

Отлов коричнево-мраморного клопа с помощью феромонных ловушек производства ФГБУ «ВНИИКР» в условиях субтропического и умеренно континентального климата

Е.В. СИНИЦЫНА¹, Г. ВЕТЕК², Е. СЗИТА³, Х. КОВАЧ⁴, К. ХАРИ⁵, Б. КИСС⁶, В.Э. ГЛЕБОВ⁷, Н.З. ФЕДОСЕЕВ⁸, Я.Э. РАДИОНОВСКАЯ⁹, Т.С. РЫБАРЕВА¹⁰

^{1,8} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия

^{2,4,5} Институт защиты растений, Венгерский университет сельского хозяйства и естественных наук, г. Будапешт, Республика Венгрия

^{3,6} Институт защиты растений, Центр сельскохозяйственных исследований, Университет Этвеша Лоранда, г. Будапешт, Республика Венгрия

^{7,10} Южный филиал ФГБУ «ВНИИКР», г. Симферополь, Республика Крым, Россия

⁹ Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН (ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»), г. Ялта, Республика Крым, Россия

¹ ORCID 0000-0002-6314-3151, e-mail: katesinitsyna@gmail.com

² e-mail: Vetek.Gabor@kertk.szie.hu

³ ORCID 0000-0001-6335-5296, e-mail: szita.eva@atk.hu

⁴ e-mail: h.kovacs23@gmail.com

⁵ ORCID 0000-0002-0537-5712, e-mail: Radacsine.Hari.Katalin@uni-mate.hu

⁶ ORCID 0000-0003-2511-9094, e-mail: kiss.balazs@atk.hu

⁷ ORCID 0000-0002-7152-5125, e-mail: valeriy.glebov.93@mail.ru

⁸ ORCID 0000-0002-3451-5040, e-mail: nazfed@mail.ru

⁹ ORCID 0000-0002-9124-8436, e-mail: plantprotection-magarach@mail.ru

¹⁰ ORCID 0000-0001-5242-0849, e-mail: diza_alex_a@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В статье приведены данные, полученные в ходе испытаний синтетического феромонного препарата производства Всероссийского центра карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР») для мониторинга и отлова карантинного вредного организма – коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* (Stål). Полевой скрининг коричнево-мраморного клопа проводили на территории двух государств, где вредитель не имеет регуляторного статуса: Республики Венгрии и Республики Абхазии. Для апробации феромонных ловушек применяли

Collecting brown marmorated stink bugs with pheromone traps produced by FGBU “VNIKR” in a subtropical and temperate continental climate

E.V. SINITSYNA¹, G. VÉTEK², E. SZITA³, H. KOVACS⁴, K. HARI⁵, B. KISS⁶, V.E. GLEBOV⁷, N.Z. FEDOSEEV⁸, YA.E. RADIONOVSKAYA⁹, T.S. RYBAREVA¹⁰

^{1,8} FGBU “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIKR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia

^{2,4,5} Plant Protection Institute, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Budapest, Republic of Hungary

^{3,6} Plant Protection Institute, Agricultural Research Center, Eötvös Loránd University, Budapest, Republic of Hungary

^{7,10} Southern branch of FGBU “VNIKR”, Simferopol, Republic of Crimea, Russia

⁹ All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” RAS (FGBUN “VNIIViV “Magarach” RAS”), Yalta, Republic of Crimea, Russia

¹ ORCID 0000-0002-6314-3151, e-mail: katesinitsyna@gmail.com

² e-mail: Vetek.Gabor@kertk.szie.hu

³ ORCID 0000-0001-6335-5296, e-mail: szita.eva@atk.hu

⁴ e-mail: h.kovacs23@gmail.com

⁵ ORCID 0000-0002-0537-5712, e-mail: Radacsine.Hari.Katalin@uni-mate.hu

⁶ ORCID 0000-0003-2511-9094, e-mail: kiss.balazs@atk.hu

⁷ ORCID 0000-0002-7152-5125, e-mail: valeriy.glebov.93@mail.ru

⁸ ORCID 0000-0002-3451-5040, e-mail: nazfed@mail.ru

⁹ ORCID 0000-0002-9124-8436, e-mail: plantprotection-magarach@mail.ru

¹⁰ ORCID 0000-0001-5242-0849, e-mail: diza_alex_a@mail.ru

ABSTRACT

The article provides the data obtained as a result of testing a synthetic pheromone produced by the All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU “VNIKR”) for monitoring and collecting a quarantine pest – brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål).

синтетическую смесь, разработанную по оптимизированному методу, который включает в себя синтез двух основных компонентов: стереоизомеров 10,11-эпокси-1-бисаболена-3-ола, где в качестве исходного реагента использовали рацемический цитронеллаль, и вещества-синергиста – метил-(E,E,Z)-2,4,6-декатриеноата. Смесь наносили на диспенсеры из бромбутилкаучука в соотношении 1 : 1 для каждого компонента, соответственно, в различных дозировках: 12, 24 и 48 мг/диспенсер. Как дополнительный вариант использовали диспенсер из целлюлозы в буфлене с 48 мг феромонного препарата. Результаты полевых испытаний показали высокую аттрактивность и видоспецифичность 24 мг феромонного препарата, наносимого на диспенсер из бромбутилкаучука, для нимф *Halyomorpha halys*. В то время как дозировка 48 мг, применяемая с таким же типом диспенсера, была более привлекательна для имаго. Таким образом, оптимизированный метод синтеза феромонного препарата продемонстрировал свою эффективность в отлове нимф и имаго коричнево-мраморного клопа в условиях как умеренно континентального, так и субтропического климата. Для уточнения наиболее эффективной дозировки синтетического феромонного препарата коричнево-мраморного клопа необходимо проведение дальнейших исследований.

Ключевые слова. *Halyomorpha halys*, синтетический феромонный препарат, рацемический цитронеллаль, полевые испытания, отлов.

ВВЕДЕНИЕ



Коричнево-мраморный клоп (КМК) – инвазивный вид восточноазиатского происхождения, который входит в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза (ЕАЭС) (Единый перечень карантинных организмов ЕАЭС, 2021) (рис. 1).

Этот широкий полифаг наносит существенный вред многим ценным сельскохозяйственным культурам: плодовым, цитрусовым, овощным, бобовым, декоративным и др. (EPPO, 2021) (рис. 2). За последние десятилетия вид широко распространился в Соединенных Штатах Америки и Европе (Kriticos et al., 2017). Недавние исследования также показали, что глобальное потепление и изменение климата способствуют дальнейшему расширению ареала *Halyomorpha halys* в северных районах Европы (Streito et al., 2021).

Широкое распространение КМК в соседних с Россией Грузии и Абхазии, где он уже нанес существенный ущерб экономике, также бросает вызов национальным службам по карантину и защите растений в вопросе регулирования *H. halys* на территории данных регионов (Bosco et al., 2018; Murvanidze et al., 2018; Синицына и др., 2021).

Экономическая вредоносность *H. halys* в таких российских регионах, как Краснодарский и Ставропольский край, а также на юге Ростовской области, где условия для его развития являются более чем благоприятными, оценивается как высокая

Field screening of the brown marmorated stink bug was carried out on the territory of two countries where the pest is not regulated: the Republic of Hungary and the Republic of Abkhazia. To test pheromone traps, a synthetic mixture was used, developed according to an optimized method, which includes the synthesis of two main components: stereoisomers of 10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol, where racemic citronellal was used as the initial reagent, and synergistic substances – methyl-(E, E, Z)-2,4,6-decatrienoate. The mixture was applied to bromobutyl rubber dispensers in a 1 : 1 ratio for each component, respectively, in different dosages: 12, 24 and 48 mg/dispenser. As an additional option, a dispenser made of cellulose in buflen with 48 mg of a pheromone was used. Field test results have shown high attractiveness and species-specificity of 24 mg pheromone applied to a bromobutyl rubber dispenser for *Halyomorpha halys* nymphs. Whereas the 48 mg dosage used with the same type of dispenser was more attractive to the imagoes. Thus, the optimized method for the pheromone synthesis has demonstrated its effectiveness in capturing nymphs and imagoes of the brown marmorated stink bug in both moderate continental and subtropical climates. To clarify the most effective dosage of the synthetic pheromone of the brown marmorated stink bug, further research is needed.

Key words. *Halyomorpha halys*, synthetic pheromone, racemic citronellal, field tests, trapping.

INTRODUCTION

Brown marmorated stink bug (BMSB) is an invasive species of East Asian origin, which is included in the Common List of Quarantine Objects of the Eurasian Economic Union (EAEU) (Common List of Quarantine Organisms of the EAEU, 2021) (Fig. 1). This broad polyphage causes significant harm to many valuable agricultural crops: fruit, citrus, vegetables, legumes, ornamental, etc. (EPPO, 2021) (Fig. 2). Over the past decades, the species has spread widely in the United States of America and Europe (Kriticos et al., 2017). Recent studies have also shown that global warming and climate change are contributing to the further expansion of the range of *Halyomorpha halys* in northern Europe (Streito et al., 2021).

The widespread use of BMSB in Georgia and Abkhazia, neighboring Russia, where it has already caused significant damage to the economy, also poses a challenge to the national plant protection services in regulating *H. halys* in these regions (Bosco et al., 2018; Murvanidze et al., 2018; Sinitsyna et al., 2021).

The economic harmfulness of *H. halys* in such Russian regions as Krasnodar Krai and Stavropol Krai, as well as in the south of Rostov Oblast, where conditions for its development are more than favorable, is assessed as high (Zhimerikin and Smirnov, 2013;

(Жимерикин и Смирнов, 2013; Жимерикин и Гулий, 2014). Способность питаться широким спектром растений-хозяев и развиваться на них, а также высокая скорость распространения вредителя и его адаптации к новым условиям представляют угрозу для российского сельскохозяйственного сектора. Следовательно, создание отечественных препаратов для своевременного мониторинга КМК и борьбы с ним считается приоритетным направлением для служб Россельхознадзора с учетом рискориентированного подхода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые испытания проводили в регионах высокой численности и вредоносности коричнево-мраморного клопа – в Венгрии и Абхазии. В Абхазии опыт был заложен на винограднике площадью 10 га (Сухумский район, г. Сухум) с мая по август 2020 г. Регион характеризуется влажным субтропическим климатом, средняя температура января составляет от +4 до +7 °C в долинах и от +2 до –2 °C в горах, июля – от +22 до +24 °C в долинах и от +16 до +18 °C в горах. Среднегодовое количество осадков в районе исследования составляет 1 420 мм (Цулая и др., 2012).

В Венгрии полевой скрининг проводили на производственном участке персикового сада площадью 4,6 га (округ Пешт, г. Эрд). Регион характеризуется умеренно континентальным климатом с мягкой зимой и жарким летом; средняя температура января составляет –1 °C, в июле +22 °C (Панова, 2014). Среднегодовое количество осадков в регионе – 567 мм. Исследования проводили с сентября по октябрь 2020 г.

Для отлова насекомых в обоих регионах исследований использовали накопительные пирамидальные ловушки (Morrison III et al., 2015), внутрь которых помещали диспенсеры. На диспенсер наносили синтетический феромонный препарат производства ФГБУ «ВНИИКР», в состав которого входит агрегационный феромон *Halyomorpha halys* – 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол (условное обозначение – RSB), выделяемый самцами и состоящий из смеси стереоизомеров, основными из которых являются (3S,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол и (3R,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол (Sugie et al., 1996; Khrimian et al., 2014; Leskey et al., 2015). Синтетический агрегационный феромон получали оптимизированным методом из рацемического цитронеллала (Khrimian et al., 2014). Также в состав препарата входит метил-(E,E,Z)-2,4,6-декатриеноат (условное обозначение – MDT) – вещество-синергист, усиливающее действие агрегационного феромона (Khrimian, 2005; Aldrich et al., 2007).

Оба компонента наносили в соотношении 1 : 1 (Синицына и др., 2019) в дозировке 12, 24, 48 мг на диспенсер из бромбутилкаучука (условные обозначения – П12, П24 и П48, соответственно дозировке), который представляет собой инсулиновую пробку высотой 9 мм и диаметром 12 мм; содержание материала: вода – 0,8%, зольный остаток – 47%, аммоний – 0,0002% и цинк – 0,0003%.

В дополнительном варианте с дозировкой феромонного препарата 48 мг использовали зиплок-пакет размером 70 x 40 мм, в который помещали пластину из целлюлозы (желтый губчатый

Zhimerikin and Guliy, 2014). The ability to feed on and develop on a wide range of host plants, as well as the high rate of spread of the pest and its adaptation to new conditions, pose a threat to the Russian agricultural sector. Consequently, the creation of domestic drugs for the timely monitoring of BMSB and the fight against it is considered a priority for the Rosselkhoz nadzor services, taking into account the risk-based approach.

MATERIALS AND METHODS

Field trials were carried out in regions of high abundance and harmfulness of the brown marmorated stink bug – in Hungary and Abkhazia. In Abkhazia, the experiment was done on a vineyard with an area of 10 hectares (Sukhum district, Sukhum city) from May to August 2020. The region is characterized by a humid subtropical climate, the average January temperature is from +4 to +7 °C in the valleys and from +2 to –2 °C in the mountains, in July – from +22 to +24 °C in the valleys and from +16 to +18 °C in the mountains. The average annual precipitation in the study area is 1.420 mm (Tsulaya et al., 2012).

In Hungary, field screening was carried out in a 4.6 ha peach orchard production site (Pest County, Erd). The region is characterized by a temperate continental climate with mild winters and hot summers; the average January temperature is –1 °C, in July +22 °C (Panova, 2014). The average annual rainfall in the region is 567 mm. The studies were carried out from September to October 2020.

For trapping insects in both studied regions, accumulation pyramidal traps (Morrison III et al., 2015)



Рис. 1. Имаго коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* (фото Е.В. Синицыной)

Fig. 1. Imago of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (photo by E.V. Sinitsyna)

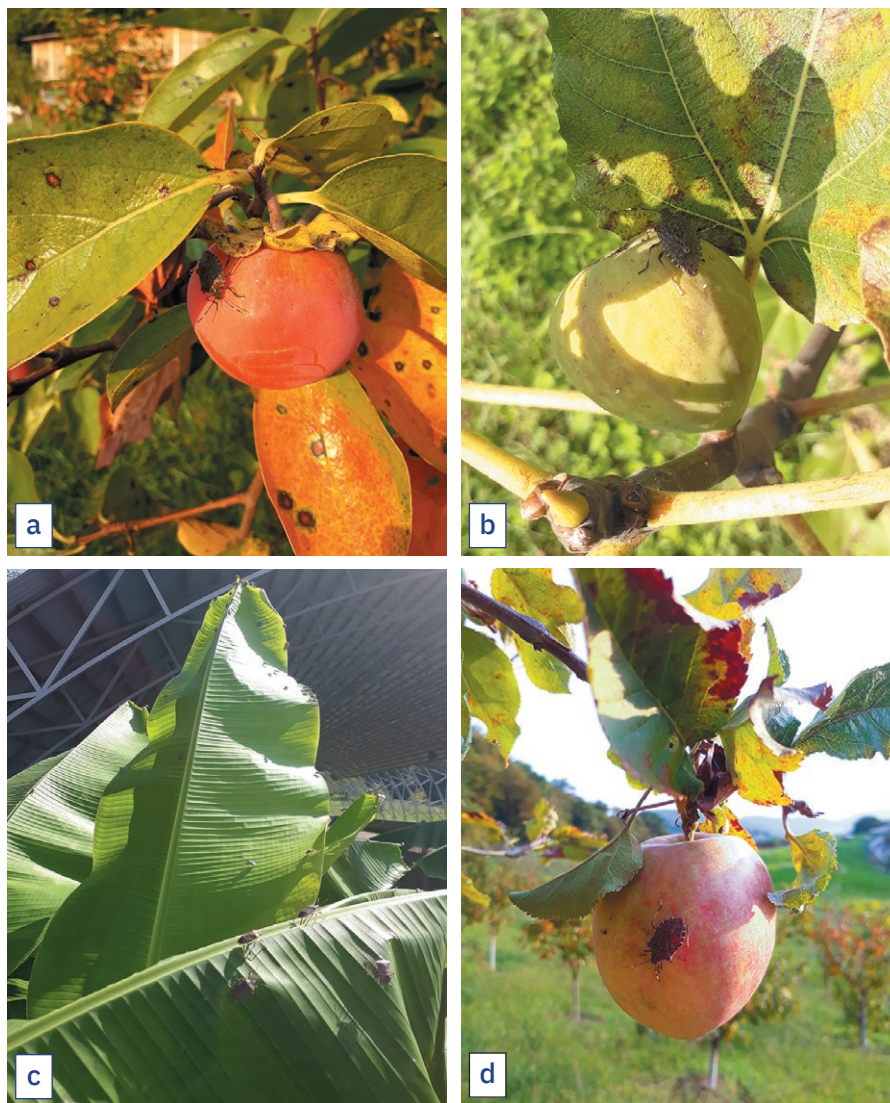


Рис. 2. Питание имаго коричнево-мраморного клопа на растениях-хозяевах, Республика Абхазия:
а – на хурме; б – на инжире;
с – на дереве банана декоративного;
д – на яблоне (фото Е.В. Синицыной)

Fig. 2. Feeding of imagoes of brown marmorated stink bug on host plants, Republic of Abkhazia:
a – on persimmon; b – on figs;
c – on a decorative banana tree;
d – on an apple tree (photo by E.V. Sinitsyna)

материал) толщиной 30 мм и размером 10 x 30 мм, пропитанную 100 мг вакуумного масла (VM-4) с предварительно нанесенным феромонным препаратом, и который был упакован в фольгированный буфленовый пакет размером 80 x 53 мм (условное обозначение – Г48). Согласно ранее проведенным испытаниям по отлову коричнево-мраморного клопа в феромонные ловушки производства ФГБУ «ВНИИКР», тип диспенсера из целлюлозы рассматривался нами в данной работе как наиболее подходящий для нанесения увеличенных дозировок феромонного препарата (Синицына и др., 2021). Контрольные ловушки устанавливали без использования диспенсеров с феромонным препаратом (условное обозначение – Контроль).

В винограднике ловушки устанавливали на шпалерах на высоте 1,0–1,5 м от уровня почвы и минимальном расстоянии друг от друга – 50 м. В персиковом саду ловушки фиксировали на стволах и ветвях деревьев на высоте 1,5–1,8 м от уровня почвы и расстоянии 40 м друг от друга.

were used, inside which dispensers were placed. A synthetic pheromone preparation produced by FGBU “VNIKIR” was applied to the dispenser, which includes the aggregating pheromone *Halyomorpha halys* – 10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol (symbol RSB), secreted by males and consisting of a mixture of stereoisomers, the main of which are (3S, 6S, 7R, 10S)-10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol and (3R, 6S, 7R, 10S)-10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol (Sugie et al., 1996; Khirmian et al., 2014; Leskey et al., 2015). A synthetic aggregation pheromone was obtained by an optimized method from racemic citronellal (Khirmian et al., 2014). The drug also contains methyl-(E, E, Z)-2,4,6-decatrioneate (symbol MDT), a synergistic substance that enhances the effect of the aggregated pheromone (Khirmian, 2005; Aldrich et al., 2007).

Both components were applied in a 1: 1 ratio (Sinitsyna et al., 2019) at a dosage of 12, 24, 48 mg per bromobutyl rubber dispenser (symbols P12, P24 and P48, respectively), which is an insulin plug with a height of 9 mm and a diameter of 12 mm; material content: water – 0.8%, ash residue – 47%, ammonium – 0.0002% and zinc – 0.0003%.

In an additional variant with a pheromone dosage of 48 mg, a 70 x 40 mm ziplock bag was used, in which a plate of cellulose (yellow spongy material) 30 mm thick and 10 x 30 mm impreg-

nated with 100 mg of vacuum oil was placed (VM-4) with a pre-applied pheromone preparation, and which was packed in a foil buflen bag 80 x 53 mm in size (symbol – G48). According to previously conducted tests on catching a brown marble bug in pheromone traps produced by FGBU “VNIKIR”, we considered the type of cellulose dispenser in this work as the most suitable for applying increased dosages of the pheromone preparation (Sinitsyna et al., 2021). Control traps were set without using dispensers with a pheromone (symbol – Control).

In the vineyard, traps were set on trellises at a height of 1.0–1.5 m from the soil level and a minimum distance from each other – 50 m. In a peach orchard, traps were fixed on the trunks and branches of trees at a height of 1.5–1.8 m from soil level and a distance of 40 m from each other. Five test variants of pheromone traps were placed randomly in 5-fold repetition.

Пять тестируемых вариантов феромонных ловушек размещали рандомизированно в 5-кратной повторности. При каждом учете ловушки меняли местами для минимизации ошибки опыта. Проверку и учет пойманных в ловушки насекомых проводили еженедельно. При этом диспенсеры в ловушках не меняли на новые, а использовали их в течение всего периода проведения опытов. Как в Абхазии, так и в Венгрии было протестировано одинаковое количество ловушек – 25 шт.

Статистическая обработка данных. Статистический анализ полученных данных проводили с помощью однофакторного анализа ANOVA. Если при статистическом анализе были выявлены различия средних значений между вариантами, то достоверность результата проверяли с помощью теста Фишера (F-test) на определение наименьшей существенной разности (LSD). Та же процедура была использована для анализа различий при определении аттрактивности различных дозровок феромонного препарата и различий в аттрактивности дозировки 48 мг, наносимой на 2 разных типа диспенсеров. Однофакторный анализ данных проводился с помощью программы OriginPro, версия 2021b (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA), с установленным уровнем значимости $\alpha = 0,05$. На графиках представлены средние значения ($\pm 2SD$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полевой скрининг *H. halys* на винограднике в условиях субтропического климата Республики Абхазии. Синтетический феромонный препарат продемонстрировал высокую видоспецифичность в отлове *H. halys* на винограднике в условиях субтропиков. За весь период проведения полевого скрининга, который составил 96 суток (с 22 мая по 25 августа),

At each count, the traps were interchanged to minimize the experimental error. The insects caught in the traps were checked and counted on a weekly basis. At the same time, the dispensers in the traps were not replaced with new ones, but they were used throughout the entire period of the experiments. Both in Abkhazia and in Hungary, the same number of traps was tested – 25 pcs.

Statistical data processing. Statistical analysis of the data obtained was performed using one-way analysis ANOVA. If the statistical analysis revealed differences in the mean values between the options, then the reliability of the result was checked using the Fisher test (F-test) to determine the least significant difference (LSD). The same procedure was used to analyze the differences in the attractiveness of different dosages of the pheromone preparation and the differences in the attractiveness of the 48 mg dosage applied to 2 different types of dispensers. Univariate data analysis was performed using the OriginPro program, version 2021b (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA), with the established significance level $\alpha = 0.05$. The graphs represent mean values ($\pm 2SD$).

RESULTS AND DISCUSSION

Field screening of *H. halys* in the vineyard in the subtropical climate of the Republic of Abkhazia. The synthetic pheromone demonstrated high species-specificity in the collecting *H. halys* in the vineyard under subtropical conditions. Over the entire period of field screening, which was 96 days (from May 22 to August 25), 467 adults and 3.262 BMSB nymphs were caught in traps (Fig. 3). Single individuals of non-target species of bugs were also caught in the traps: green plant bug *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae), *Graphosoma lineatum* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) and dock bug *Coreus marginatus* (L.) (Hemiptera Coreidae).

Differences were observed in the average number of captured nymphs between the variants with and without the use of a synthetic pheromone (Control) in traps ($F = 6.100$; $p = 0.002$). A significant difference in the capture of nymphs was observed between the Control and options P24 ($t = 4.103$, $p < 0.001$) and P48 ($t = 3.191$, $p = 0.004$) (Fig. 5a), which showed the highest attractiveness for nymphs. There was no significant difference between the number of nymphs captured by variant G48 and Control ($t = 0.456$, $p = 0.651$). Differences were found in the use of two different types of dispensers with a pheromone dosage of 48 mg: P48 and G48 ($t = 2.731$, $p = 0.013$) (Fig. 5a).

At the same time, the effectiveness of the use of various dosages for capturing



Рис. 3. Полевой скрининг коричнево-мраморного клопа на винограднике в условиях Республики Абхазии, 2020 г.: а – феромонная ловушка производства Всероссийского центра карантина растений в работе (фото В.Э. Глебова); б – особи коричнево-мраморного клопа, пойманные в ловушку (фото Я.Э. Радионовской)



Fig. 3. Field screening of the brown marmorated stink bug in a vineyard under the conditions of the Republic of Abkhazia, 2020: а – pheromone trap produced by the All-Russian Plant Quarantine Center at work (photo by V.E. Glebov); б – individuals of brown marmorated stink bug caught in a trap (photo by Ya.E. Radionovskaya)

в ловушки было отловлено 467 имаго и 3 262 нимфы КМК (рис. 3). В ловушки также отлавливались единичные особи нецелевых видов клопов: зеленый овощной клоп *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae), щитник линейчатый *Graphosoma lineatum* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) и краевик окаймленный *Coreus marginatus* (L.) (Hemiptera: Coreidae).

Наблюдалось различия в среднем количестве отловленных нимф между вариантами с применением и без применения синтетического феромонного препарата (Контроль) в ловушках ($F = 6,100$; $p = 0,002$). Существенная разница в отлове нимф наблюдалась между Контролем и вариантами П24 ($t = 4,103$, $p < 0,001$) и П48 ($t = 3,191$, $p = 0,004$) (рис. 5а), показавшими наибольшую аттрактивность для нимф. Существенной разницы между количеством нимф, отловленных вариантом Г48, и Контролем не было доказано ($t = 0,456$, $p = 0,651$). Были выявлены различия в использовании двух отличных типов диспенсеров с дозировкой феромонного препарата 48 мг: П48 и Г48 ($t = 2,731$, $p = 0,013$) (рис. 5а).

В то же время эффективность применения различных дозировок для отлова имаго КМК не была подтверждена ($F = 1,189$; $p = 0,152$). Различия были найдены между Контролем и вариантом П48 ($t = 2,633$, $p = 0,016$) (рис. 5б). Разница между количеством отловленных имаго в вариантах П48 и Г48 не была установлена ($t = 1,751$, $p = 0,095$).

Видовой состав насекомых, отловленных в феромонные ловушки на территории Республики Венгрии, в основном включал имаго и нимф *H. halys*. За весь период проведения испытаний, который составил 42 дня (с 11 сентября по 22 октября), в ловушки было отловлено 6 047 имаго и 7 595 нимф (рис. 4). В ловушки с синтетическим препаратом также отловились единичные особи другого вида – зеленого овощного клопа *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae).

Достаточно высокое количество особей КМК, отловленных во время полевых испытаний, скорее всего, было связано с началом периода диапаузы, так как в осенний период клопы активно летают в поисках убежищ для зимовки. В последние годы венгерские ученые отмечают снижение численности *H. halys* по сравнению с периодом его наиболее высокой вредоносности в 2016–2018 гг. (Vétek et al., 2018).

Анализ данных выявил значительную разницу между использованием ловушек с синтетическим феромонным препаратом и без него (Контроль) в отлове нимф КМК ($F = 11,209$; $p < 0,0001$). Разница по количеству отловленных нимф выявлена между Контролем и всеми вариантами

BMSB imagoes has not been confirmed ($F = 1.189$; $p = 0.152$). Differences were found between Control and Option P48 ($t = 2.633$, $p = 0.016$) (Figure 5b). The difference between the number of adults caught in variants P48 and D48 was not established ($t = 1.751$, $p = 0.095$).

Species composition of insects caught in pheromone traps on the territory of the Republic of Hungary, mainly included imagoes and nymphs of *H. halys*. Over the entire test period, which was 42 days (from September 11 to October 22), 6,047 adults and 7,595 nymphs were caught in the traps (Fig. 4). In traps with a synthetic pheromone, isolated individuals of another species were also caught – the green plant bug *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae).

The rather high number of BMSB individuals caught during field trials was most likely associated with the onset of the diapause period, since bugs actively fly in autumn in search of shelters for wintering. In recent years, Hungarian scientists have noted a decrease in the number of *H. halys* compared to the period of its highest harmfulness in 2016–2018 (Vétek et al., 2018).

Analysis of the data revealed a significant difference between the use of traps with a synthetic pheromone and without it (Control) in trapping BMSB nymphs ($F = 11.209$; $p < 0.0001$). The difference in the number of captured nymphs was revealed between the Control and all variants with a bromobutyl rubber dispenser (P12: $t = 2.752$, $p = 0.012$; P24: $t = 6.132$, $p < 0.0001$; P48: $t = 4.301$, $p < 0.001$) (Fig. 5c). The variants with

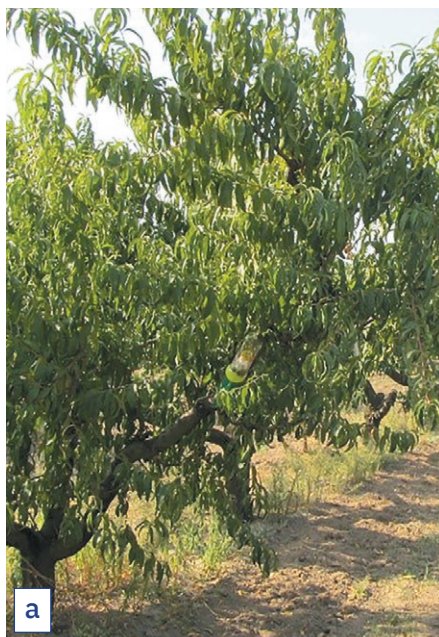
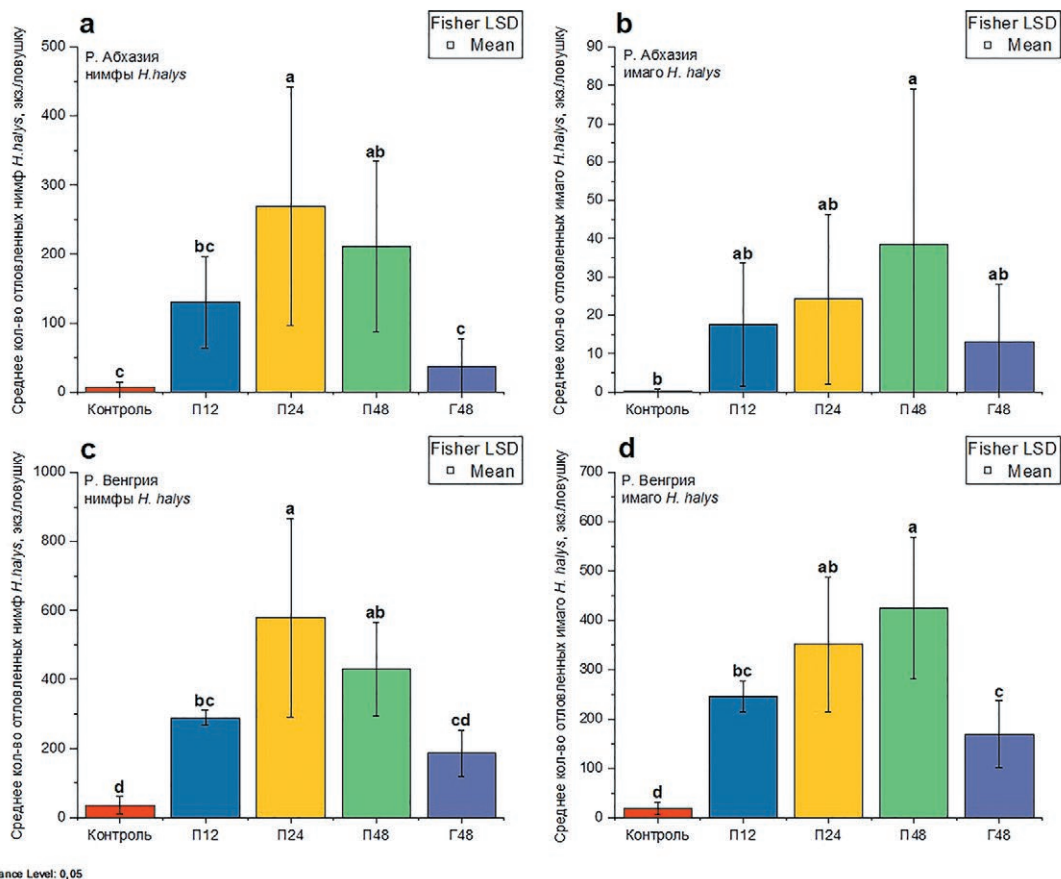


Рис. 4. Полевые испытания феромонных ловушек производства Всероссийского центра карантина растений в персиковом саду (Республика Венгрия, 2020 г.): а – вывешенная ловушка для отлова коричнево-мраморного клопа на персиковом дереве; б – отловленные на феромонный препарат насекомые *Halyomorpha halys* (фото G. Vétek)



Fig. 4. Field trials of pheromone traps produced by the All-Russian Plant Quarantine Center in a peach orchard (Republic of Hungary, 2020): a – a suspended trap for catching a brown marmorated stink bug on a peach tree; b – insects *Halyomorpha halys* caught on a pheromone (photo by G. Vétek)



Significance Level: 0,05

Рис. 5. Среднее количество отловленных экземпляров коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* на феромонные препараты производства Всероссийского центра карантина растений: а – нимфы и б – имаго в Республике Абхазии; с – нимфы и д – имаго в Республике Венгрии, 2020 г. Одинаковые строчные буквы на графиках (а, б, с, д) означают, что между тестируемыми вариантами не было выявлено существенной разницы в количестве отловленных насекомых, при $\alpha = 0,05$.

Fig. 5. The average number of caught specimens of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* for pheromones produced by the All-Russian Plant Quarantine Center: а – nymphs and б – imagoes in the Republic of Abkhazia; с – nymphs and д – imagoes in the Republic of Hungary, 2020. The same lowercase letters on the graphs (а, б, с, д) mean that there was no significant difference between the tested variants in the number of captured insects, with $\alpha = 0.05$.

с диспенсером из бромбутилкаучука (П12: $t = 2,752$, $p = 0,012$; П24: $t = 6,132$, $p < 0,0001$; П48: $t = 4,301$, $p < 0,001$) (рис. 5с). Наибольшей аттрактивностью обладали варианты с дозировками 24 мг и 48 мг. Варианты Г48 и Контроль не отличались друг от друга по количеству отловленных нимф *H. halys* ($t = 1,636$, $p = 0,117$). Сравнение диспенсеров с использованием дозировки 48 мг выявило существенную разницу между типами П48 и Г48 ($t = 2,665$, $p = 0,0148$) (рис. 5с).

Ловушки с использованием вариантов с синтетическим феромонным препаратом по сравнению с Контролем продемонстрировали разницу в количестве отловленных имаго ($F = 4,078$; $p < 0,0001$). Статистически была подтверждена разница в использовании Контроля и диспенсеров: П12 ($t = 3,803$, $p = 0,001$); П24 ($t = 5,559$, $p < 0,0001$); П48 ($t = 6,797$, $p < 0,0001$) (рис. 5д). Наибольшую аттрактивность продемонстрировали варианты с дозировками 48 мг и 24 мг. Существенные различия по количеству отловленных имаго показал вариант Г48 в сравнении с Контролем ($t = 2,511$, $p = 0,021$). Сравнение диспенсеров с дозировкой 48 мг выявило значительную разницу между П48 и Г48 ($t = 4,287$, $p < 0,001$) (рис. 5д).

dosages of 24 mg and 48 mg were the most attractive. Variants G48 and Control did not differ from each other in the number of captured *H. halys* nymphs ($t = 1.636$, $p = 0.117$). Comparison of dispensers using a dosage of 48 mg revealed a significant difference between types P48 and D48 ($t = 2.665$, $p = 0.0148$) (Fig. 5c).

Traps using variants with a synthetic pheromone compared with the Control showed a difference in the number of captured imagoes ($F = 4.078$; $p < 0.0001$). The difference in the use of Control and dispensers was statistically confirmed: P12 ($t = 3.803$, $p = 0.001$); P24 ($t = 5.559$, $p < 0.0001$); P48 ($t = 6.797$, $p < 0.0001$) (Fig. 5d). The variants with dosages of 48 mg and 24 mg were shown to be the most attractive. Variant G48 showed significant differences in the number of captured imagoes in comparison with Control ($t = 2.511$, $p = 0.021$). Comparison of dispensers with a dosage of 48 mg revealed a significant difference between P48 and G48 ($t = 4.287$, $p < 0.001$) (Fig. 5d).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синтетический феромонный препарат для мониторинга и отлова коричнево-мраморного клопа, разработанный Всероссийским центром карантина растений по оптимизированной методике синтеза, продемонстрировал свою эффективность при работе как в летний период в условиях субтропического климата (Республика Абхазия), так и в осенний период умеренно континентального климата (Республика Венгрия).

Феромонный препарат, состоящий из метил-(E,E,Z)-2,4,6-декатриеноата и феромона агрегации 10,11-эпокси-1-бисаболена-3-ола, содержащего стереоизомеры – (3S,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболена-3-ол и (3R,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболена-3-ол, показал высокую аттрактивность не только для имаго самцов и самок коричнево-мраморного клопа, но и для нимф, что позволило использовать феромонные ловушки для борьбы с вредителем методом массового отлова (Weber et al., 2014).

Смесь из метил-(E,E,Z)-2,4,6-декатриеноата и двух стереоизомеров, при синтезе которых в качестве исходного реагента использовали рацемический цитронеллаль вместо оптически активного R-цитронеллала, в полевых условиях показала свою эффективность как для нимф II–V возрастов, так и для имаго *Halyomorpha halys*, что также подтверждается рядом авторов (Nielsen et al., 2011; Синицына и др., 2019).

Синтезированный феромонный препарат с дозировкой 24 мг на диспенсере из бромбутилкаучука продемонстрировал наибольшую аттрактивность и видоспецифичность для нимф *Halyomorpha halys* как в Абхазии, так и в Венгрии. В случае имаго дозировка 48 мг феромонного препарата на диспенсере из бромбутилкаучука показала лучшие результаты по отловам в обеих странах. В то время как дозировка 24 мг феромонного препарата, нанесенного на диспенсер из бромбутилкаучука, обеспечила достаточно высокий и стабильный отлов имаго *Halyomorpha halys* в Венгрии, в Абхазии такое же количество препарата оказалось недостаточным, что может объясняться различиями в сроках постановки опытов в регионах.

Также было установлено, что использование в качестве диспенсера материала из бромбутилкаучука вместо целлюлозы в зиплоке и буфлене с дозировкой феромонного препарата 48 мг предпочтительнее, так как аттрактивность первого типа для нимф коричнево-мраморного клопа была в 7 раз выше в обеих климатических зонах.

Таким образом, оптимизированный метод синтеза аттрактанта продемонстрировал хорошие результаты при мониторинге и массовом отлове нимф и имаго *Halyomorpha halys* в условиях как субтропического климата, так и умеренно континентального. Полученные (предварительные) результаты показали, что ловушки с повышенными дозировками синтетического феромонного препарата коричнево-мраморного клопа производства ФГБУ «ВНИИКР» могут быть использованы для борьбы с вредителем в качестве дополнительного инструмента в системе интегрированной защиты растений.

Благодарность. Российская сторона выражает глубокую благодарность ученым и специалистам

CONCLUSION

A synthetic pheromone for monitoring and catching brown marmorated stink bug, developed by the All-Russian Plant Quarantine Center according to an optimized synthesis method, has demonstrated its effectiveness when working both in summer in a subtropical climate (Republic of Abkhazia) and in the autumn period of a temperate continental climate (Republic of Hungary).

Pheromone consisting of methyl-(E, E, Z)-2,4,6-decatrienoate and 10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol aggregation pheromone containing stereoisomers – (3S, 6S, 7R, 10S)-10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol and (3R, 6S, 7R, 10S)-10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol, showed high attractiveness not only for adult males and females brown marmorated stink bug, but also for nymphs, which made it possible to use pheromone traps to control the pest by mass collection (Weber et al., 2014).

A mixture of methyl-(E, E, Z)-2,4,6-decatrienoate and two stereoisomers, in the synthesis of which racemic citronellal was used as a starting reagent instead of optically active R-citronellal, showed its effectiveness in field conditions as for nymphs II–V instars and adults of *Halyomorpha halys*, which is also confirmed by a number of authors (Nielsen et al., 2011; Sinitsyna et al., 2019).

The synthesized pheromone preparation with a dosage of 24 mg on a bromobutyl rubber dispenser demonstrated the greatest attractiveness and species-specificity for *Halyomorpha halys* nymphs both in Abkhazia and in Hungary. In the case of imagoes, a dosage of 48 mg of pheromone in a bromobutyl rubber dispenser showed the best catch results in both countries. While the dosage of 24 mg of the pheromone drug applied to a dispenser made of bromobutyl rubber ensured a fairly high and stable capture of *Halyomorpha halys* adults in Hungary, in Abkhazia the same amount of the pheromone turned out to be insufficient, which can be explained by differences in the timing of experiments in the regions.

It was also found that the use of bromobutyl rubber as a dispenser instead of cellulose in ziplock and buflene with a dosage of a pheromone of 48 mg is preferable, since the attractiveness of the first type for nymphs of the brown marmorated stink bug was 7 times higher in both climatic zones.

Thus, the optimized attractant synthesis method has shown good results in monitoring and mass collection of *Halyomorpha halys* nymphs and imagoes in both subtropical and temperate continental climates. The obtained (preliminary) results showed that traps with increased dosages of a synthetic pheromone of the brown marmorated stink bug produced by FGBU “VNIICR” can be used for pest control as an additional tool in an integrated plant protection system.

Acknowledgement. The Russian side expresses its deep gratitude to scientists and specialists from Hungary and Abkhazia. Work in Hungary would not have taken place without Gabor Véték’s direct involvement in organizing and supervising this project. G. Véték was a young and talented Hungarian entomologist, whose loss in 2020 was a huge shock for all of us.

из Венгрии и Абхазии. Работа в Венгрии не состоялась бы без непосредственного участия Габора Ветека в организации и курировании данного проекта. Г. Ветек был молодым и талантливым венгерским ученым-энтомологом, утрата которого в 2020 г. стала огромным потрясением для всех нас.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жимерикин В., Смирнов Ю., 2013. Анализ фитосанитарного риска коричневого мраморного клопа *Halyomorpha halys* Stal для территории Российской Федерации. – Всероссийский центр карантина растений, М., 55 с.
2. Жимерикин В., Гулий В., 2014. Мраморный клоп. – Защита и карантин растений, № 4: 40–43.
3. Панова М., 2014. Сельское хозяйство Венгрии в условиях евроинтеграции. – Вестник российских университетов. Математика, № 19 (3): 1066–1070.
4. Синицына Е., Абасов М., Атанов Н., Федосеев Н., Лобур А., 2021. Оценка эффективности новой препаративной формы синтетического аттрактанта *Halyomorpha halys*. – Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, № 1 (61): 90–103. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-09.
5. Синицына Е., Проценко В., Карпун Н., Митюшев И., Лобур А., Тодоров Н., 2019. Первые полевые испытания феромонных препаратов российского производства для мониторинга и борьбы с коричнево-мраморным клопом *Halyomorpha halys* Stal. – Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, № 3: 60–79. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-3-60-79.
6. Цулая И., Ликербея К., Пестерева Н., 2012. Климат Абхазии, как фактор развития туризма (с. 256–263). Сборник научных трудов Всероссийской конференции с международным участием «Форсайт санаторно-курортной и туристской сферы». 20–21 декабря, 2012, Анапа, Россия, 394 с.
7. Aldrich J., Khirmian A., Camp M., 2007. Methyl 2,4,6-decatrionoates attract stink bugs and tachinid parasitoids. – Journal of Chemical Ecology, № 33: 801–815. URL: <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9270-9>.
8. Bosco L., Moraglio S., Tavella L., 2018. *Halyomorpha halys*, a serious threat for hazelnut in newly invaded areas. – Journal of Pest Science, № 91 (2): 661–670. URL: <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0937-x>.
9. Khirmian A., 2005. The geometric isomers of methyl-2,4,6-decatrionoate, including pheromones of at least two species of stink bugs. – Tetrahedron, № 61 (15): 3651–3657. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tet.2005.02.032>.
10. Khirmian A., Zhang A., Weber D., Ho H.-Y., Aldrich J., Vermillion K., Siegler M., Shirali S., Guzma F., Leskey T., 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. – Journal of Natural Products, № 77 (7): 1708–1717. URL: <https://doi.org/10.1021/np5003753>.
11. Kriticos D., Kean J., Phillips C., Senay S., Acosta H., Haye T., 2017. The potential global distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, a critical threat to plant biosecurity. – Journal of Pest Science, № 90 (4): 1033–1043. URL: <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0869-5>.

REFERENCES

1. Zhimerikin V., Smirnov Yu. Pest risk analysis of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* Stal for the territory of the Russian Federation [Analiz fitosanitarnogo riska korichnevo mramornogo klopa *Halyomorpha halys* Stal dlya territorii Rossiyskoy Federatsii]. All-Russian Plant Quarantine Center, M., 2013; 55 p. (in Russian).
2. Zhimerikin V., Guliy V. Brown marmorated stink bug [Mramornyy klop]. *Plant Protection and Quarantine*, 2014; 4: 40–43 (in Russian).
3. Panova M. Agriculture of Hungary in the context of European integration [Selskoye khozyaystvo Vengrii v usloviyakh yevrointegratsii]. *Bulletin of Russian Universities. Mathematics*, 2014; 19 (3): 1066–1070 (in Russian).
4. Sinitsyna E., Abasov M., Atanov N., Fedoseev N., Lobur A. Evaluation of the effectiveness of a new preparative form of the synthetic attractant *Halyomorpha halys* [Otsenka effektivnosti novoy preparativnoy formy sinteticheskogo attraktanta *Halyomorpha halys*]. *Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education*, 2021; 1 (61): 90–103. DOI: 10.32786 / 2071-9485-2021-01-09 (in Russian).
5. Sinitsyna E., Protsenko V., Karpun N., Mityushev I., Lobur A., Todorov N. The first field trials of Russian-made pheromone preparations for monitoring and control of the brown marble bug *Halyomorpha halys* Stal. *Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy*, 2019; 3: 60–79. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-3-60-79 (in Russian).
6. Tsulaya I., Likerbeya K., Pestereva N. The climate of Abkhazia as a factor in the development of tourism (p. 256–263) [Klimat Abkhazii, kak faktor razvitiya turizma]. Collection of scientific papers of the All-Russian conference with international participation “Forecast of the sanatorium-resort and tourism sector”. December 20–21, 2012, Anapa, Russia, 394 p. (in Russian).
7. Aldrich J., Khirmian A., Camp M. Methyl 2,4,6-decatrionoates attract stink bugs and tachinid parasitoids. *Journal of Chemical Ecology*, 2007; 33: 801–815. URL: <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9270-9>.
8. Bosco L., Moraglio S., Tavella L. *Halyomorpha halys*, a serious threat for hazelnut in newly invaded areas. *Journal of Pest Science*, 2018; 91 (2): 661–670. URL: <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0937-x>.
9. Khirmian A. The geometric isomers of methyl-2,4,6-decatrionoate, including pheromones of at least two species of stink bugs. *Tetrahedron*, 2005; 61 (15): 3651–3657. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tet.2005.02.032>.
10. Khirmian A., Zhang A., Weber D., Ho H.-Y., Aldrich J., Vermillion K., Siegler M., Shirali S., Guzma F., Leskey T. 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): 1708–1717. URL: <https://doi.org/10.1021/np5003753>.
11. Kriticos D., Kean J., Phillips C., Senay S., Acosta H., Haye T. The potential global distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, a critical threat to plant biosecurity. *Journal of Pest Science*, 2017; 90 (4): 1033–1043. URL: <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0869-5>.

12. Leskey T., Khirmian A., Weber D., Aldrich J., Short B., Lee D., Morrison III W., 2015. Behavioral responses of the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) to traps baited with stereoisomeric mixtures of 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol. – *Journal of Chemical Ecology*, № 41 (4): 418–429. URL: <https://doi.org/10.1007/s10886-015-0566-x>.
13. Morrison III W., Cullum J., Leskey T., 2015. Evaluation of trap designs and deployment strategies for capturing *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). – *Journal of Economic Entomology*, № 108 (4), 1683–1692. URL: <https://doi.org/10.1093/jee/tov159>.
14. Murvanidze M., Krawczyk G., Inasaridze N., Dekanoidze L., Samsonadze N., Macharashvili M., Khutishvili S., Shengelaia S., 2018. Preliminary data on the biology of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera, Pentatomidae) in Georgia. – *Turkish Journal of Zoology*, № 42 (6): 617–624. URL: <https://doi.org/10.3906/zoo-1802-34>.
15. Nielsen A., Hamilton G., Shearer P., 2011. Seasonal phenology and monitoring of the non-native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. – *Environmental Entomology*, № 40 (2): 231–238. URL: <https://doi.org/10.1603/EN10187>.
16. Streito J., Chartois M., Pierre E., Dusoulie F., Armand J., Gaudin J., Rossi J., 2021. Citizen science and niche modeling to track and forecast the expansion of the brown marmorated stinkbug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855). – *Scientific reports*, № 11 (1): 1–14. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90378-1>.
17. 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., 1996. Identification of the aggregation pheromone of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). – *Applied Entomology and Zoology*, № 31 (3): 427–431. URL: <https://doi.org/10.1303/aez.31.427>.
18. Véték G., Károlyi B., Mészáros A., Horváth D., Korányi D., 2018. The invasive brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) is now widespread in Hungary. – *Entomologia Generalis*, № 38 (1): 3–14. URL: <https://doi.org/10.1127/entomologia/2018/0631>.
19. Weber D., Leskey T., Walsh G., Khirmian A., 2014. Synergy of aggregation pheromone with methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). – *Journal of Economic Entomology*, № 107 (3): 1061–1068. URL: <https://doi.org/10.1603/EC13502>.
20. EPPO, 2021. Глобальная база ЕОКЗР (EPPO Global Database factsheet). *Halyomorpha halys*. – URL: <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA> (дата обращения: 26.08.2021).
21. Евразийская экономическая комиссия, 2021. Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза, с изменениями и дополнениями от 8 августа 2019 г. (Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 8 августа 2019 г. № 74). – URL: https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01413200/cncd_06032017_158 (дата обращения: 30.08.2021).
12. Leskey T., Khirmian A., Weber D., Aldrich J., Short B., Lee D., Morrison III W. Behavioral responses of the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) to traps baited with stereoisomeric mixtures of 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol. *Journal of Chemical Ecology*, 2015; 41 (4): 418–429. URL: <https://doi.org/10.1007/s10886-015-0566-x>.
13. Morrison III W., Cullum J., Leskey T. Evaluation of trap designs and deployment strategies for capturing *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 2015; 108 (4), 1683–1692. URL: <https://doi.org/10.1093/jee/tov159>.
14. Murvanidze M., Krawczyk G., Inasaridze N., Dekanoidze L., Samsonadze N., Macharashvili M., Khutishvili S., Shengelaia S. Preliminary data on the biology of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera, Pentatomidae) in Georgia. *Turkish Journal of Zoology*, 2018; 42 (6): 617–624. URL: <https://doi.org/10.3906/zoo-1802-34>.
15. Nielsen A., Hamilton G., Shearer P. Seasonal phenology and monitoring of the non-native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. *Environmental Entomology*, 2011; 40 (2): 231–238. URL: <https://doi.org/10.1603/EN10187>.
16. Streito J., Chartois M., Pierre E., Dusoulie F., Armand J., Gaudin J., Rossi J. Citizen science and niche modeling to track and forecast the expansion of the brown marmorated stinkbug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855). *Scientific reports*, 2021; 11 (1): 1–14. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90378-1>.
17. 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; 31 (3): 427–431. URL: <https://doi.org/10.1303/aez.31.427>.
18. Véték G., Károlyi B., Mészáros A., Horváth D., Korányi D. The invasive brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) is now widespread in Hungary. *Entomologia Generalis*, 2018; 38 (1): 3–14. URL: <https://doi.org/10.1127/entomologia/2018/0631>.
19. Weber D., Leskey T., Walsh G., Khirmian 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; 107 (3): 1061–1068. URL: <https://doi.org/10.1603/EC13502>.
20. EPPO, 2021. EPPO Global Database factsheet. *Halyomorpha halys*. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA> (last accessed: 26.08.2021).
21. Eurasian Economic Commission, 2021. Common list of quarantine objects of the Eurasian Economic Union, with amendments and additions dated August 8, 2019 (Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated August 8, 2019 No. 74). URL: https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01413200/cncd_06032017_158 (last accessed: 30.08.2021).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ekaterina Sinitsyna, Researcher, Synthesis and Application of Pheromones Department,

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Синицына Екатерина Витальевна, научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское,

Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0002-6314-3151*,
e-mail: *katesinitsyna@gmail.com*.

Ветек Габор, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры энтомологии Института защиты растений, Венгерский университет сельского хозяйства и естественных наук, г. Будапешт, Республика Венгрия; e-mail: *Vetek.Gabor@kertk.szie.hu*.

Сзита Ева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института защиты растений, Центр сельскохозяйственных исследований, Университет Этвеша Лоранда, г. Будапешт, Республика Венгрия; *ORCID 0000-0001-6335-5296*, e-mail: *szita.eva@atk.hu*.

Ковач Хайналка, сотрудник Института защиты растений, Венгерский университет сельского хозяйства и естественных наук, г. Будапешт, Республика Венгрия; e-mail: *h.kovacs23@gmail.com*.

Хари Каталин, сотрудник Института защиты растений, Венгерский университет сельского хозяйства и естественных наук, г. Будапешт, Республика Венгрия; *ORCID 0000-0002-0537-5712*, e-mail: *Radacsine.Hari.Katalin@uni-mate.hu*.

Кисс Балаш, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института защиты растений, Центр сельскохозяйственных исследований, Университет Этвеша Лоранда, г. Будапешт, Республика Венгрия; *ORCID 0000-0003-2511-9094*, e-mail: *kiss.balazs@atk.hu*.

Глебов Валерий Эдуардович, научный сотрудник научно-методического отдела Южного филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Симферополь, Республика Крым, Россия; *ORCID 0000-0002-7152-5125*, e-mail: *valeriy.glebov.93@mail.ru*.

Федосеев Назар Зиновьевич, старший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0002-3451-5040*, e-mail: *nazfed@mail.ru*.

Радионовская Яна Эдуардовна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории защиты растений ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН», г. Ялта, Республика Крым, Россия; *ORCID 0000-0002-9124-8436*, e-mail: *plantprotection-magarach@mail.ru*.

Татьяна Сергеевна Рыбарева, агроном научно-методического отдела Южного филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Симферополь, Республика Крым, Россия; *ORCID 0000-0001-5242-0849*, e-mail: *diza_alex_a@mail.ru*.

ФГБУ «ВНИИКР», Быково, Раменское, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0002-6314-3151*, e-mail: *katesinitsyna@gmail.com*.

Gabor Véték, PhD in Agriculture, Associate Professor, Department of Entomology, Institute of Plant Protection, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Budapest, Republic of Hungary; e-mail: *Vetek.Gabor@kertk.szie.hu*.

Eva Szita, PhD in Biology, Senior Researcher, Plant Protection Institute, Agricultural Research Center, Eötvös Loránd University, Budapest, Republic of Hungary; *ORCID 0000-0001-6335-5296*, e-mail: *szita.eva@atk.hu*.

Hajnalka Kovacs, Associate of the Plant Protection Institute, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Budapest, Republic of Hungary; e-mail: *h.kovacs23@gmail.com*.

Katalin Hari, Associate of the Plant Protection Institute, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Budapest, Republic of Hungary; *ORCID 0000-0002-0537-5712*, e-mail: *Radacsine.Hari.Katalin@uni-mate.hu*.

Balazs Kiss, PhD in Biology, Senior Researcher, Plant Protection Institute, Agricultural Research Center, Eötvös Loránd University, Budapest, Republic of Hungary; *ORCID 0000-0003-2511-9094*, e-mail: *kiss.balazs@atk.hu*.

Valery Glebov, Researcher, Research and Methodology Department, Southern Branch of FGBU «ВНИИКР», Simferopol, Republic of Crimea, Russia; *ORCID 0000-0002-7152-5125*, e-mail: *valeriy.glebov.93@mail.ru*.

Nazar Fedoseev, Senior Researcher, Synthesis and Application of Pheromones Department, FGBU «ВНИИКР», Быково, Раменское, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0002-3451-5040*, e-mail: *nazfed@mail.ru*.

Yana Radionovskaya, PhD in Agriculture, Leading Researcher, Plant Protection Laboratory, Federal State Budgetary Scientific Institution «VNIIViV «Magarach» RAS», Yalta, Republic of Crimea, Russia; *ORCID 0000-0002-9124-8436*, e-mail: *plantprotection-magarach@mail.ru*.

Tatiana Rybareva, Agronomist, Research and Methodology Department, Southern Branch of FGBU «ВНИИКР», Simferopol, Republic of Crimea, Russia; *ORCID 0000-0001-5242-0849*, e-mail: *diza_alex_a@mail.ru*.