СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОЛОГИЯ, 2022, том 57, № 1, с. 193-201

УДК 632.7:632.937: 632.951.2 doi: 10.15389/agrobiology.2022.1.193rus

О ВЛИЯНИИ ЭФИРНОГО МАСЛА *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. И ЕГО ОСНОВНОГО КОМПОНЕНТА НА РАЗВИТИЕ ОРАНЖЕРЕЙНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ *Trialeurodes vaporariorum* Westw.

Е.А. СТЕПАНЫЧЕВА, М.О. ПЕТРОВА, Т.Д. ЧЕРМЕНСКАЯ✉

Оранжерейная белокрылка *Trialeurodes vaporariorum* Westw. (*Hemiptera*, *Aleyrodidae*) наносит значительный экономический ущерб овощным и декоративным культурам. В связи с высоким потенциалом размножения фитофага и многократными химическими обработками, вызывающими возникновение резистентности к инсектицидам, требуются новые эффективные и экологически малоопасные средства защиты растений. Значительный интерес в этом плане представляют растительные эфирные масла. В настоящей работе впервые получены сведения об эффективности эфирного масла *L. cubeba* и цитраля в качестве фумигантов и репеллентов для контроля численности тепличной белокрылки. Целью нашей работы было изучение различных механизмов действия эфирного масла *Litsea cubeba* и его основного компонента — цитраля на *Trialeurodes vaporariorum*. Культуру белокрылки разводили в лабораторных условиях на растениях фасоли (*Phaséolus vulgaris* L.) при температуре 24±1 °С и световом периоде 16 ч. Эфирное масло *L. cubeba* и цитраль были получены из Crop Research Institute (г. Прага, Чешская Республика). Для испытаний готовили 1 % растворы эфирного масла *L. cubeba* или цитраля посредством растворения 100 мкл вещества в 900 мкл этилового спирта с последующим добавлении 9 мл воды при перемешивании. Концентрации 0,5; 0,25 и 0,125 % получали методом последовательного разбавления водой. Перед началом экспериментов провели оценку фитотоксичности эфирного масла *L. cubeba* и цитраля. Затем изучали действие эфирного масла при обработке преимагинальных стадий вредителя на отрождение яиц и дальнейшее развитие личинок. Также оценивали влияние эфирного масла *L. cubeba* и цитраля на предпочтение *T. vaporariorum* растений для питания и откладки яиц при свободном выборе. При изучении фумигационного действия оценивали число живых, погибших особей и отложенных яиц. Данные экспериментов были проанализированы с помощью однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA), средние значения сравнивали по критерию Tukey's HSD. При обработке яиц *T. vaporariorum* растворами эфирного масла *L. cubeba* в течение всего преимагинального периода развития ни одна из испытанных концентраций не влияла на жизненные показатели фитофага. Аналогичная ситуация была зарегистрирована и после обработки личинок. При содержании имаго белокрылки на обработанных маслом *L. cubeba* растениях отмечали статистически значимое ($p \leq 0,05$) снижение числа отложенных яиц на 25 % по сравнению с контролем при концентрации масла 0,25 %. Летучие вещества масла при использовании в концентрации 0,25 % обладали репеллентным действием и потенциалом для снижения численности потомства. Индекс предпочтения составлял –18,7, а число отложенных яиц снижалось почти на 40 %. Наиболее выраженное действие масла на тепличную белокрылку наблюдалось при фумигации. Масло *L. cubeba* (дозировки 9,0 и 6,0 мкл/л) вызывало гибель 90 % имаго и снижение числа яиц по сравнению с контролем соответственно на 98,2 и 93,8 %. Цитраль не проявил репеллентного действия, но его фумигационная активность не уступала таковой у эфирного масла. Максимально используемое количество цитраля (6,0 мкл/л) при таком способе воздействия приводило к смертности 85,9 % имаго и уменьшению числя яиц более чем на 90 %. Представленные данные доказывают перспективность масла *L. cubeba* в качестве фумиганта и репеллента в отношении *T. vaporariorum* в условиях закрытого грунта.

Ключевые слова: эфиромасличные растения, цитраль, *Trialeurodes vaporariorum*, белокрылка, токсичность, фумигация, репеллентный эффект.

Оранжерейная белокрылка *Trialeurodes vaporariorum* Westw. (*Hemiptera*, *Aleyrodidae*) может развиваться на 859 видах растений из 469 родов и 121 семейства (1). Подавление развития растений и снижение урожайности происходит не только вследствие питания фитофага соком флоэмы, но и из-за развития сажистого гриба на медвяной росе, выделяемой белокрылкой. *T. vaporariorum* активно переносит вирусные заболевания растений (2), поэтому даже при незначительной численности вредителя необходимо частое применение инсектицидов, провоцирующее развитие резистентности (3).

В поиске новых эффективных средств защиты предпочтение отдается экологически малоопасным веществам, среди которых значительный

интерес представляют растительные эфирные масла, обладающие различными механизмами воздействия на фитофагов (от прямого токсического до регулирующего поведение и развитие членистоногих) (4, 5). В мире насчитывается около 3000 растений-эфироносов, способных продуцировать и накапливать эфирные масла, но промышленное значение имеют лишь 200 видов, которые содержат достаточное количество продукта необходимого качества. Среди возделываемых в России эфироносов преобладают культуры, выращиваемые для получения зернового и цветочно-травянистого сырья (плоды кориандра, аниса, фенхеля, тмина, укропа, цветки и зеленая масса лаванды, полыни, иссопа, шалфея, розы эфиромасличной, мяты, душицы). При этом в Российской Федерации выпускается лишь 6-8 % эфирных масел от общего объема, получаемого в мире.

В настоящее время имеется достаточное количество фактов, подтверждающих биологическую активность растительных эфирных масел в отношении белокрылок (6, 7). Среди перспективных растительных масел с инсектицидными свойствами заслуживает внимания, получаемое из *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. (сем. *Lauraceae*) (8-10). Естественные ареалы этого древесно-кустарникового растения — южный Китай, Япония и Юго-Восточная Азии, а также горные районы Тайваня, Таиланда, северо-восточной Индии, Кореи, Вьетнама и Индонезии. Несмотря на зависимость химического состава масла от места произрастания *L. cubeba* и используемых частей растений (11), удалось идентифицировать 59 его компонентов. Цитраль — основной компонент этого масла вне зависимости от зоны произрастания растения (12).

В настоящей работе впервые получены сведения об эффективности эфирного масла *L. cubeba* и цитраля в качестве фумигантов и репеллентов для контроля численности тепличной белокрылки.

Целью нашей работы было изучение различных механизмов действия эфирного масла *Litsea cubeba* и его основного компонента — цитраля на *Trialeurodes vaporariorum*.

Методика. Культуру белокрылки разводили в лабораторных условиях на растениях фасоли (*Phaséolus vulgáris* L.) при температуре 24±1 °С и световом периоде 16 ч. Эфирное масло *L. cubeba* и цитраль были получены из Crop Research Institute (г. Прага, Чешская Республика).

Для испытаний готовили 1 % растворы эфирного масла *L. cubeba* или цитраля, растворяя 100 мкл вещества в 900 мкл этилового спирта с последующим добавлении 9 мл воды при перемешивании. Концентрации 0,5; 0,25 и 0,125 % получали методом последовательного разбавления водой.

Перед началом экспериментов оценивали фитотоксичность эфирного масла *L. cubeba* и цитраля для определения максимально возможной концентрации. Растворами веществ опрыскивали растения фасоли и наблюдали за ними в течение 7 сут.

Учитывали точное число особей белокрылки в каждой повторности (живых и погибших, или прореагировавших). Численность дочернего поколения рассчитывали на одну исходную особь.

При изучении действия эфирного масла *L. cubeba* на эмбриональную стадию *T. vaporariorum* растения фасоли, выращенные индивидуально в стаканчиках (200 мл), помещали в садки с имаго белокрылки для заселения. Через 1 сут имаго удаляли. После подсчета отложенных яиц растения обрабатывали 0,25 % раствором масла до смыкания капель, в контроле — водой. Эффект действия определяли по числу отродившихся личинок, образовавшихся пупариев и вылетевших имаго.

Чтобы оценить действие эфирного масла на личинок, заселение растений проводили, как и в предыдущем опыте, но после удаления имаго растения помещали в чистый бокс на 9 сут. Появившихся личинок подсчитывали перед обработкой 0,25 % раствором масла, в контроле — водой. Дальнейшие учеты проводили по методике, изложенной выше.

В условиях принудительного содержания имаго *T. vaporariorum* растения фасоли в опыте обрабатывали 0,25 % раствором масла, в контроле — водой. Растения помещали по одному в цилиндры (объем 10 л), выпускали в них по 30 особей имаго белокрылки (без разделения по полу) и закрывали мельничным газом для предотвращения вылета фитофага и нормальной вентиляции. Через 1 сут на растениях учитывали число взрослых особей и отложенных яиц. Далее учеты проводили как при обработке яиц.

При изучении влияния эфирного масла *L. cubeba* и цитраля на выбор *T. vaporariorum* растений для питания и откладки яиц по 2 опытных и 2 контрольных растения помещали в садки из оргстекла (60×60×60 см) с вентиляционными отверстиями и выпускали туда 60 взрослых особей белокрылки. Через 1 сут определяли численность фитофага на растениях и число отложенных яиц. Влияния тестируемых образцов на привлечение имаго оценивали по индексу предпочтения (ИП): ИП = (Хк – Хо)/Хпр, где Хк — число особей на контрольном растении, Хо — число особей на опытном растении, Хпр — общее число привлеченных особей.

Привлекательность растений для развития потомства определяли по снижению числа яиц (%) = [(Хк – Хо)/Хк] × 100, где Хк — число в контроле, Хо — число в опыте (13).

При оценке фумигационного действия эфирного масла *L. cubeba* и цитраля на *T. vaporariorum* эфирное масло или цитраль разводили в этаноле до определенной концентрации и наносили на фильтровальную бумагу (диспенсер) по 10 мкл на повторность. Использовали дозировки 9,0; 6,0; 4,5; 3,0 и 2,25 мкл/л воздуха. В контрольных вариантах на диспенсер наносили 10 мкл этанола. После испарения растворителя (через 2 мин) диспенсер прикрепляли на внутреннюю сторону крышки пластикового контейнера объемом 265 мл, на дно помещали лист фасоли, черешок которого находился в пробирке Эппендорф с водой. После выпуска имаго фитофага (30 особей) в контейнер его плотно закрывали крышкой. Через 1 сут подсчитывали живых, погибших особей и отложенные яйца. В каждом варианте опыта было по 10 повторностей. Цитраль оценивали в концентрациях, активных для *L. cubeba*.

Смертность рассчитывали по формуле O. Schneider-Orelli (14), влияние тестируемых образцов на число яиц — по формуле W.S. Abbot (13).

Статистическую обработку результатов проводили в программе MicroCal Origin, version 3.01 (https://microcal-origin.software.informer.com/). Рассчитывали средние значения показателей (*M*) и стандартные ошибки средних (±SEM). Данные экспериментов были проанализированы с помощью однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA), средние значения сравнивали по критерию Tukey's HSD. Различия между средними считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты. Оценка фитотоксичности растворов тестируемых образцов показала, что максимальной концентрацией, не оказывающей негативного влияния на растения фасоли, была 0,25 %.

При обработке яиц белокрылки растворами эфирного масла *L. cu-*

beba в течение всего преимагинального периода развития ни одна из испытанных концентраций не влияла на жизненные показатели фитофага. Гибель на изученных стадиях статистически не отличалась от результатов в контроле. Аналогичная ситуация была зарегистрирована и после обработки личинок. Средняя суммарная гибель за весь период наблюдения (до вылета имаго) не превышала 13 % и достоверно не отличалась от таковой в контроле (табл. 1).

При содержании имаго белокрылки на обработанных маслом *L. cubeba* растениях отмечали статистически значимое снижение числа отложенных яиц на 25 % по сравнению с контролем при концентрации 0,25 % (F = 4,55915, p = 0,04674). Показатели суммарной гибели существенно не различались по вариантам (F = 3,66306, p = 0,07167) (см. табл. 1).

1. Прохождение различных этапов онтогенеза *Trialeurodes vaporariorum* Westw. под влиянием эфирного масла *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. (0,25 % раствор, M±SEM; лабораторный опыт)

Вариант	Исходное число, экз.	Число отложенных яиц на 1 имаго, шт.	Снижение числа яиц, %	Погибших (по стадиям), экз.			Средняя суммарная гибель, экз.
				эмбриональная	личиночная	пупарии	
Эмбриональная стадия:							
опыт	254			3,30±1,62	2,30±1,21	1,30±0,78	6,90±2,17
контроль	270			2,30±1,01	1,90±0,89	3,00±0,85	7,20±1,72
Личиночная стадия:							
опыт	225				8,06±0,85	4,35±1,13	12,4±1,04
контроль	218				5,91±1,05	5,34±1,40	11,2±1,75
Имагинальная стадия:							
опыт	301	0,68±0,07*	25,3	7,30±1,56	6,50±0,92	4,20±1,47	17,9±1,39
контроль	282	0,91±0,08		4,90±1,22	5,00±0,68	4,80±1,22	14,7±0,91

* Различия с контролем статистически значимы при p ≤ 0,05 (см. раздел «Методика»).

При выборе белокрылкой растений для питания и откладки яиц при 0,25 % концентрации эфирного масла фитофаг отдавал предпочтение контрольным растениям. ИП составлял –18,7, а число отложенных яиц снижалось почти на 40 %. После обработки растений эфирным маслом в концентрации 0,125 % репеллентный эффект практически полностью отсутствовал и все оцениваемые показатели достоверно не различались с контролем (по распределению имаго — F = 0,88411, p = 0,35953; по числу яиц — F = 0,37043, p = 0,55037). Цитраль не оказывал влияния на поведение белокрылки (табл. 2).

2. Свободный выбор растений фасоли (*Phasŭolus vulgŏris* L.) оранжерейной белокрылкой *Trialeurodes vaporariorum* Westw. для питания и откладки яиц в зависимости от концентрации эфирного масла *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. и цитраля (M±SEM; лабораторный опыт)

Концентрация, %	Распределение имаго на растениях, экз.		Индекс предпочтения	Число яиц, шт.		Снижение числа яиц, %
	опыт	контроль		опыт	контроль	
Эфирное масло						
0,25	13,9±1,48*	20,3±1,26	–18,7	10,5±1,92*	17,1±2,18	38,6
0,125	15,8±2,01	18,5±2,06	–7,9	10,3±1,78	11,7±1,46	12,0
Цитраль						
0,25	15,3±1,75	19,7±2,12	–12,6	8,5±1,28	10,9±1,54	22,0
0,125	16,6±2,57	17,7±3,60	–3,2	8,8±1,22	9,2±1,27	4,3

* Различия с контролем статистически значимы при p ≤ 0,05 (см. раздел «Методика»).

При изучении фумигационного действия тестируемых образцов на *T. vaporariorum* масло *L. cubeba* (9,0 и 6,0 мкл/л) вызывало гибель 90 % имаго и снижение числа яиц по сравнению с контролем соответственно на 98,2 и 93,8 %. При концентрации 4,5 мкл/л погибало около половины тестируемых насекомых, при этом число яиц в опыте снижалось на 90,6 %. После

снижения дозировки еще в 1,5 раза эффекты полностью нивелировались (табл. 3). Использование цитраля в максимальной концентрации (6,0 мкл/л) при таком способе воздействия приводило к смертности 85,9 % имаго и уменьшению числа яиц более чем на 90 %. Резкое снижение токсичности, как и у масла *L. cubeba*, было отмечено при 3,0 мкл/л, при этом сохранялось негативное влияние на плодовитость (см. табл. 3).

3. Фумигационное действие эфирного масла *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. и цитраля на жизнеспособность имаго оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* Westw. и численность дочернего поколения (*M*±SEM; лабораторный опыт)

Дозировка, мкл/л	Протестировано особей, экз.	Смертность имаго, %	Смертность с учетом контроля, %	Число яиц на 1 имаго, экз.	Снижение числа яиц, %
Эфирное масло					
9,0	290	97,1±1,22*	97,1	0,02±0,006*	98,2
6,0	275	91,3±2,93*	90,3	0,03±0,011*	93,8
4,5	288	54,2±7,53*	51,5	0,06±0,019*	90,6
3,0	284	3,0±1,57	0,6	0,53±0,039	7,0
Цитраль					
6,0	287	86,0±5,33*	85,8	0,03±0,014*	94,3
4,5	272	73,9±3,77*	72,7	0,07±0,029*	87,5
3,0	267	10,1±2,87	6,9	0,31±0,072*	57,8
2,25	290	7,0±2,35	6,3	0,35±0,056*	45,9

*Различия с контролем статистически значимы при $p \leq 0,05$ (см. раздел «Методика»).

В научной литературе представлено достаточно сведений о механизмах действия эфирного масла *L. cubeba* и цитраля на представителей членистоногих. Так, эфирное масло *L. cubeba* характеризуется выраженной контактной токсичностью для некоторых видов *Coleoptera*: взрослых особей *Lasioderma serricorne* ($ЛД_{50}$ 27,33 мкг/см^2) и *Liposcelis bostrychophila* ($ЛД_{50}$ 71,56 мкг/см^2), личинок и жуков *Tenebrio molitor* ($ЛД_{50}$ 21,2 мкг/см^2), долгоносика *Sitophilus zeamais* (8, 9). В отношении гусениц *Trichoplusia ni* масло *L. cubeba* проявило умеренную токсичность ($ЛД_{50}$ 112,5 мкг/личинку) (10).

В наших экспериментах эфирное масло *L. cubeba* (0,25 %) при обработке им 1-суточных яиц и 1-2-суточных личинок белокрылки не оказывало на них негативного действия. Наблюдение за обработанными особями до вылета имаго не выявило различий в гибели между опытом и контролем. Однако при оценке влияния масла (0,25 %) на имаго фитофага и их потомство было показано снижение плодовитости у белокрылки на обработанных растениях, а дальнейшее развитие на протяжении преимагинального периода не различалось в опыте и контроле.

Наличие репеллентного действия *L. cubeba* наглядно продемонстрировано на жуках *Sitophilus zeamais* и *Tribolium castaneum* (15), комарах *Aedes albopictus* (16), термитах (17), муравьях *Monomorium pharaonis* (18). Цитраль обладал репеллентным действием на комаров *Aedes albopictus* (19) и на жука *Lasioderma serricorne* (20).

Полученные нами результаты по оценке влияния эфирного масла *L. cubeba* на поведенческие реакции белокрылки также показали снижение привлекательности обработанных растений как для питания, так и для откладки яиц при концентрации 0,25 %. После разведения раствора эфирного масла в 2 раза (до 0,125 %) выявленные эффекты нивелировались. Цитраль даже в максимальной используемой концентрации 0,25 % не вызывал достоверно отличающихся от контроля изменений поведения у фитофага. Возможно, что более высокие концентрации масла и цитраля вызвали бы эффект и у тепличной белокрылки *T. vaporariorum*, но наличие фитотоксичности не позволило повысить дозировку для обработки растений. Наличие фитотоксичности у масел отмечалось и ранее (21, 22).

Наибольшую эффективность эфирное масло *L. cubeba* и цитраль проявили при фумигационном воздействии, как оказывая прямой токсический эффект на имаго, так и снижая численность дочернего поколения. Фумигационные свойства масла *L. cubeba* также известны в отношении некоторых вредных членистоногих: жуков *Lasioderma serricorne* и *Liposcelis bostrychophila* ($ЛД_{50}$ соответственно 22,97 и 0,73 мг/л) (8), муравьев *Solenopsis invicta* (гибель более 90 % при дозировке 5,33 мкл/см^3) (23), личинок галлицы *Camptomyia corticalis* — вредителя грибов шиитаке ($ЛК_{50}$ 3,46 мг/см^3) (24), табачной белокрылки *B. tabaci* (100 % смертность при 2,4 мкл/см^3) (25).

Наличие фумигационных свойств описано и для цитраля в отношении капустной моли *Plutella xylostella* ($ЛК_{50}$ для имаго — 1,65 мг/л, для личинок первого возраста — 0,35 мг/л, для яиц — 4,28 мг/л) (26), жуков, *Tenebrio molitor* (9), муравьев *Solenopsis invicta* (гибель более 90 % при дозировке 5,33 мкл/см^3) (23). Аналогичные свойства *L. cubeba* выявлены нами ранее в отношении опасного карантинного вредителя *Frankliniella occidentalis*, часто присутствующего вместе с белокрылкой на одних и тех же культурах в теплицах (27, 28). Изученные нами концентрации были значительно ниже приводимых в литературе, а показатели смертности белокрылки аналогичны описанным. Токсичность тестируемых образцов оказалась сопоставима при одинаковых концентрациях, но, в отличии от масла *L. cubeba,* цитраль снижал число яиц даже при пониженных дозировках.

Сравнительная оценка активности воздействия изученных нами летучих продуктов — масла и цитраля на поведенческие реакции белокрылки и жизнеспособность фитофага, его плодовитость не выявила общей закономерности в эффективности отдельного вещества (цитраля) или многокомпонентного масла *L. cubeba*. Некоторыми авторами высказывалось предположение, что биологическую активность растительных эфирных масел обусловлена синергетическим действием соединений, входящих в его состав (23, 29). Поэтому не всегда можно рассчитывать, что отдельное вещество, даже значительно доминирующее в эфирном масле, будет более активным, чем сам исходный продукт. С многокомпонентностью эфирных масел связывают вероятность замедленного развития устойчивости к ним у вредителей и разнообразие способов воздействия.

Таким образом, на начальных стадиях эмбрионального и личиночного развития обработка эфирным маслом *Litsea cubeba* в концентрации 0,25 % не оказывала как прямого токсического действия на оранжерейную белокрылку *Trialeurodes vaporariorum*, так и эффекта последействия. Контакт имаго с растениями, обработанными эфирным маслом в этой же концентрации, вызывал снижение числа отложенных яиц (на 25,3 %). Летучие вещества масла (концентрация 0,25 %) обладали репеллентным действием (индекс предпочтения –18,7) и потенциалом для снижения численности потомства (снижение числа яиц на 38,6 %). У цитраля в концентрации 0,25 % эти свойства оказались менее выражены. Наиболее эффективным было действие масла на тепличную белокрылку при фумигации: при дозировке 4,5 мкл/л наблюдалась гибель более 50 % имаго и снижение числа яиц на 90,6 %. Эти же свойства были характерны для цитраля (4,5 мкл/л), у которого оцениваемые показатели составляли соответственно 72,7 и 87,5 %. Выявленное нами фумигационное и репеллентное действие масла *L. cubeba* и цитраля на белокрылку свидетельствует об их способности снижать численность фитофага. Представленные данные доказывают перспективность масла *L. cubeba* в качестве фумиганта и репеллента в отношении *T. vaporariorum* в условиях закрытого грунта, где фитофаг развивается круглогодично в 10-

16 поколениях независимо от погодных условий и существуют жесткие фитосанитарные требования к применяемым средствам защиты. Для дальнейшего обоснования эффективности применения масла *L. cubeba* необходимо проведение исследований в тепличных хозяйствах. Конкретные способы применения будут зависеть от результатов более детального изучения свойств тестируемых образцов. Фумигационные свойства могут быть использованы для предотвращения распространения белокрылки при транспортировке растительных материалов, урожая, а репеллентные — для снижения заселенности растений фитофагом.

ФГБНУ Всероссийский НИИ защиты растений,
196608 Россия, г. Санкт-Петербург—Пушкин, ш. Подбельского, 3,
e-mail: stepanycheva@yandex.ru, mar34915696@yandex.ru,
tchermenskaya@yandex.ru ✉

Поступила в редакцию
22 ноября 2021 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [*Agricultural Biology*], 2022, V. 57, № 1, pp. 193-201

EFFECTS OF *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. ESSENTIAL OIL AND ITS MAIN COMPONENT TO THE DEVELOPMENT OF THE GREENHOUSE WHITEFLY *Trialeurodes vaporariorum* Westw.

E.A. Stepanycheva, M.O. Petrova, T.D. Chermenskaya✉

All-Russian Research Institute of Plant Protection, 3, sh. Podbel'skogo, St. Petersburg, 196608 Russia, e-mail stepanycheva@yandex.ru, mar34915696@yandex.ru, tchermenskaya@yandex.ru (✉ corresponding author)
ORCID:
Stepanycheva E.A. orcid.org/0000-0002-0224-758X Chermenskaya T.D. orcid.org/0000-0001-5791-491X
Petrova M.O. orcid.org/0000-0003-3710-3292
The authors declare no conflict of interests
Received November 22, 2021 doi: 10.15389/agrobiology.2022.1.193eng

Abstract

Trialeurodes vaporariorum Westw. (*Hemiptera*, *Aleyrodidae*) causes significant economic damage to vegetable and ornamental crops, due not only to direct phytophage feeding, but also to the transfer of viral plant diseases. In connection with the high potential for reproduction and repeated chemical treatments, leading to the emergence of resistance to various insecticides, it becomes necessary to search for new effective environmentally safe plant protection products. Plant essential oils are of considerable interest in this regard. In this work, for the first time, we obtained information about the effectiveness of *Litsea cubeba* essential oil and its main component, citral, as fumigants and repellents for controlling the number of greenhouse whiteflies. As the problem of reducing the insecticidal load is especially acute in greenhouses, the aim of our study was to examine mechanisms of action of *L. cubeba* essential oil and citral on *T. vaporariorum* — one of the most harmful phytophages for greenhouse crops. Obtaining information on the effectiveness of the tested samples will serve as the basis for the development of a new protective tactic against the greenhouse whitefly. The whiteflies were lab-reared on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants at 24±1 °C and a 16 h light period. The essential oil of *L. cubeba* and citral were obtained from the Crop Research Institute (Prague, Czech Republic). For testing, 1 % solutions of *L. cubeba* essential oil or citral were prepared by dissolving 100 μl of the substance in 900 μl of ethanol, followed by the addition of 9 ml of water with stirring. Concentrations of 0.5, 0.25, and 0.125 % were obtained by sequential dilution with water. The phytotoxicity of *L. cubeba* essential oil and citral was pre-assessed. The pest preimaginal stages were treated to assess the effect of the essential oil on egg hatching and the larvae development. The influence of *L. cubeba* essential oil and citral on the choice of plants by *T. vaporariorum* for feeding and oviposition under free choice was also investigated. When studying the fumigation effect, the number of live, dead individuals and laid eggs was assessed. The experimental data were analyzed with one-way analysis of variance (one-way ANOVA), the mean values were compared using the Tukey's HSD test. Differences between the means were considered significant at $p \leq 0.05$. When the *T. vaporariorum* eggs were treated with solutions of *L. cubeba* essential oil, none of the tested concentrations affected the vital parameters of the phytophage during the entire preimaginal period of development. A similar pattern occurred after the treatment of larvae. The obtained results show the absence of both direct toxic effects and aftereffects during treatment at the embryonic and larval stages of whiteflies. When whitefly adults were kept on plants treated with 0.25 % concentration of *L. cubeba* oil, the number of laid eggs significantly decreases (by 25 % compared to the control). Oil volatiles at 0.25 % concentration had a repellent effect and reduced the offspring numbers. The preference index was –18.7, and the number of laid eggs decreased by almost 40 %. The fumigation effect of the *L. cubeba* oil on the greenhouse whitefly was

most noticeable. *L. cubeba* oil (9.0 and 6.0 μl/l) caused the 90 % death of adults and a decrease in the number of eggs by 98.2 and 93.8 %, respectively, compared to control. Citral had no repellent effect but its fumigation activity was not inferior to that of essential oil. The maximum used citral concentration of 6.0 μl/l led to 85.9 % mortality of adults and a decrease in the number of eggs by more than 90 %. Our findings suggest prospects of the *L. cubeba* oil application as a fumigant and repellant aainst *T. vaporariorum* in greenhouses.

Keywords: essential oil plants, citral, *Trialeurodes vaporariorum*, whitefly, toxicity, fumigation, repellent effect.

REFERENCES

1. CABI. *Trialeurodes vaporariorum (greenhouse whitefly)*. Available: https://www.cabi.org/isc/datasheet/54660. Accessed: 17.06.21.
2. Fiallo-Olivé E., Pan L.-L., Liu S.-S., Navas-Castillo J. Transmission of begomoviruses and other whitefly-borne viruses: dependence on the vector species. *Phytopathology*, 2020, 110(1): 10-17 (doi: 10.1094/PHYTO-07-19-0273-FI).
3. Kapantaidaki D.E., Sadikoglou E., Tsakireli D., Kampanis V., Stavrakaki M., Schorn C., Ilias A., Riga M., Tsiamis G., Nauen R., Skavdis G., Vontas J., Tsagkarakou A. Insecticide resistance in *Trialeurodes vaporariorum* populations and novel diagnostics for *kdr* mutations. *Pest Manag. Sci.*, 2018, 74(1): 59-69 (doi: 10.1002/ps.4674).
4. Pavela R., Stepanycheva E., Shchenikova A., Chermenskaya T., Petrova M. Essential oils as prospective fumigants against *Tetranychus urticae* Koch. *Industrial Crops and Products*, 2016, 94: 755-761 (doi: 10.1016/j.indcrop.2016.09.050).
5. Pavela R., Benelli G., Canale A., Maggi F., Mártonfi P. Exploring essential oils of Slovak medicinal plants for insecticidal activity: The case of *Thymus alternans* and *Teucrium montanum* subsp. *jailae*. *Food and Chemical Toxicology*, 2020, 138: 111203 (doi: 10.1016/j.fct.2020.111203).
6. Liu X.C., Hu J.F., Zhou L., Liu Z.L. Evaluation of fumigant toxicity of essential oils of Chinese medicinal herbs against *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2014, 2(3): 164-169.
7. Wagan T.A., Cai W., Hua H. Repellency, toxicity, and anti-oviposition of essential oil of *Gardenia jasminoides* and its four major chemical components against whiteflies and mites. *Sci. Rep.*, 2018, 8: 9375 (doi: 10.1038/s41598-018-27366-5).
8. Yang K., Wang C.F., You C.H., Geng Z-F., Sun R.Q., Guo S.S., Du S.S., Liu Z.L, Deng Z.W. Bioactivity of essential oil of *Litsea cubeba* from China and its main compounds against two stored product insects. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2014, 17(3): 459-466 (doi: 10.1016/j.aspen.2014.03.011).
9. Wang X., Hao Q., Chen Y., Jiang S., Yang Q., Li Q. The effect of chemical composition and bioactivity of several essential oils on *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Insect Science,* 2015, 15(1): 116 (doi: 10.1093/jisesa/iev093).
10. Jiang Z.L., Akhtar Y., Zhang X., Bradbury R., Isman M.B. Insecticidal and feeding deterrent activities of essential oils in the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) *Journal of Applied Entomology*, 2012, 136(3): 191-202 (doi: 10.1111/j.1439-0418.2010.01587.x).
11. Abdul Hammid S., Ahmad F. Chemotype of *Litsea cubeba* essential oil and its bioactivity. *Natural Product Communications*, 2015, 10(7): 1301-1304 (doi: 10.1177/1934578X1501000741).
12. Si L., Chen Y., Han X., Zhan Z., Tian S., Cui Q., Wang Y. Chemical composition of essential oils of *Litsea cubeba h*arvested from its distribution areas in China. *Molecules*, 2012, 17(6): 7057-7066 (doi: 10.3390/molecules17067057).
13. Abbott W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 1925, 18: 265-267 (doi: 10.1093/jee/18.2.265a).
14. Püntener W. *Manual for field trials in plant protection. 2nd edition*. Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited, 1981.
15. Ko K., Juntarajumnong W., Chandrapatya A. Repellency, fumigant and contact toxicities of *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Kasetsart Journal. Natural Sciences*, 2009, 43(1): 56-63.
16. Wu H., Zhang M., Yang Z. Repellent activity screening of 12 essential oils against *Aedes albopictus* Skuse: repellent liquid preparation of *Mentha arvensis* and *Litsea cubeba* oils and bioassay on hand skin. *Industrial Crops and Products*, 2019, 128(7-8): 464-470 (doi: 10.1016/j.indcrop.2018.11.015).
17. Seo S.-M., Kim J., Lee S.-G., Shin C.-H., Shin S.-C., Park I.-K. Fumigant antitermitic activity of plant essential oils and components from Ajowan (*Trachyspermum ammi*), Allspice (*Pimenta dioica*), caraway (*Carum carvi*), dill (*Anethum graveolens*), Geranium (*Pelargonium graveolens*), and Litsea (*Litsea cubeba*) oils against Japanese termite (*Reticulitermes speratus* Kolbe). *J. Agric. Food Chem.*, 2009, 57(15): 6596-6602 (doi: 10.1021/jf9015416).
18. Wagan T.A., Chakira H., He Y., Zhao J., Long M., Hua H. Repellency of two essential oils to *Monomorium pharaonis* (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist*, 2016, 99(4): 608-615 (doi: 10.1653/024.099.0404).

19. Hao H., Sun J., Dai J. Dose-dependent behavioral response of the mosquito *Aedes albopictus* to floral odorous compounds. *J. Insect Sci.*, 2013, 13(1): 127 (doi: 10.1673/031.013.12701).
20. Lü J., Liu S. The behavioral response of *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) to citronellal, citral, and rutin. *SpringerPlus*, 2016, 5: 798 (doi: 10.1186/s40064-016-2553-2).
21. Du W., Han X., Wang Y., Qin Y. A primary screening and applying of plant volatiles as repellents to control whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) on tomato. *Sci. Rep.*, 2016, 6: 22140 (doi: 10.1038/srep22140).
22. Deletre E., Chandre F., Barkman B., Menut C., Martin T. Naturally occurring bioactive compounds from four repellent essential oils against *Bemisia tabaci* whiteflies. *Pest Manag. Sci.*, 2016, 72(1): 179-189 (doi: 10.1002/ps.3987).
23. Xiao C.X., Tan Y.T., Wang F.F., Wu Q.H., Qin D.Q., Zhang Z.X. *The fumigating activity of Litsea cubeba oil and citral on Solenopsis invicta*. *Sociobiology*, 2020, 67(1): 41-47 (doi: 10.13102/sociobiology.v67i1.4481).
24. Kim J.-R., Haribalan P., Son B.-K., Ahn Y.-J. Fumigant toxicity of plant essential oils against *Camptomyia corticalis* (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Economic Entomology*, 2012, 105(4): 1329-1334 (doi: 10.1603/EC12049).
25. Kim S.-I., Chae S.-H., Youn H.-S., Yeon S.-H., Ahn Y.-J. Contact and fumigant toxicity of plant essential oils and efficacy of spray formulations containing the oils against B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci*. *Pest Manag. Sci.*, 2011, 67(9): 1093-1099 (doi: 10.1002/ps.2152).
26. Cai Y., Hu X., Wang P., Xie Y., Lin Z., Zhang Z. Biological activity and safety profile of monoterpenes against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2020, 27: 24889-24901 (doi: 10.1007/s11356-020-08751-y).
27. Stepanycheva E.A., Petrova M.O., Chermenskaya T.D., Pavela R. Effects of volatiles of essential oils on behavior of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* Perg (Thysanoptera, Thripidae). *Entomol. Rev.*, 2018, 98(7): 801-806 (doi: 10.1134/S0013873818070011).
28. Stepanycheva E.A., Petrova M.O., Chermenskaya T.D., Pavela R. Fumigant effect of essential oils on mortality and fertility of thrips *Frankliniella occidentalis* Perg. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2019, 26: 30885-30892 (doi: 10.1007/s11356-019-06239-y).
29. Pumnuan J., Insung A. Fumigant toxicity of plant essential oils in controlling thrips, *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) and mealybug, *Pseudococcus jackbeardsleyi* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Entomological Research*, 2016, 40(1): 1-10 (doi: 10.5958/0974-4576.2016.00001.3).