

ОЦЕНКА РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ ФЕРОМОННОГО ПРЕПАРАТА КОРИЧНЕВО-МРАМОРНОГО КЛОПА *HALYOMORPHA HALYS*

Е.В. Синицына^{1,2*}, Н.М. Атанов¹

¹Всероссийский центр карантина растений – «ВНИИКР», р.п. Быково, Московская область

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

*ответственный за переписку, e-mail: katesinitsyna@gmail.com

В настоящей работе приведены результаты опытов 2019 года по изучению радиуса аттрактивного действия феромонного препарата на имаго коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* в полевых условиях. В испытаниях были использованы накопительные пластиковые ловушки типа «пирамида» с синтетическим феромонным препаратом отечественного производства. Химический состав препарата включал в себя смесь двух стереоизомеров: (3*S*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола и (3*R*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола, и вещество-синергист – метил-(*E,E,Z*)-2,4,6-декатриеноат. Ранее данный состав в дозировке 12 мг/диспенсер показал себя эффективным в отлове нимф и имаго коричнево-мраморного клопа в ходе полевых испытаний. Результаты испытаний 2019 года показали, что при выпуске меченых клопов в плодовых садах с расстояния 10 м вероятность отлова имаго в ловушки составила 9%, что обусловлено площадью 0.03 га. В то время как отлов в ловушки клопов с расстояния 20 м (площадь 0.1 га) был ниже и составил 3%. В посадках лещины общее количество отловленных в ловушку клопов было вдвое ниже, чем в плодовых садах, и вероятность отлова меченых имаго, выпущенных с расстояния 10 м (0.03 га) здесь составила 2.5%.

Ключевые слова: коричнево-мраморный клоп, *Halyomorpha halys*, инвазия, фитосанитарный мониторинг, феромонные ловушки

Поступила в редакцию: 04.12.2019

Принята к печати: 19.02.2020

Введение

В настоящее время коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål (1855) (Hemiptera: Pentatomidae) представляет серьезную опасность для мирового сельского хозяйства. Родиной коричнево-мраморного клопа является Китай. Вредитель широко распространен в Азии (Япония, Северная и Южная Корея, Вьетнам и др.), в Америке (США, Канада, Чили), Океании (остров Гуам и Новая Зеландия), странах Европы (Австрия, Венгрия, Германия, Греция, Лихтенштейн, Румыния, Сербия, Словения, Словакия, Испания, Швейцария и др.), а также в Грузии и Абхазии (CABI Database, EPPO Global Database) (Жимерикин, Гулий, 2014; Duthie et al., 2012; Hobebeke, Carter, 2003; Lee, 2002; Leskey et al., 2012; Wermelinger et al., 2008). Данный карантинный вредитель имеет статус отсутствующего вида на территории Евразийского экономического союза (ЕАЭС) (Единый перечень карантинных объектов ЕАЭС, 2018). К настоящему времени коричнево-мраморный клоп был выявлен на территории республики Казахстан (Жунисбай и др., 2019). Для юга России, региона влажных субтропиков, этот инвазивный вид является потенциально опасным и экономически значимым (Жимерикин, Гулий, 2014).

Halyomorpha halys (далее – *H. halys*) является полифагом, который вредит более чем на 300 видах растений из 49 ботанических семейств (Duthie et al., 2012; Hobebeke, Carter, 2003; Lee, 2002; Leskey et al., 2012; Quarles, 2014; Wermelinger et al., 2008). Особо сильно вредит на яблоне, груше, персике, черешне, вишне, абрикосе, хурме, мандарине, инжире, фейхоа, годжи, винограде, малине, а также на овощных культурах, таких как томат, болгарский перец, фасоль, кукуруза, огурец и других тыквенных, на декоративных цветочных растениях и лиственных породах деревьев (лещина). Также были отмечены повреждения

зеленых культур, таких как шпинат. Кроме того, вредитель может развиваться на сорных растениях как паслен черный, и на диких видах ягодных растений: ежевика, малина (Жимерикин, Гулий, 2014; Wermelinger et al., 2008). На плодовых и овощных культурах вредитель повреждает плоды, на цветочных и декоративных растениях – молодые побеги и бутоны цветов (тюльпаны, розы, гибискус и др.), на виноградниках – молодые побеги и ягоды.

В США ежегодные потери урожая от коричнево-мраморного клопа оцениваются в 21 млрд. долларов (Leskey et al., 2012). Только в штате Нью-Йорк потери урожая яблок, винограда, персика, вишни, бобов, кукурузы и огурцов за один сезон составили около 878 млн. долларов (Жимерикин, Гулий, 2014).

В естественном (первичном) ареале коричнево-мраморный клоп развивается без диапаузы. В Юго-Восточной Азии: Китае, Бирме, Вьетнаме, а также в Соединенных Штатах Америки, во Флориде и на Гавайях, *H. halys* развивается без холодовой (зимней) диапаузы и имеет 6 поколений в год. В условиях умеренного климата (США, Канада) взрослые особи клопа зимуют в поверхностном слое почвы, в подстилке под опавшей листвой, в дернине, в неотапливаемых помещениях (склады, навесы, промышленные постройки), а также в жилых домах, теплицах и животноводческих помещениях (Жимерикин, Гулий, 2014; Синицына и др., 2019; Lee, 2002).

Активность вредителя снижается в ноябре (II декада), когда имаго клопов, готовясь к диапаузе, мигрируют в места зимовки. При временном повышении температур выше +12 °С их активность возобновляется, вплоть до начала заморозков. После выхода из холодовой диапаузы насекомым требуется дополнительное питание для восстановления водного баланса в течение 7–10 дней, после

чего клопы приступают к активному лёту, спариванию и откладке яиц. В это время особи активно питаются на зеленых побегах древесных растений и сорной растительности. Яйца откладывают на нижнюю сторону листьев и молодые побеги растений.

Занос коричнево-мраморного клопа может реализовываться как с сельскохозяйственной продукцией (фрукты, овощи, зеленные культуры, срезка цветов, облиственные растения в контейнерах), так и с ручной кладью и багажом, а также несельскохозяйственными грузами как техника и стройматериалы. Особей *H. halys* многократно выявляли при досмотре товаров и багажа, транспортируемого из Азии в Европу и Северную Америку, особенно в периоды сезонных миграций вредителя (Hoebeke, Carter, 2003).

В районе новых инвазий коричнево-мраморный клоп не имеет комплекса естественных регуляторов численности таких как хищники и паразиты, и развивается практически беспрепятственно. В таких условиях можно прогнозировать увеличение плотности популяции вида и интенсивное расширение ареала как за счет перемещения грузов (включая несельскохозяйственные), так и за счет миграции вредителя и интенсивного потока туристов.

Для обеспечения эффективной регуляции численности коричнево-мраморного клопа и локализации вида в районе инвазии наиболее целесообразным является применение комплекса приемов, включающих интродукцию, массовое разведение и выпуск энтомофагов, поиск и применение высокоэффективных биопрепаратов, а также использование ловушек с аттрактантами для выявления, мониторинга и массового отлова вредителя.

Для мониторинга и отлова *H. halys* используют накопительные ловушки пирамидальной формы с синтетическим феромонным препаратом коричнево-мраморного клопа.

Материалы и методы

Исследования по изучению радиуса аттрактивного действия синтетического феромонного препарата коричнево-мраморного клопа производства ФГБУ «ВНИИКР» проводили в период его максимальной численности в природных условиях: с 3 по 8 сентября и с 22 по 28 сентября 2019 г.

Синтезированный феромонный препарат состоял из двух компонентов: 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола с активными веществами 3*S*,6*S*,7*R*,10*S*-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола и (3*R*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола и других неактивных компонентов, а также соединения метил-(*E,E,Z*)-2,4,6-декатриеноата высокой степени чистоты. Смесь в количестве 12 мг была нанесена на диспенсер из резиновой пробки на основе бутилкаучука.

Полевые испытания велись на участках плодовых и субтропических культур (яблоня, груша, слива, инжир, хурма, фейхоа) площадью – 3 га с 3 по 8 сентября. А также на участке выращивания лещины площадью 3.5 га (с 22 по 28 сентября).

Для опыта были использованы 630 имаго коричнево-мраморного клопа (в т.ч. 50 контрольных особей). Имаго собирали методом стряхивания с декоративных растений (сирень, клен полевой, олеандр, яблоня, инжир) в полиэтиленовые пакеты емкостью 50 л в утренние часы.

Перед выпуском имаго на опытные участки, насекомых помечали лаками пяти разных цветов: желтый, красный,

В состав феромонного препарата входит агрегационный феромон – 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол, состоящий из смеси стереоизомеров. Основными же компонентами смеси феромона, выделяемого самцами *H. halys*, являются (3*S*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол и (3*R*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол, в соотношении 3.5:1, соответственно (Khrimian et al., 2014; Lee, 2002; Sugie et al., 1996; Weber et al., 2014, 2017; Zahn et al., 2008). Также препарат содержит вещество-синергист – метил-(*E,E,Z*)-2,4,6-декатриеноат, которое усиливает действие агрегационного феромона на клопов (Синицына и др., 2019; Khrimian, 2005; Khrimian et al., 2008; Quarles, 2014; Weber et al., 2014, 2017).

Следует отметить, что феромонный препарат коричнево-мраморного клопа привлекает не только имаго самцов и самок, но и нимф, что открывает широкие возможности для его использования при массовом отлове. Так, испытания 2018 года показали, что в полевых условиях агрегационный феромон, состоящий из рацемата цитронелала (10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол), и вещество-синергист (метил-(*E,E,Z*)-2,4,6-декатриеноат), применяемые в одной смеси, привлекали нимф и имаго *H. halys* намного эффективнее чем по отдельности (Синицына и др., 2019; Weber et al., 2014).

Целью настоящего исследования являлось изучение радиуса аттрактивного действия феромонного препарата коричнево-мраморного клопа, разработанного и произведенного в отделе синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений (далее – ФГБУ «ВНИИКР»), с использованием накопительной пластиковой ловушки типа «пирамида» для выявления и мониторинга вредителя в полевых условиях.

синий, зеленый и оранжевый. На щиток имаго кисточкой наносили быстросохнущий лак, по 100 меченых особей каждого цвета (всего 500 особей). Каждый цвет обозначал различное расстояние от места выпуска до источника аттрактанта – накопительной пластиковой ловушки типа «пирамида» с синтетическим агрегационным феромоном: 10 м – желтая метка; 20 м – красная метка; 30 м – синяя метка; 40 м – зеленая метка; 50 м – оранжевая метка.

По результатам первого периода испытаний (с 3 по 8 сентября) для дальнейшего изучения радиуса аттрактивности феромонного препарата использовали два варианта: желтый – 10 м и красный – 20 м на опытном участке лещины с 22 по 28 сентября.

Маркированных насекомых выпускали с 4-х сторон по 25 (первый период) или по 10 (второй период) особей с каждой стороны для каждого варианта.

Перед выпуском насекомых содержали в пластиковых стаканах с сетчатой крышкой из мельничного газа, которые затем расставляли в соответствии с вариантом опыта, на поверхности почвы, помечая точки выпуска флажками разных цветов. Выпуск насекомых осуществляли с 14⁰⁰ до 15⁰⁰ 3-го и 22-го сентября 2019 г.

Накопительную пластиковую ловушку типа «пирамида», внутри которой был помещен диспенсер с феромонным препаратом, размещали в кроне деревьев. До применения диспенсер с аттрактантом хранили в запаянных

буфленовых пакетах в холодильной (морозильной) камере при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для каждого из периодов было использовано по одной ловушке.

Учеты численности отловленных в ловушку имаго коричнево-мраморного клопа проводили ежедневно в течение 5–6 дней с момента закладки опыта.

Для изучения влияния наносимого лака на жизнеспособность имаго клопов, предварительно были помечены 50 особей по 10 шт. каждым цветом. Контрольные

насекомые были помещены в садок из мельничного газа на ветке яблони с плодами, на которых клопы активно питались. За весь период опыта смертность окрашенных имаго клопов составила 0%.

Расчет площади в гектарах (га) производили по данной формуле:

$$S = (\pi r^2) / 10\ 000,$$

где S – площадь (га), число $\pi = 3.14$, r – радиус (м^2).

Результаты

При учете радиуса действия феромонного препарата на коричнево-мраморного клопа измерялось расстояние (радиус) от точки выпуска до ловушки с аттрактантом.

Как видно из данных первого этапа опыта (табл.) отловленных особей было значительно больше в вариантах с расстоянием в 10 и 20 м от ловушки.

По результатам опыта, в плодовом саду феромонный препарат коричнево-мраморного клопа эффективнее всего привлекал летающих имаго на расстоянии 10 м с 9% отловленных особей и 20 м с 3% отловленных особей от общего количества выпущенных имаго клопов на участок в 3 га, что по площади составляет 0.03 га и 0.1 га, соответственно (рис.). При увеличении расстояния – от 30 м и более, эффективность действия препарата снижалась и составила 0% от ранее выпущенных меченых клопов.

При выборе расстояний для проведения опыта в третьей декаде сентября руководствовались полученными данными в первый период и эффективностью отлова на расстоянии 10 и 20 м от источника с аттрактантом.

Тенденция в отлове имаго коричнево-мраморного клопа на расстоянии 10 м сохранилась и в третьей декаде сентября. Так, наиболее устойчивый отлов в насаждениях лещины был отмечен в радиусе 10 м от ловушки с 2.5%-м отловом особей, что соответствует площади 0.03 га (рис.). На расстоянии 20 м в этот период не поймалось ни одной особи.

При маршрутном обследовании 7.09.2019 г., через четверо суток с момента выпуска меченых насекомых, некоторые из них были визуально обнаружены на расстоянии 70 и 100 м от места выпуска.

Таблица. Радиус аттрактивного действия феромонного препарата коричнево-мраморного клопа *H. halys*

Вариант	Кол-во особей в опыте	Количество отловленных особей ловушкой за один день, шт.						Кол-во окрашенных клопов от выпущенных в %	
		а) с 3 по 9 сентября 2019 г. Плодовый сад							
		4.09	5.09	6.09	7.09	8.09	Всего/окрашенных		
10 м	100	151/3	110/2	102/2	58/1	45/1	466/9	9	
20 м	100	151/2	110/0	102/1	58/0	45/0	466/3	3	
30 м	100	151/0	110/0	102/0	58/0	45/0	466/0	0	
40 м	100	151/0	110/0	102/0	58/0	45/0	466/0	0	
50 м	100	151/0	110/0	102/0	58/0	45/0	466/0	0	
		б) с 22 по 28 сентября 2019 г. Лещина (фундук)							
		23.09	24.09	25.09	26.09	27.09	28.09	Всего/окрашенных	
10 м	40	63/1	48/0	50/0	22/0	19/0	9/0	211/1	2.5
20 м	40	63/0	48/0	50/0	22/0	19/0	9/0	211/0	0



Рисунок. Слева: имаго коричнево-мраморного клопа в накопительной пластиковой ловушке типа «пирамида» с синтетическим феромонным препаратом (фото: Синицына Е.В.).

Справа: Отловленные ловушкой меченые клопы *H. halys* с расстояния 10 м (фото: Атанов Н.М.)

Обсуждение

В 2019 году впервые в России были проведены испытания по определению радиуса действия синтетического феромонного препарата коричнево-мраморного клопа производства ФГБУ «ВНИИКР». Проведенный опыт свидетельствует о том, что действие феромонного препарата *H. halys* с дозировкой 12 мг на диспенсере обусловлено площадью 0.03 га с вероятностью отлова имаго от 2.5% при низкой численности вредителя в насаждениях лещины, и до 9% в посадках плодовых деревьев и субтропических культур, где плотность клопов была в два раза выше.

Авторы выражают глубокую благодарность и признательность сотрудникам отдела синтеза и применения феромонов: Тодорову Н.Г., Лобуру А.Ю. и Федосееву Н.З. за предоставленные материалы для опыта, а также Кузиной Н.П. за ценные советы.

Библиографический список (References)

- Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза с изменениями и дополнениями от 2 мая 2018 г. URL: <https://vniikr.ru/edinyij-perechen-karantinnyix-obektov-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soyuza>
- Жимерикин ВН, Гулий ВВ (2014) Мраморный клоп. *Защита и карантин растений* 4:40–43
- Жунисбай РТ, Динасильов АС, Исламова РА (2019) Коричнево-мраморный клоп-новый инвадир на территории Республики Казахстан. *Защита и карантин растений* 10:38–39
- Синицына ЕВ, Проценко ВЕ, Карпун НН, Митюшев ИМ и др (2019) Первые полевые испытания феромонных препаратов российского производства для мониторинга и борьбы с коричнево-мраморным клопом *Halyomorpha halys* Stål. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии* 3:60–79. <http://doi.org/34677/0021-342X-2019-3-60-79>
- Datasheet: *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug). URL: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/27377> (12.03.2020)
- Duthie C, Tana V, Stephenson B, Yamoah E et al (2012) Risk analysis of *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) on all pathways. Wellington, New Zealand. Ministry for Primary Industries:57. <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/3943/send> (12.03.2020)
- Halyomorpha halys*. EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA>
- Hoebeke ER, Carter ME (2003) *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): a polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America. *Proc Entomol Soc Wash* 105(1):225–237
- Khrimian A (2005) The geometric isomers of methyl-2, 4, 6-decatrienoate, including pheromones of at least two species of stink bugs. *Tetrahedron* 61(15):3651–3657
- Khrimian A, Shearer PW, Zhang A, Hamilton GC et al (2008) Field trapping of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, with geometric isomers of methyl 2, 4, 6-decatrienoate. *J Agric Food Chem* 56(1):197–203
- Khrimian A, Zhang A, Weber DC, Ho HY et al (2014) Discovery of the aggregation pheromone of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) through the creation of stereoisomeric libraries of 1-bisabolen-3-ols. *J Nat Prod* 77(7):1708–1717
- Lee KC (2002) Seasonal occurrence trends of hemipteran bug pests monitored by mercury light and aggregation pheromone traps in sweet persimmon orchards. *Korean J Appl Entomol* 41:233–238
- Leskey TC, Hamilton GC, Nielsen AL, Polk DF et al (2012) Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks Pest Manag* 23(5):218–226
- Quarles W (2014) IPM for the brown marmorated stink bug. *IPM Practitioner* 34(1):1–8
- Sugie H, Yoshida M, Kawasaki K, Noguchi H et al (1996) Identification of the aggregation pheromone of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied Entomol Zool* 31(3):427–431
- Weber DC, Leskey TC, Walsh GC, Khrimian A (2014) Synergy of aggregation pheromone with methyl (E, E, Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *J Econ Entomol* 107(3):1061–1068
- Weber D.C., Morrison W.R., Khrimian A., Rice K.B., Leskey T.C., Rodriguez-Saona C., Nielsen A., Blaauw B.R. (2017) Chemical ecology of *Halyomorpha halys*: discoveries and applications. *J Pest Sci* 90:898–1008
- Wermelinger B, Wyniger D, Forster B (2008) First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? *Mitteilungen-Schweizerische Entomologische Gesellschaft* 81(1/2):1–8
- Zahn DK, Moreira JA, Millar JG (2008) Identification, synthesis, and bioassay of a male-specific aggregation pheromone from the harlequin bug, *Murgantia histrionica*. *J Chem Ecol* 34(2):238–251. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9415-x>

Translation of Russian References

- Unified list of quarantine objects of the Eurasian Economic Union with amendments and additions of May 2, 2018 URL: <https://vniikr.ru/edinyij-perechen-karantinnyix-obektov-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soyuza> (In Russian)
- Zhimerikin VN, Guliy VV (2014) [Brown marmorated stink bug]. *Plant Protection and Quarantine* 4:40–43 (In Russian)
- Zhunisbay RT, Dinasilov AS, Islamova RA (2019) [Brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) – a new invader

- in the territory of the Republic of Kazakhstan]. *Plant protection and quarantine* 10:38–39 (In Russian)
- Sinitsyna EV, Protsenko VE, Karpun NN, Mityushev IM et al (2019) [The first field trials of Russian-produced pheromone preparations for monitoring and control of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* Stål]. *Izvestiya of the Timiryazev Agricultural Academy* 3:60–79. <http://doi.org/34677/0021-342X-2019-3-60-79> (In Russian)

**EVALUATION OF THE WORKING RADIUS OF PHEROMONE PREPARATIONS
FOR THE BROWN MARMORATED STINK BUG *HALYOMORPHA HALYS***E. V. Sinitsyna^{1,2*}, N.M. Atanov¹¹All-Russian Plant Quarantine Center – “VNIKR”, Bykovo, Moskovskaya oblast, Russia²Russian State Agrarian University – MTAA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia* corresponding author: katesinitsyna@gmail.com

This article presents the trial results aimed to evaluate the working radius of the pheromone formulation for the adults of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* under the field conditions in 2019. The cumulative plastic traps of “pyramid” type with a synthetic pheromone preparation manufactured by a Russian producer were used. The chemical composition of the preparation included a mixture of two stereoisomers: (3S, 6S, 7R, 10S)-10.11-epoxy-1-bisabolene-3-ol and (3R,6S,7R,10S)-10.11-epoxy-1-bisabolene-3-ol, and the substance – synergist-methyl-(E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate. Previously, this composition had been proved to be effective in catching nymphs and adults of the brown marmorated stink bug during the field trials at the dosage of 12 mg/trap. The results of the 2019 trials showed that when labeled bugs were released in fruit orchards from a distance of 10 m (corresponding to an area of 0.03 ha), the probability of adults’ catching in traps was 9%. The bug catching probability from the distance of 20 m (an area of 0.1 ha) was lower, reaching only 3%. The total number of bugs caught in the trap in the hazelnut plantations was half of that in fruit orchards, and the probability of catching of labeled adults released from 10 m (0.03 ha) was 2.5%.

Keywords: brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, invasion, phytosanitary monitoring, pheromone traps

Received: 04.12.2019

Accepted: 19.02.2020