

ПЕРВЫЕ ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ФЕРОМОННЫХ ПРЕПАРАТОВ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И БОРЬБЫ С КОРИЧНЕВО-МРАМОРНЫМ КЛОПОМ *HALYOMORPHA HALYS* STÅL

Е.В. СИНИЦЫНА^{1,2}, В.Е. ПРОЦЕНКО³, Н.Н. КАРПУН³, И.М. МИТЮШЕВ¹,
А.Ю. ЛОБУР², Н.Г. ТОДОРОВ²

(¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
²ФГБУ «ВНИИКР», ³ФГБНУ ВНИИЦиСК)

В статье приведены результаты полевых испытаний феромонных препаратов российского производства для опасного карантинного вредителя – коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* Stål, 1858 (Hemiptera: Pentatomidae). В 2017 г. были впервые синтезированы феромонные препараты *H. halys* российского производства. В 2018 г. на территории карантинно-фитосанитарной зоны г. Сочи и в Республике Абхазия были проведены первые широкомасштабные испытания феромонных препаратов для *H. halys*. Результаты исследований показали, что наибольшую аттрактивность для имаго и нимф *H. halys* имеет смесь RSB+MDT, содержащая (3S,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол, (3R,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол, и метил-(E, E, Z)-2,4,6-декатриеноат. Этот препарат в дозе 4 мг/диспенсер рекомендуется для использования в пирамидальных феромонных ловушках для мониторинга вредителя, в дозе 12 мг/диспенсер – для массового отлова вредителя в ловушки.

Ключевые слова: *Halyomorpha halys*, коричнево-мраморный клоп, Insecta, Hemiptera, Heteroptera, Pentatomoidea, Pentatomidae, клопы, полужесткокрылые, инвазивные виды, насекомые, вредители, инвазия, фитосанитарный мониторинг, феромонный мониторинг, феромоны, феромонные ловушки, аттрактанты, карантин растений, защита растений, Сочи, Краснодарский край, Россия, Абхазия

Введение

Коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål, 1858 (Hemiptera: Pentatomidae) – опасный многоядный вредитель растений восточноазиатского происхождения. Он способен питаться на более чем 300 видах растений из 49 ботанических семейств [14, 15, 17, 43]. Среди наиболее сильно повреждаемых сельскохозяйственных культур указывают яблоню, грушу, персик, черешню, цитрусовые, лещину, хурму, виноград, сою, кукурузу, рис, томаты и перец [18, 25, 27, 35, 38]. Имаго и нимфы *H. halys* питаются на листьях и плодах растений (рис. 1), вызывая образование некротических пятен и опробковение поврежденных участков, а также вдавления на плодах; поврежденные плоды преждевременно опадают [5, 6, 7, 14, 25, 27, 33]. На плодовых, субтропических, зерновых и зернобобовых культурах отмечают значительное снижение урожайности. В местах массового размножения *H. halys* имеет также статус досаждающего вредителя: клопы, забираясь в больших количествах в жилища и хозяйственные постройки на зимовку, вызывают беспокойство у жителей; кроме того, эти насекомые неприятно пахнут и могут вызывать аллергию у особенно чувствительных людей [5, 38].

Естественный ареал *H. halys* охватывает территории Китая, Японии, Северной и Южной Кореи, Тайваня. Вторичный ареал вредителя начал формироваться в 90-х гг. XX века. В 1996 г. клоп был впервые завезен из Китая в США, где впоследствии стал серьезным вредителем широкого круга сельскохозяйственных, декоративных

и лесных растений; в настоящее время *H. halys* отмечен здесь в 46 штатах [17]. В 2010 г. *H. halys* был впервые отмечен в Канаде, где распространился в провинциях Альберта, Британская Колумбия, Квебек и Онтарио [16, 17]. На востоке США потери урожая яблок, вызванные *H. halys*, только за 2010 г., оцениваются в 37 млн долларов США [27]. Дальнейшее распространение *H. halys* в США привело не только к значительному увеличению затрат на мониторинг и борьбу с вредителем, но и неблагоприятно сказалось на окружающей среде в связи с интенсивным применением химических средств защиты растений: борьба с вредителем потребовала четырехкратного увеличения инсектицидной нагрузки на плодовые сады [31]. В США действует проект «Стоп Клоп» (англ. «Stop BMSB»), финансируемый Департаментом сельского хозяйства США. Данный проект обеспечивает информационную платформу для ученых, фермеров и частных лиц с целью обмена данными и результатами исследований по мониторингу и борьбе с *H. halys* на территории США и Канады [37].

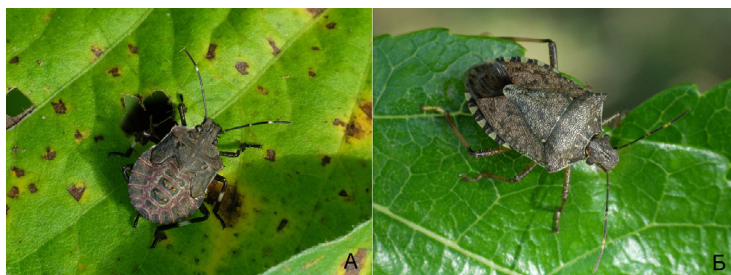


Рис. 1. Коричнево-мраморный клоп (ориг.):
А – нимфа V возраста; Б – имаго

На Европейском континенте *H. halys* впервые был выявлен в 2004 г. в Швейцарии и Лихтенштейне [19, 43]. В 2011 г. вредитель был обнаружен в Германии [20] и Греции [30], в 2012 г. – во Франции [13, 38] и Италии [29], в 2013 г. – в Венгрии [40], в 2015 г. – в Румынии [28], Сербии [17], Австрии [17] и Абхазии [1, 33], в 2016 г. – в Грузии [17, 36], Казахстане [3] и Словакии [21], в 2017 г. – в Турции [17], Словении [17] и Хорватии [17], в 2018 г. – в Чехии [17].

На территории Российской Федерации коричнево-мраморный клоп был впервые обнаружен в 2014 г. на территории г. Сочи, при проведении рекогносцировочного энтомологического обследования [8]. В районе г. Сочи *H. halys* потенциально способен перезимовывать и давать 2 поколения за сезон; в этой зоне для него прогнозируется высокая вредоносность [4, 5, 6, 11, 32]. На остальной территории Краснодарского края, а также в республике Крым, Ставропольском крае и Ростовской области клоп *H. halys* потенциально может перезимовывать и развиваться в 1–2 поколениях за сезон. В случае его адаптации здесь прогнозируется вредоносность от слабой до умеренной [4, 5, 6]. Коричнево-мраморный клоп включен в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза, вступивший в силу с 1 июля 2017 г. [2]. На этом основании Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) применяет карантинные фитосанитарные меры в отношении подкарантинной продукции, зараженной указанным карантинным объектом, и к территориям страны, где обнаружены его очаги. В 2018 г. в районе г. Сочи была установлена карантинная фитосанитарная зона и введен фитосанитарный режим по коричнево-мраморному клопу *Halyomorpha halys* Stål [10].

Феромонные ловушки широко используют для мониторинга карантинных и некарантинных вредителей; их применение позволяет обнаруживать вредителей даже при очень низкой численности, а по производительности этот метод учёта в несколько

раз превосходит другие [9]. В то же время феромонные ловушки можно использовать для борьбы с вредителями методом массового отлова [9, 12]. Препаративные формы синтетических феромонов и аттрактантов также могут быть применены для привлечения вредителя к местам обработки инсектицидами или для их дезориентации [9, 12]. Так, применение в течение двух лет метода «привлечь и уничтожить» (англ. «attract and kill») против *H. halys* в промышленных яблонных садах США, позволило снизить повреждаемость плодов в 2–7 раз, по сравнению с садами, где данная тактика не применялась. Тем самым, удалось сократить применение инсектицидов в садах на 97% [31].

Состав агрегационного феромона коричнево-мраморного клопа был идентифицирован как смесь двух стереоизомеров: (3S,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола и (3R,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола, в соотношении 3,5:1, соответственно [22, 23, 24]. Структура этих веществ была впервые определена при анализе агрегационного феромона клопа-арлекина *Murgantia histrionica* Hahn (Hemiptera: Pentatomidae), поэтому их смесь также называют мургантиолом [44]. Данные вещества были также определены как основные компоненты феромона, выделяемого самцами *H. halys*. При сравнительном анализе синтезированного феромона и летучих веществ, собранных с самцов *H. halys*, на газожидкостном хроматографе было определено, что основной компонент (3S,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол имеет короткое время выхода (группа цис-изомеров), а (3R,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол имеет большее время выхода (группа транс-изомеров). Метил-(*E, E, Z*)-2,4,6-декатриеноат, или MDT, является веществом-синергистом, которое усиливает воздействие агрегационного феромона на коричнево-мраморного клопа [27, 41, 42]. MDT был изначально синтезирован для привлечения азиатского клопа-щитника *Plautia stali* Scott (Hemiptera: Pentatomidae), для которого данное соединение является агрегационным феромоном [22, 39]. В полевых испытаниях феромонных препаратов на посадках хурмы в Южной Корее было установлено, что MDT обладает кросс-аттрактивным свойством и также привлекает особей клопов *H. halys* [26].

Появление коричнево-мраморного клопа на юге России и в сопредельных странах вызвало острую необходимость разработки отечественных феромонных препаратов и ловушек, а также их полевых испытаний, с целью дальнейшего использования для мониторинга и борьбы с данным вредителем. В кратчайшие сроки, на протяжении 2017–2018 гг., была разработана и применена на практике стратегия по мониторингу и отлову *H. halys* при помощи феромонных ловушек в условиях Краснодарского края Российской Федерации.

Материалы и методики исследований

Целью настоящего исследования, проведенного в 2017–2018 гг., стал полевой скрининг отечественных феромонных препаратов для мониторинга и борьбы с коричнево-мраморным клопом. Синтез аттрактантов и феромонов проводили в отделе синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР») в 2017–2018 гг. Полевые испытания проводили в период с 31 мая по 2 октября 2018 г. в плодовых садах на культурах персика и яблони, а также на субтропических культурах (мандарин и хурма) в карантинно-фитосанитарной зоне г. Сочи (Краснодарский край) и Республике Абхазия (Гульрипшский район). Испытания проводили в три этапа. На всех этапах использовали бесклеевые ловушки пирамидальной формы, изготовленные из пластика [34], которые размещали в 5-кратной повторности (рис. 2). В качестве диспенсера использовали резиновую пробку на основе бутылкаучука с нанесенной смесью синтетических феромонов и аттрактантов

H. halys, с соответствующим составом и дозой, или контрольный вариант (резиновый диспенсер без препарата).

С целью изучения возможного эффекта синергизма агрегационного феромона *H. halys* и аттрактанта метил-(*E, E, Z*)-2,4,6-декатриеноата (MDT) испытания проводили с 31 мая по 7 июля 2018 г. Были изучены 5 вариантов аттрактивной смеси и контрольный вариант с пустой пробкой. Всего было вывешено 30 ловушек.

Использовали следующие аттрактанты производства ФГБУ «ВНИИКР»:

SB – агрегационный феромон, состоящий из смеси восьми основных стереоизомеров 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола, который был синтезирован из оптически активного *S*-цитронелала и имеет цис- и транс-изомеры [24]. Смесь была нанесена на резиновую пробку из бутилкаучука в дозе 2 мг.

RSB – агрегационный феромон, состоящий из смеси шестнадцати основных стереоизомеров 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола, синтезированный из рацемата цитронелала. Смесь также наносили на резиновый диспенсер из бутилкаучука в дозе 2 мг.

MDT – метил-(*E, E, Z*)-2,4,6-декатриеноат – вещество, усиливающее действие агрегационного феромона [41]. Вещество наносилось на резиновый диспенсер в дозе 2 мг.

SB+MDT – смесь, состоящая из агрегационного феромона, полученного из *S*-цитронелала и метил-(*E, E, Z*)-2,4,6-декатриеноат, с нанесением на диспенсер в дозе 4 мг (2 мг SB и 2 мг MDT).

RSB+MDT – смесь, состоящая из агрегационного феромона, полученного из рацемата цитронелала и метил-(*E, E, Z*)-2,4,6-декатриеноат, в дозе 4 мг на диспенсер (2 мг RSB и 2 мг MDT).



Рис. 2. Пирамидальные феромонные ловушки для отлова коричнево-мраморного клопа (ориг.)

Коэффициент синергизма (КС) [41] указывает на соотношение количества особей, отловленных в ловушки на одиночные смеси (MDT, RSB, SB), к общей сумме отловленных особей с помощью смесей RSB+MDT и SB+MDT, т.е. это такой вид взаимодополняющего действия, при котором сумма отлова совместно применяемых веществ больше суммы отлова каждого вещества по отдельности. Соотношение рассчитывается по формуле:

$$КС = \frac{\text{Общее кол-во имаго(нимф), отловленных на двухкомпонентную смесь}}{\text{Общее кол-во имаго(нимф), отловленных на однокомпонентную смесь}}$$

Общий синергизм (С) – это результат эффективности двух одиночных смесей в двухкомпонентной смеси, рассчитывается как:

$$\text{Синергизм} = \frac{\text{Общее кол-во имаго(нимф), отловленных на двухкомпонентную смесь}}{\text{Сумма общего кол-ва имаго(нимф), отловленных на однокомпонентные смеси}}$$

Продолжительность действия аттрактивной смеси, состоящей из агрегационного феромона и метил-(E, E, Z)-2,4,6-декатриеноата (MDT) в пирамидальных ловушках изучали с 5 июля по 9 августа 2018 г., используя аттрактивную смесь RSB+MDT, состав которой указан выше, в дозе 4 мг на диспенсер. Были изучены 2 варианта:

I Опт – оптимальный состав аттрактивной смеси RSB+MDT в дозе 4 мг, которые разместили 5 июля 2018 г.

II Опт – «свежие» ловушки со смесью RSB+MDT в дозе 4 мг, вывешенные 19 июля 2018 г., рядом с функционирующими ловушками «I Опт».

Определение оптимальной дозы аттрактивной смеси для эффективного отлова *H. halys* проводилось с 14 августа по 2 октября 2018 г. Всего было вывешено 15 ловушек. Изучены 3 варианта дозы аттрактивной смеси:

RSB+MDT – 4 мг, резиновый диспенсер;

RSB+MDT – 8 мг, резиновый диспенсер;

RSB+MDT – 12 мг, резиновый диспенсер.

При изучении возможного эффекта синергизма и при определении оптимальной дозы аттрактивной смеси по истечении 15 дней к действующему диспенсеру в ловушки дополнительно подвешивали новый диспенсер (без замены старого). Учет особей *H. halys* проводили еженедельно. Размещение ловушек рендомизированное, расстояние между ловушками 50 м. Результаты опытов были обработаны с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение

Изучение возможного эффекта синергизма агрегационного феромона *H. halys* и аттрактанта метил-(E, E, Z)-2,4,6-декатриеноата (MDT). Первый этап испытаний совпал с выходом *H. halys* из мест зимовки и началом периода его дополнительного питания на территории Черноморского побережья Кавказа. В первые две недели наблюдений отмечалась низкая численность клопов, отловленных в ловушки всех вариантов. Более активный лёт имаго начался с середины июня, что связано с откладкой яиц и реализацией задачи расселения. Уже к концу июня отмечалось значительное увеличение числа отловленных имаго и нимф II–III возрастов. Стабильный рост отловов продолжался до первой декады июля. Смесей RSB+MDT и SB+MDT проявили наиболее высокую аттрактивность как для имаго, так и для нимф *H. halys* в сравнении с применением одиночных смесей агрегационного феромона SB и RSB, а также при использовании в ловушках отдельно смеси MDT (табл. 1.)

Как видно из данных табл. 1, количество отловленных имаго клопов, привлекаемых смесью RSB+MDT, было выше в 5 раз в сравнении с используемыми отдельно MDT и RSB, где $KC = 5,06$ и $5,38$, соответственно. Сравнение аддитивного эффекта веществ MDT и RSB, применяемых по отдельности, показало, что смесь RSB+MDT привлекала в 2,6 раза больше имаго, чем ожидалось. Аттрактивность смеси SB+MDT практически не отличалась от MDT, применявшейся отдельно ($KC = 1,29$), аддитивного эффекта двух веществ – MDT и SB здесь не наблюдалось ($C = 1,22$). Так, более эффективной из двух вариантов смесей можно считать смесь RSB+MDT, ловушки с которой отлавливали в 4 раза больше имаго, чем SB+MDT (рис. 3).

Эффект синергизма агрегационного феромона в двух разных формах (RSB, SB) с MDT и их влияние на общее количество имаго и нимф *H. halys*, отловленных в ловушки за период с 31 мая по 7 июля 2018 г.

Аттрактант	Общее кол-во имаго, экз.	Коэффициент синергизма (КС)	Аттрактант	Общее кол-во имаго, экз.	Коэффициент синергизма (КС)
RSB+MDT	86		SB+MDT	22	
MDT	17	5,06	MDT	17	1,29
RSB	16	5,38	SB	1	22,00
Синергизм (С)		2,61	Синергизм (С)		1,22
Аттрактант	Общее кол-во нимф, экз.	Коэффициент синергизма (КС)	Аттрактант	Общее кол-во нимф, экз.	Коэффициент синергизма (КС)
RSB+MDT	45		SB+MDT	83	
MDT	33	1,36	MDT	33	2,52
RSB	26	1,73	SB	0	0,00
Синергизм (С)		0,76	Синергизм (С)		2,52

При отлове нимф также были выявлены различия между использованием двух вариантов смесей. Показатель синергизма при использовании смеси RSB+MDT не показал ожидаемой эффективности ($C = 0,76$). Количество привлеченных в ловушки нимф II и III возрастов незначительно отличалось от варианта с применением смеси RSB+MDT, где $KC_{RSB} = 1,73$, $KC_{MDT} = 1,36$. Однако в ловушки со смесью SB+MDT было отловлено в 2 раза больше нимф, чем в ловушки с RSB+MDT (рис. 3). Ловушки со смесью SB+MDT отловили в 2,5 раза больше нимф по сравнению с ловушками с MDT, что, вероятно, подтверждает эффект синергизма двух разных веществ, которые в смеси образуют уникальный состав и действуют эффективнее вместе, чем по отдельности. Как и в случае отлова имаго, при использовании SB отдельно, эффекта аттрактивности не наблюдалось ($KC = 0$).

Аттрактивность MDT для нимф в течение периода наблюдений, возможно, объясняется его действием как «сигнала к питанию» [41], а невысокое количество имаго, отловленных в ловушки с MDT, можно объяснить их активным лётном, питанием и поиском мест для откладки яиц.

Сравнение различных феромонных препаратов показало, что смесь RSB+MDT наиболее аттрактивна для имаго (рис. 4) ($F_{2,62} = 3,96$; $df = 5, 24$; $P < 0.01$). Статистический анализ данных не выявил значимых различий между препаратами SB+MDT, MDT, RSB, SB и контролем ($HCP_{05} = 8,9$ при $F_{факт.} > F_{теор.}$; $P < 0.01$). Отсутствие значимых различий между вариантами, возможно, вызвано низкой аттрактивностью отдельно применяемых компонентов.

Существенных различий не было выявлено между вариантами при отлове нимф, за исключением препаратов RSB+MDT и SB+MDT ($F_{2,62} = 3,25$; $df = 5, 24$;

$P < 0.02$). При этом смесь RSB+MDT отличалась как от SB+MDT, так и от остальных вариантов ($HCP_{05} = 9,64$ при $F_{2,62} = 3,25$; $P < 0.02$). Наиболее аттрактивным для нимф являлся препарат SB+MDT.

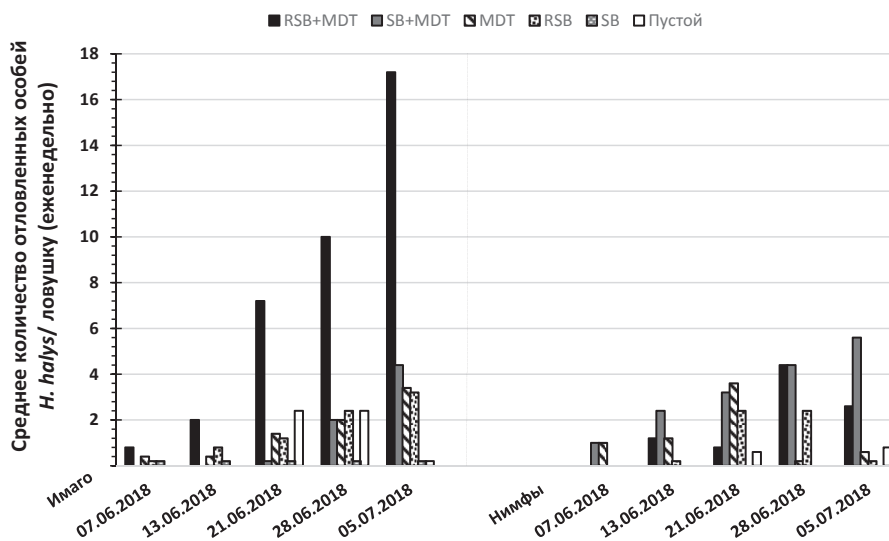


Рис. 3. Динамика отлова имаго и нимф *H. halys* в ловушки с разными феромонными препаратами, в период с 7 июня по 5 июля 2018 г.

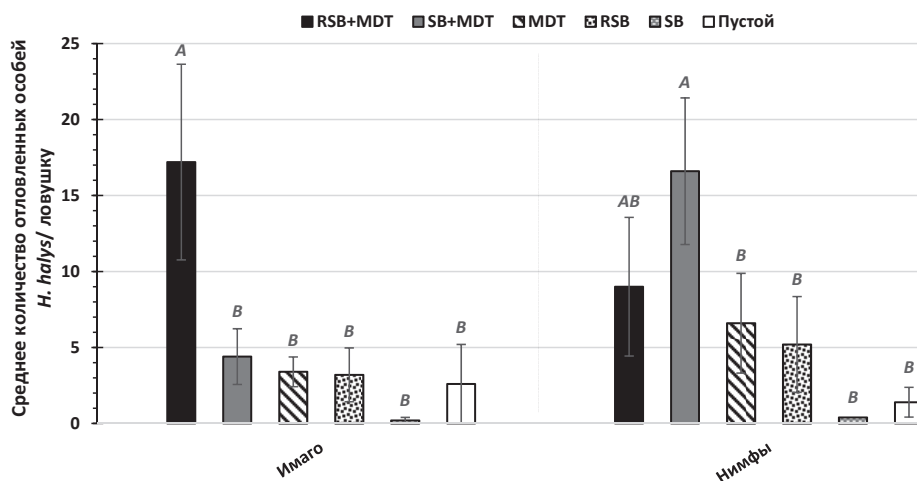


Рис. 4. Уловистость ловушек с разными феромонными препаратами для имаго и нимф *H. halys*, отловленных в период с 7 июня по 5 июля 2018 г.

Продолжительность действия аттрактивной смеси, состоящей из агрегационного феромона и метил-(E, E, Z)-2,4,6-декатриеноата (MDT), в пирамидальных ловушках. Результаты вышеприведенных исследований показали, что для имаго *H. halys* в совокупности наиболее аттрактивна смесь RSB+MDT, что подтверждают результаты других исследователей [27], в сравнении с применением одиночных смесей агрегационного феромона SB или RSB, MDT и смеси SB+MDT. Хотя смесь SB+MDT имела высокую аттрактивность для нимф, в наших исследованиях мы главным образом ориентировались на мониторинг имаго, так как взрослые

особи клопа постоянно присутствовали в насаждениях и были более активны в передвижениях и питании на растениях. Исходя из этого, для последующих этапов исследований было принято решение использовать смесь RSB+MDT, которая является оптимальной при отлове имаго *H. halys* (Opt). Период проведения второго этапа исследований совпал с активным развитием первой генерации *H. halys*.

При вывешивании дополнительных ловушек (II Opt) рядом с действующими (I Opt) в ранее вывешенные I Opt ловушки отлов клопов продолжался, но отлов клопов в «свежие» ловушки (II Opt) был выше. Всего за период проведения второго этапа, с 5 июля по 9 августа 2018 г., было отловлено: нимф II возраста – 287 экз., III возраста – 205 экз., IV возраста – 67 экз., V возраста – 16 экз., имаго *H. halys* – 595 экз. (рис. 5, 6).

В варианте I Opt можно наблюдать волнообразную динамику отлова имаго *H. halys*: количество отловленных особей здесь снизилось через две недели, что, вероятно, связано с периодом стабильного действия препарата, который при дозировке 4 мг составляет не менее 15 суток.

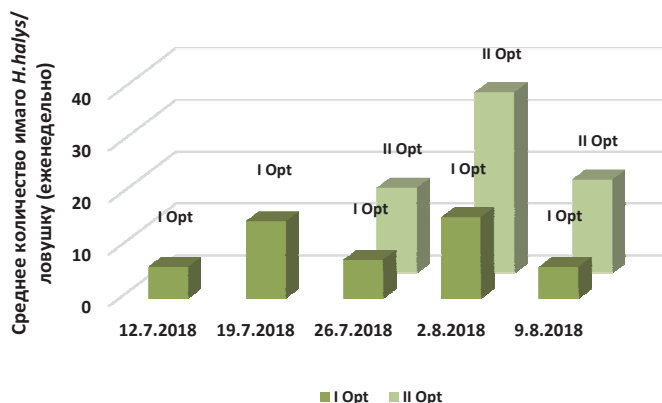


Рис. 5. Динамика отлова имаго *H. halys* при использовании ловушек пирамидального типа с добавлением «свежих» ловушек, в период с 12 июля по 9 августа 2018 г.

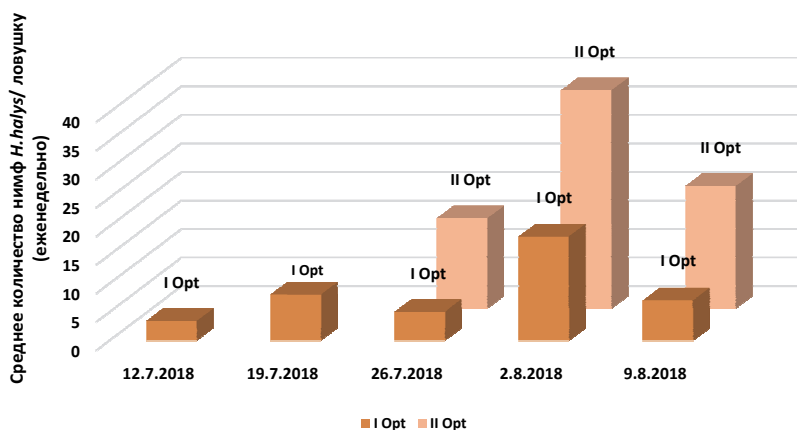


Рис. 6. Динамика отлова нимф *H. halys* при использовании ловушек пирамидального типа с добавлением «свежих» ловушек, в период с 12 июля по 9 августа 2018 г.

Через неделю после установки ловушек II Opt отлов имаго в ловушки I Opt возрос, но разница между количеством имаго в ловушках I Opt в первые две недели и количеством клопов в тех же ловушках с добавлением ловушек II Opt была

статистически не существенна ($F_{5,317} = 0,03$; $df = 1, 8$; $P > 0,1$), также, как и в случае с нимфами ($F_{5,317} = 1,47$; $df = 1, 8$; $P > 0,1$). «Свежие» ловушки II Орт для имаго клопов были более привлекательны, чем ловушки I Орт с подвешиванием ловушек II Орт, более чем в 2 раза ($F_{5,317} = 6,53$; $df = 1, 8$; $P = 0,03$, $НСР_{05} = 25,50$).

При отлове нимф в ловушки II Орт и I Орт статистических различий выявлено не было ($F_{5,317} = 2,17$; $df = 1, 8$; $P > 0,1$). При этом через неделю после начала использования варианта II Орт, имаго и нимфы отлавливались в ловушки I Орт более интенсивно (рис. 5, 6).

Важно отметить, что на данном этапе исследований перед нами стояла задача определить длительность действия препарата с оптимальным составом аттрактивной смеси (RSB+MDT) в дозировке 4 мг/диспенсер. При этом тенденция к снижению аттрактивности ловушек объясняется снижением эмиссии аттрактантов, нанесенных на диспенсер. По техническим условиям, разработанным в отделе синтеза и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», для использования диспенсеров с синтетическим агрегационным феромоном коричнево-мраморного клопа общее количество отловленных насекомых в учетные дни в «свежие» и «старые» (ранее вывешенные) ловушки не должно отличаться более чем на 35–40%. При таких показателях работа препарата может продолжаться на протяжении месяца и более.

Таким образом, ловушки I Орт в сравнении со «свежими» ловушками II Орт, через три и более недель использования (26 июля, 2 августа, 9 августа) оставались аттрактивными для имаго и нимф *H. halys*. Различие между уловами имаго *H. halys* в ловушках I Орт и II Орт на 26 июля и 2 августа составило 45%, со средними показателями $7,4 \pm 2,9$ и $16,4 \pm 4,2$ особей/ловушку, $15,6 \pm 5,8$ и $34,8 \pm 9,2$ особей/ловушку, соответственно варианту, что чуть выше нормы, но не является критичным в период активного лёта клопа. На 9 августа сумма отловленных имаго в ловушки II Орт была на 33% выше, чем в ловушки I Орт со средним количеством отловленных имаго $6 \pm 2,6$ и $18 \pm 10,5$ особей/ловушку, соответственно, что соответствует заявленным стандартам.

Разница при учете нимф *H. halys* между ловушками I Орт и II Орт в соответствии с вариантом составила: 26 июля – 32% со средним отловом $5 \pm 2,4$ и $15,8 \pm 7,5$ особей/ловушку, 2 августа – 48% со средним отловом $18,2 \pm 6,9$ и $38,2 \pm 12,3$ особей/ловушку и 9 августа – 33% со средним отловом $7 \pm 4,4$ и $21,4 \pm 6,9$ особей/ловушку, соответственно.

При учете имаго и нимф, проведенном 2 августа, разница между I Орт и II Орт максимально превысила нормы технических условий, в остальные же даты учетов показатели аттрактивности препарата оставались в норме, что говорит о стабильной работе смеси RSB+MDT, нанесенной на диспенсер в дозе 4 мг.

Определение оптимальной дозы аттрактивной смеси для эффективного отлова *H. halys*. На основании результатов предыдущих опытов и с целью уточнения оптимальной дозировки оптимальной аттрактивной смеси, на 3-м этапе исследований тестировались препараты RSB+MDT в дозировках: 4 мг, 8 мг и 12 мг.

Всего за период проведения 3-го этапа, с 14 августа по 2 октября 2018 г., было отловлено: 937 нимф, из них II возраста – 244 экз., III возраста – 337 экз., IV возраста – 306 экз., V возраста – 50 экз., имаго *H. halys* – 7580 экз.

При использовании ловушек со смесью RSB+MDT, наиболее аттрактивным оказался препарат с дозировкой 12 мг, при этом статистический анализ данных показал влияние дозировки на количество отловленных клопов ($F_{3,885} = 16,80$; $df = 2, 12$; $P < 0,001$, $НСР_{05} = 106,30$). При уточнении существенной разницы между вариантами использовали критерий подлинной значимости Тьюки-Крамера, который в нашем

случае равен 129,64, при $\alpha = 0,05$ ($F_{3,885} = 16,80$; $df = 2, 12$; $P < 0,001$). По результатам данного статистического анализа разница между вариантами 4 мг и 8 мг не была доказана (рис. 7).

При сравнении полученных результатов по количеству отловленных в пирамидальные ловушки нимф *H. halys* существенной разницы между вариантами выявлено не было, следовательно, на отлов нимф в конце лета – начале осени дозировка препарата (4, 8 или 12 мг) влияния не оказывает ($F_{3,885} = 1,88$; $df = 2, 12$; $P > 0,1$).

Применение пирамидальных ловушек с дозировкой препарата RSB+MDT 4 мг/диспенсер позволило контролировать динамику численности имаго и нимф *H. halys* на протяжении всего вегетационного периода (рис. 8).

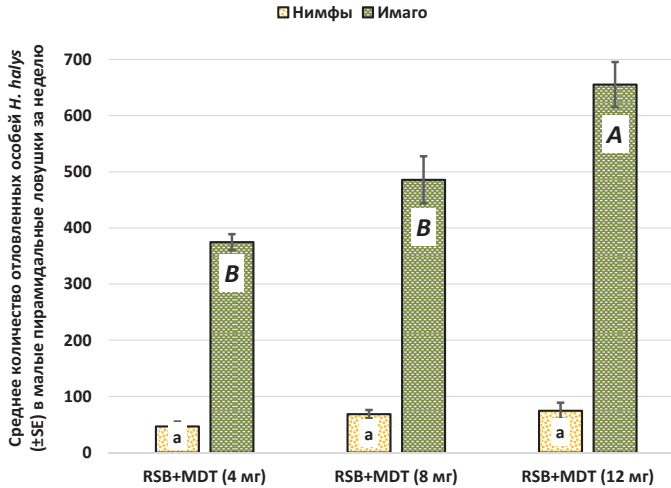


Рис. 7. Влияние дозировки препарата RSB+MDT на количество имаго и нимф *H. halys*, отловленных в феромонные ловушки, в период с 14 августа по 2 октября 2018 г.

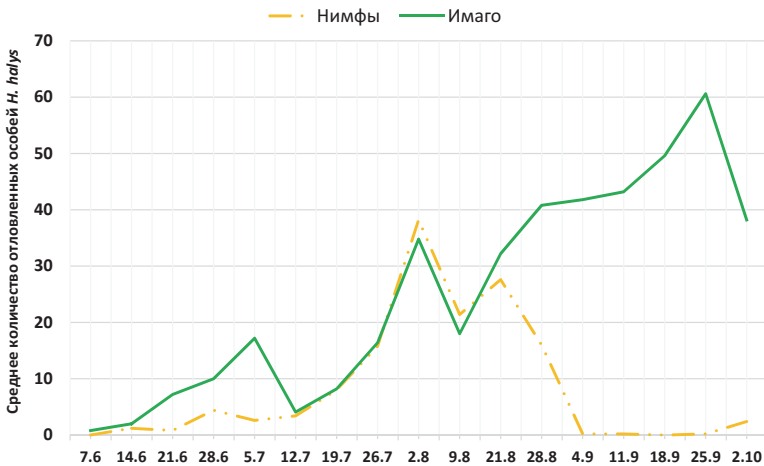


Рис. 8. Динамика отлова имаго и нимф *H. halys* в феромонные ловушки пирамидального типа, с препаратом RSB+MDT в дозе 4 мг/диспенсер, в период с 7 июня по 2 октября 2018 г.

Рост количества пойманных имаго после 21 августа был обусловлен присутствием в насаждениях как имаго первой генерации, так и имаго второй генерации, а снижение количества нимф – переходом их в стадию имаго. Количество

отловленных имаго *H. halys* в сентябре – начале октября было значительно выше, чем в начале сезона, при его активном лёте, что с точки зрения ряда авторов связано с прекращением питания в период сбора урожая и подготовкой к диапаузе в поиске мест зимовки [27].

Заключение

Результаты проведенных полевых испытаний показали, что ловушки с синтетическими аттрактантами коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* Stål, разработанными в ФГБУ «ВНИИКР», привлекают как имаго, так и нимф вредителя II–V возрастов. Испытанные пирамидальные ловушки показали высокую эффективность в системе мероприятий по мониторингу и борьбе с вредителем, что соответствует задачам фитосанитарной службы.

Количество имаго клопов в полевых испытаниях с агрегационным феромоном, синтезированным из рацемата цитронелаля (RSB), было в 4 раза выше, чем при использовании варианта с агрегационным феромоном, полученным из оптически активного S-цитронелаля (SB). Использование в смеси рацемата агрегационного феромона не повлияло на качество препарата и не снизило аттрактивности ловушек, что также было ранее показано в ряде зарубежных публикаций [23, 24, 41]. Также необходимо отметить, что производственный процесс получения RSB экономически более выгоден, чем синтез SB.

В полевых условиях агрегационный феромон из рацемата цитронелаля (RSB) и аттрактант MDT, применяемые по отдельности, привлекают нимф и имаго *H. halys*, но для имаго наиболее аттрактивна смесь RSB+MDT, что согласуется с данными других исследователей [27, 41].

Препарат RSB+MDT в дозировке 4 мг/диспенсер рекомендуется для использования в пирамидальных феромонных ловушках для мониторинга вредителя, в дозировке 12 мг/диспенсер – для массового отлова вредителя в ловушки. В период проведения исследований, препарат в дозировке 4 мг/ диспенсер работал интенсивно и обладал аттрактивным действием не менее 15 суток с момента начала использования, при этом стабильный отлов имаго и нимф продолжался в течение месяца и более.

Вместе с тем, ни один из испытанных препаратов не имел достаточной аттрактивности для перезимовавших имаго *H. halys*, которые представляют наибольшую опасность для сельскохозяйственных культур весной и в начале лета. Аттрактивность препаратов для имаго, уходящих в диапаузу, повышалась за счет MDT, что показано и в исследованиях других авторов [23].

Феромонный мониторинг вредителя в условиях Черноморского побережья Кавказа рекомендуется проводить, начиная со второй половины июня, так как выходящие после зимовки имаго *H. halys* (начиная с апреля) обладают низкой чувствительностью к аттрактантам, что обусловлено биологическими особенностями вредителя.

Результаты феромонного мониторинга позволяют своевременно принимать решения о необходимости проведения дальнейших комплексных мер с целью снижения численности и уничтожения коричнево-мраморного клопа в пределах его потенциальных зон вредоносности на юге России. В 2019 г. запланировано продолжение совместных исследований по изучению эффективности применения феромонных препаратов и ловушек в комплексе мероприятий по мониторингу и массовому отлову опасного карантинного вредителя – коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* Stål.

Библиографический список

1. Айба Л.Я., Карпун Н.Н. Мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål в Абхазии: биология и меры борьбы. Сухуми, 2016. – 15 с.
2. Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза с изменениями и дополнениями от 2 мая 2018 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vniikr.ru/edinyij-perechen-karantinnyix-obektov-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soyuza>
3. Есенбекова П.А. Первое указание мраморного клопа *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) из Казахстана // Евразийский 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. Карпун Н.Н., Гребенников К.А., Проценко В.Е., Айба Л.Я., Борисов Б.А., Митюшев И.М., Жимерикин В.Н., Пономарев В.Л., Чекмарев П.А., Долженко В.И., Каракотов С.Д., Малько А.М., Говоров Д.Н., Штундюк Д.А., Живых А.В., Сапожников А.Я., Абасов М.М., Мазурин Е.С., Исмаилов В.Я., Евдокимов А.Б. Коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål в России: распространение, биология, идентификация, меры борьбы. – М., 2018а. – 28 с.
6. Карпун Н.Н., Гребенников К.А., Проценко В.Е., Айба Л.Я., Борисов Б.А., Митюшев И.М., Жимерикин В.Н., Пономарев В.Л., Чекмарев П.А., Долженко В.И., Каракотов С.Д., Малько А.М., Говоров Д.Н., Штундюк Д.А., Живых А.В., Сапожников А.Я., Абасов М.М., Мазурин Е.С., Исмаилов В.Я., Евдокимов А.Б. Коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål на юге России: насколько велика опасность? // Защита и карантин растений. – 2018б. – № 3. – С. 23–25.
7. Карпун Н.Н., Гребенников К.А., Проценко В.Е., Айба Л.Я., Борисов Б.А., Митюшев И.М., Жимерикин В.Н., Пономарев В.Л., Чекмарев П.А., Долженко В.И., Каракотов С.Д., Малько А.М., Говоров Д.Н., Штундюк Д.А., Живых А.В., Сапожников А.Я., Абасов М.М., Мазурин Е.С., Исмаилов В.Я., Евдокимов А.Б. Методы мониторинга и идентификации коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* Stål, 1855 // Карантин растений. Наука и практика. – 2018в. – № 2 (24). – С. 2–6. DOI 10.25992/BPP.2018.41.20632
8. Митюшев И.М. Первый случай обнаружения клопа *Halyomorpha halys* Stål на территории Российской Федерации // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 18–22 апреля 2016 г. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. – С. 147–148.
9. Митюшев И.М. Феромоны насекомых и их применение в защите растений: Учебное пособие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – 124 с.
10. Приказ № 522 от 31 мая 2018 г. Управления Россельхознадзора по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rsn.krasnodar.ru/filestore/Files/Приказ%20-%20522.pdf>
11. Проценко В.Е., Карпун Н.Н., Мусолин Д.Л. Мраморный клоп *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) в субтропической зоне Черноморского побережья России // IX Чтения памяти О.А. Катаева. Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 23–25 ноября 2016 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – С. 96–97.
12. Третьяков Н.Н., Митюшев И.М., Вендило Н.В., Плетнев В.А. Современные методы применения феромонов для защиты плодовых культур от вредителей // Плодоводство и ягодоводство России. Сб. научн. трудов ВСТИСП. – М., 2010. – Т. XXIV. – Ч. 2. – С. 242–249.

13. Callot H., Brua C. *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), la Punaise diabolique, nouvelle espèce pour la faune de France (Heteroptera: Pentatomidae) // L'Entomologiste, 2013. – Vol. 69. – P. 69–71.

14. Datasheet: *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/27377>.

15. Duthie C., Tana V., Stephenson B., Yamoah E., McDonald B. Risk analysis of *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) on all pathways. – Wellington: Ministry for Primary Industries, 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mpi.govt.nz/news-resources/publications.aspx>.

16. 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.

17. *Halyomorpha halys* // EPPO Global Database. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA>

18. Hamilton G.C., Ahn J.J., Bu W., Leskey T.C., Nielsen A.L., Park Y. – L., Rabitsch W., Hoelmer K.A. *Halyomorpha halys* (Stål). In: McPherson J.E. (ed.) Invasive stink bugs and related species (Pentatomidae): Biology, higher systematics, semiochemistry, and management. CRC Press, Boca Raton, 2017. – P. 241–288.

19. Haye T., Garipey T.D., Hoelmer K., Ross J. – P., Streito J. – C., Tassus X., Desneux N. Range expansion of the invasive brown marmorated stinkbug, *Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide // Journal of Pest Science. – 2015. – 88(4). – P. 665–673.

20. Heckmann R.F. Erster Nachweis von *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) für Deutschland // Heteropteron, 2012. – Vol. 36. – P. 17–18.

21. Hemala V., Kment P. First Record of *Halyomorpha halys* and mass occurrence of *Nezara viridula* in Slovakia (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) // Plant protection Science. – 2016. – P. 1–7.

22. Khrimian A. The geometric isomers of methyl-2, 4, 6-decatrienoate, including pheromones of at least two species of stink bugs // Tetrahedron. – 2005. – V. 61. – № 15. – P. 3651–3657.

23. Khrimian A., Shearer P.W., Zhang A., Hamilton G.C., Aldrich J.R. Field trapping of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, with geometric isomers of methyl 2, 4, 6-decatrienoate // Journal of agricultural and food chemistry. – 2007. – V. 56. – № 1. – P. 197–203.

24. Khrimian A., Zhang A., Weber D.C., Ho H. – Yu., Aldrich J.R., Vermillion K.E., Siegler M.A., Shirali Sh., Guzma F., Leskey T.C. Discovery of the Aggregation Pheromone of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) through the Creation of Stereoisomeric Libraries of 1-Bisabolen-3-ols // Journal of Natural Products. – 2014. – 77 (7). – P. 1708–1717.

25. Lee D. – H., Short B.D., Joseph S.V., Bergh J.C., Leskey T.C. Review of the biology, ecology and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan and the Republic of Korea // Environmental Entomology. – 2013. – Vol. 42. – P. 627–641.

26. Lee K.C., Kang C.H., Lee D.W., Lee S.M., Park C.G., Choo H.Y. Seasonal occurrence trends of hemipteran bug pests monitored by mercury light and aggregation pheromone traps in sweet persimmon orchards // Korean Journal of Applied Entomology. – 2002. – V. 41. – P. 233–238.

27. Leskey T.C., Hamilton G.C., Nielsen A.L., Polk D.F., Rodriguez-Saona C., Bergh J.C., Herbert D.A., Kuhar T.P., Pfeiffer D.G., Dively G.P., Hooks C.R.R., Raupp M.J., Shrewsbury P.M., Krawczyk G., Shearer P.W., Whalen J., Koplinka-Loehr C., Myers E.W., Inkley D., Hoelmer K.A., Lee D.H., Wright S.E. Pest status of the brown marmorated stink

- bug, *Halyomorpha halys* in the USA // *Outlooks on Pest Management*. – 2012. – 23 (5). – P. 218–226.
28. *Macavei L.I., Bățan R., Oltean I., Florian T., Varga M., Costi E., Maistrello L.* First detection of *Halyomorpha halys* Stål, a new invasive species with a high potential of damage on agricultural crops in Romania // *Lucrări Științifice. Seria Agronomie*. – 2015. – Vol. 58 (1). – P. 105–108.
29. *Maistrello L., Bariselli M., Dioli P.* Trovata una cimice esotica dannosa nei frutteti (*Halyomorpha halys*) // *Agricoltura*. – 2013. – Vol. 6. – P. 67–68.
30. *Milonas P., Partsinevelos G.* First report of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) in Greece // *EPPO Bulletin*. – 2014. – Vol. 44. – P. 183–186. DOI: 10.1111/epp.12129.
31. *Morrison III W.R., Blaauw B.R., Short B.D., Nielsen A.L., Bergh J.C., Krawczyk G., Park Y. – L., Butler B., Khrimian A., Leskey T.C.* Successful management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in commercial apple orchards with an attract-and-kill strategy // *Pest Management Science*. – 2018. – 75 (1). – P. 104–114.
32. *Musolin D.L., Dolgovskaya M.Yu., Protsenko V.Ye., Karpun N.N., Reznik S.Ya., Saulich A.Kh.* Photoperiodic and temperature control of nymphal growth and adult diapause induction in the invasive Caucasian population of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* // *Journal of Pest Science*. – 2019. – P. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01080-1>
33. *Musolin D.L., Konjević A., Karpun N.N., Protsenko V.Ye., Ayba L.Ya., Saulich A.Kh.* Invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Serbia: Range expansion, early stages of establishment and first records of damage to local crops // *Arthropod-Plant Interactions*. – 2017. – P. 1–13.
34. *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.
35. *Rice K.B., Bergh J.C., Bergmann E.J., Biddinger D., Dieckhoff C., Dively G., Fraser H., Garipey T., Hamilton G., Haye T., Herbert A., Hoelmer K., Hooks C., Jones A., Krawczyk G., Kuhar T., Mitchell W., Nielsen A., Pfeiffer D., Raupp M., Rodriguez-Saona C., Shearer P., Shrewsbury P., Venugopal D., Whalen J., Wiman N., Leskey T.C., Tooker J.* Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) // *Journal of Integrated Pest Management*. – 2014. – Vol. 5. – P. 1–13.
36. *Seropian A.* *Halyomorpha halys*. – 2017. // In: Tarkhnishvili D., Chaladze G. (Editors). 2013. Georgian biodiversity database. [Электронный ресурс]. – 2016–10–04. Режим доступа: <http://www.biodiversity-georgia.net>
37. Stop BMSB. Management of brown marmorated stink bug in US specialty crops. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.stopbmsb.org>
38. *Streito J.* Punaise diabolique. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ephytia.inra.fr/fr/C/20532/Agiiir-Punaise-diabolique>
39. *Sugie H., Yoshida M., Kawasaki K., Noguchi H., Moriya S., Takagi K., Fukuda H., Fujie A., Yamanaka M., Ohira Y., Tsutsumi T., Tsuda K., Fukumoto T., Yamashita M., Suzuki H.* Identification of the aggregation pheromone of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae) // *Applied Entomology and Zoology*. – 1996. – V. 31. – № 3. – P. 427–431.
40. *Vetek G., Papp V., Haltrich A., Redei D.* First record of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae), in Hungary, with description of the genitalia of both sexes // *Zootaxa*. – 2014. – Vol. 3780 (1). – P. 194–200.
41. *Weber D.C., Leskey T.C., Walsh G.C., Khrimian A.* Synergy of aggregation pheromone with methyl (E, E, Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys*

(Hemiptera: Pentatomidae) // Journal of Economic Entomology. – 2014. – V. 107. – № 3. – P. 1061–1068.

42. Weber D.C., Morrison W.R., Khrimian A., Rice K.B., Leskey T.C., Rodriguez-Saona C., Nielsen A., Blaauw B.R. Chemical ecology of *Halyomorpha halys*: discoveries and applications // Journal of Pest Science. – 2017. – Vol. 90. – P. 898–1008.

43. Wermelinger B., Wyniger D., Forster B. First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? // Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft. – 2008. – Vol. 81. – P. 18.

44. Zahn D.K., Moreira J.A., Millar J.G. Identification, synthesis, and bioassay of a male-specific aggregation pheromone from the harlequin bug, *Murgantia histrionica* // Journal of chemical ecology. – 2008. – V. 34. – № 2. – P. 238–251.

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность и признательность Г.А. Городиловой, технику ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур» за помощь в организации полевых испытаний феромонов. Авторы также благодарят всех сотрудников Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИКР» и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур», оказавших помощь при проведении исследований.

FIRST FIELD TRIALS OF RUSSIAN-PRODUCED PHEROMONE PREPARATIONS FOR MONITORING AND CONTROL OF THE BROWN MARMORATED STINK BUG, *HALYOMORPHA HALYS* STÅL

E.V. SINITSYNA^{1,2}, V.E. PROTSENKO³, N.N. KARPUN³, I.M. MITYUSHEV¹,
A.YU. LOBUR², N.G. TODOROV²

(¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,

² All-Russian Plant Quarantine Center,

³ All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops)

*This paper deals with the results of field trials of domestically produced pheromone preparations for a dangerous quarantine pest – the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* Stål, 1858 (Hemiptera: Pentatomidae). In 2017, the domestically produced pheromone preparations for *H. halys* were first synthesized. In 2018, large-scale field trials of pheromone preparations for *H. halys* were conducted in the quarantine phytosanitary zone in Sochi (Southern Russia) and the Republic of Abkhazia. According to the study results, the highest attractiveness both for adult insects (imago) and nymphs of *H. halys* was demonstrated by the preparation consisting of (3S,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol, (3R,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol, and methyl-(E, E, Z)-2,4,6-decatrienoate. This preparation is recommended for the use in pyramidal pheromone traps for pest monitoring at a dose of 4 mg/dispenser, and for mass pest trapping at a dose of 12 mg/dispenser.*

Key words: *Halyomorpha halys*, brown marmorated stink bug, BMSB, Insecta, Hemiptera, Heteroptera, Pentatomioidea, Pentatomidae, true bugs, hemipterans, invasive species, insects, pests, invasion, phytosanitary monitoring, pheromone monitoring, pheromones, pheromone traps, attractants, plant quarantine, plant protection, Sochi, Krasnodar region, Russia, Abkhazia

References

1. *Ayba L.Ya., Karpun N.N.* Mramornyj klop Halyomorpha halys Stål v Abkhazii: biologiya i mery borby [Brown marmorated stink bug Halyomorpha halys Stål in Abkhazia: biology and control]. Sukhum, 2016. 15 p. (In Russian)
2. Yediniy perechen karantinnykh objektov Yevraziyskogo ekonomicheskogo soyuza s izmeneniyami i dopolneniyami ot 2 maya 2018 g. [The Common List of plant quarantine pests of the Eurasian Economic Union with additions and changes d/d 02.05.2018. [Electronic resource]. Access mode: <https://vniikr.ru/edinyiy-perechen-karantinnyix-obektov-evraziyskogo-ekonomicheskogo-soyuza> (In Russian)
3. *Yesenbekova P.A.* Pervoye ukazaniye mramornogo klopa Halyomorpha halys (Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) iz Kazakhstana [First report of Brown marmorated stink bug, Halyomorpha halys (Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) from Kazakhstan] // Yevraziyskiy entomologicheskiy zhurnal. 2017. Vol. 16 (1). Pp. 23–24. (In Russian)
4. *Zhimerikin V.N., Guliy V.V.* Mramorniy klop [Brown marmorated stink bug] // Zashchita i karantin rasteniy. 2014. No. 4. Pp. 40–43. (In Russian)
5. *Karpun N.N., Grebennikov K.A., Protsenko V.Ye., Ayba L.Ya., Borisov B.A., Mityushev I.M., Zhimerikin V.N., Ponomarev V.L., Chekmarev P.A., Dolzhenko V.I., Karakotov S.D., Malko A.M., Govorov D.N., Shtundiuk D.A., Zhivykh A.V., Sapozhnikov A.Ya., Abasov M.M., Mazurin Ye.S., Ismailov V.Ya., Yevdokimov A.B.* Korichnevo-mramorniy klop Halyomorpha halys Stål v Rossii: rasprostraneniye, biologiya, identifikatsiya, mery borby [Brown marmorated stink bug in Russia: distribution, biology, identification, control]. – M., 2018a. 28 p. (In Russian)
6. *Karpun N.N., Grebennikov K.A., Protsenko V.Ye., Ayba L.Ya., Borisov B.A., Mityushev I.M., Zhimerikin V.N., Ponomarev V.L., Chekmarev P.A., Dolzhenko V.I., Karakotov S.D., Malko A.M., Govorov D.N., Shtundiuk D.A., Zhivykh A.V., Sapozhnikov A.Ya., Abasov M.M., Mazurin Ye.S., Ismailov V.Ya., Yevdokimov A.B.* Korichnevo-mramorniy klop Halyomorpha halys Stål na yuge Rossii: naskolko velika opasnost? [Brown marmorated stink bug in the Southern Russia: how large is the threat?] // Zashchita i karantin rasteniy. 2018b. No. 3. Pp. 23–25. (In Russian)
7. *Karpun N.N., Grebennikov K.A., Protsenko V.Ye., Ayba L.Ya., Borisov B.A., Mityushev I.M., Zhimerikin V.N., Ponomarev V.L., Chekmarev P.A., Dolzhenko V.I., Karakotov S.D., Malko A.M., Govorov D.N., Shtundiuk D.A., Zhivykh A.V., Sapozhnikov A.Ya., Abasov M.M., Mazurin Ye.S., Ismailov V.Ya., Yevdokimov A.B.* Metody monitoringa i identifikatsii korichnevo-mramornogo klopa Halyomorpha halys Stål, 1855 [Methods of monitoring and identification of Brown marmorated stink bug, Halyomorpha halys Stål, 1855] // Karantin rasteniy. Nauka i praktika. – 2018c. No. 2 (24). Pp. 2–6. DOI 10.25992/BPP.2018.41.20632 (In Russian)
8. *Mityushev I.M.* Perviy sluchai obnaruzheniya klopa Halyomorpha halys Stål na territorii Rossiyskoy Federatsii [The first record of Brown marmorated stink bug, Halyomorpha halys Stål, in the Russian Federation // Monitoring i biologicheskiye metody kontrolya vreditelei i patogenov drevesnykh rasteniy: ot teorii k praktike. Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Moskva, 18–22 aprelya 2016 g. – Krasnoyarsk: IL SO RAN, 2016. Pp. 147–148. (In Russian)
9. *Mityushev I.M.* Feromony nasekomykh i ikh primeneniye v zashchite rasteniy: Uchebnoye posobiye. [Insect pheromones and their application in plant protection: Study manual] – M.: Izd-vo RGAU-MSHA imeni K.A. Timiriazeva, 2015. 124. (In Russian)
10. *Prikaz No. 522* ot 31 maya 2018 g. Upravleniya Rosselkhoznadzora po Krasnodarskomu krayu i Respublike Adygeya. [Order No. 522 d/d 31.05.2018 of the Rosselkhoznadzor

Department for Krasnodar region and the Republic of Adygea]. [Electronic resource]. Access mode: [http://rsn.krasnodar.ru/filestore/Files/Prikaz %20-%20522.pdf](http://rsn.krasnodar.ru/filestore/Files/Prikaz%20-%20522.pdf) (In Russian)

11. *Protsenko V.Ye., Karpun N.N., Musolin D.L.* Mramorniy klop *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) v subtropicheskoy zone Chernomorskogo poberezhya Rossii [Brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Subtropical zone of the Black Sea coast of Russia] // IX Chteniya pamyati O.A. Katayeva. Materialy mezhdunarodnoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 23–25 noyabrya 2016 g. – SPb.: SPbGLTU, 2016. Pp. 96–97. (In Russian)

12. *Tretyakov N.N., Mityushev I.M., Vendilo N.V., Pletnev V.A.* Sovremennye metody primeneniya feromonov dlya zashchity plodovyykh kultur ot vreditel'ey [Modern methods of pheromone application for pest control in fruit plants] // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. Sb. nauchn. trudov VSTISP. – M., 2010. Vol. XXIV. Part 2. Pp. 242–249. (In Russian)

13. *Callot H., Brua C.* *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), la Punaise diabolique, nouvelle espèce pour la faune de France (Heteroptera: Pentatomidae) // L'Entomologiste, 2013. Vol. 69. Pp. 69–71. (In English)

14. Datasheet: *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug). [Electronic resource]. Access mode: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/27377>. (In English)

15. *Duthie C., Tana V., Stephenson B., Yamoah E., McDonald B.* Risk analysis of *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) on all pathways. – Wellington: Ministry for Primary Industries, 2012. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.mpi.govt.nz/news-resources/publications.aspx>. (In English)

16. *Gariepy 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. Pp. 579–582. (In English)

17. *Halyomorpha halys* // EPPO Global Database. [Electronic resource]. Access mode: <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA> (In English)

18. *Hamilton G.C., Ahn J.J., Bu W., Leskey T.C., Nielsen A.L., Park Y. – L., Rabitsch W., Hoelmer K.A.* *Halyomorpha halys* (Stål). In: McPherson J.E. (ed.) Invasive stink bugs and related species (Pentatomidae): Biology, higher systematics, semiochemistry, and management. CRC Press, Boca Raton, 2017. Pp. 241–288. (In English)

19. *Haye T., Gariepy T.D., Hoelmer K., Ross J. – P., Streito J. – C., Tassus X., Desneux N.* Range expansion of the invasive brown marmorated stinkbug, *Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide // Journal of Pest Science. 2015. 88(4). Pp. 665–673. (In English)

20. *Heckmann R.F.* Erster Nachweis von *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) für Deutschland // Heteropteron, 2012. Vol. 36. Pp. 17–18. (In English)

21. *Hemala V., Kment P.* First Record of *Halyomorpha halys* and mass occurrence of *Nezara viridula* in Slovakia (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) // Plant protection Science. 2016. Pp. 1–7. (In English)

22. *Khrimian A.* The geometric isomers of methyl-2, 4, 6-decatrienoate, including pheromones of at least two species of stink bugs // Tetrahedron. – 2005. Vol. 61. No. 15. Pp. 3651–3657. (In English)

23. *Khrimian A., Shearer P.W., Zhang A., Hamilton G.C., Aldrich J.R.* Field trapping of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, with geometric isomers of methyl 2, 4, 6-decatrienoate // Journal of agricultural and food chemistry. 2007. Vol. 56. No. 1. Pp. 197–203. (In English)

24. *Khrimian A., Zhang A., Weber D.C., Ho H. – Yu., Aldrich J.R., Vermillion K.E., Siegler M.A., Shirali Sh., Guzma F., Leskey T.C.* Discovery of the Aggregation Pheromone of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) through the Creation

- of Stereoisomeric Libraries of 1-Bisabolen-3-ols // *Journal of Natural Products*. 2014. 77 (7). Pp. 1708–1717. (In English)
25. Lee D. – H., Short B.D., Joseph S.V., Bergh J.C., Leskey T.C. Review of the biology, ecology and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan and the Republic of Korea // *Environmental Entomology*. 2013. Vol. 42. Pp. 627–641. (In English)
26. Lee K.C., Kang C.H., Lee D.W., Lee S.M., Park C.G., Choo H.Y. Seasonal occurrence trends of hemipteran bug pests monitored by mercury light and aggregation pheromone traps in sweet persimmon orchards // *Korean Journal of Applied Entomology*. 2002. Vol. 41. Pp. 233–238. (In English)
27. Leskey T.C., Hamilton G.C., Nielsen A.L., Polk D.F., Rodriguez-Saona C., Bergh J.C., Herbert D.A., Kuhar T.P., Pfeiffer D.G., Dively G.P., Hooks C.R.R., Raupp M.J., Shrewsbury P.M., Krawczyk G., Shearer P.W., Whalen J., Koplinka-Loehr C., Myers E.W., Inkley D., Hoelmer K.A., Lee D.H., Wright S.E. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA // *Outlooks on Pest Management*. 2012. 23 (5). Pp. 218–226. (In English)
28. Macavei L.I., Băețan R., Oltean I., Florian T., Varga M., Costi E., Maistrello L. First detection of *Halyomorpha halys* Stål, a new invasive species with a high potential of damage on agricultural crops in Romania // *Lucrări Științifice. Seria Agronomie*. 2015. Vol. 58 (1). Pp. 105–108. (In English)
29. Maistrello L., Bariselli M., Dioli P. Trovata una cimice esotica dannosa nei frutteti (*Halyomorpha halys*) // *Agricoltura*. 2013. Vol. 6. Pp. 67–68. (In English)
30. Milonas P., Partsinevelos G. First report of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) in Greece // *EPPO Bulletin*. 2014. Vol. 44. Pp. 183–186. DOI: 10.1111/epp.12129. (In English)
31. Morrison III W.R., Blaauw B.R., Short B.D., Nielsen A.L., Bergh J.C., Krawczyk G., Park Y. – L., Butler B., Khrimian A., Leskey T.C. Successful management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in commercial apple orchards with an attract-and-kill strategy // *Pest Management Science*. 2018. 75 (1). Pp. 104–114. (In English)
32. Musolin D.L., Dolgovskaya M.Yu., Protsenko V.Ye., Karpun N.N., Reznik S.Ya., Saulich A.Kh. Photoperiodic and temperature control of nymphal growth and adult diapause induction in the invasive Caucasian population of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* // *Journal of Pest Science*. 2019. Pp. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01080-1> (In English)
33. Musolin D.L., Konjević A., Karpun N.N., Protsenko V.Ye., Ayba L.Ya., Saulich A.Kh. Invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Serbia: Range expansion, early stages of establishment and first records of damage to local crops // *Arthropod-Plant Interactions*. 2017. Pp. 1–13. (In English)
34. 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. No. 2. Pp. 231–238. (In English)
35. Rice K.B., Bergh J.C., Bergmann E.J., Biddinger D., Dieckhoff C., Dively G., Fraser H., Garipey T., Hamilton G., Haye T., Herbert A., Hoelmer K., Hooks C., Jones A., Krawczyk G., Kuhar T., Mitchell W., Nielsen A., Pfeiffer D., Raupp M., Rodriguez-Saona C., Shearer P., Shrewsbury P., Venugopal D., Whalen J., Wiman N., Leskey T.C., Tooker J. Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) // *Journal of Integrated Pest Management*. 2014. Vol. 5. Pp. 1–13. (In English)
36. Seropian A. *Halyomorpha halys*. 2017. // Georgian biodiversity database. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.biodiversity-georgia.net> (In English)

37. Stop BMSB. Management of brown marmorated stink bug in US specialty crops. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.stopbmsb.org> (In English)
38. *Streito J.* Punaise diabolique. [Electronic resource]. Access mode: <http://ephytia.inra.fr/fr/C/20532/Agiiir-Punaise-diabolique> (In English)
39. *Sugie H., Yoshida M., Kawasaki K., Noguchi H., Moriya S., Takagi K., Fukuda H., Fujjie A., Yamanaka M., Ohira Y., Tsutsumi T., Tsuda K., Fukumoto T., Yamashita M., Suzuki H.* Identification of the aggregation pheromone of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae) // Applied Entomology and Zoology. 1996. Vol. 31. No. 3. Pp. 427–431. (In English)
40. *Vetek G., Papp V., Haltrich A., Redei D.* First record of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae), in Hungary, with description of the genitalia of both sexes // Zootaxa. 2014. Vol. 3780 (1). Pp. 194–200. (In English)
41. *Weber D.C., Leskey T.C., Walsh G.C., Khrimian A.* Synergy of aggregation pheromone with methyl (E, E, Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) // Journal of Economic Entomology. 2014. Vol. 107. No. 3. Pp. 1061–1068. (In English)
42. *Weber D.C., Morrison W.R., Khrimian A., Rice K.B., Leskey T.C., Rodriguez-Saona C., Nielsen A., Blaauw B.R.* Chemical ecology of *Halyomorpha halys*: discoveries and applications // Journal of Pest Science. 2017. Vol. 90. Pp. 898–1008. (In English)
43. *Wermelinger B., Wyniger D., Forster B.* First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? // Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft. 2008. Vol. 81. Pp. 18. (In English)
44. *Zahn D.K., Moreira J.A., Millar J.G.* Identification, synthesis, and bioassay of a male-specific aggregation pheromone from the harlequin bug, *Murgantia histrionica* // Journal of chemical ecology. 2008. Vol. 34. No. 2. Pp. 238–251. (In English)

Acknowledgement

The authors extend sincere gratitude to Ms. Genrita A. Gorodilova, a technician of the All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, for her significant help in organizing field trials. The authors would also like to thank staff members of the All-Russian Plant Quarantine Center and the All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, for their help in conducting the research.

Синицына Екатерина Витальевна – аспирант кафедры защиты растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), младший 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)

Проценко Вилена Евгеньевна – младший научный сотрудник отдела защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур» (354002, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28; тел.: +7 (989) 210-32-15; e-mail: vilena.p2016@mail.ru)

Карпун Наталья Николаевна – к.б.н., доцент, заместитель директора по науке ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства

и субтропических культур» (354002, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28; тел.: +7 (988) 288-02-48; e-mail: nkolem@mail.ru)

Митюшев Илья Михайлович – к.б.н., доцент кафедры защиты растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7 (903) 503-72-34; e-mail: mityushev@mail.ru).

Лобур Александр Юрьевич – к.х.н., старший научный сотрудник отдела 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)

Тодоров Николай Георгиевич – начальник отдел синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИКР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32; тел.: +7 (905) 521-19-46; e-mail: todor-kol@mail.ru)

Ekaterina V. Sinitsyna – PhD student, the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryzevskaya Str., 49), Junior Research Associate, the Department of Synthesis and Application of Pheromones, All-Russian Plant Quarantine Center – VNIICKR (140150, Moscow region, Bykovo, Pogradichnaya Str., 32; phone: +7 (916) 111-20-55; e-mail: katesinitsyna@gmail.com)

Vilena E. Protsenko – Junior Research Associate, the Department of Plant Protection, the All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops (354002, Krasnodar Krai, Sochi, Yana Fabritsiusa Str., 2/28; phone: +7 (989) 210-32-15; e-mail: vilena.p2016@mail.ru)

Nataliya N. Karpun – PhD (Bio), Associate Professor, Deputy Director for Science, the All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops (354002, Krasnodar Krai, Sochi, Yana Fabritsiusa Str., 2/28; phone: +7 (988) 288-02-48; e-mail: nkolem@mail.ru)

Иля М. Митюшев – PhD (Bio), Associate Professor, the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryzevskaya Str., 49; phone: +7 (903) 503-72-34; e-mail: mityushev@mail.ru)

Aleksandr Yu. Lobur – PhD (Chem), Senior Research Associate, the Department of Synthesis and Application of Pheromones, All-Russian Plant Quarantine Center – VNIICKR (140150, Moscow region, Bykovo, Pogradichnaya Str., 32; phone: +7 (905) 785-84-31; e-mail: alex-lobur@yandex.ru)

Nikolay G. Todorov – Head of the Department of Synthesis and Application of Pheromones, All-Russian Plant Quarantine Center – VNIICKR (140150, Moscow region, Bykovo, Pogradichnaya Str., 32; phone: +7 (905) 521-19-46; e-mail: todor-kol@mail.ru)