

УДК 632.91:595.752.3

ПРИВЛЕЧЕНИЕ ТРИПСОВ СОЛЕВЫМИ ФОРМАМИ АЛКИЛ НИКОТИНАТОВ И ИЗОНИКОТИНАТОВ[§]

© 2024 г. А. Ю. Лобур^{1,*}, Н. Г. Тодоров¹, М. И. Ушкова¹¹Всероссийский центр карантина растений

р.п. Быково, Московская обл., Раменский р-н, ул. Пограничная, 32, 140150 Россия

*E-mail: Alex-lobur@yandex.ru

Метилловые и этиловые эфиры никотиновой и изоникотиновой кислот являются эффективными аттрактантами для отлова трипсов. Солевые формы эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот на воздухе диссоциируют и постепенно выделяют аттрактант. Применение солевых форм алкил никотинатов или изоникотинатов в качестве аттрактантов трипсов в литературных источниках не описано. Исследована эффективность отлова западного цветочного трипса в закрытом грунте на посевах огурца и на цветах астры на синие липкие ловушки с диспенсерами, содержащими соли соляной, фосфорной, лимонной и трифторуксусной кислот с метил никотинатом. Установлено, что применение диспенсеров с солевыми формами метилникотината увеличивало отлов западного цветочного трипса в 1.8–2.3 раза в течение 1 мес. Диспенсеры с цитратами этиловых и метиловых эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот увеличивали отлов трипсов в 1.7–2.2 раза.

Ключевые слова: метил никотинат, этил никотинат, этил изоникотинат, этил изоникотинат, соли метил никотината, диспенсер, западный цветочный трипс (*Frankliniella occidentalis*), разноядный трипс (*Frankliniella intonsa*), табачный трипс (*Trips tabaci*), розанный трипс (*Trips fuscipennis*), цветочный трипс (*Trips physapus*).

DOI: 10.31857/S0002188124010053

ВВЕДЕНИЕ

Западный цветочный трипс (*WFT*) *Frankliniella occidentalis* является одним из наиболее опасных вредителей овощных, декоративных и цветочных растений защищенного грунта. *WFT* опасен тем, что наносит растениям непосредственные повреждения и способен переносить вирусы-возбудители опасных заболеваний растений. Для раннего выявления *WFT* эффективным является применение цветных ловушек с аттрактантом [1].

Известно более 30 соединений, входящих в состав душистых масел цветов и привлекающих трипсов [2, 3]. Было установлено, что наряду с компонентами природных масел трипсов привлекают эфиры никотиновой и изоникотиновой кислот [4, 5]. Кроме метилового и этилового эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот было исследовано большое количество производных пиридина и других соединений близкой структуры. Многие из этих веществ тоже проявляли аттрактивность к *WFT* [6–8]. Эфиры никотиновой и изоникотиновой кислоты проявляют аттрактивность к *WFT* в диапазоне концентраций до 4-х порядков.

Большинство других душистых соединений проявляли аттрактивность в диапазоне концентраций 1–2 порядка [9]. Это послужило одним из факторов при включении в состав для диспенсеров именно эфиров никотиновой или изоникотиновой кислот, т.к. большой диапазон концентраций аттрактивности позволяет обеспечить значительно большую продолжительность работы ловушек. Описано, что метилловые и этиловые эфиры никотиновой и изоникотиновой кислот привлекают и несколько видов трипсов: *Trips obscuratus* [4], *Frankliniella occidentalis*, *Trips tabaci* [7], *Frankliniella schulzei*, *Trips imaginis*, *Trips major*, *Hydatotrips adolffriderici* [10], *onion trips*, *New Zeland flower trips* [8], *Megalurothrips sjostedti* [14]. Авторы утверждали, что метил изоникотинат увеличивает отлов всех видов трипсов, не увеличивая нежелательный случайный отлов их естественных врагов – энтомофагов [14]. Вероятно, метил никотинат (МН) является аттрактантом для большого количества видов трипсов. При этом возможны исключения, например, испанская популяция *WFT*, по сообщениям авторов, не восприимчива к метилу изоникотинату и другим никотинатам [10].

Вторым фактором при выборе эфиров никотиновой кислоты является их коммерческая доступность и экологическая безопасность. МН является

[§]Работа выполнена в рамках Госзадания, рег. № 123042500058-4.1.1.

производным витамина РР, и его широко применяют в мазах медицинского назначения.

Эфиры никотиновой и изоникотиновой кислоты характеризуются высокой летучестью, что не позволяет применять их на диспенсерах простой конструкции из-за быстрого испарения аттрактанта [10]. В предыдущей работе исследовали постепенное выделение МН с диспенсеров при диссоциации его солей с различными кислотами. Было установлено, что соли с уксусной и муравьиной кислотой разлагались слишком быстро. Устойчивое длительное испарение целевого соединения наблюдали для солей с соляной, трифторуксусной, ортофосфорной и лимонной кислотами. Примерно такую же скорость испарения МН наблюдали для диспенсеров, герметично запаянных в двойные пакеты из полиэтилена высокого давления толщиной 200 мкм [15]. Применение солевых форм эфиров никотиновой кислоты в качестве аттрактантов трипсов в литературе не описано. Не известно, какое влияние на общую аттрактивность будут оказывать кислоты, входящие в состав солей. Поэтому было целесообразно провести полевые испытания этих соединений.

Цель работы – на первом этапе исследовать эффективность отлова трипсов различными солями МН в полевых условиях для выбора наиболее перспективной кислоты. На втором этапе необходимо было сравнить эффективность отлова трипсов солями метилового и этилового эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве диспенсеров использовали пластины 2×2.5 см, нарезанные из коммерчески доступных губчатых салфеток York 17.5×15.5 см. Эфиры никотиновой и изоникотиновой кислот использовали покупные. МН и метил изоникотинат использовали фирмы “ACROS ORGANICS”, а этил никотинат и этил изоникотинат – фирмы “Tokyo Chemical Industry”. Солевые формы эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот готовили растворением в метаноле эквимольных количеств эфира и кислоты. Эфиры никотиновой и изоникотиновой кислот и их солевые формы наносили на диспенсеры в виде растворов в метаноле. Растворитель после нанесения в течении 1 ч полностью испарялся. Лабораторные опыты по установлению летучести солей проводили гравиметрическим методом в четырехкратной повторности. Для запаивания полиэтиленовых пакетов использовали полиэтилен высокого давления толщиной 200 мкм и вакуумный упаковщик “Vacuum sealer dz-280a”. Полевые исследования по отлову *WFT* проводили с применением синих клеевых ловушек “Пластина”, которые размещали в пятикратной повторности. Ловушки

были изготовлены из двухстороннего ламинированного картона синего цвета размером 25×30 см с отверстием для подвески и клеевым покрытием с обеих сторон, защитой клеевой поверхности силиконизированной бумагой. Диспенсер прикрепляли с помощью скрепки в день его вывешивания.

Опыт проводили на территории Московской области в период с 27 апреля по 23 июня 2021 г. на культуре огурца сорта Мадрилене F1 в теплице площадью 800 м^2 , ловушки размещали через 1 мес. после высадки рассады на высоте 30 см над растениями. Ловушки размещали на расстоянии 4×5 м друг от друга. Температура воздуха в теплице днем была равна $20\text{--}24^\circ\text{C}$, ночью – $18\text{--}19^\circ\text{C}$. В качестве контроля применяли ловушки “Пластина” без диспенсера, которые размещали также в пятикратной повторности. Размещение вариантов ловушек чередовали. Учет количества привлеченных в ловушки насекомых проводили один раз в 7 сут.

Вторую часть опыта проводили в период с 25 мая по 21 июня 2022 г. в посадках цветов хризантемы вetchной сортов Кеннеди, Аристотель, Шик, Ларсон и др. в теплице площадью 3000 м^2 , ловушки размещали на высоте 10–15 см над растениями и поднимали по мере роста растений. Ловушки размещали на расстоянии 4×5 м друг от друга в десятикратной повторности. Трипсов удаляли вместе с частью клеевой ловушки и помещали фрагмент ловушки с насекомыми в стеклянную чашку Петри на несколько часов для полного растворения клеевого слоя в соответствие со стандартизированной методикой [16]. Изготовление микропрепаратов и последующую идентификацию анатомо-морфологическим методом проводили в соответствие с актуальными нормативными документами [17, 18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

МН в количестве 150 мг (1.095 мкмоль) наносили на диспенсер в виде раствора в 0.5 мл метанола. В раствор добавляли эквимольное количество кислоты (рис. 1).

На протяжении 6 нед ловушки с диспенсерами ловили в 1.5–2.7 раза больше трипсов по сравнению с контрольными. Диспенсеры с МН и его солевыми формами привлекали трипсов примерно одинаково. Несколько хуже работал гидрохлорид МН. На 7-й нед ловушки с гидрохлоридом МН и контрольные отловили одинаковое количество вредителей. Вероятно, за этот период вся соль испарилась и диспенсеры перестали испарять аттрактант. На восьмой неделе диспенсеры с солью МН с трифторуксусной кислотой (*TFA*) и с МН в двойных полиэтиленовых пакетах тоже перестали привлекать насекомых. Вероятно, за 7 нед вещество полностью испарилось. Диспенсеры с фосфатом

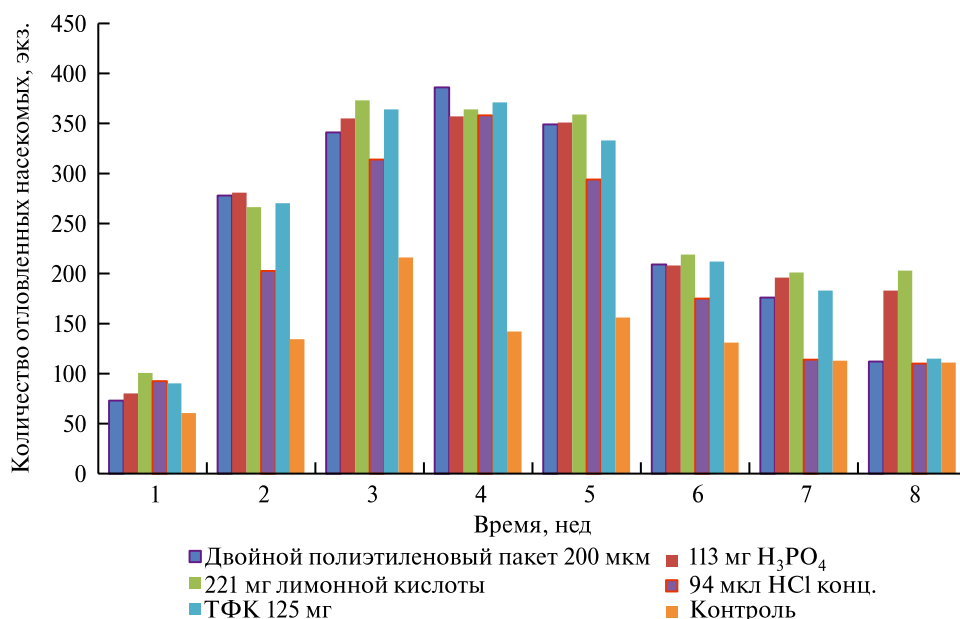


Рис. 1. Понедельный отлов трипсов на ловушки с диспенсерами с МН (150 мг) и его солями на культуре огурца сорта Мадрилене F1.

и цитратом МН и на 8-й нед продолжали привлекать трипсов. Ловушки с этими диспенсерами в течение 8-й нед отловили в 1.6–2.0 раза больше вредителей по сравнению с контрольными. Опыт был остановлен из-за прекращения работы теплицы. Вследствие этого время до полной выработки диспенсеров установить не удалось. Следует отметить,

что диспенсеры с цитратом МН привлекали трипсов немного лучше по сравнению с фосфатом МН. Определение видового состава отловленных насекомых показало, что на ловушках в основном был *WFT* (*Frankliniella occidentalis*) и $\approx 30\%$ – разноядный трипс (*Frankliniella intonsa*).

Перед проведением полевых сравнительных испытаний аттрактивности солей метилового и этилового эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот представлялось целесообразным изучить скорости испарения этих солей, т.к. эта характеристика может влиять на время и эффективность работы диспенсеров в полевых условиях. В лабораторных условиях определяли снижение массы пластин с нанесенными на них растворами солей этих аминов с трифторуксусной кислотой. Для опытов была выбрана *TFA*, т.к. при диссоциации соли она испаряется вместе с амином. Результаты исследования представлены на рис. 2.

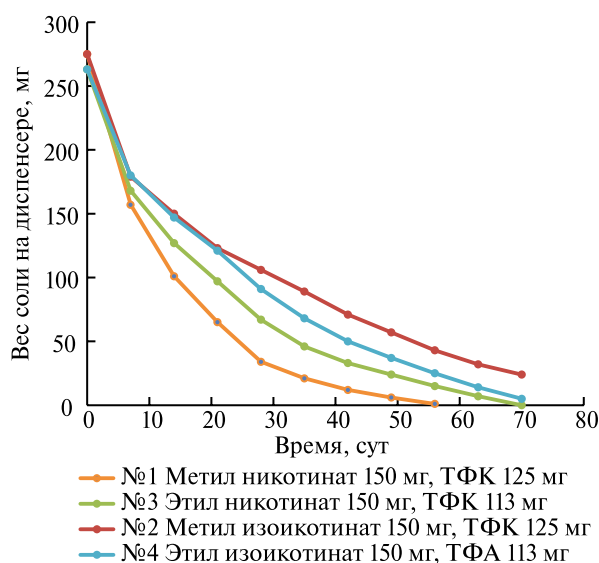


Рис. 2. Снижение массы солей метиловых и этиловых эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот с трифторуксусной кислотой при их диссоциации на диспенсерах в течение времени.

Быстрее всего среди солей с *TFA* испарялся метил никотинат. Вероятнее всего разность скорости испарения этих солей обусловлена их разной основностью. Согласно литературным данным, основность МН $pK_a = 3.23$ и меньше чем у метила изоникотината, для которого $pK_a = 3.38$ [19]. Скорость испарения солей этил никотината и этил изоникотината имела промежуточные величины. Данными по основности этих эфиров мы не располагаем.

Лимонная кислота при термической диссоциации ее солей не испаряется и делает пластины более гигроскопичными, что вносит большую

погрешность в гравиметрические исследования при изменениях влажности воздуха в лаборатории. Тем не менее, т.к. диспенсеры с цитратом МН оказались в полевых условиях наиболее эффективными при отлове трипсов, были проведены исследования скорости испарения метиловых и этиловых эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот при диссоциации их цитратов с диспенсеров. Для устранения изменения массы диспенсеров из-за влажности перед взвешиванием их выдерживали 4 ч в эксикаторе над гидроксидом натрия в качестве осушителя. Соли готовили растворением в метаноле 150 мг соответствующего эфира с эквивалентным количеством лимонной кислоты и в виде раствора наносили на диспенсеры. Растворитель в течении 1 ч полностью испарялся. Результаты исследований представлены на рис. 3.

В течение первой недели испарялось –35–47 мг эфиров. В течение 2-х мес. испарилось от 60 до 72 мг эфиров. Далее эфиры практически перестали выделяться с диспенсеров. При этом запах метил и этил никотината также перестал ощущаться на диспенсерах органолептически. По окончании опыта диспенсеры с цитратом МН были обработаны водным раствором карбоната натрия и экстрагированы диэтиловым эфиром. После концентрирования было выделено 85 мг МН (в расчете на 1 диспенсер). Вероятно, после испарения части МН избыток освобожденной лимонной кислоты сильно снижает скорость испарения.

По мнению [7], для исключения влияния диспенсеров на соседние ловушки расстояние между ними должно быть не менее 10 м. Эти же авторы в другой работе в сравнительных опытах располагали ловушки на расстоянии 24 м друг от друга [20]. Диспенсеры с солями эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот выделяют аттрактант медленнее, чем диспенсеры с этими соединениями в виде оснований. Поэтому представлялось целесообразным изучить радиус действия диспенсеров с солями. Для определения радиуса действия диспенсеров с цитратом МН были проведены испытания

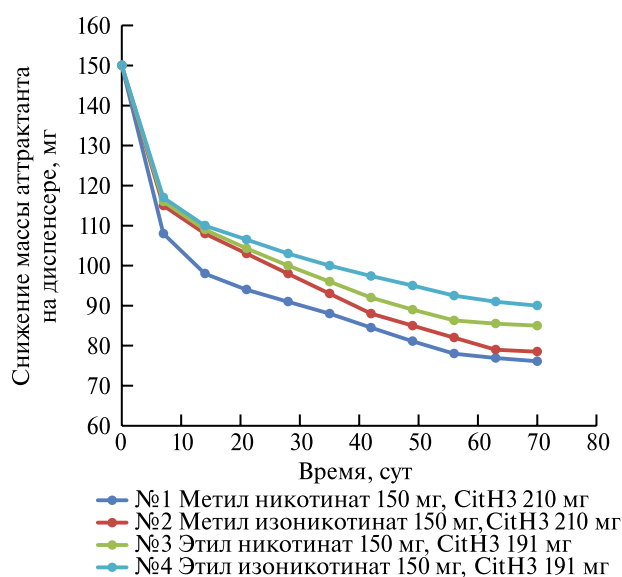


Рис. 3. Испарение метиловых и этиловых эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот при диссоциации их солей с лимонной кислотой с диспенсеров в течение времени.

в теплице на посадках цветов хризантемы вetchной. Синие липкие ловушки (10 × 25 см, 6 шт.) с диспенсерами располагали на расстоянии не менее 20 м друг от друга. Между ними на прямой линии с шагом сначала 1 м, а далее 2.5 м располагали ловушки без диспенсеров. Крайние ловушки располагали не менее 1 м от края посадки. Установлено, что на расстоянии 1 м от ловушек с диспенсером ловушки без диспенсеров отлавливали трипсов в 1.3 раза меньше, а начиная с 2.5 м и далее, различие в отлове составляло 1.8 раза. Таким образом в нашем случае для сравнительных опытов ловушки необходимо было располагать на расстоянии не менее 3 м друг от друга. Поэтому в сравнительных опытах мы располагали ловушки по схеме 4 × 5 м.

Опыты по сравнению эффективности отлова трипсов синими липкими ловушками с диспенсерами

Таблица 1. Отлов трипсов синими ловушками с диспенсерами, содержащими цитраты эфиров на цветах хризантемах ($n = 10$)

№	Аттрактант, 150 мг	Среднее количество насекомых на ловушке с доверительным интервалом для вероятности $P = 0.95$	$F_{(4,4)}$	Относительное превышение отлова по сравнению с контролем, раз
1	Метил никотинат	237 ± 69	39.0	1.69
2	Метил изоникотинат	217 ± 67	25.5	1.55
3	Этил никотинат	181 ± 54	8.6	1.29
4	Этил изоникотинат	187 ± 52	11.4	1.33
5	Контроль	140 ± 70		1

с цитратами метиловых и этиловых эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот проводили на посадках цветов хризантемы веточной на протяжении 27 сут. Оценку значимости отличий результатов каждого опытного варианта от контрольного проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа по критерию Фишера. Результаты представлены в табл. 1.

Цитрат метил никотината оказался лидером по привлечению трипсов на ловушки и дал превышение отлова по сравнению с контролем в 1.69 раза. Попарное сравнение по критерию Фишера показало, что отличия между 1-м и 2-м вариантом, а также между 3-м и 4-м оказались незначимыми. Отличия в отлове насекомых между метиловыми и этиловыми эфирами оказались значимыми.

Определение видового состава отловленных насекомых показало, что на ловушках оказалось 3 вида трипсов. Среди них больше всего, ≈70%, был представлен табачный трипс (*T. tabaci*) и примерно по 15% были представлены розанный и цветочный трипсы (*T. fuscipennis*, *T. physapus*). Следует отметить, что хотя эти виды трипсов не являются карантинными, тем не менее они наносят вред культурным растениям такой же, как и *WFT*. Поэтому необходим мониторинг и борьба с этими вредителями. Сравнение результатов опытов в теплицах с огурцом, заселенных *WFT* и разнотравными трипсами, и в теплицах с астрами, заселенных табачным, цветочным и розанным трипсами, показало, что диспенсеры с цитратом МН увеличивали отлов разных видов трипсов примерно одинаково.

ВЫВОДЫ

Нанесение 150 мг метил никотината на пористые пластины в виде солей с соляной, фосфорной, лимонной или трифторуксусной кислотами позволило сделать диспенсеры без запаивания в полимерные пакеты, которые постепенно выделяют в окружающий воздух метил никотинат более 1 мес. Этот способ позволяет изготавливать диспенсеры длительного срока действия для отлова трипсов.

Сравнительные испытания эффективности отлова трипсов синими липкими ловушками с диспенсерами с цитратами метиловых и этиловых эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот показали, что наиболее эффективным оказался цитрат метил никотината. Диспенсеры с цитратом метил никотината увеличивали отлов западного цветочного, разнотравного, табачного, розанного и цветочного трипсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sampson C. Management of the western flower trips on strawberry: Thesis submitted for the degree of Ph D. Keele University, 2014. 278 p.
2. Imai T., Mackawa M., Murai T. Attractiveness of methyl anthranilate and its related compounds to the flower thrips, *Thrips hawaiiensis* (Morgan), *T. coloratus* Schmutz, *T. flavus* Schrank and *Megalurothrips distalis* (Karny) (Thysanoptera: Thripidae) // Appl. Entomol. Zool. 2001. V. 36(4). P. 475–478.
3. Cao Yu, Wang J., Germinara G.S., Lijuan Wang, Yang H., Gao Y., Li C. Behavioral responses of *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) to volatile compounds identified from *Gardenia jasminoides* Ellis (Gentianales: Rubiaceae) // Insects. 2020. V. 11. 408. <https://doi.org/10.3390/insects11070408>
4. Penman D.R., Osborne G.O., Worner S.P., Chapman R.B., McLaren G.F. Ethyl nicotinate: A chemical attractant for *Trips obscuratus* (Thysanoptera: Thripidae) in Stonefruit in New Zealand // J. Chem. Ecol. 1982. V. 8. № 10. P. 1299–1303.
5. Teulon D.A.J., Penman D.R., Ramakers P.M.J. Volatile chemicals for *Trips* (Thysanoptera: Thripidae) host finding and applications for trips pest management // J. Econom. Entomol. 1993. V. 86. Iss. 5. P. 1405–1415.
6. Davidson M.M., Teulon D.A.J., Perry N.B. Insect behaviour modifying compounds: Pat. WO2005046330A1. 2003.11.13.
7. Teulon D.A.J., Davidson M.M., Hedderley D.I., James D.E., Fletcher C.D., Larsen L., Green V.C., Perry N.B. 4-Pyridyl carbonyl and related compounds as *Thrips* lures: Effectiveness for onion thrips and New Zealand flower thrips in field experiments // J. Agric. Food Chem. 2007. V. 55. P. 6198–6205.
8. Davidson M.M., Perry N.B., Larsen L., Green V.C., Butler R.C., Teulon D.A.J. 4-Pyridyl carbonyl compounds as *Thrips* lures: Effectiveness for western flower thrips in y-tube bioassays // J. Agric. Food Chem. 2008. V. 56. P. 6554–6561.
9. Koschier E.H., De Kogel W.J., Visser J.H. Assessing the attractiveness of volatile plant compounds to western flower thrips *Frankliniella occidentalis* // J. Chem. Ecol. 2000. V. 26. № 12. P. 2643–2655.
10. Nielsen M.C.K. Factors affecting the response of thrips to an olfactory cue: A thesis submitted in partial fulfillment of Doctor of Philosophy (Ph.D.). Lincoln University, 2013. 157 p.
11. Muvea A.M., Waiganjo M.M., Kutima H.L., Osiemo Z., Nyasani J.O., Subramanian S. Attraction of pest thrips (Thysanoptera: Thripidae) infesting French beans to coloured sticky traps with Lurem-TR and its utility for monitoring thrips populations // Inter. J. Tropical Insect Sci. 2014. V. 34. № 3. P. 197–206.
12. Лобур А.Ю., Тодоров Н.Г., Кузнецов К.А. Способ снижения летучести метилникотиноата с диспен-

- серов путем перевода его в солевые формы для отлова трипсов // *Агрохимия*. 2022. № 4. С. 46–51.
13. ГОСТ 28420-2022. Межгосударственный стандарт карантин растений. Правила подготовки лабораторных проб при энтомологических исследованиях.
 14. Волков О.Г., Смирнов Ю.Н. Методические рекомендации по выявлению и идентификации западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* (Pergande). Быково: ВНИИКР, 2020. 76 с.
 15. Атлас трипсов. Виды, встречающиеся в подкарантинной продукции. Сост. Рожина В.И. Калининград: Балтийск. Фед. ун-т имени Иммануила Канта, 2019. 136 с.
 16. United States Environmental Protection Agency, <https://comptox.epa.gov/dashboard/chemical/properties/DTXSID7044471>, <https://comptox.epa.gov/dashboard/chemical/properties/DTXSID9062433>
 17. Davidson M.M., Butler R.C., Winkler S., Teulon D.A.J. Piidin compounds increase capture of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in a cover crop // *J. Econom. Entomol.* 2009. V. 102(4). P. 1468–1471.

Attraction of Thrips by Salt Forms of Alkyl Nicotines and Isonicotines

A. Yu. Lobur^{a, #}, N. G. Todorov^a, M. I. Ushkova^a

^aAll-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIICR”,
Pogranichnaya ul. 32, Moscow region, Ramenskiy district, r.p. Bnykovo 140150, Russia,

[#]E-mail: Alex-lobur@yandex.ru

Methyl and ethyl esters of nicotinic and isonicotinic acids are effective attractants for catching thrips. The salt forms of nicotinic and isonicotinic acid esters dissociate in air and gradually secrete an attractant. The use of salt forms of alkyl nicotines or isonicotines as thrips attractants has not been previously described. The efficiency of catching Western flower thrips in the closed ground on cucumber crops and aster flowers on blue sticky traps with dispensers containing salts of hydrochloric, phosphoric, citric and trifluoroacetic acids with methyl nicotinate was investigated. It was found that the use of dispensers with salt forms of methylnicotinate increased the catch of Western flower thrips by 1.8–2.3 times during 1 month. Dispensers with citrates of ethyl and methyl esters of nicotinic and isonicotinic acids increased the catch of thrips by 1.7–2.2 times.

Keywords: methyl nicotinate, ethyl nicotinate, ethyl isonicotinate, ethyl isonicotinate, methyl nicotinate salts, dispenser, western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*), variegated thrips (*Frankliniella intonsa*), tobacco thrips (*Trips tabaci*), roseate thrips (*Trips fuscipennis*), flower thrips (*Trips physapus*).