначально было по 20 самок тли.

Контактно-кишечное действие на самок тли. Для испытаний ЭМ *O. vulgare* готовили 1%-ный раствор, растворяя 100 мкл масла в 900 мкл этилового спирта с последующим добавлением 9 мл воды при перемешивании. Концентрации 0.03–0.05% получали методом последовательного разбавления 1%-ного раствора водой. Смесь тимол-карвакрол растворяли в воде до необходимых концентраций.

Изучение контактно-кишечного действия проводили двумя способами:

1. На изолированных листьях бобов. На дно чашки Петри (диаметр 10 см) помещали влажную фильтровальную бумагу, на нее укладывали лист растения, обработанный погружением в раствор препарата на 3 с, в контроле — лист, подвергшийся таким же манипуляциям, но с водой. В каждую чашку выпускали по 20 самок тли и закрывали их стеклянным садком с крышкой-сеткой (для вентиляции и исключения фумигационного действия). Через 24 ч учитывали живых, погибших самок и число родившихся личинок;

2. На вегетирующих растениях. Растения перца сорта Ласточка выращивали индивидуально в пластиковых стаканчиках и использовали в экспериментах в фазе 2-х настоящих листьев. Растения опрыскивали растворами масла, смеси тимол-карвакрол (20%) или водой (в контроле). На каждое растение, подготовленное таким образом, помещали по 15 самок тли. Через 2 сут самок удаляли, учитывая живых и число родившихся личинок. Во время следующего учета через 5 сут подсчитывали выживших особей дочернего поколения.

Оценку действия тестируемых образцов на персиковую тлю проводили по следующим формулам:

Смертность, % = $[(\text{Гибель в опыте} - \text{гибель в контроле}) / (100 - \text{гибель в контроле})] \times 100$;
 снижение численности потомства (СЧП) = $(\text{число личинок дочернего поколения в контроле} - \text{число личинок в опыте}) / \text{число личинок в контроле} \times 100$.

Для анализа математических и статистических данных использовали программу SIGMA PLOT 12.5. Достоверность различий оценивали при 5%-ном уровне значимости. Концентрации, вызывающие 50%-ную смертность тли, снижение численности дочернего поколения, снижение плодовитости и жизнеспособности потомства на 50% (ЛД_{50}) рассчитывали с помощью пробит-анализа [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фумигационная активность. Летучие тестируемые образцы — эфирного масла душицы обыкновенной и смеси 2-х ее компонентов (тимол-карвакрол (20%)) обладали достаточно высоким афидицидным потенциалом. Например, при воздействии

Таблица 1. Фумигационная активность смеси тимол–карвакрол (20%) и ЭМ *O. vulgare* для самок персиковой тли

Дозировка, мкл/л воздуха	Исходное количество особей, экз.	Гибель, %	Смертность, %	Личинок на 1 самку	Снижение числа живых личинок на самку, %
Тимол–карвакрол					
7.5	100	68.7 ± 4.29*	64.5	0.04 ± 0.02*	91.3
7.0	121	42.3 ± 4.23*	39.8	0.17 ± 0.06*	75.4
6.0	107	39.8 ± 7.34*	31.8	0.13 ± 0.05*	72.3
5.0	129	19.2 ± 1.95*	14.2	0.43 ± 0.05*	57.8
4.0	122	12.1 ± 2.60	7.0	0.47 ± 0.03*	53.9
3.0	132	6.9 ± 1.99	4.4	0.92 ± 0.05*	45.6
ЭМ <i>O. vulgare</i>					
6.0	105	57.4 ± 6.41*	56.1	0.07 ± 0.04*	94.4
5.0	119	52.9 ± 4.30*	52.9	0.23 ± 0.05*	81.8
4.5	102	50.6 ± 3.75*	49.1	0.28 ± 0.07*	76.9
3.0	100	19.2 ± 2.06*	17.1	0.55 ± 0.04*	64.7

* Различия между средними достоверны при $p \leq 0.05$.

(в закрытых контейнерах) на персиковую тлю тестируемой смесью в дозе 7.5 мкл/л (0.75 мкл каждого вещества/л) зарегистрирована гибель самок более 60% от исходного количества и отмечено снижение числа личинок дочернего поколения более чем в 11 раз (табл. 1).

Однако при такой дозировке уже через 1 сут на листьях проявлялась фитотоксичность. Постепенное снижение дозировки смеси привело к достаточно резкому повышению жизнеспособности самок, в то время как изменение негативного влияния на потомство проходило более плавно. После применения 4.0 мкл/л (0.4 мкл каждого вещества/л) показатель гибели самок достоверно не отличался от контроля, тогда как число молодых личинок дочернего поколения на 1 самку было в 2 раза меньше, чем в контроле.

Использование в аналогичном эксперименте многокомпонентного масла душицы *O. vulgare* показало его высокую токсичность и способность влиять на потомство и дольше сохранять оба вида активности при изменении дозировки. Сравнение дозировки 6.0 мкл/л в обоих вариантах показало, что при использовании смеси тимол–карвакрол (20%) смертность самок тли была в 1.8 раза меньше, чем после применения масла, а влияние смеси на число потомства соответственно в 1.3 раза слабее, чем масла. После использования дозировки 3.0 мкл/л эти показатели различались соответственно в 3.9 и 1.4 раза. ЛД₅₀ смеси тимол–карвакрол (20%) для самок тли составила 7.3 мкл/л, ЛД₅₀ ЭМ *O. vulgares* = 4.77 мкл/л воздуха. Дозировки, необходимые для снижения числа личинок

на 50% для смеси и масла, находились на уровне 3.60 и <3.0 мкл/л соответственно.

Контактно-кишечное действие. При первичной оценке контактно-кишечного действия смеси тимол–карвакрол (20%) (на изолированных листьях бобов) было установлено, так же как и при фумигации, ее влияние на жизнеспособность самок тли и численности потомства (табл. 2).

При концентрациях смеси 0.15 и 0.1% происходила быстрая гибель самок, в результате чего отсутствовало дочернее поколение. Использование концентраций тимол–карвакрола от 0.15 до 0.04% вызывало смертность самок тли соответственно в пределах 100–73% с высокой степенью достоверности по сравнению с контролем ($p < 0.001$). После разведения рабочего раствора до 0.03% гибель самок была в 10 раз больше, чем в контроле, в то время как число личинок дочернего поколения снизилось лишь в 1.4 раза, что могло быть связано с постепенным накоплением в организме самок веществ, приводящих к отсроченному летальному исходу, что давало время на рождение личинок.

Что касается ЭМ *O. vulgares*, то при таком способе воздействия на самок персиковой тли оно вызывало сходные эффекты, но процесс нивелирования активности происходил раньше, чем у смеси тимол–карвакрол. Уже после использования 0.04% концентрации показатели смертности взрослых особей и снижение их плодовитости были значительно меньше 50%.

ЛД₅₀ смеси тимол–карвакрол (20%) для самок тли составила 0.022%, ЛД₅₀ ЭМ *O. vulgares* = 0.049%. Дозировки, необходимые для снижения

Таблица 2. Контактно-кишечное действие смеси тимол–карвакрол (20%) и ЭМ *O. vulgare* на персиковую тлю

Концентрация, %	Исходное количество особей, экз.	Гибель, %	Смертность, %	Личинок на 1 самку	Снижение числа живых личинок на самку, %
Тимол–карвакрол					
0.15	89	100 ± 0.0*	100	0.0 ± 0.0*	100
0.10	92	98.9 ± 1.03*	98.1	0.0 ± 0.0*	100
0.07	97	85.8 ± 3.58*	85.6	0.17 ± 0.07*	78.5
0.05	104	78.8 ± 2.97*	78.6	0.27 ± 0.03*	65.8
0.04	116	72.7 ± 2.55*	70.9	0.22 ± 0.02*	52.1
0.03	112	66.5 ± 5.02*	63.9	0.33 ± 0.02*	28.3
0.02	109	49.7 ± 1.67*	46.4	0.39 ± 0.06	15.2
ЭМ <i>O. vulgare</i>					
0.05	116	65.1 ± 5.80*	63.8	0.25 ± 0.06*	63.8
0.04	108	17.9 ± 4.90*	15.1	0.43 ± 0.04*	38.7
0.03	116	2.58 ± 1.17	0.0	0.47 ± 0.10	32.8

* Различия между средними достоверны при $p \leq 0.05$.

Таблица 3. Влияние смеси тимол–карвакрол (20%) на персиковую тлю при обработке растений перца

Показатели активности*	Концентрация смеси, %			
	0.1	0.2	0.3	0.4
	Через 2 сут			
Гибель самок, %	31.1 ± 8,55	36.7 ± 2.86	38.3 ± 5.14	50.1 ± 5.69
Смертность личинок с учетом контроля, %	27.0	31.3	32.3	45.2
Число личинок на 1 исходную самку	1.2 ± 0.14	1.2 ± 0.11	1.4 ± 0.11	0.8 ± 0.07
Снижение плодовитости (личинок на исходную самку)	40.0	50.0	48.1	70.3
Через 5 сут в дочернем поколении				
Живых личинок на 1 исходную самку	0.9 ± 0.10	0.8 ± 0.08	0.8 ± 0.12	0.3 ± 0.08
Гибель личинок, %	22.0 ± 1.80	28.9 ± 3.25	49.2 ± 3.59	70.6 ± 10.0
Смертность личинок (с учетом контроля)	12.8	22.3	42.8	66.7
Снижение жизнеспособного потомства, %	49.9	63.6	66.7	87.5

* Различия между средними достоверны при $p \leq 0.05$ для всех показателей.

числа живых личинок на самку на 50% для смеси и масла, находились на уровне 0.039% и 0.042% соответственно.

Эксперименты на вегетирующих растениях подтвердили данные, полученные при изучении влияния смеси тимол–карвакрол (20%) на самок тли на отдельных листьях (табл. 3).

Гибель самок тли была больше, чем в контроле с высокой степенью достоверности (только в варианте с 0.1%-ной концентрацией $p = 0.017$, а в остальных случаях $p < 0.001$). Концентрация смеси 0.4% обеспечивала гибель половины самок. Во всех вариантах число личинок на 1 исходную самку было значительно меньше, чем в контроле

($p < 0.001$). Смесь 0.2% снижала плодовитость самок в 2 раза по сравнению с контролем. Дальнейшее наблюдение за молодыми личинками показало снижение их жизнеспособности (во всех вариантах $p < 0.001$) по сравнению с личинками, развивающимися на растениях, обработанных водой. Максимальная смертность отмечена в вариантах с применением 0.3 и 0.4%-ных растворов и превосходила контрольный показатель в 4.4 и в 6.3 раза. Суммарный эффект от снижения плодовитости самок и гибели личинок обеспечил снижение численности жизнеспособного потомства в 2 раза после использования 0.1%-ного раствора. Самый высокий показатель был получен после применения

0.4%-ной концентрации, но через 2-е сут на растениях проявились признаки фитотоксичности.

Тимол и карвакрол являются основными компонентами эфирных масел растений семейств Lamiaceae — Яснотковых (Губоцветных), Verbenaceae — Вербеновых, Ranunculaceae — Лютиковых, представителями которых являются *Origanum* spp., *Thymus* spp., *Satureja* spp. и т.п. Данные вещества обладают антимикробной и антиоксидантной активностью [17], что является основой их широкого применения в косметической, пищевой, фармацевтической и других отраслях. Не менее важны их инсектицидные свойства. Проведение анализа сравнительной активности отдельных веществ с образцами ЭМ растений, в состав которых они входят, не позволил выявить общей закономерности эффективности на членистоногих при различных способах воздействия.

Например, оценка фумигационной активности по отношению к *Trichoplusia ni* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) эфирного масла лемонграсса *Cymbopogon citratus* и тимьяна *Thymus vulgaris* выявила более высокий потенциал многокомпонентных масел по сравнению с чистым веществом [2]. После такого же способа воздействия на личинок 4-го возраста комаров *Anopheles stephensi*, тимол был в 1.6 раза более токсичен, чем масло семян *Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprauge. Токсичность летучих соединений для самок *A. stephensi* и их влияние на потомство (число и жизнеспособность личинок) были значительно выше у тимола, чем у ЭМ [18]. В похожих экспериментах с ЭМ *Mosla chinensis* Maxim. cv. Jiangxiangru и его основными компонентами тимолом (50.6%) и карвакролом (18.4%), масло проявило более высокую токсичность для имаго *M. persicae* ($ЛК_{50} = 4.34$ мкл/л воздуха), чем тимол ($ЛК_{50} = 5.88$ мкл/л воздуха), а карвакрол значительно уступал по активности им обоим ($ЛК_{50} = 10.06$ мкл/л воздуха) [19].

Наши исследования подтвердили потенциал ЭМ *O. vulgare* в качестве биопестицида против персиковой тли, примененного методом фумигации. При таком способе воздействия на самок персиковой тли масло душицы обыкновенной оказалось более эффективным ($ЛД_{50} = 4.77$ мкл/л воздуха), чем смесь тимола с карвакролом ($ЛД_{50} = 7.30$ мкл/л воздуха), а снижение плодовитости на 50% вызывали дозировки масла <3.0 мкл/л, смеси — на уровне 3.60 мкл/л воздуха.

При обработке пищевого субстрата (изолированных листьев бобов) (контактно-кишечное действие) ЭМ *O. vulgares* приводило к гибели 50% самок и снижению числа особей дочернего поколения на 50% при концентрации 0.049 и 0.042% соответственно.

Смесь тимол—карвакрол (20%) показала высокую активность в отношении персиковой тли в вегетационных экспериментах. Кроме гибели самок и снижения числа потомства установлено пролонгированное действие, проявляющееся в снижении жизнеспособности особей дочернего поколения. Максимальный эффект (87.5%), был получен при использовании 0.4%-ной концентрации, но при такой концентрации на листьях перца проявилась фитотоксичность. По данным [20], 100%-ную гибель обеспечивало применение ЭМ *O. vulgare* в концентрации 0.3% при заселении обработанных листьев картофеля самками персиковой тли. Но и в этих экспериментах отмечены следы фитотоксичности. Способность масел различных растений и *O. vulgare* в том числе, при определенных концентрациях негативно влиять на растения известно, и необходимо это учитывать для каждой культуры [21].

Широкое использование эфирных масел в качестве вкусовых и ароматических веществ предполагает их безопасность и поэтому приветствуется возможность их применения в качестве пестицидов. Короткий период действия (низкая стойкость в полевых условиях) способствует применению масел совместно с агентами биологической борьбы и опылителями и объясняет, как правило, относительно низкую токсичность для птиц, рыб и других диких животных и предполагает незначительное или полное отсутствие остатков в пищевых продуктах. Препараты на основе эфирных масел растений можно использовать непосредственно перед уборкой урожая, в связи с минимальным периодом ожидания. Совместное использования нескольких отдельных химически сложных масел может не только повысить биологическую эффективность за счет синергетического действия, но и снизить вероятность выработки устойчивости. Поэтому так необходимо оценивать биологическую активность каждого соединения ЭМ и возможность проявления синергетического эффекта при их совместном применении. При обработке растений эфирные масла, как правило, оказывают минимальное остаточное действие в качестве контактных инсектицидов, но в полевых условиях есть свидетельства того, что вредителей можно сдерживать или отпугивать в течение гораздо более длительного времени при использовании специальных препаративных форм (нанопрепараты и технологии микрокапсулирования). Технологии рецептур, которые замедляют испарение вполне могут улучшить использование эфирных масел [22, 23].

Из всех одобренных биопестицидов на основе ЭМ и их составляющих нет ни одного, предназначенного для фумигации [7]. Поэтому, установленное нами наличие у смеси тимол—карвакрол (20%) фумигационного действия может играть роль в процессе дальнейшего поиска эффективных и малоопасных фумигантов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты продемонстрировали более высокую эффективность смеси тимол–карвакрол для персиковой тли по сравнению с ЭМ. При обработке пищевого субстрата у обоих образцов конечный эффект состоял из гибели имаго и снижения плодовитости самок фитофага. Длительное наблюдение за персиковой тлей на вегетирующих растениях позволило установить и повышенную смертность личинок дочернего поколения.

Представленные результаты могут пополнить сведения о инсектицидной активности эфирных масел и их составляющих для разработки препаратов форм и способов применения биопестицидов. Использование в качестве инсектицидов отдельных соединений из состава эфирных масел позволит избежать зависимости от количества и качества сырьевого материала, зависящего от места произрастания, сроков сбора, условий хранения и т.п., а применение их смесей снизит вероятность развития резистентности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ahmed Q., Agarwal M., Al-Obaidi R., Wang P., Ren Y. Evaluation of aphicidal effect of essential oils and their synergistic effect against *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) // *Molecules*. 2021. V. 26. Iss. 10. Art. 3055.
2. Tak J.-H., Jovel E., Isman M.B. Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* // *J. Pest. Sci.* 2016. V. 89. Iss. 1. P. 183–193.
3. Tak J.-H., Isman M.B. Penetration-enhancement underlies synergy of plant essential oil terpenoids as insecticides in the cabbage looper, *Trichoplusia ni* // *Sci. Rep.* 2017. V. 7. Iss. 1. Art. 42432.
4. Park J.-H., Jeon Y.-J., Lee C.H., Chung N., Lee H.-S. Insecticidal toxicities of carvacrol and thymol derived from *Thymus vulgaris* Lin. against *Pochazia shantungensis* Chou & Lu., newly recorded pest // *Sci. Rep.* 2017. V. 7. Iss. 1. Art. 40902.
5. Damtie D., Mekonnen Y. Toxicity and oviposition deterrent activities of thyme essential oils against *Anopheles arabiensis* // *Psyche: J. Entomol.* V. 2021. Ar. ID6684156. 7 p.
6. Forti L., Di Mauro S., Cramarossa M.R., Filipucci S., Turchetti B., Buzzini P. Non-conventional yeast whole cells as efficient biocatalysts for the production of flavors and fragrances // *Molecules*. 2015. V. 20. Iss. 6. P. 10377–10398.
7. Isman M.B. Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides // *Phytochem. Rev.* 2020. V. 19. Iss. 2. P. 235–241.
8. Isman M.B., Wilson J.A., Bradbury R. Insecticidal activities of commercial rosemary oils (*Rosmarinus officinalis*) against larvae of *Pseudaletia unipuncta* and *Trichoplusia ni* in relation to their chemical compositions // *Pharmaceut. Biol.* 2008. V. 46. Iss. 1–2. P. 82–87.
9. Requiem® EC (QRD452). Terpenoid Blend QRD460 (α -terpinene, p-cymene, and d-limonene) // *Doc M III. Sec. 6. AgraQuest, Inc.*, 2011. 28 p.
10. Belaam-Kort I., Mansour R., Attia S., Boulahia Kheder S. Thrips (Thysanoptera: Thripidae) in northern Tunisian citrus orchards: population density, damage and insecticide trial for sustainable pest management // *Phytoparasitica*. 2021. V. 49. Iss. 4. P. 527–538.
11. Rodriguez-Garcia I., Silva-Espinoza B.A., Ortega-Ramirez L.A., Leyva J.M., Siddiqui M.W., Cruz-Valenzuela M.R., Gonzalez-Aguilar G.A., Ayala-Zavala J.F. Oregano essential oil as an antimicrobial and antioxidant additive in food products // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2016. V. 56. Iss. 10. P. 1717–1727.
12. Sakkas H., Papadopoulou C. Antimicrobial activity of basil, oregano, and thyme essential oils // *J. Microbiol. Biotechnol.* 2017. V. 27. № 3. P. 429–438.
13. 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* // *Peer J.V.* 8. Iss. 2 Art. e96262018.
14. Zamuner C.F.C., Marin V.R., Dilari G., Hypolito G.B., Sass D.C., Ferreira H. Oregano essential oil and its main components Thymol and Carvacrol as alternatives to control citrus canker // *Front. Agron.* 2023. V. 5. Art. 1148969.
15. Stepanycheva E., Petrova M., Chermenskaya T., Pavela R. Fumigant effect of essential oils on mortality and fertility of thrips *Frankliniella occidentalis* Perg // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2019. V. 26. Iss. 30. P. 30885–30892.
16. Srinivasan M.R. Probit analysis // *Electronic manual on pesticides and environment* / Eds. Palaniswamy S., Kuttalam S., Chandrasekaran S., Kennedy J.S. and Srinivasan M.R. Department of Agricultural Entomology, TNAU, 2004.
17. Badi H.N., Abdollahi M., Mehrafarin A., Ghorbanpour M., Tolyat M., Qaderi A., Ghiaci Yekta M. An overview on two valuable natural and bioactive compounds, thymol and carvacrol, in medicinal plants // *J. Med. Plants*. 2017. V. 16. № 63. P. 1–32.
18. Pandey S.K., Upadhyay S., Tripathi A.K. Insecticidal and repellent activities of thymol from the essential oil of *Trachyspermum ammi* (Linn) Sprague seeds against *Anopheles stephensi* // *Parasitol. Res.* 2009. V. 105. Iss. 2. P. 507–512.

19. Lu X., Weng H., Li C., He J., Zhang X., Ma Z. Efficacy of essential oil from *Mosla chinensis* Maxim. cv. Ji-angxiangru and its three main components against insect pests // Ind. Crops Prod. 2020. V. 147. Art. 112237.
20. Nikolova M., Yovkova M., Yankova-Tsvetkova E., Traikova B., Stefanova T., Aneva I., Berkov S. Biocidal activity of *Origanum vulgare* subsp. Hirtum essential oil // Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun. 2021. V. 69. Iss. 5. P. 569–578.
21. Dunan L., Malanga T., Bearez P., Benhamou S., Monticelli L.S., Desneux N., Michel T., Lavoie A.-V. Biopesticide evaluation from lab to greenhouse scale of essential oils used against *Macrosiphum euphorbiae* // Agriculture. 2021. V. 11. Iss. 9. Art. 867.
22. De Oliveira J.L., Ramos Campos E.V., Bakshi M., Abhilash P.C., Franceto L.F. Application of nanotechnology for the encapsulation of botanical insecticides for sustainable agriculture: prospects and promises // Biotechnol. Adv. 2014. V. 32. Iss. 8. P. 1550–1561.
23. Isman M.B. Bioinsecticides based on plant essential oils: a short overview // Z. Naturforsch. 2020b. V. 75. Iss. 7–8. P. 179–182.

Possibility of Combined Use of Thymol and Carvacrol to Control the Number of Peach Aphids *Myzus persicae* (Sulzer, 1776)

E. A. Stepanycheva^{a, #}, M. O. Petrova^a, T. D. Chermenskaya^a

^aAll-Russian Institute of Plant Protection,
shosse Podbelskogo 3, St. Petersburg–Pushkin 196608, Russia

[#]E-mail: stepanycheva@yandex.ru

The wide range of biological activity of essential oils in relation to pests gives reason to consider them as additional plant protection products and in other measures aimed at reducing the number of harmful arthropods. This paper presents the results of a study of the biological activity of a mixture of thymol and carvacrol, which are part of the essential oils of many plants, including oregano *Origanum vulgare* L. for the peach aphid *Myzus persicae*. The use of essential oil and a mixture of its components as fumigants has demonstrated their high aphidocidal potential. When processing the leaves of a forage plant (beans), the ability of a mixture of thymol and carvacrol to reduce the viability of female aphids and the number of offspring was established, and on vegetative plants (pepper) to negatively affect the survival of individuals of the daughter generation in the preimaginal period. The short duration of action allows the use of oils and individual components in conjunction with biological control agents and pollinators, and assumes a slight or complete absence of residues in food products. Preparations based on essential oils of plants can be used immediately before harvesting, due to the minimum waiting period.

Keywords: *Origanum vulgare* essential oil, fumigation, contact-intestinal action, ulation control.