

Научная статья
УДК 635.33:595.782:632.938.1
DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-219-228



Мониторинг капустной моли (*Plutella xylostella* L.) на коллекции капусты в окрестностях Санкт-Петербурга

Ю. А. Захарова¹, А. Н. Фролов¹, А. М. Артемьева²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

²Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Юлия Александровна Захарова, yzaharova@vizr.spb.ru

Актуальность. Капустная моль *Plutella xylostella* L. приобрела в настоящее время статус самого опасного вредителя растений сем. Brassicaceae в мире, в том числе в России. С целью выявления устойчивых форм растений к вредителю в окрестностях г. Санкт-Петербурга проведена полевая оценка образцов капусты из мировой коллекции ВИР по заселенности и поврежденности растений капустной молью.

Материалы и методы. Заселенность растений капустной молью оценивали на модельных образцах при осмотре всех растений на делянке по (1) количеству гусениц и куколок, (2) поврежденности листьев, используя стандартную балльную шкалу. Численность имаго контролировали с помощью клеевых ловушек типа «Дельта» двух конструкций: (1) картонных, снабженных коммерческими диспенсерами с синтетическим половым феромоном, и (2) пластиковых светодиодных ловушек, сконструированных в ВИЗР.

Результаты. Результаты полевых учетов свидетельствуют об очень высокой вариации образцов капусты по заселяемости и повреждаемости растений капустной молью. Данные по численности имаго вредителя, полученные с помощью феромонных ловушек, хорошо коррелировали с оценками плотности преимагинальных стадий вредителя на растениях. Уловистость светодиодных ловушек очень сильно варьировала в течение сезона. В июне – начале июля, то есть в период «белых» ночей, светодиодные ловушки ловили имаго капустной моли гораздо слабее феромонных, но во второй половине июля – августе их уловистость существенно превышала таковую феромонных. В итоге связь между оценками численностей преимагинальных стадий развития на растениях и имаго в светодиодных ловушках оказалась отрицательной.

Заключение. Полученные материалы свидетельствуют о несомненной перспективности изучения мировой коллекции ВИР на предмет выявления источников устойчивости к капустной моли, мониторинг численности которой в северных регионах обитания вредителя рекомендуется проводить с использованием феромонных ловушек.

Ключевые слова: растение, сортообразец, насекомое, половой феромон, светодиод, ловушка

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-26-00199). Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Захарова Ю.А., Фролов А.Н., Артемьева А.М. Мониторинг капустной моли (*Plutella xylostella* L.) на коллекции капусты в окрестностях Санкт-Петербурга. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022;183(4):219-228. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-219-228

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-219-228

Monitoring of the diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) on the *Brassica oleracea* L. collection in the vicinity of St. Petersburg

Yu. A. Zakharova¹, A. N. Frolov¹, A. M. Artemyeva²¹All-Russian Research Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia²N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia**Corresponding author:** Yulia A. Zakharova, yzaharova@vizr.spb.ru

Background. Diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) has now acquired the status of the most dangerous pest of plants from the Brassicaceae family in the world, including Russia. In order to identify genotypes resistant to the pest, cabbage accessions from the VIR global collection were assessed in the field according to plant infestation and damage by diamondback moth in the vicinity of St. Petersburg.

Materials and methods. The infestation of plants by diamondback moth was assessed on model accessions when examining all plants in the plot by (1) the number of larvae and pupae, and (2) leaf damage, assessed using a standard scoring scale. The number of adults was monitored using sticky Delta traps of two designs: (1) cardboard traps equipped with commercial dispensers with synthetic sex pheromone, and (2) plastic LED traps designed at VIZR.

Results. The results of field surveys attested to very high variation among cabbage accessions in the rates of infestation and damage to plants caused by diamondback moth. The data on the abundance of adults caught by pheromone traps correlated well with the estimates of larval and pupal density of the pest on plants. The capture rate of diamondback moths with LED traps varied greatly during the season. In June/early July, i.e., during the period of the so called “white” nights, LED traps caught diamondback moths much worse than pheromone ones, but during the second half of July and August their capture rate significantly exceeded that of pheromone traps. As a result, the relationship between numbers of diamondback moth larvae on plants and adults in LED traps turned out to be negative.

Conclusion. The resulting materials indicate obvious prospects of studying the VIR global collection in order to identify sources of host plant resistance to diamondback moth. The abundance of this pest in northern regions of its spreading is recommended to be controlled with pheromone traps.

Keywords: plant, accession, insect, sex pheromone, LED, trap

Acknowledgements: the research was supported by the grant from the Russian Science Foundation (Project No. 22-26-00199). The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Zakharova Yu.A., Frolov A.N., Artemyeva A.M. Monitoring of the diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) on the *Brassica oleracea* L. collection in the vicinity of St. Petersburg. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(4):219-228. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-219-228

Введение

Капустная моль *Plutella xylostella* L (Lepidoptera: Plutellidae) в последние десятилетия практически повсеместно приобрела статус наиболее опасного вредителя растений семейства капустных (Furlong et al., 2013; Philips et al., 2014; Li et al., 2016; Fathipour, Mirhosseini, 2017; Gautam et al., 2018), включая территорию России, причем уровень ущерба от ее вредной деятельности продолжает неуклонно расти (Andreeva et al., 2021). Так, если до середины прошлого века капустную моль редко рассматривали в качестве серьезного вредителя, то уже к 90-м годам прошлого столетия затраты на борьбу с этим насекомым в мире оценивались в 1 миллиард долларов США ежегодно (Talekar, Shelton, 1993), а спустя два десятилетия эта оценка выросла как минимум до 4-5 миллиардов долларов (Zalucki et al., 2012).

Выполненные в России и за рубежом многочисленные исследования свидетельствуют о широкой изменчивости видов и сортов кормовых растений, в том числе капусты, по степени их заселяемости и повреждаемости капустной молью, а также воздействию на выживаемость и биологические свойства насекомого, то есть по антибиотическим свойствам и уровню антиксеноза растений (Asyakin, Ivanova, 1988; Hamilton et al., 2005; Sarfraz et al., 2007; Fathi et al., 2011; Fathipour et al., 2019, Bagrov et al., 2020).

Наиболее популярная овощная культура в России – капуста. Мировая коллекция капусты ВИР представляет собой ценнейший источник генетического материала, в том числе по устойчивости к разнообразным биотическим и абиотическим стрессовым факторам (Artemyeva, Chesnokov, 2012), в связи с чем перспективность ее изучения на предмет выявления источников и доноров устойчивости к капустной моли не вызывает сомнений. Однако для того, чтобы эффективно осуществлять изучение коллекционного материала по повреждаемости растений вредным насекомым на естественном фоне заселения, необходимо прежде всего определиться с выбором технологии мониторинга сезонных колебаний численности вредного объекта.

Благодаря уникальным свойствам (селективности действия, высокой эффективности, низкой токсичности, высокой летучести и слабой персистентности), синтетические аналоги феромонов приобрели огромную популярность в качестве средств фитосанитарного мониторинга вредных насекомых (Ryatnova et al., 2016). Начиная с 1970-х годов, мониторинг капустной моли, как правило, осуществляют с помощью ловушек, снабженных синтетическими половыми феромонами (Chisholm et al., 1983; Hallett et al., 1995; Kuwahara et al., 1996; Reddy, Urs, 1996; Sulifoa, Ebenebe, 2007; Evenden, Gries, 2010; Miluch et al., 2013, 2014; Semerenko, 2019; Bobreshova et al., 2020).

Несмотря на кажущуюся простоту практического применения, половые феромоны чешуекрылых не лишены серьезного недостатка, ибо привлекают лишь самцов, прогностическая ценность которых существенно уступает таковой самок, ведь вредоносное поколение появляется из откладываемых самками яиц, к плотности которых численность самцов имеет весьма опосредованное отношение (Witzgall et al., 2010). Поэтому неудивительно, что порой появляются сообщения о том, что плотность бабочек, отловленных ловушками с половым феромоном, не коррелирует с плотностью вредящих растениям гусениц (Miluch et al., 2013). Решение проблемы недостаточно эффективного мониторинга вредителя

с помощью полового феромона лежит в области использования в ловушках таких приманок, которые были бы аттрактивны для имаго обоих полов, что достигается, например, при использовании в качестве приманки химических соединений растительного происхождения, аттрактивных для яйцекладущих самок (Li et al., 2012). Привлечения в ловушки особей обоих полов можно также достичь благодаря использованию эффекта аттракции насекомых искусственными источниками света. Давно известно, что активные в сумеречное и ночное время суток имаго капустной моли энергично летят на свет (Williams, 1939).

Хотя световые ловушки в качестве средства мониторинга вредных насекомых используются более 150 лет, широкому их использованию препятствовали громоздкость конструкций и энергозависимость от источника питания. В последние годы ситуация изменилась благодаря появлению светодиодной техники, имеющей малые размеры, высокую энергоэффективность и длительный срок службы.

Впрочем, как средство мониторинга световые ловушки, равно как и феромонные, не лишены определенных недостатков. Так, хотя световые ловушки обеспечивают в целом значительно большие объемы вылова особей целевых объектов мониторинга, их аттрактивная способность сильнее варьирует от года к году, и кроме того, они неизбирательны в отношении видового состава насекомых и потому потенциально способны нанести определенный ущерб полезной энтомофауне (Frolov et al., 2021).

Цель настоящей работы – оценить достоинства и недостатки светодиодных и феромонных ловушек при мониторинге капустной моли на капусте в окрестностях Санкт-Петербурга, а также оценить перспективы изучения мировой коллекции ВИР по заселяемости и повреждаемости растений капустной молью.

Материал и методы

Мониторинг капустной моли проводили на опытном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ППЛ ВИР, Санкт-Петербург, г. Пушкин) в 2020–2021 гг. (59°42'51" с. ш. и 30°23'47" в. д.), расположенной на Приневской низине левого берега р. Невы.

В 2020 г. площадь участка, занятого коллекцией капусты ВИР, составила 1512 м². Предшественники – кабачок, тыква. Высадка рассады капусты была произведена 2-3 июня, через 2 недели провели подкормку аммиачной селитрой. Всего было высажено 212 образцов капусты (белокочанная, краснокочанная, листовая, брюссельская, цветная, брокколи), представленных зарубежными и отечественными сортами и гибридами. Ширина междурядий – 70 см. Расстояние между растениями – 60 см. Количество растений на делянке – 20, без повторностей. В процессе выращивания проводили прополки, рыхления, междурядные обработки до смыкания листьев, подкормку аммиачной селитрой.

В 2021 г. площадь участка, занятого коллекцией капусты ВИР, составила 1666 м². Предшественники – кабачок, тыква. Растения выращивали через рассаду, без пикировки, в кассетах. Перед высадкой в поле рассада была обработана препаратом Актара, в грунт внесены навоз и минеральные удобрения. Высадку рассады в поле производили 2-3 июня. Через 2 недели после высадки осуществляли подкормку аммиачной селитрой. Всего на участке было высажено 269 образцов капусты (белокочанная,

краснокочанная, савойская, кольраби, листовая, брюссельская, цветная, брокколи), представленных зарубежными и отечественными сортами и гибридами. Ширина междурядий – 70 см. Расстояние между растениями – 60 см. Количество растений на делянке – 20, без повторностей. В процессе выращивания проводили прополки, рыхления, междурядные обработки до смыкания листьев, подкормку аммиачной селитрой.

Для мониторинга имаго капустной моли использовали клеевые ловушки типа «Дельта» двух конструкций: (1) картонные, снабженные коммерческими диспенсерами с синтетическим половым феромоном капустной моли, производства компании ООО «Феромон», и (2) сходные с ними по форме и размерам пластиковые светодиодные ловушки, сконструированные во Всероссийском институте защиты растений (ВИЗР) (Miltyn et al., 2020). Последние были снабжены съемной касетой с двумя УФ-светодиодами пиковой мощности 3 Вт каждый, испускающими свет длиной волны 365–370 нм в противоположные друг от друга стороны вдоль корпуса ловушки. Источником питания служили 6 аккумуляторов 1,2 В, 2200 мА/час, а управляющим устройством – микроконтроллер Attiny 13А, который позволял автоматически перепрограммировать порог срабатывания ловушки по освещенности. На дно ловушек обеих конструкций помещали стандартные по размерам (170 × 100 мм²) клеевые вкладыши производства ООО «Феромон».

Ловушки размещали на кольях на расстоянии не ближе 10 м друг от друга, а также от края поля, занятого капустой, тремя рандомизированными блоками сразу после высадки рассады капусты в грунт. До попадания первых особей капустной моли в ловушки последние осматривали ежедневно, последующие учеты проводили дважды в неделю. Во время осмотра ловушек подсчитывали и удаляли с клеевых вкладышей пойманных имаго, одновременно меняли в светодиодных ловушках аккумуляторы для их подзарядки. Замену вкладышей осуществляли по мере необходимости, а феромонные диспенсеры в ловушках меняли 1 раз в месяц.

Заселенность и поврежденность образцов капусты гусеницами капустной моли оценивали на модельных образцах при осмотре всех растений на делянке по (1) количеству гусениц и куколок, а также (2) поврежденности листьев капусты, оцененной по 6-балльной шкале согласно известной методике (Asyakin et al., 2001):

0 баллов – повреждения отсутствуют;

1 балл – следы повреждений, потеря 5% листовой поверхности;

2 балла – слабая поврежденность, потеря от 5 до 25% листовой поверхности (в среднем около 15%);

3 балла – средняя поврежденность, потеря от 25 до 50% листовой поверхности (в среднем около 30%);

4 балла – сильная поврежденность, потеря от 50 до 75% листовой поверхности (в среднем около 50%);

5 баллов – очень сильная поврежденность, потеря от 75 до 100% листовой поверхности (в среднем около 75%).

Средневзвешенный балл поврежденности листьев каждого образца оценивали по формуле:

$$P = \frac{(P1 \times 1) + \dots + (P5 \times 5)}{N},$$

где P – средневзвешенный балл поврежденности; P1 – P5 – количества растений с повреждениями листьев, оцениваемыми баллами 1...5 соответственно; N – количество растений в пробе.

Статистический анализ полученных данных проводили с помощью Tibco Statistica 13.5. Перед проведением анализа фактические значения плотностей насекомых преобразовывали по формуле $(x + 0,5)^{1/2}$ согласно известным рекомендациям (Roelofs, Cardé, 1977).

Результаты

Динамика отлова имаго капустной моли феромонными и светодиодными ловушками в 2020 и 2021 г. представлена на рисунке 1, свидетельствующем, что хотя в июне – начале июля аттрактивность феромонных ловушек существенно превышала таковую светодиодных, уже с середины августа светодиодные ловушки ловили намного больше имаго вредителя, чем феромонные.

Важно отметить, что среди насекомых, отловленных установленными на поле капусты светодиодными ловушками, абсолютно преобладали особи капустной моли, то есть целевой объект мониторинга (рис. 2).

Результаты полевой оценки поврежденности ряда коллекционных образцов капусты, выполненной в 2021 г., представлены в таблице 1.

Декадные данные усредненных значений плотностей гусениц и куколок капустной моли на растениях капусты и отловов имаго капустной моли (табл. 2) использовали для расчета корреляций. Связь между численностями особей преимагинальных стадий на растениях и имаго, отловленных феромонными ловушками, оказалась положительной и высокодостоверной ($r = 0,864$, $p_{\alpha} = 0,01$). Статистическую достоверность отрицательной зависимости между численностями особей преимагинальных стадий и отловленных светодиодными ловушками имаго доказать не удалось ($r = -0,636$, $p_{\alpha} = 0,12$).

Обсуждение результатов

Уже первые полученные результаты свидетельствуют о значительной вариации коллекционных образцов капусты по заселяемости и повреждаемости капустной молью. Так, в испытаниях 2021 г. два образца, а именно белокочанная 'Глория Стар F1' (фирма Syngenta) и красная листовая 'Кале' (Россия), вообще не повреждались капустной молью. Следует отметить, что разновидность капусты огородной «листовая капуста» в среднем устойчива как к специализированным вредителям капустных культур (капустные моль, белянка, муха), так и общим вредителям овощных культур (капустная совка). Слабую поврежденность листьев (0–1 балл) обнаружили 14 образцов – белокочанная капуста: 'Kilastress F1' (Швейцария), 'Globe Jellows Resistant' (США), 'Молоканка' (Краснодарский край), 'Сахарная гора F1' (фирма Седек), 'Тага F1' (фирма Седек), 'Надзья' (Беларусь), 'Оригами F1' (Испания) – то есть как староместный жароустойчивый сорт с сильным восковым налетом ('Молоканка'), так и новейшие гибриды отечественной и зарубежной селекции; цветная капуста: 'Telergy F1' (Нидерланды), 'Sutton's Autumn Protecting' (Великобритания), 'Inca' (Нидерланды), 'Esno 13' (Индия), 'Newton Seale' (Великобритания); савойская капуста: 'Vertus-Verius' (Германия), 'Фиолетовое кружево' (Россия). По предварительным данным, савойская капуста в целом в слабой степени повреждается листогрызущими вредителями, возможно, вследствие сильной пузырчатости листьев. Умеренной поврежденностью листьев (1–2 балла) характеризовались 9 образцов – белокочанная капуста: 'Азиатский экспресс F1'

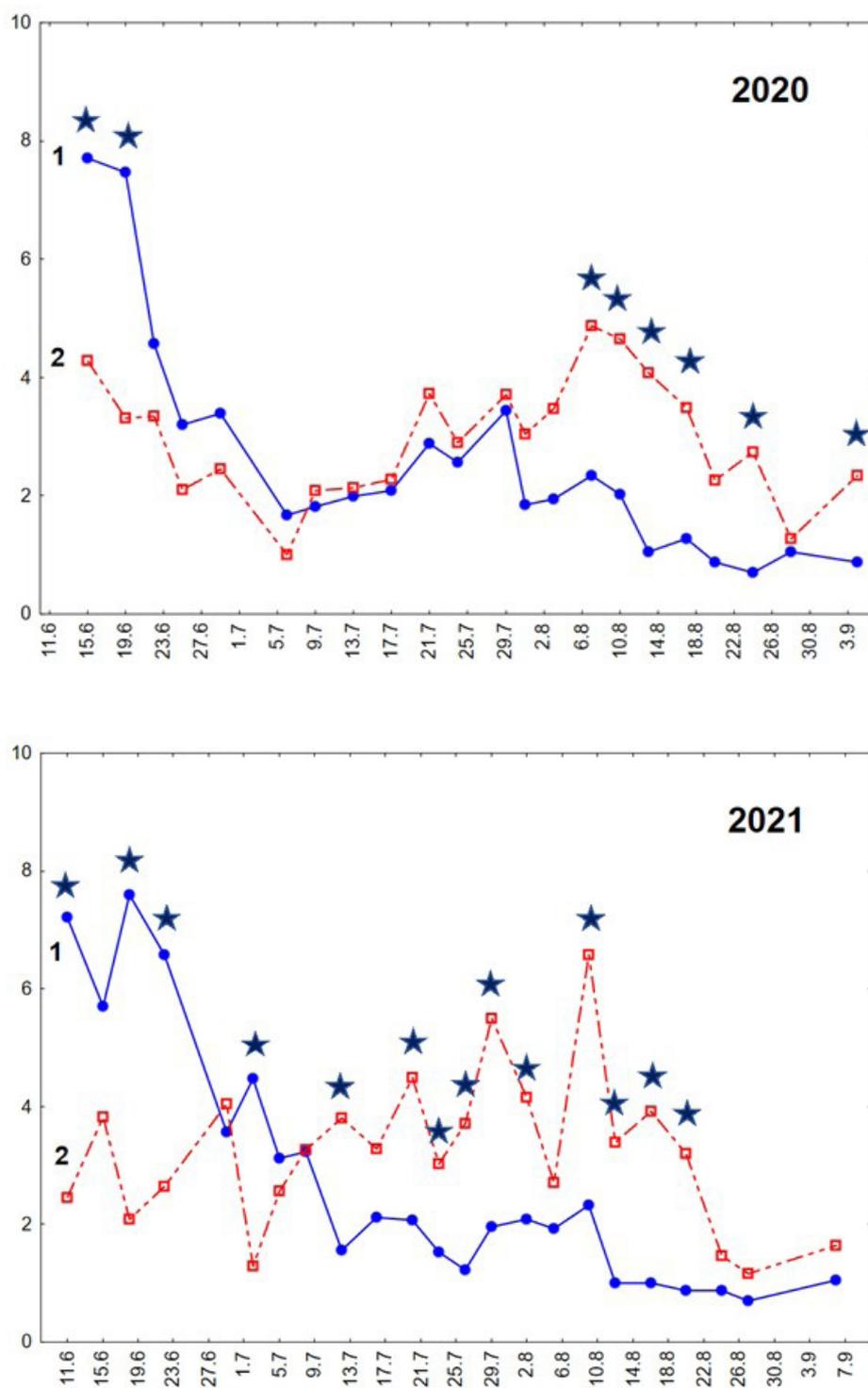


Рис. 1. Динамика вылова имаго капустной моли феромонными (1) и светодиодными (2) ловушками в 2020 и 2021 г.

По оси абсцисс – даты учетов, по оси ординат – количество пойманных имаго $(x + 0,5)^{1/2}$ в расчете на 1 ловушку. Звездочками обозначены учеты, при проведении которых количества насекомых, отловленных в феромонные и светодиодные ловушки, достоверно отличались согласно t-критерию Стьюдента при $p_{\alpha} \leq 0,05$ (ППЛ ВИР, 2020 и 2021 гг.)

Fig. 1. Dynamics of capturing diamondback moth adults with pheromone (1) and LED (2) traps in 2020 and 2021. X axis – recording dates, Y axis – mean numbers of diamondback moth adults captured $(x + 0,5)^{1/2}$ per 1 trap. Asterisks mark significant differences according to Student's t-test at $p_{\alpha} \leq 0,05$ (PPL VIR, 2020 and 2021)



Рис. 2. Клеевой вкладыш с отловленными имаго капустной моли, извлеченный из установленной на поле капусты светодиодной ловушки

Fig. 2. An adhesive insert with captured diamondback moth adults removed from the LED trap installed in the field of *Brassica oleracea* cultivars

Таблица 1. Результаты полевой оценки образцов капусты на поврежденность капустной молью (ППЛ ВИР, 2021 г.)

Table 1. Damage scores of *Brassica oleracea* cultivars caused by diamondback moth larvae in the field (PPL VIR, 2021)

Культура / Стор	№ по каталогу ВИР / VIR catalogue No.	Сортообразец / Cultivar accession	Средневзвешенный балл поврежденности листьев / Mean leaf damage score
Белокочанная / White cabbage	вр.2298	Глория Стар F1	0
	вр.2317	Kilastress F1	0,36
	вр.2258	Оригами F1	0,61
	2772	Надзея	0,75
	вр.2287	Сахарная гора F1	0,77
	1741	Молоканка	0,9
	вр.2284	Гаара F1	0,96
	1644	Globe Jellows Resistant	1
	вр.2263	Prestar F1	1,27
	вр.2313	Rosberg F1	1,46
	вр.2288	Тулуза F1	1,46
	вр.2283	Азиатский экспресс F1	1,57
	вр.2259	Ферро	1,67
	вр.2314	Lauda F1	1,67
	вр.2306	Bejo 3157 F1	2,11
вр.2294	местный сорт, Армения	2,37	
вр.2304	Рингтон F1	3,79	

Таблица 1. Окончание
Table 1. The end

Культура / Crop	№ по каталогу ВИР / VIR catalogue No.	Сортообразец / Cultivar accession	Средневзвешенный балл поврежденности листьев / Mean leaf damage score
Цветная / Cauliflower	вр.1016	Telergy F1	0,36
	1001	Sutton's Autumn Protecting	0,4
	1117	Есно 13	0,57
	942	Inca	0,75
	1047	Newton Seale	1
	800	Champion of England	1,64
Краснокочанная / Red cabbage	вр.201	Mohrenkopf	1,25
Савойская / Savoy cabbage	вр.215	Vertus-Verius	0,89
	вр.216	Фиолетовое кружево	1
Листовая / Kale	вр.290	Кале красная	0
	вр.297	Berza (MBG-BRS0031)	1,32

Таблица 2. Подекадные данные средних значений плотностей гусениц и куколок капустной моли на растениях капусты и отловленных феромонными и светодиодными ловушкам имаго вредителя (ППЛ ВИР, 2021 г.)

Table 2. Mean estimates of the numbers of diamondback moth on *Brassica oleracea* plants and adults captured with pheromone and LED traps per a 10-day part of a month (PPL VIR, 2021)

Учеты/ Monitoring		Плотность насекомых, $(x + 0.5)^{1/2}$ / Insect density, $(x + 0.5)^{1/2}$		
Месяц / Month	Декада / 10 day period	Гусеницы и куколки на растениях / Larvae and pupae per plant	имаго в ловушках / of adults per 1 trap:	
			феромонных / pheromone	светодиодных / LED
Июнь/ June	2	1,574	7,524	8,907
	3	3,246	8,880	10,340
Июль/ July	1	2,562	7,859	9,658
	2	2,929	7,236	10,232
	3	1,257	6,136	11,390
Август/ August	1	1,057	6,309	13,003
	2	0,938	5,420	13,611

(фирма Седек), 'Rosberg F1' (Швейцария), 'Prestar F1' (фирма Takii Seed), 'Lauda F1' (Швейцария), 'Тулуза F1' (фирма «Седек»), 'Ферро' (фирма Monsanto); местный сорт листовой капусты кормового назначения с нежным листом и высоким содержанием сахаров: 'Berza' (MBG-BRS0031) (Испания); цветная капуста: 'Champion of England' (Великобритания); краснокочанная капуста: 'Mohrenkopf' (Турция), высоким уровнем повре-

жденности (2-3 балла) – 2 образца: белокочанная капуста: 'Вежо 3157 F1' (Нидерланды), местный сорт Армении, а максимально высоким (3,79 балла) – 1 образец: 'Рингтон F1' (фирма Syngenta).

Что касается мониторинга численности имаго капустной моли по данным отловов ловушками разных конструкций, то полученные результаты свидетельствуют о том, что снабженные синтетическим половым феромо-

ном ловушки обеспечивают получение данных, хорошо коррелирующих с оценками плотности преимагинальных стадий вредителя на растениях. Светодиодные ловушки обнаружили существенно более низкую аттрактивность в сравнении с феромонными в июне – начале июля, то есть в период «белых» ночей в Санкт-Петербурге, когда естественное освещение в ночное время остается достаточно высоким и ночь состоит лишь из сумерек. По завершении периода «белых» ночей привлекательность светодиодных ловушек для насекомых резко падает. В результате связь между оценками численностей преимагинальных стадий развития на растениях и имаго в ловушках оказывается, как это ни парадоксально, отрицательной.

Впрочем, испытания светодиодной техники позволили сделать весьма важный вывод: установленные на полях капусты светодиодные ловушки по спектру отловленных энтомологических объектов в негативную сторону существенно не отличались от феромонных, а именно в отношении их возможного отрицательного воздействия на нецелевую и особенно полезную энтомофауну, поскольку подавляющее большинство отловленных на свет насекомых представляли собой капустную моль (см. рис. 2).

Заключение

Капустная моль в последние десятилетия превратилась в одного из наиболее опасных вредителей капустных культур в мире. Первые результаты обследования отдельных образцов из мировой коллекции капусты ВИР свидетельствуют о перспективности ее изучения на предмет выявления образцов, устойчивых к капустной моли.

В условиях Санкт-Петербурга феромонные ловушки, в отличие от светодиодных, способны обеспечить надлежащий контроль численности вредителя на посадках капусты. При этом светодиодные ловушки могут оказаться полезными при мониторинге вредителя в южных регионах, где феномен «белых» ночей отсутствует.

Официально период «белых» ночей в Санкт-Петербурге длится с 11 июня по 2 июля, однако среди туристических компаний циркулирует иная точка зрения, имеющая очевидную коммерческую подоплеку, что этот период длится гораздо дольше, вплоть до 16–17 июля. Любопытно, что материалы сравнительных испытаний ловушек, представленные на рисунке 1, весьма недвусмысленно свидетельствуют о том, что с точки зрения капустной моли период «белых» ночей в Санкт-Петербурге все-таки завершается гораздо раньше – примерно к 8-9 июля, ибо до этих дат бабочки чаще привлекаются запахом полового феромона, а после – излучением светодиодов.

References / Литература

Andreeva I.V., Shatalova E.I., Khodakova A.V. The diamondback moth *Plutella xylostella*: ecological and biological aspects, harmfulness, population control. *Plant Protection News*. 2021;104(1):28-39. [in Russian] (Андреева И.А., Шаталова Е.И., Ходакова А.В. Капустная моль *Plutella xylostella*: эколого-биологические аспекты, вредность, контроль численности. *Вестник защиты растений*. 2021;104(1):28-39). DOI: 10.31993/2308-6459-2021-104-1-14947

Artemyeva A.M., Chesnokov Yu.V. Ecologic and geographic research of cabbage collection: from N.I. Vavilov till pres-

ent days. *Proceedings of Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2012;169:128-136. [in Russian] (Артемьева А.М., Чесноков Ю.В. Эколого-географическое изучение коллекции капусты: от Н.И. Вавилова до наших дней. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2012;169:128-136).

- Asyakin B.P., Ivanova O.V. Influence of resistant varieties on population characteristics of the main pests of cabbage (Vliyaniye ustoychivyykh sortov na populyatsionnye kharakteristiki osnovnykh vreditel'ey kapusty). In: N.A. Vilкова (ed.). *Variability of insect pests in the conditions of scientific and technological progress in agriculture. Proceedings of scientific papers of the All-Union Research Institute of Plant Protection (Izmenchivost nasekomykh-vreditel'ey v usloviyakh nauchno-tekhnicheskogo progressa v selskom khozyaystve. Sbornik nauchnykh trudov Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zashchity rasteniy)*. Leningrad; 1988. p.84-92. [in Russian] (Асякин Б.П., Иванова О.В. Влияние устойчивых сортов на популяционные характеристики основных вредителей капусты. В кн.: *Изменчивость насекомых-вредителей в условиях научно-технического прогресса в сельском хозяйстве. Сборник научных трудов Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений* / под ред. Н.А. Вилковой. Ленинград; 1988. С.84-92).
- Asyakin B.P., Ivanova O.V., Bogdanov V.B., Pukhaev R.V. Methods for identifying varieties of cabbage resistant to major pests (Metodika vyyavleniya sortoobraztsov kapusty, ustoychivyykh k osnovnym vreditelyam). N.A. Vilкова (ed.). St. Petersburg: VIZR; 2001. [in Russian] (Асякин Б.П., Иванова О.В., Богданов В.Б., Пухаев Р.В. Методика выявления сортообразцов капусты, устойчивых к основным вредителям / под ред. Н.А. Вилковой. Санкт-Петербург: ВИЗР; 2001).
- Bagrov R.A., Deniskina N.F., Kostenko G.A. Results of assessment of white cabbage and napa cabbage for resistance to diamondback moth and cabbage moth. *Potato and Vegetables*. 2020;(7):37-40. [in Russian] (Баргов Р.А., Денискина Н.Ф., Костенко Г.А. Результаты оценки белокочанной и пекинской капусты на устойчивость к капустной моли. *Картофель и овощи*. 2020;(7):37-40). DOI: 10.25630/PAV.2020.22.26.006
- Bobreshova I.Yu., Ryabchinskay T.A., Stulov S.V., Pyatnova Yu.B., Karakotov S.D. Method of pheromone monitoring of the cabbage moth (*Plutella xylostella* L.) – dangerous pest of rape. *Agricultural Chemistry*. 2020;(7):68-75. [in Russian] (Бобрешова И.Ю., Рябчинская Т.А., Стулов С.В., Пятнова Ю.Б., Каракотов С.Д. Метод феромониторинга капустной моли (*Plutella xylostella* L.) – опасного вредителя рапса. *Агрехимия*. 2020;(7):68-75). DOI: 10.31857/S0002188120050038
- Chisholm M.D., Steck W.F., Underhill E.W., Palaniswamy P. Field trapping of diamondback moth *Plutella xylostella* using an improved four-component sex attractant blend. *Journal of Chemical Ecology*. 1983;9(1):113-118. DOI: 10.1007/BF00987775
- Evenden M.L., Gries R. Assessment of commercially available pheromone lures for monitoring diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in canola. *Journal of Economic Entomology*. 2010;103(3):654-661. DOI: 10.1603/EC09339
- Fathi S.A.A., Bozorg-Amirkalae M., Sarfaraz R.M. Preference and performance of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) on canola cultivars. *Journal of Pest Science*. 2011;84(1):41-47. DOI: 10.1007/s10340-010-0324-3
- Fathipour Y., Kianpour R., Bagheri A., Karimzadeh J., Hosseiniavehd V. Bottom-up effects of *Brassica* genotypes on

- performance of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Protection*. 2019;115:135-141. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.09.020
- Fathipour Y., Mirhosseini M.A. Diamondback moth (*Plutella xylostella*) management. In: G.V.P. Reddy (ed.). *Integrated Management of Insect Pests on Canola and Other Brassica Oilseed Crops*. Oxford; Boston, MA: CAB International; 2017. p.13-43. DOI: 10.1079/9781780648200.0013
- Frolov A.N., Grushevaya I.V., Kononchuk A.G. Modern types of traps for monitoring Lepidoptera: case study of the European corn borer. Monograph (Sovremennyye tipy lovushek dlya monitoringa cheshuyekrylykh na primere kukuruznogo motylka. Monografiya). V.I. Dolzhenko (ed.). St. Petersburg: Naukoymkiye tekhnologii; 2021. [in Russian]. (Фролов А.Н., Грушевая И.В., Конончук А.Г. Современные типы ловушек для мониторинга чешуекрылых на примере кукурузного мотылька. Монография / под ред. В.В. Долженко. Санкт-Петербург: Научные технологии; 2021).
- Furlong M.J., Wright D.J., Dossall L.M. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. *Annual Review of Entomology*. 2013;58:517-541. DOI: 10.1146/annurev-ento-120811-153605
- Gautam M.P., Singh H., Kumar S., Kumar V., Singh G. Singh S.N. Diamondback moth, *Plutella xylostella* Linnaeus (Insecta: Lepidoptera: Plutellidae) a major insect of cabbage in India: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018;6(4):1394-1399.
- Hallett R.H., Angerilli N.P., Borden J.H. Potential for a sticky trap monitoring system for the diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae) on cabbages in Indonesia. *International Journal of Pest Management*. 1995;41(4):205-207. DOI: 10.1080/09670879509371950
- Hamilton A.J., Endersby N.M., Ridland P.M., Zhang J., Neal M. Effects of cultivar on oviposition preference, larval feeding and development time of diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), on some *Brassica oleracea* vegetables in Victoria. *Australian Journal of Entomology*. 2005;44(3):284-287. DOI: 10.1111/j.1440-6055.2005.00468.x
- Kuwahara M., Keinmeesuke P., Shirai Y. Monitoring field populations with pheromone trap and seasonal trend of adult body size of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae), in Central Thailand. *Japan International Research Center for Agricultural Sciences Journal*. 1996;3:17-22.
- Li P., Zhu J., Qin Y. Enhanced attraction of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to pheromone-baited traps with the addition of green leaf volatiles. *Journal of Economic Entomology*. 2012;105(4):1149-1156. DOI: 10.1603/ec11109
- Li Z., Feng X., Liu S.S., You M., Furlong M.J. Biology, ecology, and management of the diamondback moth in China. *Annual Review of Entomology*. 2016;61:277-296. DOI: 10.1146/annurev-ento-010715-023622
- Miltsyn A.A., Grushevaya I.V., Kononchuk I.V., Malyshev Yu.M., Tokarev Yu.S., Frolov A.N. Light trap for insect monitoring (Svetovaya lovushka dlya monitoringa nasekomykh). Russian Federation; utility model patent number: 195732; 2020. [in Russian] (Мильтцын А.А., Грушевая И.В., Конончук И.В., Малышев Ю.М., Токарев Ю.С., Фролов А.Н. Световая ловушка для мониторинга насекомых. Российская Федерация; патент на полезную модель № 195732; 2020).
- Miluch C.E., Dossall L.M., Evenden M.L. Factors influencing male *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) capture rates in sex pheromone-baited traps on canola in Western Canada. *Journal of Economic Entomology*. 2014;107(6):2067-2076. DOI: 10.1603/EC13371
- Miluch C.E., Dossall L.M., Evenden M.L. The potential for pheromone-based monitoring to predict larval populations of diamondback moth, *Plutella xylostella* L., in canola (*Brassica napus* L.). *Crop Protection*. 2013;45:89-97. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.11.023
- Philips C.R., Fu Z., Kuhar T.P., Shelton A.M., Cordero R.J. Natural history, ecology, and management of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae), with emphasis on the United States. *Journal of Integrated Pest Management*. 2014;5(3):D1-D11. DOI: 10.1603/IPM14012
- Pyatnova Yu.B., Lebedeva K.V., Karakotov S.D. The insect pheromones: on service of plant protection. *Journal of Plant Protection and Quarantine*. 2016;(5):37-40. [in Russian] (Пятнова Ю.Б., Лебедева К.В., Каракотов С.Д. Феромоны насекомых: на службе защиты растений. *Защита и карантин растений*. 2016;(5):37-40).
- Reddy G.V.P., Urs K.C.D. Studies on the Sex pheromone of the diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) in India. *Bulletin of Entomological Research*. 1996;86(5):585-590. DOI: 10.1017/S0007485300039389
- Roelofs W.L., Cardé R.T. Responses of Lepidoptera to synthetic sex pheromone chemicals and their analogues. *Annual Review of Entomology*. 1977;22(1):377-405. DOI: 10.1146/annurev.en.22.010177.002113
- Sarfraz M., Dossall L.M., Keddie B.A. Resistance of some cultivated Brassicaceae to infestations by *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology*. 2007;100(1):215-224. DOI: 10.1093/jee/100.1.215
- Semerenko S.A. Pheromone monitoring of cabbage moth in rapeseed crops and a search of effective chemicals for pest control in the conditions of the Western Ciscaucasia. *Oil Crops. Scientific and Technical Bulletin of VNIIMK*. 2019;4(180):143-151. [in Russian] (Семеренко С.А. Феромониторинг капустной моли в посевах рапса ярового и поиск эффективных химических средств защиты от вредителя в условиях Западного Предкавказья. *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК*. 2019;4(180):143-151). DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-143-151
- Sulifoa J.B., Ebenebe A.A. Evaluation of pheromone trapping of diamondback moth (*Plutella xylostella*) as a tool for monitoring larval infestations in cabbage crops in Samoa. *The South Pacific Journal of Natural and Applied Sciences*. 2007;25(1):43-46. DOI: 10.1071/SP07007
- Talekar N.S., Shelton A.M. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annual Review of Entomology*. 1993;38(1):275-301. DOI: 10.1146/annurev.en.38.010193.001423
- Williams C.B. An analysis of four years captures of insects in a light trap. Part I. General survey; sex proportion; phenology; and time of flight. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*. 1939;89(6):79-131. DOI: 10.1111/j.1365-2311.1939.tb00738.x
- Witzgall P., Kirsch P., Cork A. Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*. 2010;36(1):80-100. DOI: 10.1007/s10886-009-9737-y
- Zalucki M.P., Shabbir A., Silva R., Adamson D., Liu S.S., Furlong M.J. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? *Journal of Economic Entomology*. 2012;105(4):1115-1129. DOI: 10.1603/ec12107

Информация об авторах

Юлия Александровна Захарова, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 196608 Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, ш. Подбельского, 3, yzaharova@vizr.spb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9452-8548>

Андрей Николаевич Фролов, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 196608 Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, ш. Подбельского, 3, entomology@vizr.spb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6942-9951>

Анна Майевна Артемьева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, akme11@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6551-5203>

Information about the authors

Yulia A. Zakharova, Cand. Sci. (Biology), Associate Researcher, All-Russian Institute of Plant Protection, 3 Podbelskogo Hwy., Pushkin, St. Petersburg 196608, Russia, yzaharova@vizr.spb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9452-8548>

Andrey N. Frolov, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher, All-Russian Institute of Plant Protection, 3 Podbelskogo Hwy., Pushkin, St. Petersburg 196608, Russia, entomology@vizr.spb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6942-9951>

Anna M. Artemyeva, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, akme11@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6551-5203>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 26.07.2022; одобрена после рецензирования 27.08.2022; принята к публикации 01.12.2022.
The article was submitted on 26.07.2022; approved after reviewing on 27.08.2022; accepted for publication on 01.12.2022.