СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-09

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS WITH A NEW PREPARATIVE FORM
OF SYNTHETIC ATTRACTANT *HALYOMORPHA HALYS*****E.V. Sinitsyna, M.M. Abasov, N.M. Atanov, N.Z. Fedoseev, A.Yu. Lobur***All-Russian Center for Plant Quarantine –
All-Russian Research Institute for Plant Quarantine, Moscow*

Received 23.12.2020

Submitted 15.02.2021

Summary

This paper presents the field trial results of the use of brown marmorated stink bug synthetic attractant. The conducted research is part of the work performed within the framework of the State task (R&D registration number: AAAA-A20-120071490011-8). To increase the effectiveness of the brown marmorated stink bug synthetic attractant, it is recommended to use new types of preparative forms with increased dosage contents of the aggregation pheromone 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol and the methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate in the areas of the pest mass distribution for its monitoring and effective control.

Abstract

Introduction. The synthetic attractant of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* contains an aggregation pheromone - 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol, consisting of a mixture of stereoisomers, the main of which are (3S,6S,7R,10S)-epoxy-1-bisabolen-3-ol and (3R,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol (D. K. Zahn et al., 2008; A. Khimian et al., 2014; T. C. Leskey et al., 2015). The attractant also contains a synergistic molecule - the methyl - (E,E,Z) - 2,4,6-decatrienoate, which enhances the effect of the aggregation pheromone during the monitoring of the brown marmorated stink bug (A. Khimian et al., 2005; J. R. Aldrich et al., 2007; A. Khimian et al., 2007). It should be noted that the pheromone preparation of the brown marmorated stink bug, consisting of 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol and methyl-(E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate, attracts not only adult males and females but also nymphs, that allows it to be used for the pest control by mass trapping (D. C. Weber et al., 2014). The aim of this study was to evaluate the effect of a new developed synthetic attractant of *Halyomorpha halys* on adult and nymph trapping in the field conditions. **Object.** The object of the study was a synthetic attractant of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys*. **Materials and methods.** The field trial was conducted in an apple and peach orchard with a total area of 3.5 hectares on the territory of Abkhazia (Sukhumi) from July 15 to September 30. For the trial, the synthesis of the methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate, the initial compound of which was furan, and a 4-stage scheme for obtaining a racemic mixture of 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol were carried out in the laboratory of pheromone synthesis and application of the All-Russian Plant Quarantine Center. The advanced mixture of racemate 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol (RSB) in the dosage of 10 mg and the methyl (E,E,Z) - 2,4,6-decatrienoate (MDT) in the dosage of 30 mg were applied together to various forms of lures: a gray rubber septum lure from brombutyl; a yellow cellulose sponge (packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene); oil-and-gasoline resistant thin rubber molded sheeting in black color; plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color. All the above materials were combined with each other so that both components of the synthetic attractant were present in each of the lure. As the standard variant, a commercial gray rubber septum lure from brombutyl with 2 mg RSB and 2 mg of MDT was used. The commercial rescue signal plastic traps were used in the field trial. The number of nymphs and adults caught in traps was estimated weekly. **Results and conclusions.** The use of a gray rubber septum lure from brombutyl with RSB in total dosage of 10 mg and a thick industrial-rubber molded sheeting in black color with 30 mg MDT allowed to increase the catch of brown marmorated stink bugs by 27 times, there the average weekly number of *Halyomorpha halys* bugs caught in traps was 331 individuals per trap for the entire study period, compared to the standard variant with an average number - 12 individuals/trap. Instead of a gray rubber septum lure, an oil-and-gasoline resistant thin rubber molded sheeting in black color with a dosage of RSB 10 mg/lure with the average number of bugs captured - 227 individuals/trap was also effected. It is possible to improve the catching effectiveness with the use of a yellow cellulose sponge packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene) with 30 mg MDT

instead of a thick rubber sheeting, there the average number of caught individuals was 288 per trap. Thus, it was found that the developed and tested new preparative forms of the synthetic attractant could effectively increase the capture of both nymphs and adults of *Halyomorpha halys*. The tested preparations are easy to use in the traps and suitable for practical use in farms where the brown marmorated stink bug is widespread, with the aim of mass trapping and pest control.

Key words: brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, synthetic attractants, pheromone traps, organic synthesis, monitoring, quarantine

Citation. Sinitsyna E.V., Abasov M.M., Atanov N.M., Fedoseev N.Z., Lobur A.Yu. Evaluation of the effectiveness with a new preparative form of synthetic attractant *Halyomorpha halys*. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 90-103 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-09.

Author's contribution. All authors of this paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 632.7:632.95

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ ПРЕПАРАТИВНОЙ ФОРМЫ СИНТЕТИЧЕСКОГО АТТРАКТАНТА *HALYOMORPHA HALYS*

Е. В. Синицына, доктор биологических наук

М. М. Абасов, кандидат биологических наук

Н. М. Атанов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Н. З. Федосеев, старший научный сотрудник

А. Ю. Лобур, кандидат химических наук

Всероссийский центр карантина растений - ВНИИКР, р.п. Быково, МО

Дата поступления в редакцию 23.12.2020

Дата принятия к печати 15.02.2021

Аннотация. В настоящей работе приводятся результаты полевых испытаний синтетического аттрактанта коричнево-мраморного клопа, которые были проведены в рамках выполнения Государственного задания (регистрационный номер НИОКТР: АААА-А20-120071490011-8). Для повышения эффективности работы разработанного синтетического аналога природного аттрактанта коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* рекомендовано применение новых видов препаративных форм с повышенным содержанием дозировок следующих компонентов: 10,11-эпоксид-1-бисабол-3-ола и метил-(Е,Е,З)-2,4,6-декатриеноата в местах массового скопления вредителя для его отлова и последующего уничтожения.

Актуальность. В состав синтетического аналога аттрактанта коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* входит агрегационный феромон 10,11-эпоксид-1-бисабол-3-ол, который включает в себя смесь из стереоизомеров, основные из которых - (3S,6S,7R,10S)-10,11-эпоксид-1-бисабол-3-ол и (3R,6S,7R,10S)-10,11-эпоксид-1-бисабол-3-ол (D.K. Zahn et al., 2008; A. Krimian et al., 2014; T.C. Leskey et al., 2015). Также аттрактант содержит вещество-синергист – метил-(Е,Е,З)-2,4,6-декатриеноат, которое усиливает воздействие агрегационного феромона на отлов коричнево-мраморного клопа (J. R. Aldrich et al., 2007; D. C. Weber et al., 2014). Важным является тот факт, что синтетический аттрактант коричнево-мраморного клопа привлекает как имаго, так и нимф обоих полов вредителя, что дает возможность использовать его для массового отлова (D. C. Weber et al., 2014). Цель исследования состояла в изучении влияния новой разработанной препаративной формы синтетического аттрактанта *Halyomorpha halys* на отлов имаго и нимф вредителя в полевых условиях. **Объект.** Объектом исследования являлся синтетический аналог аттрактанта коричнево-мраморного клопа. **Материалы и методы.** Полевой опыт был заложен на плодовом участке яблони и персика общей площадью 3,5 га на территории Республики Абхазия с 15 июня по 30 сентября. Синтез химических соединений для аттрактанта проводился в отделе синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений. Для полевого испытания синтезировали метил (Е,Е,З)-2,4,6-декатриеноат, исходным соединением которого служил фуран, и была осуществлена 4-х-стадийная схема получения рацемической смеси 10,11-эпоксид-1-бисабол-3-ола.

Полученную смесь рацемата 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола (RSB) в количестве 10 мг и метил (E,E,Z)-2,4,6-декатриеноата (MDT) в количестве 30 мг наносили на различные формы диспенсеров (носителей), а именно серая пробка из бромбутилкаучука; губчатая цветная пластина из целлюлозы; маслобензостойкая тонкая резиновая формовая пластина черного цвета; пластина из невулканизированной резинотехнической смеси. Все вышеописанные варианты комбинировали попарно друг с другом так, чтобы в каждом из вариантов присутствовали оба компонента тестируемого препарата. В качестве эталонного варианта использовали коммерческую серую пробку из бромбутилкаучука с нанесением 2 мг RSB и 2 мг MDT. Для опыта применяли сигнальные накопительные пластиковые ловушки пирамидальной формы. Учитывали количество имаго и нимф вредителя, пойманных в ловушки. **Результаты и выводы.** Использование диспенсеров из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением RSB в количестве 10 мг и толстой пластины из невулканизированной резинотехнической смеси черного цвета с нанесением 30 мг MDT позволило увеличить отлов коричнево-мраморного клопа в 27 раз, где среднее количество пойманных в ловушки клопов *Halyomorpha halys* составило 331 экз./ловушку за весь период наблюдений, по сравнению с эталонным вариантом (среднее количество – 12 экз./ловушку). Также эффективно себя показал вариант, где вместо серой пробки из бромбутилкаучука применяли тонкую маслобензостойкую резиновую пластину черного цвета с дозировкой RSB 10 мг/диспенсер (среднее количество – 227 экз./ловушку). Улучшить качество отлова возможно и с применением губчатой пластины, упакованной в зип-пакет и буфлен с 30 мг MDT вместо толстой резинотехнической пластины, где среднее количество пойманных особей составило 288 экз./ловушку. Тем самым было установлено, что разработанные и испытанные новые препаративные формы синтетического аттрактанта могут эффективно повысить отлов как нимф, так и имаго *Halyomorpha halys*. Испытанные препаративные формы удобны в использовании и подходят для практического применения в хозяйствах, где коричнево-мраморный клоп широко распространен, с целью массового отлова и последующего уничтожения вредителя.

Ключевые слова: *коричнево-мраморный клоп, синтетические аттрактанты, феромонные ловушки, препаративные формы аттрактантов, карантин растений.*

Цитирование. Синицына Е. В., Абасов М. М., Атанов Н. М., Федосеев Н. З., Лобур А.Ю. Оценка эффективности новой препаративной формы синтетического аттрактанта *Halyomorpha halys*. *Известия НВ АУК.* 2021. 1 (61). 90-103. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-09.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственно участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stal (1855) (Hemiptera: Pentatomidae) является опасным вредителем плодовых, овощных и бобовых культур, а также декоративных растений и лиственных пород деревьев и кустарников [19]. Вредитель происходит из Китая, где он широко и повсеместно распространен [4]. Со временем инвазивный вид распространился на территории стран Азии, Америки, Океании и Европы [1, 3, 5, 11-13, 18, 22]. Для Юга России, региона с влажным субтропическим климатом, вид является опасным и экономически значимым [2].

Коричнево-мраморный клоп высасывает растительные соки из тканей растений, используя свой хоботок. Характер повреждений схож для разных видов растений - в местах проколов хоботком образуются некрозы, происходит опробковение тканей растения, затем часть или все растение погибает [6].

Распространение коричнево-мраморного клопа происходит посредством его заноса вместе с сельскохозяйственной продукцией, а также иными видами грузов несельскохозяйственного значения, например, со строительными материалами, тарой и техникой. Неоднократно коричнево-мраморного клопа выявляли на границах при досмотре багажа и товаров, следуемых из стран Азии в Европу и Северную Америку [2, 6].

Коричнево-мраморный клоп не имеет естественных врагов в новых регионах рас-

пространения, поэтому может развиваться там достаточно агрессивно и быстро [4]. Практика США, где вредитель широко распространен, показала, что применение в промышленных яблонных садах феромонных ловушек снижает повреждаемость клопами более чем в 2-7 раз по сравнению с хозяйствами без применения ловушек. Применение феромонных ловушек позволяет сократить инсектицидную нагрузку на насаждения на 97 % [20].

Для изучения эффективности применения феромонных ловушек для коричнево-мраморного клопа на базе Всероссийского центра карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР») (далее ВНИИКР) были разработаны и синтезированы химические компоненты аттрактанта для отлова вредителя. В состав вошли два основных компонента: метил-(E,E,Z)-2,4,6-декатриеноат, который изначально был известен как феромон другого вида клопа щитника – *Plautia stali*, но также привлекающий *Halyomorpha halys* [21], и агрегационного феромона коричнево-мраморного клопа, состоящего из смеси из двух компонентов: (3S,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола и (3R,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола [9, 10, 21].

Нами была разработана и апробирована новая препаративная форма с использованием резинотехнических пластин в качестве носителей для увеличенных дозировок феромона. Это дает возможность использовать феромонные ловушки как для массового отлова в зоне широкого распространения вредителя для защиты высокорентабельных культур (цитрусовые, плодовые культуры и виноград), так и для мониторинга клопа в потенциальных местах его распространения.

Наша цель состояла в изучении влияния новой препаративной формы на отлов имаго и нимф вредителя в сигнальные накопительные ловушки.

Материалы и методы. Научно-исследовательскую работу проводили на опытных участках в плодовых насаждениях общей площадью 3,5 га на культурах персика и яблони в Республике Абхазия (Сухуми) в период с 15 июля по 30 сентября 2020 года. Для привлечения и отлова *H. halys* использовали сигнальные накопительные ловушки из пластика [16], с синтетическим аттрактантом производства ВНИИКР. В качестве аттрактанта в ловушках использовали смесь синтетического препарата, состоящего из двухкомпонентного агрегационного феромона, полученного по 4-х стадийной схеме из рацемата цитронелала, а также метил-(E,E,Z)-2,4,6-декатриеноата – вещества-синергиста, усиливающего действие агрегационного феромона [10, 21], исходным соединением для которого служил фуран.

Полученную смесь рацемата двухкомпонентного агрегационного феромона, состоящего из 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола, (далее - RSB) в количестве 10 мг и метил (E,E,Z)-2,4,6-декатриеноат (далее - MDT) в количестве 30 мг наносили на различные диспенсеры (носители) в зависимости от свойств используемых материалов (таблица 1). Для нанесения агрегационного феромона RSB использовали диспенсеры из следующих материалов: серая пробка из бромбутилкаучука (производство Китай), состоящая из резиновой смеси на основе бромбутилкаучука с общей высотой 9 мм и диаметром крышки 12 мм, с прорезью по высоте внутренней части – 5 мм. Содержание материала: вода – 0,8 %, зольный остаток – 47 %, аммоний – 0,0002 % и цинк – 0,0003 %. На пробку (далее «П») были нанесены 10 мг RSB; губчатая цветная пластина из целлюлозы (далее «Г») толщиной 30 мм и размером 10х30 мм (производство Польша), пропитанная 100 мг вакуумного масла (BM-4), с нанесением 10 мг RSB; маслостойкая тонкая резиновая формовая пластина черного цвета без тканевой подкладки средней степени твердости (далее «ТНК.Р») толщиной 1 мм (производство Россия) размером 35х35 мм с нанесением 10 мг RSB.

Таблица 1 – Характеристики и условные обозначения типов диспенсеров и составов феромонных препаратов для отлова *Halyomorpha halys*

Номер варианта	Условное обозначение	Описание материалов диспенсеров и составов феромонного препарата
1	2	3
I	Г (RSB 10 мг) + ТЛС.Р (MDT 30 мг)	Г (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из губчатой цветной пластины из целлюлозы, пропитанной 100 мг вакуумного масла (BM-4), с нанесением 10 мг RSB; ТЛС.Р (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из невулканизированной резинотехнической смеси черного цвета толщиной 4 мм с нанесением на поверхность MDT – 30 мг
II	П (RSB 10 мг) + ТЛС.Р (MDT 30 мг)	П (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением RSB в количестве 10 мг; ТЛС.Р (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из невулканизированной резинотехнической смеси черного цвета толщиной 4 мм с нанесением на поверхность MDT – 30 мг
III	ТНК.Р (RSB 10 мг) + ТЛС.Р (MDT 30 мг)	ТНК.Р (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из маслобензостойкой тонкой резиновой формовой пластины черного цвета толщиной 1 мм с нанесением 10 мг RSB; ТЛС.Р (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из невулканизированной резинотехнической смеси черного цвета толщиной 4 мм с нанесением на поверхность MDT – 30 мг
IV	Г (RSB 10 мг) + ГП (MDT 30 мг)	Г (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из губчатой цветной пластины из целлюлозы, пропитанной 100 мг вакуумного масла (BM-4), с нанесением 10 мг RSB; ГП (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из губчатой цветной пластины из целлюлозы с нанесением 30 мг MDT, 200 мг 2-метил-3-бутен-2-ола, упакованная в зип-пакет и помещенная в буфленовый пакет
V	П (RSB 10 мг) + ГП (MDT 30 мг)	П (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением RSB в количестве 10 мг; ГП (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из губчатой цветной пластины из целлюлозы с нанесением 30 мг MDT, 200 мг 2-метил-3-бутен-2-ола, упакованная в зип-пакет и помещенная в буфленовый пакет

Окончание таблицы 1

1	2	3
VI	ТНК.Р (RSB 10 мг) + ГП (MDT 30 мг)	ТНК.Р (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из маслобензостойкой тонкой резиновой формовой пластины черного цвета толщиной 1 мм с нанесением 10 мг RSB; ГП (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из губчатой цветной пластины из целлюлозы с нанесением 30 мг MDT, 200 мг 2-метил-3-бутен-2-ола, упакованная в зип-пакет и помещенная в буфленовый пакет
VII	ЭП (RSB 2 мг + MDT 2 мг)	Эталон – диспенсер, состоящий из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением RSB в количестве 2 мг и 2 мг MDT в одной смеси

Table 1 – Characteristics and symbols of the types of lures and compositions of pheromone preparations for catching *Halyomorpha halys*

Variant number	Identification code	Description of lure materials and pheromone preparation compositions
I	G (RSB 10 mg) + TLS.R (MDT 30 mg)	G (RSB 10 mg) – lure consisting of a yellow cellulose sponge impregnated with 100 mg of vacuum oil (VM-4) and 10 mg of RSB;

		TLS.R (MDT 30 mg) – lure consisting of a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color with a thickness of 4 mm impregnated with 30 mg of MDT
II	P (RSB 10 mg) + TLS.R (MDT 30 mg)	P (RSB 10 mg) – a gray rubber septum lure from brombutyl impregnated with 10 mg of RSB; TLS.R (MDT 30 mg) – lure consisting of a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color with a thickness of 4 mm impregnated with 30 mg of MDT
III	TNK.R (RSB 10 mg) + TLS.R (MDT 30 mg)	TNK.R (RSB 10 mg) – lure consisting of a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color with a thickness of 1 mm impregnated with 10 mg RSB; TLS.R (MDT 30 mg) – lure consisting of a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color with a thickness of 4 mm impregnated with 30 mg of MDT
IV	G (RSB 10 mg) + GP (MDT 30 mg)	G (RSB 10 mg) – lure consisting of a yellow cellulose sponge impregnated with 100 mg of vacuum oil (VM-4) and 10 mg of RSB applied; GP (MDT 30 mg) –lure consisting of a yellow cellulose sponge impregnated with 30 mg of MDT and 200 mg of 2-methyl-3-butene-2-ola packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene)
V	P (RSB 10 mg) + GP (MDT 30 mg)	P (RSB 10 mg) – a gray rubber septum lure from brombutyl impregnated with 10 mg of RSB; GP (MDT 30 mg) –lure consisting of a yellow cellulose sponge impregnated with 30 mg of MDT and 200 mg of 2-methyl-3-butene-2-ola packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene)
VI	TNK.R (RSB 10 mg) + GP (MDT 30 mg)	TNK.R (RSB 10 mg) – lure consisting of a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color with a thickness of 1 mm impregnated with 10 mg RSB; GP (MDT 30 mg) –lure consisting of a yellow cellulose sponge impregnated with 30 mg of MDT and 200 mg of 2-methyl-3-butene-2-ola packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene)
VII	EP (RSB 2 mg + MDT 2mg)	Etalon – standard – a gray rubber septum lure from brombutyl impregnated with 2 mg of RSB and 2 mg of MDT

В качестве диспенсеров для нанесения вещества-синергиста MDT использовали следующие материалы: губчатая цветная пластина из целлюлозы, описание которой дано выше, с нанесением 30 мг MDT и 200 мг 2-метил-3-бутен-2-ола, упакованная в зип-пакет размером 70x40 мм и помещенная в буфленовый пакет размером 80x53 мм (далее «ГП»); пластина из невулканизированной резинотехнической смеси толщиной 2 мм и размером 42x22 мм с изоляцией из полиэтилена (производство Россия). В ходе доработки сырой резины для получения необходимого конечного продукта ее утолщали посредством склеивания двух слоев, при этом толщина пластины составила 4 мм (далее ТЛС.Р).

В качестве эталонного варианта (далее ЭП) использовали ранее описанный диспенсер из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением 2 мг RSB и 2 мг MDT.

Феромонные ловушки размещали рандомизированно на опытных участках на минимальном расстоянии друг от друга - 30-50 м. Всего в опыте применяли 21 пластиковую пирамидальную накопительную ловушку (7 вариантов в 3-х повторностях). Учет нимф и имаго *H. halys* в ловушках проводили еженедельно.

Статистическую обработку данных проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа данных в ПО Microsoft Excel 2016. На графиках приведены общие

и средние значения (M) со стандартной ошибкой средней ($\pm SEM$). Стандартные ошибки средних ($\pm SEM$). Для проверки различий использовали t -тест при $p < 0.05$.

Результаты и обсуждение. Всего за период проведения опыта в посадках плодовых культур (яблоня и персик) (Республика Абхазия) с 15 июля по 30 сентября 2020 года, было отловлено 279 экземпляров нимф, преимущественно V и IV возрастов, и 3182 экземпляров имаго *H. halys*.

Рисунок 1 – Ежедневное количество отловленных имаго *H. halys* в ловушки с различными диспенсерами (обозначены разным цветом) в период с 15 июля по 30 сентября в плодовом саду

Figure 1 – Weekly number of captured *H. halys* adults in traps with different lure types (marked with different colors) in the period from July 15 to September 30 in the orchard

При еженедельном подсчете отловленных имаго *H. halys* в ловушки с различными диспенсерами (рисунок 1) наблюдалась характерная для данного периода времени (с 15 июля по 30 сентября) динамика численности. Лёт имаго коричнево-мраморного клопа был не столь активным в начале постановки опыта, начиная с третьей декады июля, чем в начале сентября. Активный лёт имаго, это видно из графика на рисунке 3, пришелся на сентябрь: в это время в ловушки было отловлено наибольшее количество особей. Рост был обусловлен присутствием на опытном участке имаго и первой, и второй генерации. В этот же период времени, конец лета – начало осени, имаго клопов начинают подготовку к диапаузе, они активно летают в поисках дополнительного питания и убежищ для перезимовки [14, 15].

Рисунок 2 – Еженедельное количество отловленных нимф *H. halys* в ловушки с различными диспенсерами (обозначены разным цветом) в период с 15 июля по 24 августа в плодовом саду

Figure 2 – Weekly number of captured *H. halys* nymphs in traps with different lure types (marked with different colors) in the period from July 15 to September 30 in the orchard

Интересным фактом является и то, что в начале опыта эффективность компонента – синтетического агрегационного феромона RSB – в некоторых вариантах была выше, чем в последующий период. Так, уже начиная с начала августа аттрактивность вариантов IV (Г (RSB 10 мг) + ГП (MDT 30 мг)) и III (ТНК.Р (RSB 10 мг) + ТЛС.Р (MDT 30 мг)) начала снижаться и оставалась на том же уровне вплоть до завершения опыта (рисунок 2). После второй декады августа наблюдалось снижение численности нимф V возраста в посадках, что было связано с их переходом в стадию имаго.

По полученным данным количество имаго клопов в ловушках с диспенсерами из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением RSB в количестве 10 мг и толстой пластины из невулканизированной резинотехнической смеси черного цвета с нанесением 30 мг MDT (II вариант) было в 27 раз выше (331 экз./ловушку), чем при использовании эталонного варианта с серой пробки с нанесением 2 мг RSB и 2 мг MDT (12 экз./ловушку) (рисунок 3). Также эффективно себя показал III вариант, где вместо серой пробки из бромбутилкаучука применяли тонкую маслбензостойкую резиновую пластину черного цвета с дозировкой агрегационного феромона (RSB) в количестве 10 мг/диспенсер, который показал высокие результаты по опыту (227 экз./ловушку) и не имел статистической разницы с вариантом II. Использование серой пробки с 10 мг RSB также возможно и с губчатой пластиной в пакете с 30 мг MDT (вариант V) взамен толстой резинотехнической пластины. Вариант V, где среднее количество отловленных в ловушку имаго составило 331 экз. насекомых, из всех опытных образцов имел наиболее сходные результаты с вариантом II, где ($F_{2,847}=10,536$; $df=6$; $P=0,00016$, $HCP_{05}=128,41$). При этом доля влияния фактора использования различных типов диспенсеров на количество отловленных имаго клопов составила 82 %, а доля неучтенных факторов – 18 %.

Рисунок 3 – Влияние применения различных препаративных форм синтетического аттрактанта на отлов нимф и имаго *H. halys* в феромонные ловушки за весь период наблюдений (с 15 июля по 30 сентября) в посадках яблони и персика. Одинаковые заглавные (для имаго) или строчные (для нимф) буквы над столбцами означают, что варианты не имеют статистически значимой разницы между собой (при $\alpha=0,05$)

Figure 3 – The effect of the different preparative forms of synthetic attractant on the capture of *H. halys* nymphs and adults in pheromone traps over the entire study period (from July 15 to September 30) in apple and peach orchards. Bars with shared uppercase (for adults) or lowercase (for nymphs) letters were not significantly different from each other ($\alpha=0.05$)

Если низкое число пойманных имаго в эталонном варианте (VII) скорее всего было связано с нанесением малой дозировки феромонного препарата на диспенсер из серой пробки – по 2 мг RSB совместно с 2 мг MDT на одну пробку, то в вариантах IV (Г (RSB 10 мг) + ГП (MDT 30 мг)) и VI (ТНК.Р (RSB 10 мг) + ГП (MDT 30 мг)) неэффективная работа диспенсеров возможно была обусловлена составом и свойствами используемых материалов. Эти же материалы, губчатая и тонкая резиновая пластины (ТНК.Р), использовались в вариантах I (Г (RSB 10 мг) + ТЛС.Р (MDT 30 мг)) со средним количеством 170 экз./ловушку, где отлов был ниже, чем в варианте II, с применением пробки вместо губчатой пластины. Заметим, что и в III варианте, в котором использовали тонкую резиновую пластину толщиной 1 мм вместо пробки, отлов был ниже, чем во II.

Среди всех испытанных препаративных форм достаточную аттрактивность по отношению к нимфам *H. halys* имел вариант V (серая пробка из бромбутилкаучука с 10 мг RSB и губчатая пластина в пакете с 30 мг MDT) со средним отловом – 44 экз./ловушку, который показал самые высокие результаты и статистически отличался от остальных ($F_{2,847}=5,969$; $df=6$; $P=0.00284$, $HCP_{05}=18,4$). Самые низкие показатели были у эталонного варианта со средним количеством 0,3 экз./ловушку. Доля влияния фактора использования различных диспенсеров на количество отловленных нимф составила 72 %, а доля неучтенных факторов – 28 %.

Выводы. Полученные результаты по отлову имаго и нимф *H. halys* схожи с ранее полученными данными ученых, указывающими на то, что эффективность препаратов для нимф и имаго, готовящихся к диапаузе, повышалась за счет количества вещества MDT с 30 мг и выше [17, 21]. Аттрактивность феромонного препарата клопа под-

тверждается продолжительностью его действия. Установленные 15 июля в феромонные ловушки с синтетическим аттрактантом не теряли своих свойств и достаточно активно привлекали нимф и имаго клопа вплоть до конца сентября, что в целом составило 2,5 месяца непрерывного использования.

Среди вариантов, где в качестве диспенсера для нанесения MDT использовали губчатую пластину в пакете, а именно IV, V и VI, наибольшее количество насекомых было отловлено в V варианте, в котором, так же как и в варианте с ТЛС.Р, для нанесения RSB использовалась серая пробка вместо губчатой и резиновой тонкой пластин. По результатам можно предположить, что непродолжительный период работы таких диспенсеров связан с достаточно быстрым диспергированием вещества RSB с поверхности тонких губчатой и резиновой пластин, которые показали себя неспособными в удерживании синтетического 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола на протяжении достаточно длительного периода времени.

Таким образом, была дана оценка возможности использования в сигнальных накопительных пластиковых ловушках пирамидальной формы диспенсеров, состоящих из резинотехнических пластин или губчатого материала с целью эффективного мониторинга и отлова вредителя.

Несмотря на ранее рекомендованные дозы синтетического аттрактанта в количестве 12 мг/диспенсер [7, 8], для повышения результативности и эффективности работы ловушек с целью массового отлова вредителя дозировка препарата может быть повышена за счет увеличения площади поверхности нанесения химических веществ, как показано в данном исследовании. Нанесение большей дозировки веществ непосредственно связано с использованием наиболее подходящих материалов для нанесения и их состава, в нашем случае, таким вариантом стала толстая пластина из невулканизированной резинотехнической смеси, на которую наносили метил (E,E,Z)-2,4,6-декатриеноат с увеличенной дозировкой – 30 мг.

В дальнейшем необходимо понять, какие максимальные дозировки эффективнее использовать с точки зрения производства и как это может повлиять на стоимость конечного продукта. Также при изучении свойств компонентов агрегационного феромона нами были получены предварительные данные о том, что различные стереоизомеры агрегационного феромона 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола по-разному привлекают особей коричнево-мраморного клопа (неопубликованные данные). В случае если подтвердятся предположения о том, что некоторые из изомеров негативно влияют на отлов, снижая чувствительность особей к веществу, то изменится и сам состав синтетического аттрактанта, и как следствие повысится его эффективность. Работа в этом направлении уже сейчас активно ведется учеными ВНИИКра.

Библиографический список

1. Айба Л. Я., Карпун Н. Н. Мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål в Абхазии: биология и меры борьбы. Сухум, 2016. 15 с.
2. Анализ фитосанитарного риска коричневого мраморного клопа *Halyomorpha halys* для территории Российской Федерации: отчет ВНИИКР. Быково, 2013. 55 с.
3. Есенбекова П. А. Первое указание мраморного клопа *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) из Казахстана // Евроазиатский энтомологический журнал. 2017. Т. 16 (1). С. 23-24.
4. Жимерикин В. Н., Гулий В. В. Мраморный клоп // Защита и карантин растений. 2014. № 4. С. 40-43.
5. Жунисбай Р. Т., Динасилов А. С., Исламова Р. А. Коричнево-мраморный клоп – новый инвайдер на территории Республики Казахстан // Защита и карантин растений. 2019. № 10. С. 38-39.
6. Методические рекомендации по выявлению и идентификации коричнево-мраморного

клопа *Halyomorpha halys* Stål: отчет ФГБУ «ВНИИКР». Быково, 2017. 48 с.

7. Первые полевые испытания феромонных препаратов российского производства для мониторинга и борьбы с коричнево-мраморным клопом *Halyomorpha Halys* Stal / Е. В. Синицына [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 3.

8. Синицына Е. В., Атанов Н. М. Оценка радиуса действия феромонного препарата коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* // Plant Protection News. 2020. № 1. С. 44-48.

9. Behavioral responses of the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) to traps baited with stereoisomeric mixtures of 10, 11-epoxy-1-bisabolen-3-ol / T. C. Leskey [et al.] // Journal of Chemical Ecology. 2015. V. 41(4). P. 418-429.

10. Discovery of the Aggregation Pheromone of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) through the Creation of Stereoisomeric Libraries of 1-Bisabolen-3-ols / A. Khimian [et al.] // Journal of Natural Products. 2014. V. 77 (7). P. 1708-1717.

11. Garipey T. D., Fraser H., Scott-Dupree C. D. Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Canada: recent establishment, occurrence, and pest status in southern Ontario // Canadian Entomologist. 2014. Vol. 146. P. 579-582.

12. *Halyomorpha halys* // EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA>.

13. *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) // Invasive species compendium. CABI. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/27377>.

14. Invasive stink bugs and related species (Pentatomidae): Biology, higher systematics, semiochemistry, and management / G. C. Hamilton [et al.] // CRC Press, Boca Raton, 2017. P. 241-288.

15. Medal J., Smith T., Santa Cruz A. Biology of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in the laboratory // Florida Entomologist. 2013. V. 96. № 3. P. 1209-1212.

16. Morrison III W. R., Cullum J. P., Leskey T. C. Evaluation of trap designs and deployment strategies for capturing *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) // Journal of economic entomology. 2015. V. 108. № 4. P. 1683-1692.

17. Nielsen A. L., Hamilton G. C., Shearer P. W. Seasonal Phenology and Monitoring of the Non-Native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Soybean // Environmental Entomology. 2011. Vol. 40. № 2. P. 231-238.

18. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA / T. C. Leskey [et al.] // Outlooks on Pest Management. 2012. V. 23 (5). P. 218-226.

19. Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea / D. H. Lee [et al.] // Environmental entomology. 2013. V. 42. № 4. P. 627-641.

20. Successful management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in commercial apple orchards with an attract-and-kill strategy / W. R. Morrison III [et al.] // Pest Management Science. 2018. V. 75 (1). P. 104-114.

21. Synergy of aggregation pheromone with methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) / D. C. Weber, T. C. Leskey, G. C. Walsh, A. Khimian // Journal of Economic Entomology. 2014. V. 107. № 3. P. 1061-1068.

22. Véték G., Korányi D. Severe damage to vegetables by the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Hungary // Periodicum biologorum. 2017. Vol. 119. № 2. P. 131-135.

Conclusion. The obtained results of *Halyomorpha halys* captured are similar to the earlier scientific data, showed that the effectiveness of synthetic attractant for adults and nymphs preparing for diapause was increased due to the amount of MDT molecule from 30 mg and above [17,23,26,27]. The attractiveness of *Halyomorpha halys* synthetic attractant is confirmed by the duration of its work. The pheromone traps with synthetic attractant installed on July 15 did not lose their qualities and attracted both nymphs and adults rather effectively until the end of September, which is 2.5 months of continuous use.

Among the lure types there a yellow cellulose sponge (packed in a ziplock inside the

paper-foll-polyethylene (bufolene) used for applying MDT in IV, V, and VI variants, the largest number of insects was caught in the V variant, there a gray rubber septum lure from brom-butyl with the RSB molecule was used together with TLS.R lure. A gray rubber septum lure was used instead of a yellow cellulose sponge and thin rubber molded sheeting. Based on the achieved data, it could be assumed that the short period of lure work is connected with a relatively rapid dispersion of the RSB molecule from the surface of the thin sponge and rubber sheeting. Such lures are unable to retain synthetic 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol for a sufficiently long period of time.

Thus, an evaluation of the possibility of using different preparative forms of lures from rubber sheeting or sponge materials impregnated with synthetic attractant in rescue plastic traps was made to show effectively monitor and pest control of *H. halys*.

Despite the previously recommended synthetic attractant dosage in an amount of 12 mg/lure [23,28], to improve the efficiency and effectiveness of traps for mass trapping the dosage can be enhanced by increasing lure surface area along with attractant application, as shown in this study. The application of a higher dosage of chemicals is directly related to the use of the most suitable materials for impregnation and their composition. In our study, a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting impregnated with an increased dosage of 30 mg of the methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate had such good physico-chemical properties.

In the future, it is necessary to understand which maximum dosages will be more suitable for production and how this can affect the cost of the final product. Also, preliminary data on that different stereoisomers of 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol could attract individuals of *Halyomorpha halys* differently (unpublished data) was obtained during the study of the aggregation pheromone properties. If the assumptions that some of the isomers have a negative effect on trapping will be confirmed within the reduction of the individual sensitivity to the RSB stereoisomers, then the composition of the synthetic attractant will be changed and as a result, its effectiveness will increase. The scientists of VNIKR have already conducted a study on this problem.

References

1. Ajba L. Ya., Karpun N. N. Mramornyj klop *Halyomorpha halys* Stal v Abhazii: biologiya i mery bor'by. Suhum, 2016. 15 p.
2. Analiz fitosanitarnogo riska korichneвого mramornogo klopа *Halyomorpha halys* dlya territorii Rossijskoj Federacii: otchet VNIKR. Bykovo, 2013. 55 p.
3. Esenbekova P. A. Pervoe ukazanie mramornogo klopа *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) iz Kazahstana // Evroazijskij jentomologicheskij zhurnal. 2017. T. 16 (1). P. 23-24.
4. Zhimerikin V. N., Gulij V. V. Mramornyj klop // Zashita i karantin rastenij. 2014. № 4. P. 40-43.
5. Zhunisbaj R. T., Dinasilov A. S., Islamova R. A. Korichnevo-mramornyj klop - novyj invajder na territorii Respubliki Kazahstan // Zashita i karantin rastenij. 2019. № 10. P. 38-39.
6. Metodicheskie rekomendacii po vyyavleniyu i identifikacii korichnevo-mramornogo klopа *Halyomorpha halys* Stål: otchet FGBU "VNIKR". Bykovo, 2017. 48 p.
7. Pervye polevye ispytaniya feromonnyh preparatov rossijskogo proizvodstva dlya monitoringa i bor'by s korichnevo-mramornym klopom *Halyomorpha Halys* Stal / E. V. Sinicya [i dr.] // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 3.
8. Sinicya E. V., Atanov N. M. Ocenka radiusa dejstviya feromonного preparata korichnevo-mramornogo klopа *Halyomorpha halys* // Plant Protection News. 2020. № 1. P. 44-48.
9. Behavioral responses of the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) to traps baited with stereoisomeric mixtures of 10, 11-epoxy-1-bisabolen-3-ol / T. C. Leskey [et al.] // Journal of Chemical Ecol-

ogy. 2015. V. 41(4). P. 418-429.

10. Discovery of the Aggregation Pheromone of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) through the Creation of Stereoisomeric Libraries of 1-Bisabolen-3-ols / A. Khimian [et al.] // *Journal of Natural Products*. 2014. V. 77 (7). P. 1708-1717.

11. Garipey T. D., Fraser H., Scott-Dupree C. D. Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Canada: recent establishment, occurrence, and pest status in southern Ontario // *Canadian Entomologist*. 2014. Vol. 146. P. 579-582.

12. *Halyomorpha halys* // EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA>.

13. *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) // *Invasive species compendium*. CAB-
BI. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/27377>.

14. Invasive stink bugs and related species (Pentatomoidea): Biology, higher systematics, semiochemistry, and management / G. C. Hamilton [et al.] // CRC Press, Boca Raton, 2017. P. 241-288.

15. Medal J., Smith T., Santa Cruz A. Biology of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in the laboratory // *Florida Entomologist*. 2013. V. 96. № 3. P. 1209-1212.

16. Morrison III W. R., Cullum J. P., Leskey T. C. Evaluation of trap designs and deployment strategies for capturing *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) // *Journal of economic entomology*. 2015. V. 108. № 4. P. 1683-1692.

17. Nielsen A. L., Hamilton G. C., Shearer P. W. Seasonal Phenology and Monitoring of the Non-Native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Soybean // *Environmental Entomology*. 2011. Vol. 40. № 2. P. 231-238.

18. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA / T. C. Leskey [et al.] // *Outlooks on Pest Management*. 2012. V. 23 (5). P. 218-226.

19. Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea / D. H. Lee [et al.] // *Environmental entomology*. 2013. V. 42. № 4. P. 627-641.

20. Successful management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in commercial apple orchards with an attract-and-kill strategy / W. R. Morrison III [et al.] // *Pest Management Science*. 2018. V. 75 (1). P. 104-114.

21. Synergy of aggregation pheromone with methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) / D. C. Weber, T. C. Leskey, G. C. Walsh, A. Khimian // *Journal of Economic Entomology*. 2014. V. 107. № 3. P. 1061-1068.

22. Véték G., Korányi D. Severe damage to vegetables by the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Hungary // *Periodicum biologorum*. 2017. Vol. 119. № 2. P. 131-135.

Author's Information

Sinitsyna Ekaterina Vital'evna – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, Research Assistant, tel. +7 (916) 111-20-55; e-mail: katesinitsyna@gmail.com.

Abasov Muzafar Mirzeagaevich – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Development and implementation Center for innovative plant protection methods, Doctor of Biological Sciences, Head of the Center, tel. +7 (906) 031-00-95; e-mail: a.muzafar@mail.ru.

Atanov Nikolay Mihaylovich - All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, PhD in Biological Sciences, Senior Researcher, tel. +7 (925) 669-77-08.

Fedoseev Nazar Zinov'evich – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, Senior Researcher, tel. +7 (985) 448-38-26; e-mail: nazfed@mail.ru.

Lobur Aleksandr Yur'evich – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, PhD in Chemical Sciences, Senior Researcher, tel. +7 905 785-84-31; e-mail: alexlobur@yandex.ru.

Информация об авторах

Синицына Екатерина Витальевна – научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИКР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (916) 111-20-55; e-mail: katesinitsyna@gmail.com.

Абасов Музафар Мирзеагаевич – доктор биологических наук, начальник Центра развития и внедрения инновационных методов защиты растений Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИКР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (906) 031-00-95; e-mail: a.muzafar@mail.ru..

Атанов Николай Михайлович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИКР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (925) 669-77-08.

Федосеев Назар Зиновьевич – старший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИКР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (985) 448-38-26; e-mail: nazfed@mail.ru.

Лобур Александр Юрьевич – к. х. н., старший научный сотрудник отдел синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИКР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 905 785-84-31; e-mail: alex-lobur@yandex.ru.