

Использование синтетического феромона томатной моли *Tuta absoluta* для интегрированной защиты томатов в закрытом грунте

*РАСТЕГАЕВА В.М.¹, АБАСОВ М.М.², КУЗИНА Н.П.³, СЕНИЦЫНА Е.В.⁴, ШИРОКОВА О.А.⁵

^{1,2,3,5} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150

⁴ Федеральный центр оценки безопасности и качества продукции агропромышленного комплекса (ФГБУ «ЦОК АПК»), г. Москва, Россия
¹ ORCID 0009-0000-7695-5450, e-mail: vrast@mail.ru

² e-mail: abasovmm@vniikr.ru

³ e-mail: pheromones@vniikr.ru

⁴ ORCID 0000-0002-6314-3151,
e-mail: katesinitsyna@gmail.com

⁵ ORCID 0009-0006-5705-2129,
e-mail: oksanash84@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Южноамериканская томатная моль *Tuta absoluta* является опасным вредителем пасленовых культур, отличающимся высокой скоростью размножения, быстрой адаптацией к меняющимся условиям окружающей среды и резистентностью к химическим инсектицидам. Основным растением-хозяином вредителя является томат. Вид характеризуется высокой вредоносностью как в регионе происхождения (Южная Америка), так и на обширной территории своего вторичного ареала, который в последние годы формируется благодаря интенсивному развитию международных торговых отношений. На территории Российской Федерации томатная моль была впервые выявлена в Краснодарском крае в 2011 г., позже ее вредоносность отмечена и в Крыму.

Основной метод борьбы с томатной молью – применение химических инсектицидов, однако их использование негативно воздействует на окружающую среду. Альтернативным методом снижения численности вредителя в тепличных хозяйствах, позволяющим ограничить или полностью исключить применение инсектицидов, является использование синтетических феромонов для массового отлова или для дезориентации вредителя.

В статье представлены результаты полевых испытаний, проведенных на культуре томата в условиях закрытого грунта. Показана эффективность борьбы с томатной молью *T. absoluta* методом дезориентации и массового отлова с применением синтетического полового феромона, ацетата ЕЗ, Z8, Z11-тетрадекатриен-1-ола, синтезированного

Use of synthetic pheromone of *Tuta absoluta* for integrated protection of tomatoes in protected ground

* VALENTINA M. RASTEGAEVA¹, MUZAFAR M. ABASOV², NINA P. KUZINA³, EKATERINA V. SINITSYNA⁴, OKSANA A. SHIROKOVA⁵

^{1,2,3,5} FGBU “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIIKR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

⁴ Federal Center for Assessment of Safety and Quality of Agricultural Products, Moscow, Russia

¹ ORCID 0009-0000-7695-5450, e-mail: vrast@mail.ru

² e-mail: abasovmm@vniikr.ru

³ e-mail: pheromones@vniikr.ru

⁴ ORCID 0000-0002-6314-3151,
e-mail: katesinitsyna@gmail.com

⁵ ORCID 0009-0006-5705-2129,
e-mail: oksanash84@mail.ru

ABSTRACT

Tomato leaf miner *Tuta absoluta* is a pest Solanaceae crops, characterized by a high reproduction rate, rapid adaptation to changing environmental conditions and resistance to chemical insecticides. Its main host plant is tomato. The species is characterized by high harmfulness both in the region of origin (South America) and in the vast territory of its secondary range, which in recent years has been formed due to the intensive development of international trade relations. In the Russian Federation, *Tuta absoluta* was first detected in Krasnodar Krai in 2011, and later its harmfulness was reported from Crimea.

The main control method for the tomato leaf miner is the use of chemical insecticides, which, though, have a negative impact on the environment. An alternative method of reducing the number of pests in greenhouses, which allows limiting or completely eliminating the use of insecticides, is the use of synthetic pheromones for mass capture or disorientation of the pest.

The article provides the results of field trials conducted on tomato crops in protected ground conditions.

в ФБГУ «ВНИИКР». Эффективность использования методов дезориентации и массового отлова составила соответственно 92 и 61%, а их биологическая эффективность – соответственно 80 и 45%. Приведены результаты исследований по увеличению урожайности и качества томатов при применении полового феромона томатной моли. Качество плодов томата в варианте дезориентации достигало 97%, а в методе массового отлова – 81%, в то время как в контроле этот показатель был равен 66%. Применение метода дезориентации и массового отлова привело соответственно к 18%-й и 12%-й прибавкам урожая томатов по сравнению с контрольным вариантом.

Метод дезориентации и метод массового отлова могут быть рекомендованы к применению при выращивании томатов в условиях закрытого грунта с целью снижения численности вредителя томатной моли в насаждениях. Как элемент системы интегрированной защиты растений использование феромонных ловушек можно сочетать либо с химическими, либо с биологическими средствами, которые разрешены к применению в условиях закрытого грунта.

Ключевые слова: карантинный вредитель, феромонные ловушки, диспенсер, эффективность борьбы, дезориентация, массовый отлов.

ВВЕДЕНИЕ



Южноамериканская томатная минирующая моль *Tuta absoluta* Povolny (1994) (рис.1) – опасный вредитель пасленовых культур, таких как баклажан, овощной перец, табак и другие культуры, но основным растением-

хозяйном вредителя является томат. Данный вид родом из Южной Америки, вредит как в открытом, так и в закрытом грунте, характеризуется высокой вредоносностью и устойчивостью к химическим средствам защиты растений (Жимерикин и др., 2009; Клечковский и др., 2014). Вредитель может быть легко занесен в новые регионы с подкарантинной растительной продукцией в процессе международной торговли. *T. absoluta* включена в список карантинных вредителей ЕОКЗР и в перечень карантинных вредных организмов Евразийского экономического союза ЕАЭС (EPPO, 2024; ЕРКО EAES, 2024; АФР, 2010). Томатную моль выявляют на территории РФ начиная с 2011 г.: в Краснодарском и Ставропольском краях, южной части Ростовской области и Калмыкии, Республике Дагестан и Республике Крым (Абасов и др., 2020, 2022; Ижевский и др., 2011).

Гусеницы томатной моли способны повреждать почки, цветы, стебли, листья и плоды кормовых растений на протяжении всего периода вегетации, от всходов до уборки урожая, как при выращивании в открытом грунте, так и в условиях теплиц. В основном питаются листьями и плодами,

The effectiveness of the control of *T. absoluta* by the disorientation and mass trapping method using a synthetic sex pheromone, acetate E3, Z8, Z11-tetradecatrien-1-ol synthesized in FGBU “VNIICR” is shown. The effectiveness of using the disorientation and mass trapping methods was 92 and 61%, respectively, and their biological effectiveness was 80 and 45%, respectively. The results of the studies on increasing the tomato yield and quality using the *T. absoluta* sex pheromone are presented. The quality of tomato fruits in the disorientation variant reached 97%, and in the mass trapping method – 81%, while in the control this indicator was equal to 66%. The use of the disorientation and mass trapping methods led to 18 and 12% increases in tomato yield, respectively, compared to the control variant.

The disorientation method and the mass trapping method can be recommended for use when growing tomatoes in protected ground conditions in order to reduce the number of *T. absoluta* in plantings. As an element of the integrated pest management, the use of pheromone traps can be combined with either chemical or biological agents that are approved for use in protected ground conditions.

Key words. Quarantine pest, pheromone traps, dispenser, control efficiency, disorientation, mass trapping.

INTRODUCTION

Tomato leaf miner *Tuta absoluta* Povolny (1994) (Fig.1) is a dangerous pest of Solanaceae crops such as eggplant, pepper, tobacco and other crops, but its main host plant is tomato. Originating from South America, this species is characterized by high harmfulness and resistance to chemical plant protection products, causing harm both in open and protected ground (Zhimerikin et al., 2009; Klechkovsky et al., 2014). The pest can be easily introduced into new regions with quarantine plant products in the process of international trade. *T. absoluta* is included in the EPPO Quarantine Pest List and in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union (EPPO, 2024; EPKO EAES, 2024; AFR, 2010). *T. absoluta* has been detected in the territory of the Russian Federation since 2011: in Krasnodar Krai and Stavropol Krai, the southern part of Rostov Oblast and Kalmykia, the Republic of Dagestan and the Republic of Crimea (Abasov et al., 2020, 2022; Izhevskiy et al., 2011).

T. absoluta larvae can damage buds, flowers, stems, leaves and fruits of host plants throughout the entire growing season, from germination to harvesting, both when grown in open ground and in greenhouses. They mainly feed on leaves and fruits, making galleries under the plant skin (Zhimerikin et al., 2012; Rawashdeh et al., 2011; EPPO, 2024). As a result of larvae feeding,



Рис. 1. Имаго томатной моли Fig. 1. *T. absoluta* imago
(EPPO Global Database, 2024) (EPPO Global Database, 2024)

делая проходы под кожей растения (Жимерикин и др., 2012; Равашдех и др., 2011; EPPO, 2024). В результате питания гусениц на листьях появляются множественные некрозы, поврежденные части растений засыхают и опадают, плоды могут полностью утратить свой товарный вид и ценность (рис. 2, 3). При благоприятных климатических условиях для развития вредителя поврежденность растений и плодов может достигать 100% (рис. 4), поэтому борьба с томатной молью является крайне актуальной.

Основным способом защиты урожая в закрытом грунте остается многократное применение химических инсектицидов в период вегетации, что позволяет сократить потери урожая до уровня 1–5% (Миронова и др., 2012). Однако использование химических препаратов с высоким классом опасности нежелательно в условиях защищенного грунта как по соображениям экологической

multiple necroses appear on the leaves, damaged parts of the plants dry up and fall off, and the fruits can completely lose their marketable appearance and value (Fig. 2, 3). Under favorable climatic conditions for the pest development, damage to plants and fruits can reach 100% (Fig. 4), thus it is extremely important to control the pest.

The main crop protection method in protected soil remains the repeated use of chemical insecticides during the growing season, which allows to reduce crop losses to 1–5% (Mironova et al., 2012). However, the use of chemicals with a high hazard class is undesirable in protected soil conditions, both for reasons of environmental safety and sanitary standards. One of the alternative methods of reducing the number of pests, which allows to limit or completely eliminate the use of insecticides, is the use of synthetic pheromones for mass trapping or disorientation of the pest. Mass trapping (male vacuum) is a pest control method, in which sticky traps with the pest sex pheromone are used directly for mass male trapping, which leads to a decrease in the number of fertilized females, thereby stopping the reproduction of the species. The disorientation method involves saturating the atmosphere with the pheromone smell, which disrupts biological connections: affected by the smell, insects cannot find their species for mating, so unmated females do not reproduce and the species degenerates (Pyatnova et al., 2016; Smetnik et al., 1986; Zhimerikin et al., 2019).

The aim of the study was to investigate the effectiveness of the control of *T. absoluta* by the disorientation and mass trapping method using a synthetic sex pheromone in protected ground conditions on tomato crops.



Рис. 2. Мины на листе томатов, поврежденном гусеницами томатной моли *Tuta absoluta* (фото Н. И. Кулаковой)
Fig. 2. Mines on tomato leaves damaged by *Tuta absoluta* larvae (photo by N. I. Kulakova)



Рис. 3. Плоды томатов, поврежденные гусеницами томатной моли *Tuta absoluta* (фото Н. И. Кулаковой)
Fig. 3. Tomato fruits damaged by *Tuta absoluta* larvae (photo by N. I. Kulakova)

безопасности, так и в связи с санитарными нормами. Одним из альтернативных методов снижения численности вредителей, позволяющих ограничить или полностью исключить применение инсектицидов, является использование синтетических феромонов для массового отлова или для дезориентации вредителя. Массовый отлов (самцовый вакуум) – способ борьбы с вредными насекомыми, при котором клеевые ловушки с половым феромоном вредителя используются непосредственно для массового отлова самцов, что приводит к снижению количества оплодотворенных самок, тем самым приостанавливается размножение вида. Метод дезориентации предполагает насыщение запахом феромона атмосферы, при этом нарушаются биологические связи: в атмосфере запаха насекомые не могут отыскать свой вид для спаривания, поэтому не спарившиеся самки не дают потомства и вид вырождается (Пятнова и др., 2016; Сметник и др., 1986; Жимерикин и др., 2019).

Целью исследования являлось изучение эффективности борьбы с томатной молью *T. absoluta* методом дезориентации и массового отлова с применением синтетического полового феромона в условиях закрытого грунта на культуре томата.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения полевых испытаний использовали половой феромон томатной моли, ацетат E3, Z8, Z11-тетрадекатриен-1-ола, синтезированный в ФГБУ «ВНИИКР». В качестве диспенсеров использовали медицинские пробки синего цвета (производство Китай), состоящие из резиновой смеси на основе бромбутилкаучука, общей высотой 9 мм и диаметром крышки 12 мм, с прорезью по высоте внутренней части – 5 мм (рис. 5). Диспенсер с феромоном получали путем импрегнирования в носитель (резиновая пробка) синтетического феромона в растворителе (смесь на основе петролейного эфира).

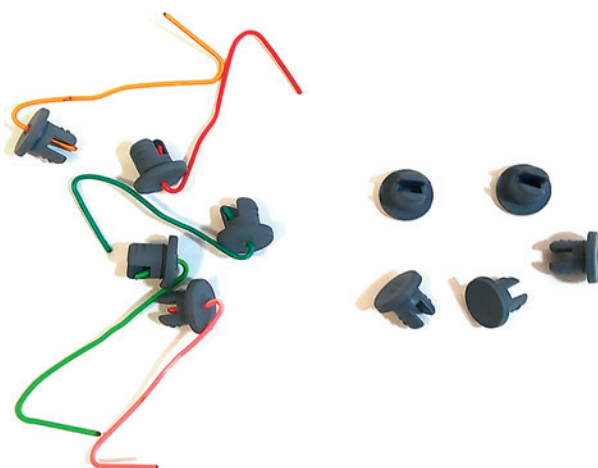


Рис. 5. Диспенсеры в виде резиновых пробок с нанесенным половым феромоном *T. absoluta* производства ФГБУ «ВНИИКР»: слева – диспенсеры для дезориентации, справа – диспенсеры для массового отлова и контроля (фото В. М. Растегаевой)

Fig. 5. Dispensers in the form of rubber stoppers with the applied *T. absoluta* sex pheromone produced by FGBU “VNIICR”: on the left – dispensers for disorientation, on the right – dispensers for mass trapping and control (photo by V. M. Rastegaeva)



Рис. 4. Повреждение растений томатов гусеницами томатной моли *Tuta absoluta* (фото Н. И. Кулаковой)

Fig. 4. Tomato plants damaged by *Tuta absoluta* larvae (photo by N. I. Kulakova)

MATERIALS AND METHODS

The field tests were carried out using the *T. absoluta* sex pheromone, E3, Z8, Z11-tetradecatrien-1-ol acetate synthesized at FGBU “VNIICR”. Blue medical stoppers (made in China) consisting of a rubber mixture based on bromobutyl rubber, with a total height of 9 mm and a cap diameter of 12 mm, with a slit along the height of the inner part – 5 mm (Fig. 5), were used as dispensers. The dispenser with the pheromone was obtained by impregnating the carrier (rubber stopper) with synthetic pheromone in a solvent (a mixture based on natural gasoline).

Delta traps produced by FGBU “VNIICR” (Fig. 6) were used. The entomological glue “Polifix” was used for the traps. It is a mixture of polymers with mineral



Рис. 6. Клеевая ловушка типа «Дельта» с диспенсером (фото В. М. Растегаевой)

Fig. 6. “Delta” sticky trap with a dispenser (photo by V. M. Rastegaeva)

В качестве ловушек использовали дельтовидную ловушку производства ФГБУ «ВНИИКР» (рис. 6). Для ловушек использовали энтомологический клей «Полификс», который представляет собой смесь полимеров с минеральным маслом, обладает низкой летучестью, для человека и животных клей мало токсичен, имеет четвертый класс опасности.

Полевые испытания проводили в трех одинаковых теплицах, площадь каждой из которых составляла 372 м². В каждой теплице выращивали по 1200 растений томата. В опытной теплице № 1 (метод дезориентации) было установлено 37 диспенсеров в виде резиновых пробок из расчета – 1 диспенсер на 10 м². Каждый диспенсер содержал 15 мг синтетического феромона (рис. 7).

В опытной теплице № 2 (метод массового отлова) было установлено 37 клеевых ловушек типа «Дельта» с диспенсерами в виде резиновых пробок из расчета – 1 ловушка на 10 м². Каждый диспенсер содержал 0,5 мг синтетического феромона (рис. 8).

Теплица № 3 – контрольная, без диспенсеров. Для учета насекомых и оценки эффекта дезориентации и массового отлова в опытных и контрольной теплицах устанавливали по три контрольные (сигнальные) клеевые ловушки типа «Дельта» с синтетическим феромоном томатной моли, нанесенным на диспенсер в виде резиновой пробки, дозировка феромона – 0,05 мг на 1 диспенсер (низкая концентрация феромона нужна для того, чтобы ловушка не стала привлекать насекомых, как в массовом отлове, а служила только для сравнения). Ловушки в теплицах вывешивали за неделю до высадки рассады, когда в теплицах нет еще лета томатной моли. Добавление диспенсеров для дезориентации и замену основных и контрольных клеевых ловушек с синтетическим феромоном проводили один раз в месяц (всего три раза). Общее количество израсходованного феромона – 1,72 г.



Рис. 7. Диспенсер, установленный в теплице на растении томата (метод дезориентации) (фото В. М. Растегаевой)

Fig. 7. Dispenser installed in a greenhouse on a tomato plant (disorientation method) (photo by V. M. Rastegaeva)



Рис. 8. Ловушка типа «Дельта» в рабочем состоянии в теплице (метод массового отлова) (фото В. М. Растегаевой)

Fig. 8. Delta trap in working condition in a greenhouse (mass trapping method) (photo by V. M. Rastegaeva)

oil, has low volatility, is low-toxic for humans and animals, and has the fourth hazard class.

Field tests were conducted in three identical greenhouses, each with an area of 372 м². Each greenhouse grew 1,200 tomato plants. In the experimental greenhouse No. 1 (disorientation method), 37 dispensers in the form of rubber stoppers were installed at a rate of 1 dispenser per 10 м². Each dispenser contained 15 mg of synthetic pheromone (Fig. 7).

In the experimental greenhouse No. 2 (mass trapping method) 37 Delta sticky traps with dispensers in the form of rubber stoppers were installed at the rate of 1 trap per 10 м². Each dispenser contained 0.5 mg of synthetic pheromone (Fig. 8).

Greenhouse No. 3 is a control greenhouse without dispensers. To count insects and evaluate the effect of disorientation and mass trapping, three control (signal) Delta sticky traps with a synthetic *T. absoluta* pheromone applied to a dispenser in the form of a rubber stopper were installed in the experimental and control greenhouses; the pheromone dosage was 0.05 mg per dispenser (a low concentration of pheromone is needed to prevent the trap from attracting insects, as in mass trapping, and served only for comparison). The traps were hung in the greenhouses a week before planting seedlings, when there was no *T. absoluta* flight in the greenhouses yet. Dispensers were added for disorientation and the main and control sticky traps with synthetic pheromone were replaced once a month

Во всех теплицах за вегетационный период были проведены пятикратные химические обработки инсектицидом «Кораген» и биологическим инсектоакарицидом «Фитоверм».

Эффективность (Э) методов дезориентации и массового отлова вредителя определяли по количеству самцов, отловленных в опытных теплицах, в сравнении с контрольной теплицей (без применения феромонов), используя следующую формулу:

$$\text{Э} = (K_1 - K_2) / K_1 \times 100\%,$$

где K_1 – среднее число отловленных самцов одной ловушкой в контрольной теплице, экз., K_2 – среднее число отловленных самцов одной ловушкой в опытной теплице, экз.

Биологическую эффективность (БЭ) определяли по общему количеству поврежденных гусеницами томатной моли плодов (один раз, в конце испытаний) в опытных теплицах по сравнению с контрольной теплицей:

$$\text{БЭ} = (Y_1 - Y_2) / Y_1 \times 100\%,$$

где Y_1 – поврежденность (численность) в контроле, %. Y_2 – поврежденность (численность) в опыте, %.

Поврежденность растений (Р) вычисляли по формуле:

$$P = n / N \times 100\%,$$

где n – число поврежденных растений или их частей, шт.; N – общее число учтенных растений или их частей, шт.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы OriginPro, версия 2022 (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA), с установленным уровнем значимости $\alpha = 0,05$. Для проверки достоверных различий между группами выборок применялся непараметрический однофакторный сравнительный анализ Краскела – Уоллиса (Kruskal – Wallis ANOVA), для попарного сравнения – критерий Дьюнна (Dunn's test).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Число отловленных самцов томатной моли за учетный период в варианте с применением метода дезориентации было ниже практически в 5 раз, чем с массовым отловом, в среднем на одну сигнальную ловушку отловилось по 20 ± 7 и $94 \pm 22,5$ экземпляра соответственно варианту. Несмотря на это, статистически массовый отлов не имел отличий в отлове самцов как с методом дезориентации, так и с контрольным вариантом ($z = 1,35$; $df = 2$; $p = 0,53$). Отличия в количестве отловленных самцов имели контрольный вариант, где на одну ловушку в среднем отловилось 242 ± 36 экз. насекомых, и вариант с дезориентацией (20 ± 7) ($z = 2,69$; $df = 2$; $p = 0,021$) (рис. 9).

Эффект метода дезориентации и массового отлова составил 92 и 61% соответственно. При этом достаточно высоко оценивается биологическая эффективность дезориентации, которая равна 80%. У массового отлова она была ниже – 45%.

При осмотре контрольных десяти растений томата на наличие характерных повреждений томатной молю в каждом из вариантов значительная часть их имела в среднем по 23 листа (21–25). В вариантах с применением метода

(three times in total). The total amount of pheromone consumed was 1.72 g. Five chemical treatments with the insecticide “Koragen” and the biological insecto-acaricide “Fitoverm” were carried out in all greenhouses during the growing season.

The effectiveness (E) of the disorientation and mass trapping methods of the pest was determined by the number of males captured in the experimental greenhouses, in comparison with the control greenhouse (without the use of pheromones), using the following formula:

$$E = (K_1 - K_2) / K_1 \times 100\%,$$

where K_1 – average number of males caught per trap in the control greenhouse, num., K_2 – average number of males caught by one trap in the experimental greenhouse, num.

Biological effectiveness (BE) was determined by the total number of fruits damaged by *T. absoluta* larvae (once, at the end of the tests) in the experimental greenhouses compared to the control greenhouse:

$$BE = (U_1 - U_2) / U_1 \times 100\%,$$

where U_1 – damage (number) in control, %. U_2 – damage (number) in the experiment, %.

Plant damage (P) was calculated using the formula:

$$P = n / N \times 100\%,$$

where n is the number of damaged plants or their parts, pcs.; N is the total number of plants or their parts recorded, pcs.

Statistical data processing was performed using OriginPro, version 2022 (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA), with a significance level of $\alpha = 0.05$. To test for significant differences between sample groups, nonparametric one-way comparative analysis Kruskal – Wallis ANOVA was used, and for pairwise comparison – Dunn's test.

RESULTS AND DISCUSSION

During the studied period, the number of *T. absoluta* males captured with the use of the disorientation method was lower by almost 5 times than with mass trapping. On average, 20 ± 7 and 94 ± 22.5 specimens were captured per signal trap, respectively. Despite this, statistically, mass trapping did not have differences in the capture of males, either with the disorientation method or with the control variant ($z = 1.35$; $df = 2$; $p = 0.53$). There were differences in the number of captured males in the control variant, where on average 242 ± 36 insects were captured per trap, and in the variant with disorientation (20 ± 7) ($z = 2.69$; $df = 2$; $p = 0.021$) (Fig. 9).

The effect of the disorientation method and mass trapping was 92 and 61%, respectively. At the same time, the biological effectiveness of disorientation is estimated quite highly, equal to 80%. For mass trapping, it was lower – 45%.

When examining ten control tomato plants for the presence of characteristic damage by *T. absoluta* in each of the variants, a significant part of them had

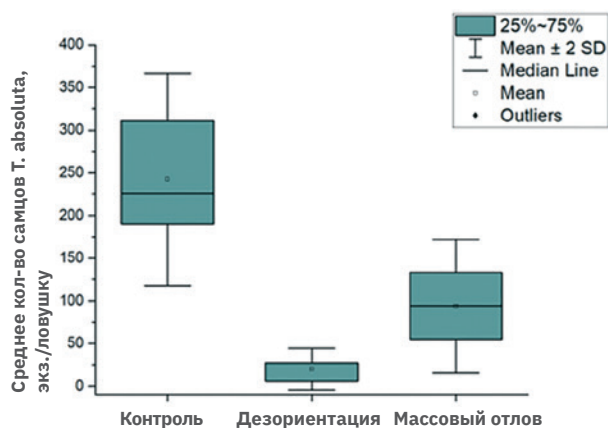


Рис. 9. Влияние метода дезориентации и массового отлова на отлов самцов *Tuta absoluta* в сигнальные феромонные ловушки

Fig. 9. Effect of disorientation and mass trapping on the capture of *Tuta absoluta* male in signal pheromone traps

дезорииентации и массового отлова за весь период наблюдений поврежденность листьев была одинаковой и составила 50%, тогда как в контроле – 90% ($\chi^2 = 10,34$; $df = 2$; $p = 0,0056$). Так, в среднем в варианте с дезориентацией из 21 осмотренного листа 11 были повреждены гусеницами томатной моли, в варианте с массовым отловом – 12 из 25, в контрольном варианте – 21 из 23. Варианты дезориентации и массового отлова имели отличия от контрольного ($z = 3,09$; $df = 2$; $p = 0,002$ и $z = 2,33$; $df = 2$; $p = 0,02$) (рис. 2) соответственно, но не отличались между собой по степени поврежденности ($z = 0,76$; $df = 2$; $p = 0,446$) (рис. 10).

Схожие результаты были получены и при подсчете количества проделанных гусеницами томатной моли ходов (мин) на листьях растений (рис. 11).

Так, при явном отличии вариантов дезориентации и массового отлова от контрольного ($z = 4,23$; $df = 2$; $p = 0,00002$ и $z = 3$; $df = 2$; $p = 0,0026$) соответственно, два первых не имели отличий между собой ($z = 1,22$; $df = 2$; $p = 0,223$) (рис. 11).

Общий урожай томатов в опытной теплице № 1 (метод дезориентации) оказался выше на 600 кг чем в контрольной № 3, что составляет

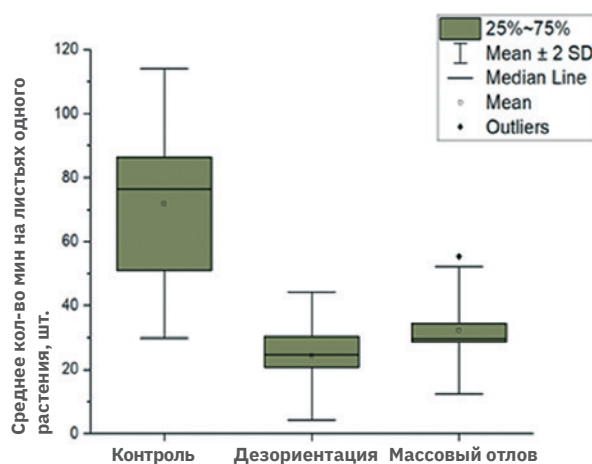


Рис. 11. Влияние метода дезориентации и массового отлова на количество мин на листьях, поврежденных томатной молью

Fig. 11. Effect of disorientation and mass trapping methods on the number of mines on leaves damaged by *T. absoluta*

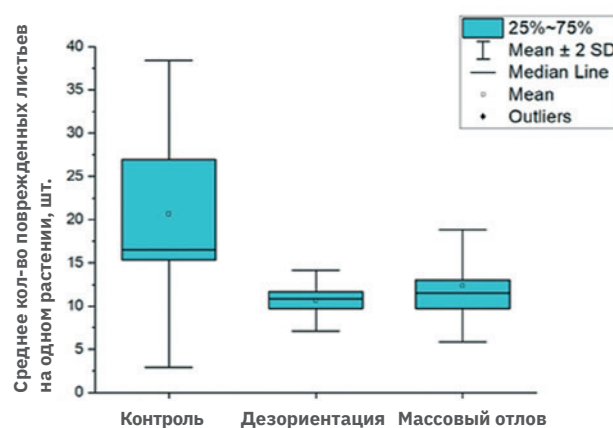


Рис. 10. Влияние метода дезориентации и массового отлова на поврежденность листьев томата насекомыми *Tuta absoluta*

Fig. 10. Effect of disorientation and mass trapping on tomato leaf damage by *Tuta absoluta* insects

an average of 23 leaves (21–25). In the variants using the disorientation and mass trapping method, the leaf damage was the same over the entire observation period and amounted to 50%, while in the control it was 90% ($\chi^2 = 10,34$; $df = 2$; $p = 0,0056$). Thus, on average, in the variant with disorientation, out of 21 examined leaves, 11 were damaged by *T. absoluta* larvae, in the variant with mass trapping – 12 out of 25, in the control variant – 21 out of 23. The variants of disorientation and mass trapping had differences from the control ($z = 3,09$; $df = 2$; $p = 0,002$) and ($z = 2,33$; $df = 2$; $p = 0,02$) (Fig. 2), respectively, but did not differ from each other in the degree of damage ($z = 0,76$; $df = 2$; $p = 0,446$) (Fig. 10).

Similar results were obtained when counting the number of galleries (mines) made by *T. absoluta* larvae on plant leaves (Fig. 11).

Thus, with a clear difference between the disorientation and mass trapping from the control ($z = 4,23$; $df = 2$; $p = 0,00002$) and ($z = 3$; $df = 2$; $p = 0,0026$), respectively, the first two did not differ from each other ($z = 1,22$; $df = 2$; $p = 0,223$) (Fig. 11).

The total tomato yield in the experimental greenhouse No. 1 (disorientation method) was 600 kg higher than in the control greenhouse No. 3, which is 18% of the total number of tomato fruits collected in the control. In greenhouse No. 2 (mass trapping method), the yield was 403 kg higher than in the control greenhouse, which is 12% of the total number of tomatoes collected (Table 1).

As a result of using the disorientation and mass trapping methods, the farm managed to reduce the damage of tomato fruits and improve their quality (Table 1). The damage of tomato fruits in the harvested crop was higher in the control variant – 34%, slightly lower in the variant with mass trapping – 18%, and insignificant in the variant with disorientation – 7%. The highest quality crop was collected in greenhouse No. 1, where the disorientation method was used – 3,710 kg (93% of the total harvested crop in the variant), as well as in greenhouse No. 2, where traps were installed for

Табл. 1. Динамика сбора урожая томатов в опытных (метод дезориентации и метод массового отлова) и контрольной теплицах
Table 1. Dynamics of tomato harvesting in experimental (disorientation method and mass trapping method) and control greenhouses

Дата	Теплица № 1 (дезориентация): 37 резиновых пробок, с 15 мг и 3 сигнальные ловушки по 0,05 мг Greenhouse #1 (disorientation): 37 rubber stoppers, with 15 mg and 3 signal traps of 0.05 mg			Теплица № 2 (массовый отлов): 37 ловушек с диспенсерами по 0,5 мг и 3 сигнальные ловушки по 0,05 мг Greenhouse No. 2 (mass trapping): 37 traps with dispensers of 0.5 mg and 3 signal traps of 0.05 mg			Теплица № 3 (контроль): 3 сигнальные феромонные ловушки по 0,05 мг Greenhouse No. 3 (control): 3 signal pheromone traps 0.05 mg each		
	Качествен- ные плоды, кг Quality fruits, kg	Поврежден- ные плоды, кг Damaged fruits, kg	Всего, кг Total, kg	Качествен- ные плоды, кг Quality fruits, kg	Поврежден- ные плоды, кг Damaged fruits, kg	Всего, кг Total, kg	Качествен- ные плоды, кг Quality fruits, kg	Поврежден- ные плоды, кг Damaged fruits, kg	Всего, кг Total, kg
13.07	51	-	51	48	-	48	45	-	45
18.07	234	-	234	246	-	246	198	-	198
23.07	619	2	621	604	5	609	558	17	575
29.07	672	48	720	628	52	680	554	76	630
3.08	1025	79	1104	996	204	1200	524	501	1025
8.08	1109	141	1250	562	438	1000	360	547	907
Всего (урожай), кг Total (harvest), kg									
	3710	270	3980	3084	699	3783	2239	114	3380
Всего (урожай), % Total (harvest), %									
	93%	7%	-	82%	18%	66%	34%	-	

18% от общего количества собранных плодов томата в контроле. В теплице № 2 (метод массового отлова) урожай был выше на 403 кг, чем в контрольной теплице, что составляет 12% от общего количества собранных томатов (табл. 1).

В результате применения метода дезориентации и массового отлова в хозяйстве удалось снизить поврежденность плодов томата и повысить их качество (табл. 1). Поврежденность плодов томата в съемном урожае оказалась выше у контрольного варианта – 34%, чуть ниже в варианте с массовым отловом – 18%, и незначительной в варианте с дезориентацией – 7%. Наиболее качественный урожай собрали в теплице № 1, где использовали метод дезориентации, – 3710 кг (93% от всего собранного урожая в варианте), а также в теплице № 2, где были установлены ловушки для массового отлова, – 3084 кг (82% от собранного урожая в варианте). В контрольной теплице № 3 качественных плодов без повреждений гусеницами томатной моли собрали 2239 кг, что составило 66% от собранного урожая в варианте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, полученные в ходе проведенных полевых испытаний, показали высокую эффективность борьбы с томатной молью *Tuta absoluta* методом дезориентации и массового отлова с применением синтетического полового феромона, ацетата ЕЗ, Z8, Z11-тетрадекатриен-1-ола в условиях закрытого грунта на культуре томата. В результате нарушения феромонной коммуникации между обоими полами вредителя, большая часть самок осталась

mass trapping – 3,084 kg (82% of the harvested crop in the variant). In the control greenhouse No. 3, 2,239 kg of quality fruits without damage by *T. absoluta* larvae were collected, which amounted to 66% of the harvested crop in the variant.

CONCLUSION

The results obtained during the field tests showed high efficiency of the control of *Tuta absoluta* by the disorientation and mass trapping methods using a synthetic sex pheromone, acetate E3, Z8, Z11-tetradecatrien-1-ol, in protected ground conditions on the tomato crop. As a result of the disruption of pheromone communication between both sexes, most of the females remained unfertilized, thereby reducing the overall fertility of the population and, as a consequence, the harmfulness of the species. At the same time, in combination with chemical treatments of tomato plants, it was possible to achieve a significant reduction in the number of pests in experimental greenhouses compared to the control option, where these methods were not used, by two or more times. As a result, damage to tomato fruits and leaves decreased to a level of 18 to 7%.

The efficiency of using the disorientation and mass trapping methods was 92 and 61%, respectively, and their biological efficiency was 80 and 45%, respectively. The use of the *T. absoluta* sex pheromone led to

неоплодотворенной, тем самым снизилась общая плодовитость популяции и, как следствие, вредоносность вида. При этом в сочетании с химическими обработками растений томата удалось достичь значительного сокращения численности вредителя в опытных теплицах по сравнению с контрольным вариантом, где данные методы не применялись, в два и более раз. Вследствие этого снизилась поврежденность плодов и листьев томата до уровня от 18 до 7%.

Эффективность использования методов дезориентации и массового отлова составила соответственно 92 и 61%, а их биологическая эффективность – соответственно 80 и 45%. Применение полового феромона томатной моли привело к увеличению урожайности и качества томатов. Качество плодов томата в варианте дезориентации достигало 97%, а в методе массового отлова – 81%, в то время как в контроле этот показатель был равен 66%. Применение метода дезориентации и массового отлова привело соответственно к 18%-й и 12%-й прибавкам урожая томатов по сравнению с контрольным вариантом.

Метод дезориентации и метод массового отлова могут быть рекомендованы к применению при выращивании томатов в условиях закрытого грунта с целью снижения численности вредителя томатной моли в насаждениях. Кроме того, использование ловушек с синтетическим половым феромоном томатной моли в качестве средства мониторинга состояния и численности популяции вредителя позволяет четко установить сроки химических обработок, тем самым повысить их эффективность и сократить объем применяемых инсектицидов. Как элемент системы интегрированной защиты растений использование феромонных ловушек можно сочетать либо с химическими, либо с биологическими средствами, которые разрешены к применению в условиях закрытого грунта.

Благодарность. Авторы выражают признательность Н. И. Кулаковой за консультации по южноамериканской томатной моли и за предоставленные фотографии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абасов М.М., Тодоров Н.Г., Пономарев В.Л., Атанов Н.М., Кузина Н.П., Еремин С.А. Информационный отчет о применении феромонных и цветных ловушек на территории Российской Федерации для установления карантинного фитосанитарного состояния подкарантинных объектов в 2019 году. ФГБУ «ВНИИКР». 2020. С. 17–19.
2. Абасов М.М., Тодоров Н.Г., Атанов Н.М., Кузина Н.П. Внедрение феромонного мониторинга в практику карантина растений Российской Федерации // Защита и карантин растений. № 2. 2022. С. 24–26.
3. Анализ фитосанитарного риска томатной моли *Tuta absoluta* для территории РФ. М.: ФГУ «ВНИИКР». 2010.
4. Жимерикин В.Н., Миронова М.К., Дудов М.В. Южноамериканская томатная моль *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera, Gelechiidae). // Защита и карантин растений. 2009. № 6. С. 34–35.

an increase in the yield and quality of tomatoes. The tomato fruit quality in the disorientation variant reached 97%, and in the mass trapping method – 81%, while in the control this figure was 66%. The use of the disorientation and mass trapping methods led to 18 and 12% increases in tomato yield, respectively, compared to the control variant.

The disorientation and the mass trapping methods can be recommended for use when growing tomatoes in protected ground conditions in order to reduce the *T. absoluta* number in plantings. In addition, the use of traps with a synthetic *T. absoluta* sex pheromone as a means of monitoring the condition and population size of the pest allows to clearly establish the timing of chemical treatments, thereby increasing their effectiveness and reducing the amount of insecticides used. As an element of the integrated pest management, the use of pheromone traps can be combined with either chemical or biological agents that are approved for use in protected ground conditions.

Acknowledgements. The authors express their gratitude to N.I. Kulakova for consultations on *T. absoluta* and for the provided photographs.

REFERENCES

1. Abasov M.M., Todorov N.G., Ponomarev V.L., Atanov N.M., Kuzina N.P., Eremin S.A. Information report on the use of pheromone and color traps on the territory of the Russian Federation to establish the quarantine phytosanitary state of quarantine pests in 2019 [Informatsionnyy otchet o primenении feromonnykh i tsvetnykh lovushek na territorii Rossiyskoy Federatsii dlya ustanovleniya karantinnoy fitosanitarnogo sostoyaniya podkarantinnykh ob"yektov v 2019 godu]. FGBU "VNIKIR". 2020. P. 17-19. (In Russ.)
2. Abasov M.M., Todorov N.G., Atanov N.M., Kuzina N.P. Implementation of pheromone monitoring in the practice of plant quarantine in the Russian Federation // Plant protection and quarantine. 2022; 2: 24–26. (In Russ.)
3. Pest risk analysis of *Tuta absoluta* for the territory of the Russian Federation. Moscow: FGBU "VNIKIR". 2010. (In Russ.)
4. Zhimerikin V.N., Mironova M.K., Dudov M.V. *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera, Gelechiidae) [Yuzhnoamerikanskaya tomatnaya mol' *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera, Gelechiidae)] // Plant Protection and Quarantine. 2009; 6: 34-35. (In Russ.)
5. Zhimerikin V.N., Mironova M.K. *Tuta absoluta* – a threat to tomato production [Yuzhnoamerikanskaya tomatnaya mol' – ugroza tomatnomu proizvodstvu] // Plant protection and quarantine. 2012; 11: 32-34. (In Russ.)
6. Zhimerikin V.N., Tinaev N.N. Sex pheromones in an integrated system for controlling *Tuta absoluta* [Polovyye feromony v integrirovannoy sisteme bor'by s yuzhnoamerikanskoy tomatnoy molyu] // Plant Protection and Quarantine. 2019; 4: 25–28. (In Russ.)
7. Izhevskiy S.S., Akhatov A.K., Sinev S.Yu. *Tuta absoluta* already detected in Russia [Tomatnaya

5. Жимерикин В. Н., Миронова М. К. Южноамериканская томатная моль – угроза томатному производству // Защита и карантин растений. 2012. №11. С.32–34.

6. Жимерикин В.Н., Тинаев Н.Н. Половые феромоны в интегрированной системе борьбы с южноамериканской томатной молью // Защита и карантин растений. 2019. № 4. С. 25–28.

7. Ижевский С.С., Ахатов А.К., Синев С.Ю. Томатная минирующая моль выявлена уже в России // Защита и карантин растений. 2011. № 3. С. 40–44.

8. Клечковский Ю.Э., Черней Л.Б. Томатная моль – новая угроза сельскому хозяйству // Защита и карантин растений. 2014, № 4. С. 36–38.

9. Миронова М.К., Жимерикин В.Н. Южноамериканская томатная моль – угроза производству томатов в России // Теплицы России. 2012. № 1. С. 62–64.

10. Пятнова Ю.Б., Лебедева К.В., Каракотов С.Д. Феромоны насекомых на службе защиты растений // Защита и карантин растений. 2016. № 5. С. 37–40.

11. Равашдех Ш.Х. Абдул-Азиз, Заец В.Г. Томатная минирующая моль – опасный карантинный вредитель томата // Защита и карантин растений. 2011. №12. С. 35–36.

12. Сметник А.И., Шумаков Е.М., Розинская Е.М. Применение феромонов для борьбы с карантинными вредителями растений. М. 1986. С. 1–48.

13. [Электронный ресурс]. – EPPO Global Database. Режим доступа: <https://gd.eppo.int/taxon/GNORAB> (дата обращения 23.03.2024).

14. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vniikr.ru/dokumenty/epko-eaes> (дата обращения 25.03.2024).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Растегаева Валентина Михайловна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник – заведующий лабораторией синтеза феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р.п. Быково, г.о. Раменский, Московская обл., Россия; *ORCID 0009-0000-7695-5450*, *e-mail: vrast@mail.ru*

Абасов Музафар Мирзеагаевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории испытания и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р.п. Быково, г.о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: abasovmm@vniikr.ru*

Кузина Нина Павловна, старший научный сотрудник лаборатории испытания и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р.п. Быково, г.о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: pheromones@vniikr.ru*

Синицына Екатерина Витальевна, кандидат биологических наук, заместитель начальника международного отдела ФГБУ «ЦОК АПК», г.Москва, Россия, *ORCID 0000-0002-6314-3151*, *e-mail: katesinitsyna@gmail.com*

Широкова Оксана Александровна, агроном лаборатории испытания и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р.п. Быково, г.о. Раменский, ул. Пограничная, 32, Московская обл., Россия; *ORCID 0009-0006-5705-2129*, *e-mail: oksanash84@mail.ru*

miniruyushchaya molya vyyavlena uzhe v Rossii] // Plant Protection and Quarantine. 2011; 3: 40–44. (In Russ.)

8. Klechkovsky Yu.E., Cherney L.B. Tomato moth – a new threat to agriculture [Tomatnaya mol' – novaya ugroza sel'skomu khozyaystvu] // Plant Protection and Quarantine. 2014; 4: 36–38. (In Russ.)

9. Mironova M.K., Zhimerikin V.N. *Tuta absoluta* – a threat to tomato production in Russia [Yuzhnoamerikanskaya tomatnaya mol' – ugroza proizvodstvu tomatov v Rossii] // Greenhouses of Russia. 2012; 1: 62–64. (In Russ.)

10. Pyatnova Yu.B., Lebedeva K.V., Karakotov S.D. Insect pheromones in the service of plant protection [Feromony nasekomykh na sluzhbe zashchity rasteniy] // Plant Protection and Quarantine. 2016; 5: 37–40. (In Russ.)

11. Ravashdeh Sh.Kh. Abdul-Aziz, Zayets V.G. Tomato leaf miner – a dangerous quarantine pest of tomato [Tomatnaya miniruyushchaya mol' – opasnyy karantinnyy vreditel tomata] // Plant Protection and Quarantine. 2011; 12: 35–36. (In Russ.)

12. Smetnik A.I., Shumakov E.M., Rozinskaya E.M. Use of pheromones to control quarantine plant pests [Primeneniye feromonov dlya bor'by s karantinnyimi vreditelyami rasteniy]. Moscow, 1986; 1–48. (In Russ.)

13. [Electronic resource]. – EPPO Global Database. Link: <https://gd.eppo.int/taxon/GNORAB> (last accessed: 23.03.2024).

14. [Electronic resource]. – Link: <https://vniikr.ru/dokumenty/epko-eaes> (last accessed: 25.03.2024).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Valentina Rastegaeva, PhD in Chemistry, Senior Researcher, Head of Pheromone Synthesis Laboratory, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0009-0000-7695-5450*, *e-mail: vrast@mail.ru*

Muzafar Abasov, Advanced Doctor in Biology, Leading Researcher, Pheromone Testing and Application Laboratory, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: abasovmm@vniikr.ru*

Nina Kuzina, Senior Researcher, Pheromone Testing and Application Laboratory, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: pheromones@vniikr.ru*

Ekaterina Sinitsyna, Phd in Biology, Deputy Head of the International Department, Federal Center for Assessment of Safety and Quality of Agricultural Products, Moscow, Russia, *ORCID 0000-0002-6314-3151*, *e-mail: katesinitsyna@gmail.com*

Oksana Shirokova, Agronomist, Pheromone Testing and Application Laboratory, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0009-0006-5705-2129*, *e-mail: oksanash84@mail.ru*