

Разработка и испытание диспенсеров с агрегационным феромоном и аттрактантом для увеличения отлова западного цветочного трипса клеевыми ловушками

Н.Г. ТОДОРОВ¹, А.Ю. ЛОБУР², Н.И. КУЛАКОВА³,
Н.И. ЕРШОВА⁴, М.В. УШКОВА⁵

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»
(ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское,
Московская обл., Россия

¹ ORCID 0000-0002-8990-3411, e-mail: todor-kol@mail.ru

² ORCID 0000-0003-2642-1324, e-mail: alex-lobur@yandex.ru

³ ORCID 0000-0002-7746-5661, e-mail: nata7890@mail.ru

⁴ e-mail: ershova_nataliya@vniikr.ru

⁵ e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Метилникотинат и его аналоги являются эффективными аттрактантами для различных видов трипса, в том числе и западного цветочного трипса. Эти соединения являются легколетучими, поэтому для удобства их практического применения в качестве аттрактантов на ловушках необходимо обеспечить их пролонгированное испарение. В статье изложены материалы лабораторных исследований испарения метилникотината с диспенсеров разной конструкции. Наилучшим вариантом оказались пластины размером 2 x 2,5 см, герметично запаиваемые в двойные пакеты из полиэтилена высокого давления толщиной 200 мкм. Этот вариант диспенсера с нанесенным на него аттрактантом (метилникотинат, 150 мг) и агрегационным феромоном (нерил-2-метилбутоат, 1 мг), изготовленным в ФГБУ «ВНИИКР», был испытан на эффективность при отлове западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* на культуре огурец в условиях закрытого грунта цветными клеевыми ловушками «Пластина». Ловушки с разработанными диспенсерами отлавливали в 1,4–1,9 раза больше трипсов по сравнению с контрольными на протяжении 40 дней. После 40 дней экспериментальные и контрольные ловушки отлавливали насекомых-вредителей примерно одинаково, что свидетельствовало об исчерпании ресурса диспенсеров.

Ключевые слова. Метилникотинат, клеевая ловушка, *Frankliniella occidentalis*.

ВВЕДЕНИЕ



калифорнийский, или западный цветочный трипс (ЗЦТ) *Frankliniella occidentalis* – карантинный вредитель, ограниченно распространенный на территории Российской Федерации (Данкверт и др., 2009). В закрытом грунте трипс может

Development and testing of dispensers with aggregating pheromone and attractant to increase the capture of Western flower thrips with sticky traps

N.G. TODOROV¹, A.YU. LOBUR², N.I. KULAKOVA³,
N.I. ERSHOVA⁴, M.V. USHKOVA⁵

FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center"
(FGBU "VNIIEKR"), Bykovo, Ramenskoye,
Moscow Oblast, Russia

¹ ORCID 0000-0002-8990-3411, e-mail: todor-kol@mail.ru

² ORCID 0000-0003-2642-1324, e-mail: alex-lobur@yandex.ru

³ ORCID 0000-0002-7746-5661, e-mail: nata7890@mail.ru

⁴ e-mail: ershova_nataliya@vniikr.ru

⁵ e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com

ABSTRACT

Methyl nicotinate and its analogues are effective attractants for various thrips species, including Western flower thrips. These compounds are highly volatile; therefore, for the convenience of their practical use as attractants in traps, it is necessary to ensure their prolonged evaporation. The article presents the materials of laboratory studies of the evaporation of methyl nicotinate from dispensers of various designs. The best option turned out to be 2 x 2.5 cm plates hermetically sealed in double bags of high-density polyethylene 200 microns thick. This version of the dispenser with an attractant (methyl nicotinate, 150 mg) and an aggregation pheromone (neryl-2-methylbutanoate, 1 mg) applied to it, manufactured at the VNIIEKR, was tested for efficiency when catching the Western flower thrips *Frankliniella occidentalis* on a cucumber culture in conditions of closed ground with colored sticky traps "Plate". The traps with the developed dispensers caught 1.4–1.9 times more thrips compared to the control ones for 40 days. After 40 days, experimental and control traps caught insect pests in approximately the same way, which indicated the exhaustion of the dispenser resource.

Key words. Methyl nicotinate, sticky trap, *Frankliniella occidentalis*.

INTRODUCTION

Western flower thrips *Frankliniella occidentalis* is a quarantine pest limitedly present in the Russian Federation (Dankvert et al., 2009). In closed ground, thrips can damage all greenhouse vegetables (cucumber, pepper, eggplant, toma-

повреждать все тепличные овощи (огурец, перец, баклажан, томат, листовые, зеленные овощи), а также декоративные, плодовые и цветочные растения (хризантема, роза, гербера, цикламен, гвоздика, сенполия, пеларгония), цитрусовые, землянику (рис. 1). При поражении трипсом снижается общая урожайность овощных культур и качество плодов, вплоть до полной гибели урожая. Также трипс питается пыльцой, что может приводить к недоразвитости цветков (Ижевский, 1996).

Помимо прямых повреждений, причиненных питанием вредителя, большие потери обусловлены способностью трипсов переносить опасные вирусные заболевания, такие как тосповирус некротической пятнистости бальзамина (INSV) и пятнистое увядание томата (TSWV).

Для обеспечения высокой эффективности защитных мероприятий необходимо своевременное обнаружение ЗЦТ на растениях и наблюдение за сезонной динамикой его численности. Проведение этих мероприятий осложняется тем, что, например, на стадии прониимфы и нимфы эти насекомые развиваются в почве, из-за чего вредитель не может быть вовремя выявлен. Позднее выявление позволяет вредителю размножиться. В этом случае снижается эффективность последующих защитных мероприятий, и ЗЦТ успевает нанести ощутимый ущерб урожаю. Применение

to, lettuce, green vegetables), as well as ornamental, fruit and flower plants (chrysanthemum, rose, gerbera, cyclamen, carnation, Saintpaulia, pelargonium), citrus, strawberries (Fig. 1). When affected by thrips, the overall yield of vegetable crops and the quality of fruits are reduced, up to the complete death of the crop. Also, thrips feeds on pollen, which can lead to underdevelopment of flowers (Izhevsky, 1996).

Apart from direct damage caused by the feeding of the pest, large losses are due to the ability of thrips to serve as a vector of dangerous viral diseases such as Impatiens necrotic spot virus (INSV) and Tomato spotted wilt virus (TSWV).

To ensure the high efficiency of protective measures, it is necessary to timely detect the Western flower thrips on plants and monitor the seasonal dynamics of its abundance. Carrying out these activities is complicated by the fact that, for example, at the stage of pronymph and nymph, these insects develop in the soil, which is why the pest cannot be detected in time. Late detection allows the pest to multiply. In this case, the effectiveness of subsequent protective measures is reduced, and the Western flower thrips has time to cause significant damage to the crop. The use of insecticides for crop protection in greenhouses is limited, on the one hand, by the rapidly developing resistance in the Western flower thrips, and, on the other hand, by damage to the population of entomophages, as a result

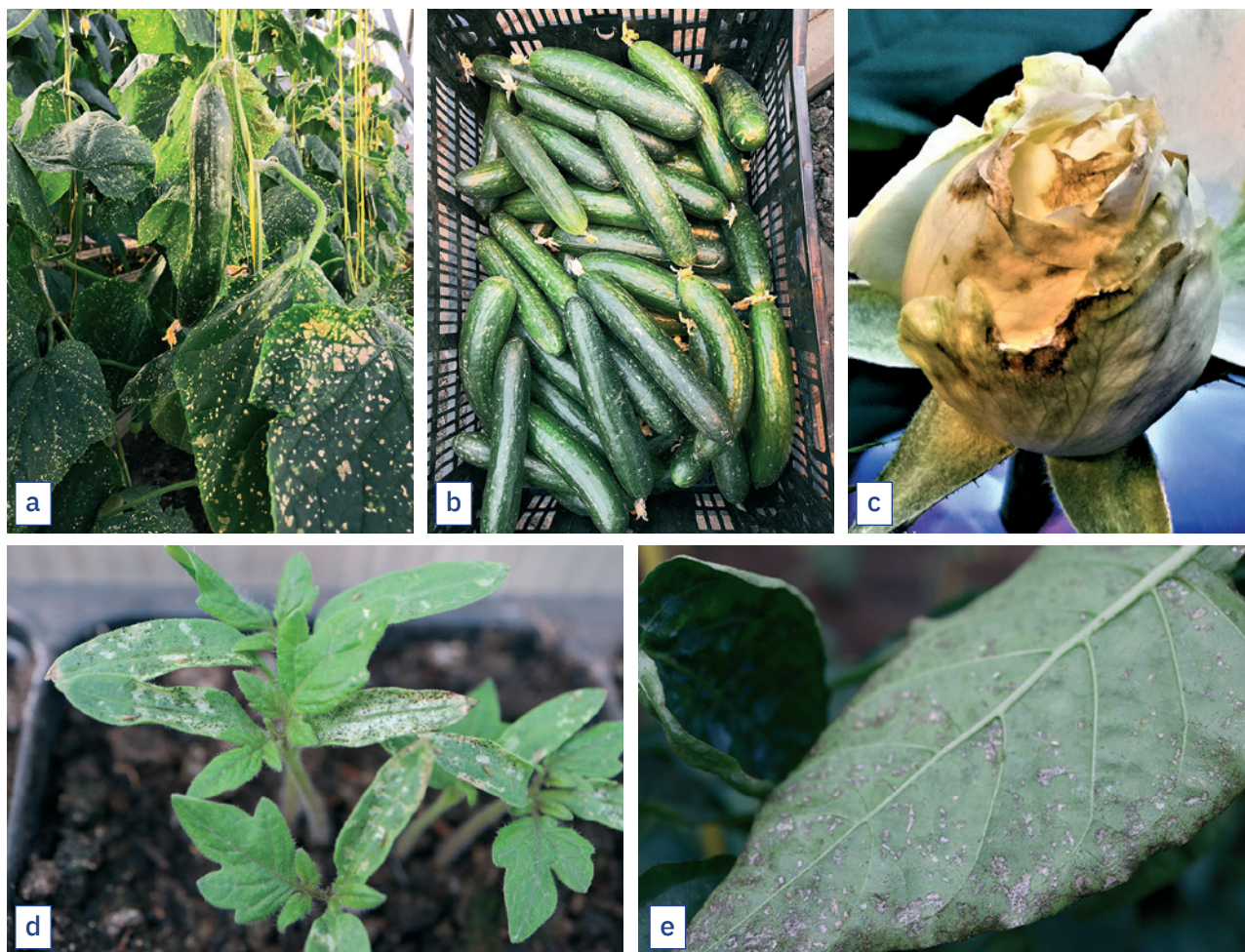


Рис. 1. Повреждения трипсом *Frankliniella occidentalis*:
а – растения огурца, б – плоды огурца,
с – бутон розы, д – рассада томатов,
е – лист перца (фото Н.И. Кулаковой)

Fig. 1. Damage by *Frankliniella occidentalis*:
a – cucumber plants, b – cucumber fruits,
c – rose bud, d – tomato seedlings,
e – pepper leaf (photo by N.I. Kulakova)

инсектицидов для защиты урожая в закрытом грунте ограничено, с одной стороны, быстро вырабатывающейся у калифорнийского трипса резистентностью, с другой – нанесением ущерба популяции энтомофагов, в результате чего после обработки возможен всплеск популяции трипсов (Sampson, 2014). С первыми очагами вредителя в условиях закрытого грунта на овощных культурах обычно сталкиваются в начале марта, а на декоративных растениях – уже в начале февраля.

Развитие одного поколения трипсов в теплицах длится 22–30 дней, а за сезон развивается до 10 поколений при оптимальных условиях: температура воздуха – 25–30 °C и относительная влажность – 80–85%. При температуре выше 35 °C и относительной влажности ниже 50% развитие насекомых прекращается, происходит массовая гибель всех стадий вредителя (Ахатов, Ижевский, 2004).

Несмотря на то, что изучением ЗЦТ и разработкой методов его контроля специалисты занимаются более 40 лет, проблема эффективной защиты культурных растений от этого вредителя окончательно не решена и работы в этом направлении не прекращаются. Свидетельством актуальности этой проблемы являются относительно недавние публикации диссертационных работ на соискание ученой степени PhD и обобщающего обзора (Nielsen, 2013; Sampson, 2014; Koschier, 2008).

Для раннего выявления, мониторинга, определения сроков проведения защитных мероприятий и определения эффективности проведенных мероприятий эффективно используются цветные аттрактивные клеевые ловушки «Пластина» (Данкверт и др., 2009; Sampson, 2014). Ученые Центра прикладной энтомологии и паразитологии Кильского университета впервые идентифицировали агрегационный феромон, выделяемый западным цветочным трипсом. Синтетически полученный ими нерил-(S)-2-метилбутаноат в полевых испытаниях на посевах сладкого перца в Испании оказался привлекательным для взрослых особей мужского и женского пола (Hamilton et al., 2005).

Использование в диспенсерах наряду с феромонами еще и аттрактантов позволяет привлекать насекомых не только в период размножения, что увеличивает суммарный отлов. Трипсов привлекает ряд химических соединений, входящих в состав эфирных масел цветов. Обнаружено более 30 таких соединений (Imai et al., 2001; Cao et al., 2020). Было установлено, что наряду с компонентами природных масел трипсов привлекают эфиры никотиновой и изоникотиновой кислоты (Penman et al., 1982; Teulon et al., 1993). В опытах на ольфактометре было показано, что этилникотинат проявляет аттрактивность к ЗЦТ в диапазоне дозировок в 4 порядка от 10^{-4} до 1 мкл. Большинство других душистых соединений, в том числе и гераниол, проявляли аттрактивность в диапазоне дозировок 1–2 порядка (Davidson et al., 2008). Применение смеси двух аттрактантов, например п-анизальдегида и метилизоникотината, не увеличивало эффективность привлечения (Teulon et al., 2007); это связано, вероятно, с наличием у трипсов только одного рецептора для распознавания ароматов, и поэтому эффект синергизма при применении нескольких

из которых а surge in the thrips population is possible after treatment (Sampson, 2014). The first outbreaks of the pest in greenhouse conditions on vegetable crops are usually reported in early March, and on ornamental plants – already in early February.

The development of one thrips generation in greenhouses lasts 22–30 days, and during the season it develops up to 10 generations under optimal conditions: air temperature – 25–30 °C and relative humidity – 80–85%. At temperatures above 35 °C and relative humidity below 50%, the development of insects stops, and mass death of all stages of the pest occurs (Akhatov, Izhevsky, 2004).

Despite the fact that specialists have been studying the Western flower thrips and developing methods for its control for more than 40 years, the problem of effective protection of cultivated plants from this pest has not been finally resolved and work in this direction continues. Evidence of the relevance of this problem is in the relatively recent publications of dissertations for the PhD degree and a general review (Nielsen, 2013; Sampson, 2014; Koschier, 2008).

For early detection, monitoring, determining the timing of protective measures and their effectiveness, colored attractive sticky traps “Plate” are effectively implemented (Dankvert et al., 2009; Sampson, 2014). Scientists at the Centre for Applied Entomology and Parasitology at the University of Keele have identified for the first time an aggregation pheromone secreted by Western flower thrips. The neryl-(S)-2-methylbutanoate synthetically obtained by them in field trials on sweet pepper crops in Spain turned out to be attractive to adult males and females (Hamilton et al., 2005).

The use of attractants along with pheromones in dispensers makes it possible to attract insects not only during the breeding season, which increases the total catch. Thrips are attracted to a number of chemical compounds that make up the essential flower oils. More than 30 such compounds have been detected (Imai et al., 2001; Cao et al., 2020). It was stated that, along with the components of natural oils, thrips are attracted by nicotinic and isonicotinic acids (Penman et al., 1982; Teulon et al., 1993). In experiments on the olfactometer, it was shown that ethyl nicotinate is attractive to Western flower thrips in the dosage range of 4 orders of magnitude from 10^{-4} to 1 µl. Most other aromatic compounds, including geraniol, were attractive in the dosage range of 1–2 orders of magnitude (Davidson et al., 2008). The use of a mixture of two attractants, for example, p-anisaldehyde and methyl isonicotinate, did not increase the attraction efficiency (Teulon et al., 2007); this is probably due to the presence of only one receptor for aroma recognition in thrips, and therefore there was no synergistic effect when several attractants were used (Davidson et al., 2008). It should be noted that methyl and ethyl esters of nicotinic and isonicotinic acid, along with Western flower thrips, also attract other thrips species, with the exception of the Spanish population of *F. occidentalis*. The efficiency of catching different thrips species with specific pyridine compounds is somewhat different, but at the moment it is not well understood (Davidson et al., 2009).

аттрактантов отсутствовал (Davidson et al., 2008). Следует отметить, что метиловый и этиловый эфиры никотиновой и изоникотиновой кислоты наряду с ЗЦТ привлекают и другие виды трипсов, за исключением испанской популяции *F. occidentalis*. Эффективность отлова разных видов трипса конкретными пиридиновыми соединениями несколько отличается, но на настоящий момент недостаточно изучена (Davidson et al., 2009).

Одна из ведущих мировых компаний по производству продуктов комплексной борьбы с вредителями Koppert B.V. в диспенсере для трипсов Lurem-TR в качестве аттрактанта использует метилизоникотинат. Диспенсер изготавливается на промышленном оборудовании и представляет собой пластиковый дозатор с перфорированной мембраной для постепенного распространения аттрактанта. По данным изготовителя, добавление к синим липким ловушкам диспенсера Lurem-TR увеличивает отлов трипсов, при этом нежелательный отлов энтомофагов и насекомых-опылителей не увеличивается (Muvea et al., 2014).

Метилизоникотинат характеризуется высокой летучестью. При температуре 25 °C за сутки с ватных тампонов испаряется 320 мг вещества, из полиэтиленовых запаянных пакетов (150 мкм) – 40 мг, а из диспенсеров Lurem-TR – 76 мг (Nielsen, 2013). На наш взгляд, скорость испарения аттрактанта из диспенсеров является избыточной, что приводит к расточительному расходу вещества.

Цель настоящего исследования – оптимизировать скорость испарения метилникотината путем выбора конструкции диспенсера в лабораторных условиях и провести полевые испытания для изучения продолжительности и эффективности привлечения трипсов диспенсерами с нанесенным на них агрегационным феромоном и аттрактантом для отлова этих насекомых в условиях закрытого грунта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве диспенсеров использовали пластины 2 x 2,5 см, нарезанные из коммерчески доступных губчатых салфеток York 17,5 x 15,5 см, также использовали картон фильтровальный в пластинах, 22 x 35 мм. Метилникотинат (МН) наносили на диспенсеры в виде раствора в метаноле. Растворитель после нанесения в течение 1 часа полностью испарялся. Часть диспенсеров помещали в коммерчески доступные ziploc-пакеты 40 x 60 мм марки Zip-Loc из полиэтилена высокого давления толщиной 40 мкм. Другим вариантом упаковки было запаивание пластин с МН в одинарные или двойные полиэтиленовые пакеты. Для запаивания полиэтиленовых пакетов использовали полиэтилен высокого давления толщиной 200 мкм и вакуумный упаковщик Vacuum sealer DZ-280A. Опыты по испарению МН проводили в лабораторном шкафу со скоростью потока воздуха 0,1–0,2 м/с. Температура воздуха была в пределах 20–24 °C.

Полевые исследования по отлову ЗЦТ проводили с применением синих клеевых ловушек «Пластина», которые размещали в 4-кратной повторности. Ловушки изготовлены из двухстороннего ламинированного картона синего цвета размером 25 x 30 см с отверстием для подвески, с клеевым покрытием с обеих сторон и защитой клеевой

One of the world's leading integrated pest management companies, Koppert B.V. uses methyl isonicotinate as an attractant in the Lurem-TR thrips dispenser. The dispenser is manufactured on industrial equipment and is a plastic dispenser with a perforated membrane for the gradual distribution of the attractant. According to the manufacturer, the addition of the Lurem-TR dispenser to the blue sticky traps increases the catch of thrips, while the unwanted catch of entomophages and pollinating insects does not increase (Muvea et al., 2014).

Methyl isonicotinate is characterized by high volatility. At a temperature of 25 °C per day, 320 mg of the substance evaporates from cotton swabs, 40 mg from polyethylene sealed bags (150 µm), and 76 mg from Lurem-TR dispensers (Nielsen, 2013). In our opinion, the rate of evaporation of the attractant from dispensers is excessive, which leads to wasteful consumption of the substance.

The aim of this study is to optimize the evaporation rate of methyl nicotinate by selecting a dispenser design in the laboratory and to conduct field trials to study the duration and effectiveness of attracting thrips by dispensers coated with an aggregation pheromone and an attractant to catch these insects in greenhouse conditions.

MATERIALS AND METHODS

Dispensers used were 2 x 2.5 cm plates cut from commercially available 17.5 x 15.5 cm York sponges, and 22 x 35 mm filter board was also used. Methyl nicotinate (MN) was applied to dispensers as a solution in methanol. The solvent after application within 1 hour completely evaporated. Some of the dispensers were placed in commercially available 40 x 60 mm ZipLoc bags made of high pressure polyethylene 40 µm thick. Another packaging option was the sealing of MH plates in single or double polyethylene bags. For sealing plastic bags, high-pressure polyethylene 200 µm thick and a vacuum sealer Vacuum sealer DZ-280A were used. MN evaporation experiments were carried out in a laboratory cabinet with an air flow rate of 0.1–0.2 m/s. The air temperature was within 20–24 °C.

Field studies on the trapping of Western flower thrips were carried out using blue sticky traps "Plate", which were placed in 4 replicates. The traps are made of double-sided blue laminated cardboard measuring 25 x 30 cm with a hole for hanging, with an adhesive coating on both sides and protection of the adhesive surface with siliconized paper (Fig. 2). The dispenser with the applied mixture of attractant (MN) and aggregation pheromone was attached with a paper clip on the day of hanging the trap. The experiment was carried out on the territory of Moscow Oblast from 01.03.2021 to 25.06.2021 on the Madrilene F1 variety cucumber culture in a greenhouse with an area of 160 m². The traps were placed during planting at a height of 20 cm above the plant and lifted up as the plants grew. The air temperature in the greenhouse during the day was 20–22 °C, at night – 18–19 °C. As a control, "Plate" traps without a dispenser were used, which were also placed in 4-fold repetition (Fig. 3). The traps were placed in a checkerboard pattern on an area of 1 trap per 20 m².

поверхности силиконизированной бумагой (рис. 2). Диспенсер с нанесенной смесью аттрактанта (МН) и агрегационного феромона прикрепляли с помощью скрепки в день вывешивания ловушки. Опыт проводили на территории Московской области в период с 01.03.2021 по 25.06.2021 на культуре огурец сорта «Мадрилене F1» в теплице площадью 160 м². Ловушки размещали в период высадки рассады на высоте 20 см над растением и поднимали их вверх по мере роста растений. Температура воздуха в теплице днем составляла 20–22 °С, ночью – 18–19 °С. В качестве контроля применяли ловушки «Пластина» без диспенсера, которые также размещали в 4-кратной повторности (рис. 3). Ловушки размещали в шахматном порядке на площади 1 ловушка на 20 м². Размещение экспериментальных и контрольных ловушек чередовали. Учет количества привлеченных в ловушки насекомых проводили 1 раз в 7 дней. Материал с ловушек разбирали в лаборатории энтомологии испытательного экспертного центра ФГБУ «ВНИИКР». Идентификация трипсов, пойманных в ловушки, проводилась сотрудниками лаборатории энтомологии испытательного экспертного центра ФГБУ «ВНИИКР» Н.И. Ершовой и М.В. Ушковой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распространенный прием снижения скорости испарения веществ с поверхности диспенсера – это помещение диспенсера в герметичный полиэтиленовый пакет. Использование пленок разной толщины или многослойных конструкций позволяет менять скорость испарения. Увеличение количества нанесенного вещества, соответственно, увеличивает время его полного испарения. Такие исследования опубликованы для метилизоникотината на медицинских марлевых тампонах, подушечках саше и в полиэтиленовых пакетах (Nielsen, 2013). Мы провели свои испытания с метилизоникотинатом на других различных носителях. Для опыта готовили по 4 диспенсера каждого варианта. Дозировки МН в разных вариантах были 150 и 450 мг. Размер пластин определялся их способностью впитать необходимое количество раствора. Для дозировки 150 мг брали пластины 5 см² (2 x 2,5 см). Для нанесения 450 мг вещества размер пластин пришлось увеличить до 12 см² (3 x 4 см). В случае фильтровального картона – это готовые пластины размером 2,2 x 3,5 см. Их сорбционная емкость оказалась достаточной для впитывания 450 мг МН. Диспенсеры развешивали на проволоке в лабораторном вытяжном шкафу на расстоянии 4 см друг от друга. Взвешивания проводили ежедневно, за исключением выходных и праздничных дней. Среднеквадратичное отклонение

The placement of experimental and control traps was alternated. The number of insects attracted to the traps was counted once every 7 days. The material from the traps was disassembled in the entomology laboratory of the testing expert center of the All-Russian Plant Quarantine Center. The identification of thrips caught in traps was carried out by N.I. Ershova and M.V. Ushkova.

RESULTS AND DISCUSSION

A common technique for reducing the rate of evaporation of substances from the surface of a dispenser is to place the dispenser in a sealed plastic bag. The use of films of different thicknesses or multilayer structures allows to change the evaporation rate. An increase in the amount of applied substance correspondingly increases the time of its complete evaporation. Such studies have been published for methyl isonicotinate on medical gauze swabs, sachet pads and plastic bags (Nielsen, 2013). We ran our trials with methyl nicotinate on various other vectors. For the experiment, 4 dispensers of each option were prepared. Dosages of MN in different variants were 150 and 450 mg. The size of the plates was determined by their ability to absorb the required amount of solution. For a dosage of 150 mg, plates of 5 cm² (2 x 2.5 cm) were taken. To apply 450 mg of the substance, the size of the plates had to be increased to 12 cm² (3 x 4 cm). In the case of filter boards, these are ready-made plates 2.2 x 3.5 cm in size. Their sorption capacity turned out to be sufficient to absorb 450 mg of MN. The dispensers were hung on a wire in a laboratory fume hood at a distance of 4 cm from each other. Weighing was carried out daily, except for weekends and holidays. The standard deviation from the mean was less than 5%. Mismatching



Рис. 2. Ловушка «Пластина» с диспенсером с аттрактантом и феромоном, используемая в опыте (фото А.Ю. Лобура)

Fig. 2. Trap "Plate" with a dispenser with an attractant and pheromone, used in the experiment (photo by A.Yu. Lobur)



Рис. 3. Ловушка «Пластина» контрольная без диспенсера (фото А.Ю. Лобура)

Fig. 3. Trap "Plate" control without a dispenser (photo by A.Yu. Lobur)

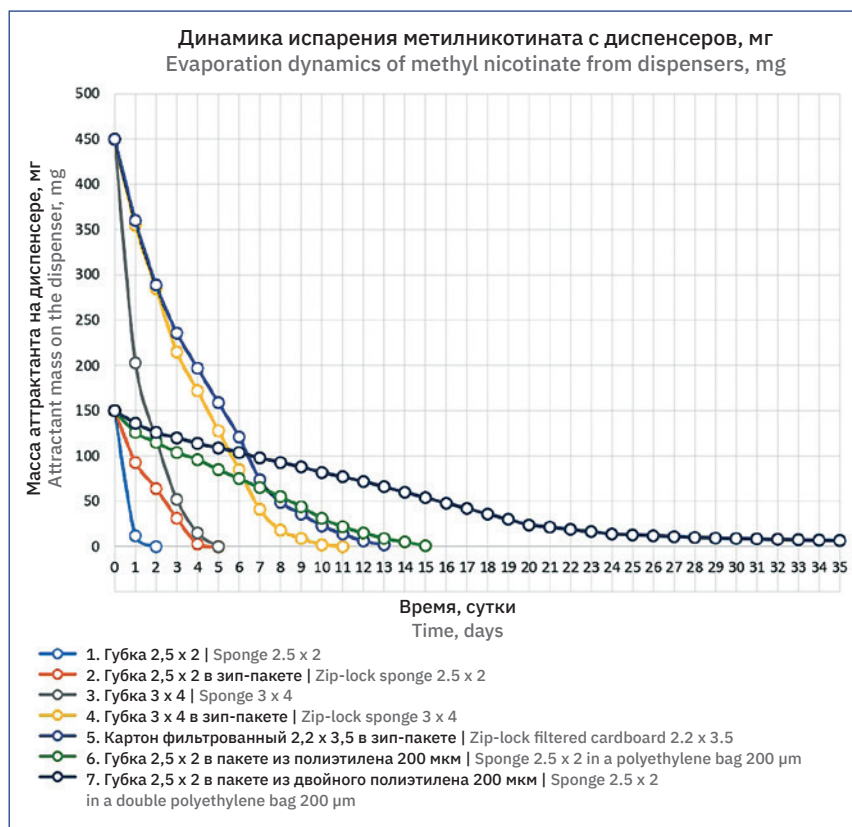


Рис. 4. Динамика испарения аттрактанта с диспенсеров (мг) в течение 35 суток

Fig. 4. Dynamics of attractant evaporation from dispensers (mg) during 35 days

от среднего значения было менее 5%. Выпадающие результаты выбраковывали. Причиной выбраковки было 2 случая разгерметизации запаянных пакетов. Результаты исследований представлены на рисунке 4. Количество исходно нанесенного на диспенсер вещества видно на оси ординат при значении времени, равном 0. Наблюдения вели до остаточного содержания вещества 1–2 мг. Дальнейшие взвешивания не проводились, так как они сопряжены с большими погрешностями.

Из анализа данных, представленных на рисунке 4, видно, что стойкого выделения МН с диспенсера длительностью более 30 дней можно достичь при использовании герметичного пакета из двойного полиэтилена толщиной 200 мкм при дозировке вещества 150 мг. Увеличение дозировки МН на однотипных конструкциях продлевало время его испарения. Поэтому подбором дозировки можно увеличить время работы диспенсера до всего времени вегетации.

Для того, чтобы установить продолжительность и эффективность работы диспенсеров в полевых условиях, были изготовлены диспенсеры, содержащие по 150 мг МН и 1 мг агрегационного феромона (нерил-2-метилбутаноат) и запаенные в пакеты из двойного полиэтилена толщиной 200 мкм.

Результаты полевых испытаний представлены в графическом виде на рисунках 5, 6, 7.

Исследования показали, что клеевые ловушки типа «Пластина» с агрегационным феромоном и аттрактантом в период с 01.03.2021 по 10.04.2021 (40 дней) отлавливали в 1,4 раза больше имаго ЗЦТ по сравнению с контрольными, а в период с 10.04 по 16.04 (с 40-го по 46-й день) среднее количество

failure was discarded. The reason for rejection was 2 cases of depressurization of sealed packages. The results of the studies are shown in Figure 4. The amount of the initially applied substance to the dispenser is visible on the y-axis at a time value of 0. Observations were made up to a residual substance content of 1–2 mg. Further weighings were not carried out, as they are associated with large errors.

From the analysis of the data presented in Figure 4, it can be seen that a stable release of MN from a dispenser lasting more than 30 days can be achieved using a sealed double polyethylene bag 200 µm thick at a dosage of the substance of 150 mg. An increase in the dosage of MN on the same type of structures extended the time of its evaporation. Therefore, by selecting the dosage, you can increase the time of the dispenser to the entire growing season.

To establish the duration and efficiency of the dispensers in the field, dispensers were made containing 150 mg of MN and 1 mg of the aggregation pheromone (neryl-2-methylbutanoate) and sealed in double polyethylene bags 200 µm thick.

The results of field tests are presented in graphical form in the figures 5, 6, 7.

Studies have shown that sticky traps of the “Plate” type with aggregation pheromone and an attractant in the period from 01.03.2021 to 10.04.2021 (40 days) caught 1.4 times more Western flower thrips adults compared to the control ones, and in the period from 10.04 to 16.04 (from the 40th to the 46th day) the average number of captured pests for experimental and control traps was the same and amounted to 11 Western flower thrips imagoes. Probably, after about 40 days, the dispensers stopped working due to the complete volatilization of the attractant.

The catchability of the “Plate” traps with aggregation pheromone and attractant in the experiment from 16.04.2021 to 28.05.2021 (42 days) was 1.9 times higher compared to the control ones. In the period from 28.05 to 05.06 (from the 42nd to the 50th day), the catchability of the experimental traps became approximately the same as the control ones. The effective operation of dispensers in the field for 40 days somewhat exceeded the results of laboratory experiments on the evaporation of MN (35 days). Possibly less than 1 mg MN still made the dispensers attractive.

In the summer season, the greatest number and activity of thrips is observed. During the period of the experiment from 05.06.2021 to 25.06.2021, the catchability of the “Plate” trap with aggregation pheromone and attractant was 1.6–1.9 times higher compared to control

отловленных вредителей на опытные и контрольные ловушки одинаковое и составляло по 11 экз. имаго ЗЦТ. Вероятно, примерно после 40 дней диспенсеры перестали работать вследствие полного улетучивания аттрактанта.

Уловистость ловушек «Пластина» с агрегационным феромоном и аттрактантом в опыте с 16.04.2021 по 28.05.2021 (42 дня) была выше в 1,9 раза по сравнению с контрольными. В период с 28.05 по 05.06 (с 42-го по 50-й день) уловистость опытных ловушек стала примерно одинаковой с контрольными. Эффективная работа диспенсеров в полевых условиях в течение 40 дней несколько превысила результаты лабораторных опытов по испарению МН (35 дней). Возможно, МН в количестве менее 1 мг все еще обеспечивал аттрактивность диспенсеров.

В летний сезон наблюдается наибольшее количество и активность трипсов. В период проведения опыта с 05.06.2021 по 25.06.2021 уловистость ловушки «Пластина» с агрегационным феромоном и аттрактантом по сравнению с контрольными ловушками была выше в 1,6–1,9 раза. Последний опыт продолжался всего 20 дней, поэтому снижения эффективности работы диспенсеров не наблюдали.

В лаборатории энтомологии ФГБУ «ВНИИКР» была проведена идентификация видового и полового состава насекомых, пойманных на клеевые ловушки «Пластина» с диспенсером. Большинство пойманных насекомых были идентифицированы как западный цветочный трипс (*Frankliniella occidentalis*). Кроме ЗЦТ на всех ловушках присутствовал разноядный трипс (*Frankliniella intonsa*). Его количество было примерно в 2–3 раза меньше количества выловленных ЗЦТ. Результаты подсчета самцов и самок ЗЦТ представлены в таблице.

Превышение числа выловленных самок в сравнении с самцами ожидаемо и объясняется их большим количеством в популяции. При этом следует иметь в виду, что эти данные не устанавливают реальное соотношение самцов и самок, так как привлекательность ловушек с диспенсерами для самцов и самок не определялась и может быть разной. В дальнейшем мы планируем детальнее разобраться в этом вопросе.

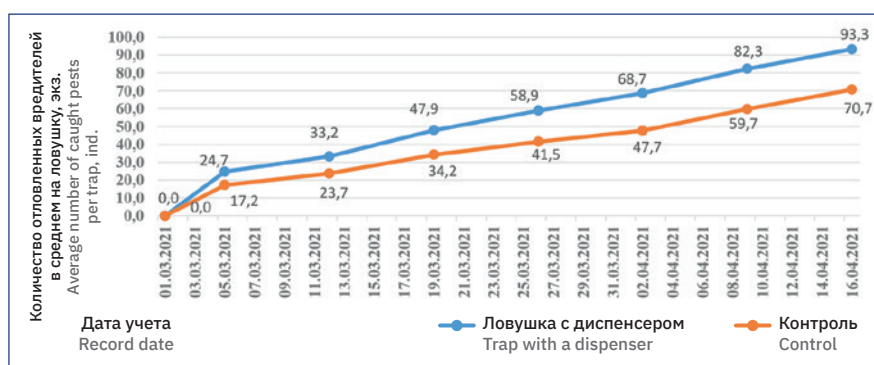


Рис. 5. Динамика отлова калифорнийского трипса в период 01.03–16.04.2021 (46 дней)

Fig. 5. Dynamics of catching Western flower thrips in the period 01.03–16.04.2021 (46 days)

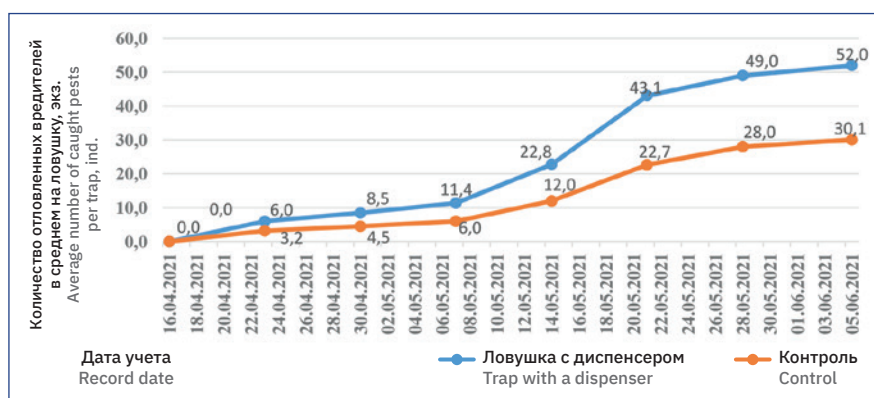


Рис. 6. Динамика отлова калифорнийского трипса в период 16.04–05.06.2021 (50 дней)

Fig. 6. Dynamics of catching Western flower thrips in the period 16.04–05.06.2021 (50 days)

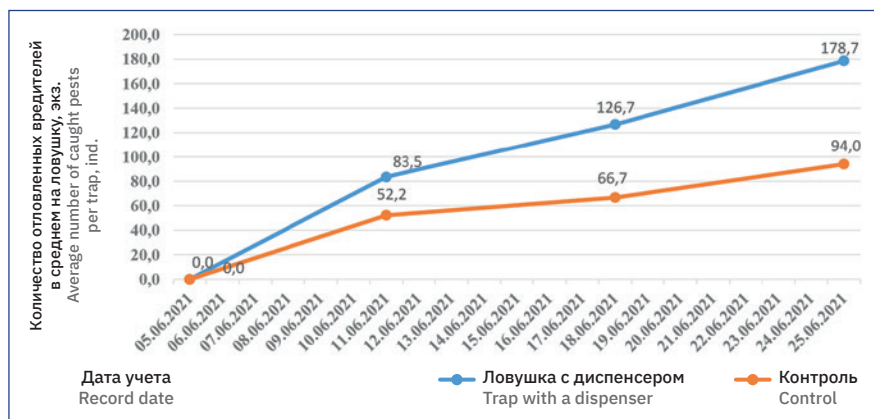


Рис. 7. Динамика отлова калифорнийского трипса в период 05.06–25.06.2021 (20 дней)

Fig. 7. Dynamics of catching Western flower thrips in the period 05.06–25.06.2021 (20 days)

traps. The last experiment lasted only 20 days, so there was no decrease in the efficiency of the dispensers.

In the Entomology laboratory of VNIICR, the identification of the species and sex composition of insects caught on the “Plate” sticky traps with a dispenser was carried out. Most of the insects caught were identified as Western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). In addition to Western flower thrips, all traps contained the polyphagous thrips (*Frankliniella intonsa*).

Таблица
Количество и соотношение самцов и самок западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* на ловушках

Table
Number and ratio of male and female Western flower thrips *Frankliniella occidentalis* in traps

№ ловушки Trap number	Самцы Males	Самки Females	Самки/самцы Females/males
1	29	34	1,17
2	31	41	1,32
3	165	172	1,04
4	97	128	1,32

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В лабораторных опытах установлено, что стойкого выделения метилникотината с диспенсера длительностью более 30 дней можно достичь при использовании герметичного пакета из двойного полиэтилена толщиной 200 мкм при дозировке вещества 150 мг.

В полевых испытаниях было установлено, что синие клеевые ловушки с аттрактантом и агрегационным феромоном, содержащие 150 мг метилникотината и 1 мг нерил-2-метилбутаноата, отлавливали в 1,4–1,9 раза больше *Frankliniella occidentalis* в сравнении с контрольными ловушками.

Ловушки с аттрактантом и агрегационным феромоном эффективно работали на протяжении 40 дней, что является приемлемым не только для мониторинга этого карантинного вредного организма, но и для борьбы с ним.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ахатов А., Ижевский С. Вредители тепличных и оранжерейных растений. – М.: Товарищ. научн. издан. КМК, 2004, 307 с.
- Данкверт С., Маслов М., Магомедов У., Мордкович Я. Вредные организмы, имеющие карантинное фитосанитарное значение для Российской Федерации. – Воронеж: Научная книга, 2009, 449 с.
- Ижевский С., 1996. Западный цветочный трипс. – Защита и карантин растений, № 2: 34–35.
- Cao Y., Wang J., Germinara G., Wang L., Yang H., Gao Y. and Li C., 2020. Behavioral responses of *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) to volatile compounds identified from *Gardenia jasminoides* Ellis (Gentianales: Rubiaceae). – *Insects*. № 11: 408. URL: <https://doi.org/10.3390/insects11070408>.
- Davidson M., Butler R. and Teulon D., 2009. Pyridine compounds increase thrips (Thysanoptera: Thripidae) trap capture in an onion crop. – *Journal of Economic Entomology*, 102 (4): 1468–1471.
- Davidson M., Perry N., Larsen L., Green V., Butler R. and Teulon D., 2008. 4-Pyridyl carbonyl compounds as Thrips Lures: Effectiveness for western flower thrips in Y-Tube bioassays. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (15): 6554–6561.
- Hamilton J., Hall D., Kirk W., 2005. Identification of a male-produced aggregation pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. – *Journal of Chemical Ecology*, 31 (6): 1369–1379.

Its amount was approximately 2–3 times less than the amount of Western flower thrips caught. The results of counting males and females of the Western flower thrips are presented in the table.

The excess of the number of caught females in comparison with males is expected and is explained by their large number in the population. However, it should be borne in mind that these data do not establish the real ratio of males and females, since the attractiveness of traps with dispensers for males and females has not been determined and may be different. In the future, we plan to look into this issue in more detail.

CONCLUSION

In laboratory experiments, it was found that a stable release of methyl nicotinate from a dispenser lasting more than 30 days can be achieved using a sealed double polyethylene bag 200 microns thick at a dosage of 150 mg of the substance.

In field trials, blue sticky traps with an attractant and aggregating pheromone containing 150 mg of methyl nicotinate and 1 mg of neryl 2-methylbutanoate were found to catch 1.4 to 1.9 times more *Frankliniella occidentalis* compared to control traps.

Traps with attractant and aggregation pheromone worked effectively for 40 days, which is acceptable not only for monitoring this quarantine pest, but also for its control.

REFERENCES

- Akhatov A., Izhevsky S. Pests of greenhouse and greenhouse plants [Vrediteli teplichnykh i oranzhereynykh rasteniy]. M.: Tovarith. scientific publishing house KMK, 2004, 307 p. (in Russian).
- Dankvert S., Maslov M., Magomedov U., Mordkovich Ya. Pests of quarantine phytosanitary significance for the Russian Federation [Vrednyye organizmy, imeyushchiye karantinnoye fitosanitarnoye znachenie dlya Rossiyskoy Federatsii]. Voronezh: Scientific book, 2009, 449 p. (in Russian).
- Izhevsky S. Western flower thrips [Zapadnyy tsvetochnyy trips]. *Plant Protection and Quarantine*, 1996; 2: 34–35 (in Russian).
- Cao Y., Wang J., Germinara G., Wang L., Yang H., Gao Y. and Li C. Behavioral responses of *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) to volatile compounds identified from *Gardenia jasminoides* Ellis (Gentianales: Rubiaceae). *Insects*, 2020; № 11: 408. URL: <https://doi.org/10.3390/insects11070408>.
- Davidson M., Butler R. and Teulon D. Pyridine compounds increase thrips (Thysanoptera: Thripidae) trap capture in an onion crop. *Journal of Economic Entomology*, 2009; 102 (4): 1468–1471.
- Davidson M., Perry N., Larsen L., Green V., Butler R. and Teulon D. 4-Pyridyl carbonyl compounds as Thrips Lures: Effectiveness for western flower thrips in Y-Tube bioassays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008; 56 (15): 6554–6561.
- Hamilton J., Hall D., Kirk W. Identification of a male-produced aggregation pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 2005; 31 (6): 1369–1379.

8. Imai T., Maekawa M. and Murai T., 2001. 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). – *Applied Entomology and Zoology*, 36 (4): 475–478.

9. Koschier E., 2008. Essential oil compounds for thrips control – a review. – *Natural Product Communications*, 3 (7): 1171–1182.

10. Muvea A., Waiganjo M., Kutima H., Osiemo Z., Nyasani J. and Subramanian S., 2014. Attraction of pest thrips (Thysanoptera: Thripidae) infesting French beans to coloured sticky traps with Lurem-TR and its utility for monitoring thrips populations. – *International Journal of Tropical Insect Science*, 34 (3): 197–206.

11. Nielsen M. Factors affecting the response of thrips to an olfactory cue. A thesis submitted in partial fulfilment of Doctor of Philosophy (Ph.D.). – Lincoln University, 2013, 157 p.

12. Penman D., Osborne G., Worner S., Chapman R. and McLaren G., 1982. Ethyl nicotinate: A chemical attractant for *Thrips obscuratus* (Thysanoptera: Thripidae) in stonefruit in New Zealand. – *Journal of Chemical Ecology*, 8 (10): 1299–1303.

13. Sampson C. Management of the western flower thrips on strawberry. Thesis submitted for the degree of Ph.D. – Keele University, 2014, 278 p.

14. Teulon D., Nielsen M., James D., Winkler S., McLachlan A., Perry N., 2007. Combination of two odour chemical lures does not increase thrips capture in field bioassays. – *New Zealand Plant Protection*, Vol. 60: 61–66.

15. Teulon D., Penman D., Ramakers P., 1993. Volatile chemicals for thrips (Thysanoptera: Thripidae) host-finding and applications for thrips pest management. – *Journal of Economic Entomology*, 86 (5): 1405–1415.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тодоров Николай Георгиевич, старший научный сотрудник – начальник отдела синтеза и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0002-8990-3411, e-mail: todor-kol@mail.ru.

Лобур Александр Юрьевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории синтеза и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0003-2642-1324, e-mail: alex-lobur@yandex.ru.

Кулакова Наталья Ивановна, младший научный сотрудник лаборатории синтеза и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0002-7746-5661, e-mail: nata7890@mail.ru.

Ершова Наталья Ивановна, ведущий агроном лаборатории энтомологии испытательного экспертного центра ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; e-mail: ershova_nataliya@vniikr.ru.

Ушкова Мария Владиславовна, младший научный сотрудник лаборатории энтомологии испытательного экспертного центра ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com.

8. Imai T., Maekawa M. and 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). *Applied Entomology and Zoology*, 2001; 36 (4): 475–478.

9. Koschier E. Essential oil compounds for thrips control – a review. *Natural Product Communications*, 2008; 3 (7): 1171–1182.

10. Muvea A., Waiganjo M., Kutima H., Osiemo Z., Nyasani J. and 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. *International Journal of Tropical Insect Science*, 2014; 34 (3): 197–206.

11. Nielsen M. Factors affecting the response of thrips to an olfactory cue. A thesis submitted in partial fulfilment of Doctor of Philosophy (Ph.D.). Lincoln University, 2013, 157 p.

12. Penman D., Osborne G., Worner S., Chapman R. and McLaren G. Ethyl nicotinate: A chemical attractant for *Thrips obscuratus* (Thysanoptera: Thripidae) in stonefruit in New Zealand. *Journal of Chemical Ecology*, 1982; 8 (10): 1299–1303.

13. Sampson C. Management of the western flower thrips on strawberry. Thesis submitted for the degree of Ph.D. Keele University, 2014, 278 p.

14. Teulon D., Nielsen M., James D., Winkler S., McLachlan A., Perry N. Combination of two odour chemical lures does not increase thrips capture in field bioassays. *New Zealand Plant Protection*, 2007; Vol. 60: 61–66.

15. Teulon D., Penman D., Ramakers P. Volatile chemicals for thrips (Thysanoptera: Thripidae) host-finding and applications for thrips pest management. *Journal of Economic Entomology*, 1993; 86 (5): 1405–1415.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikolai Todorov, Senior Researcher, Head of the Pheromones Synthesis and Application Department, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0002-8990-3411, e-mail: todor-kol@mail.ru.

Aleksander Lobur, PhD in Chemistry, Senior Researcher, Pheromones Synthesis and Application Laboratory, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0003-2642-1324, e-mail: alex-lobur@yandex.ru.

Natalya Kulakova, Junior Researcher, Pheromones Synthesis and Application Laboratory, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0002-7746-5661, e-mail: nata7890@mail.ru.

Natalya Ershova, Leading agronomist, Entomology Laboratory of the Testing Expert Center, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: ershova_nataliya@vniikr.ru.

Maria Ushkova, Junior Researcher, Entomology Laboratory of the Testing Expert Center, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com.