DOI: 10.31677/2072-6724-2024-73-4-124-133
УДК 632.937.3

ЗНАЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ХИЩНОГО КЛОПА *PODISUS MACULIVENTRIS*

Е.И. Шаталова, И.В. Андреева, А.В. Ходакова

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия

E-mail: elenashatalova@mail.ru

Для цитирования: *Шаталова Е.И., Андреева И.В., Ходакова А.В.* Значение экологических факторов в регуляции численности колорадского жука при использовании хищного клопа *Podisus maculiventris* // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2024. – № 4(73). – С. 124–133. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-73-4-124-133.

Ключевые слова: энтомофаг, подизус, колорадский жук, картофель, способ выпуска, биологическая эффективность, поврежденность, урожайность, экологические факторы.

Реферат. *Начиная с середины прошлого столетия в различных регионах мира известна практика применения хищного клопа Podisus maculiventris для защиты пасленовых культур от вредителей. В условиях Сибирского региона до настоящего времени использование подизуса для регуляции численности колорадского жука не нашло широкого применения, что связано как с доступностью на рынке средств защиты растений самого энтомофага, так и с необходимостью отработки методов и условий его применения при производстве органической продукции растениеводства. В работе представлены сведения о влиянии экологических факторов на динамику численности колорадского жука, выживаемость и эффективность его энтомофага на цветном сорте картофеля Rosemaria. В годы проведения исследований количество генераций фитофага, развивающихся за вегетационный сезон, зависело от температурного фактора. В 2023 г. была отмечена высокая численность второго поколения колорадского жука, обусловленная более теплыми условиями этого вегетационного периода, в то время как в 2022 г. яйцекладки и личинки второго поколения были единичными. Отмечено влияние локальных погодных условий на выживаемость выпускаемых в открытый грунт особей подизусф и, как следствие, на его регуляторную активность. Выявлены различия по эффективности энтомофага в зависимости от способа его выпуска. При равномерном расселении нимф P. maculiventris по растениям наблюдалось снижение поврежденности листьев колорадским жуком и увеличение его биологической эффективности по сравнению с вариантом выпуска подизуса в одну точку. Максимальная эффективность подизуса была отмечена на 7 сут после его повторного выпуска и составляла 87,8 и 90,9 % в 2023 и 2022 гг. соответственно в варианте с равномерным распределением энтомофага по растениям, в то время как при выпуске в контрольную точку биологическая эффективность была на уровне 63,8 и 64,4 %. Урожайность картофеля в вариантах с использованием хищного клопа была в 1,3–1,5 раза выше по сравнению с контролем и варьировала от 124,3±6,6 до 149,9±6,5 ц/га в зависимости от года исследований и способа выпуска энтомофага.*

IMPORTANCE OF ECOLOGICAL FACTORS IN THE REGULATION OF COLORADO POTATO BEETLE POPULATIONS USING THE PREDATORY BUG *PODISUS MACULIVENTRIS*

E.I. Shatalova, I.V. Andreeva, A.V. Khodakova

Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

E-mail: elenashatalova@mail.ru

Keyword: entomophage, podisus, Colorado potato beetle, potato, method of release, biological efficiency, damage, yield, environmental factors.

Abstract. *Since the middle of the last century, the practice of using the predatory bug Podisus maculiventris to protect nightshade crops from pests has been known in various regions of the world. In the conditions of the Siberian region, the use of Podisus to regulate the number of Colorado potato beetles has not found wide application to date, which is due to both the availability of the entomophage itself on the market of plant protection products and the*

need to develop methods and conditions for its use in the production of organic plant products. The paper presents information on the influence of environmental factors on the dynamics of the Colorado potato beetle population, the survival rate and the effectiveness of its entomophage on the colored potato variety Rosemaria. During the years of research, the number of phytophage generations developing during the growing season depended on the temperature factor. In 2023, a high number of the second generation of the Colorado potato beetle was noted, due to the warmer conditions of this growing season, while in 2022, egg-laying and second-generation larvae were single. The influence of local weather conditions on the survival of podisus individuals released into open ground and, as a consequence, on its regulatory activity was noted. Differences in the effectiveness of the entomophage depending on the method of its release were revealed. With uniform dispersal of P. maculiventris nymphs over plants, a decrease in leaf damage by the Colorado potato beetle and an increase in its biological effectiveness were observed compared to the option of releasing podisus at one point. The maximum effectiveness of podisus was noted on the 7th day after its repeated release and was 87.8 and 90.9 % in 2023 and 2022. respectively, in the variant with uniform distribution of the entomophage among plants, while when released at the control point, the biological efficiency was at the level of 63.8 and 64.4 %. The potato yield in the variants using the predatory bug was 1.3-1.5 times higher compared to the control and varied from 124.3±6.6 to 149.9±6.5 c/ha depending on the year of research and the method of release of the entomophage.

Размножение и развитие насекомых обусловлено влиянием разнообразных факторов окружающей среды. Абиотические факторы, преимущественно температурные, играют, как правило, ключевую роль в выживаемости, скорости развития, поведении и динамике численности насекомых, поскольку они являются пойкилотермными организмами [1]. Изменения климатических условий, наблюдаемые в последнее время в разных регионах мира, зачастую приводят к трансформации фитосанитарной обстановки в агро- и биоценозах, связанную с изменением популяционной динамики и вредоносностью некоторых фитофагов [2, 3], что, в свою очередь, оказывает прямое влияние на их естественных врагов [2, 4]. В РФ, в том числе и в Сибири, изменения погодно-климатических условий привели к удлинению вегетационных периодов, повышению теплообеспеченности сельскохозяйственных культур[1], что открывает новые перспективы для использования как аборигенных, так и интродуцированных видов энтомофагов для регуляции численности вредителей в условиях открытого грунта.

Хищные клопы признаны перспективными агентами биологической защиты растений [4–6]. В частности, ранее нами была показана принципиальная возможность использования хищного клопа подизуса (*Podisus maculiventris* Say) североамериканского происхождения, для регуляции численности колорадского жука на картофеле в условиях Сибирского региона [7]. Однако климат Сибири, отличающийся резкими перепадами погодных условий, может оказывать существенное влияние на выживаемость искусственно выпускаемых энтомофагов и, как следствие, на их эффективность. Другими важными факторами, обусловливающими регуляторную активность энтомофагов являются сроки, способы и нормы их применения, а также пространственно-временное распределение полезных видов насекомых в агроценозах [8–10]. До настоящего времени ручной способ выпуска остается основным при применении энтомофагов, как в открытом, так и в защищенном грунте, для некоторых видов используются механизированные приемы с помощью техники со специальными дозаторами для разбрасывания. Кроме того, из биотических факторов важнейшую роль в регуляторной деятельности энтомофагов играет выбор оптимального соотношения «хищник – жертва», позволяющего эффективно сдерживать распространение вредителей. Количество выпускаемых особей энтомофага может существенно варьировать в зависимости от численности фитофага, защищаемой культуры и других условий [11, 12]. В связи с этим определение норм выпуска энтомофагов, в том числе хищных клопов, имеет исключительно важное значение. Опираясь на биологические особенности, для каждого вида энтомофага целесообразно индивидуально подходить к выбору оптимальных способов и норм выпуска при учете защищаемой культуры и других условий применения [8–10, 13].

Целью наших исследований являлась оценка эффективности хищного клопа *Podisus maculiventris*, используемого для регуляции численности колорадского жука на картофеле, в зависимости от способа и количества выпускаемых особей энтомофага, а также погодных условий вегетационных периодов в Западно-Сибирском регионе.

1 Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. – М., 2023. – 104 с.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования являлись лабораторная культура подизуса *Podisus maculiventris* Say (Hemiptera: Pentatomidae) из коллекции лаборатории биологического контроля фитофагов и фитопатогенов СФНЦА РАН, а также популяции колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) в агроценозе картофеля.

Разведение хищного клопа подизуса проводили при постоянных условиях температуры +25±1 °С, влажности воздуха – 70–90 % и 16-часовом световом периоде. Для кормления энтомофага использовали три вида насекомых-жертв – личинок большой вощинной огневки, капустной моли, большого мучного хрущака[1]. Для экспериментов использовали нимф подизуса 2–3 возрастов.

Опыты проводили на полевом стационаре СФНЦА РАН в 2022–2023 гг., территориально расположенном в лесостепи Новосибирского Приобья в районе п. Краснообск Новосибирской области (54.915278 N, 82.978686 E).

Погодно-климатические условия вегетационных периодов, во время которых проводились исследования, отличались от среднемноголетних значений как по температурному режиму, так и по количеству осадков. В 2023 г. превышение нормы по среднемесячной температуре наблюдалось практически во все месяцы вегетационного сезона, 2022 г. по температуре в целом соответствовал среднемноголетним данным, за исключением очень теплого и засушливого мая, когда отклонение от нормы составляло +4,5 ºС при практическом отсутствии осадков (табл. 1). Дефицит осадков наблюдался в большинстве месяцев обоих вегетационных периодов, особенно остро недостаток осадков прослеживался в мае, который частично восполнялся дождями в отдельные летние месяцы (часто ливнями с грозами). Гидротермический коэффициент Селянинова (далее ГТК) в среднем за вегетационные периоды в агроценозе картофеля в годы проведения исследований составлял 0,6–0,9 в 2022–2023 гг. соответственно.

Таблица 1

Температура воздуха и осадки за вегетационные периоды 2022–2023 гг. по данным ГМС «Огурцово»
Air temperature and precipitation for the growing seasons 2022–2023. by according to GMS «Ogurtsovo»

Месяц	Среднемноголетние значения		Отклонения от нормы, по годам				ГТК, по годам	
	Температура воздуха, °С	Осадки, мм	Температура воздуха, °С		Осадки, %			
			2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
Май	+10,9	37	+4,5	-0,2	8	16	0,1	0,2
Июнь	+16,9	55	+0,4	+1,4	109	46	1,1	0,4
Июль	+19,4	61	-0,6	+2,1	71	87	0,8	0,9
Август	+16,2	67	-0,4	+0,9	40	191	0,4	2,1

Опыты закладывали на посадках картофеля цветного сорта Rosemaria согласно методике проведения полевых исследований[2]. Основные элементы технологии возделывания картофеля соответствовали общепринятой для данного района[3]. Агротехника картофеля включала зяблевую безотвальную обработку, ранневесеннее боронование, культивацию (15–20 см), нарезку гребней. Посадка производилась в борозды с последующим закрытием почвой. Внесение минеральных удобрений (NPK) – согласно агрохимическому анализу почвы. Предпосадочная обработка клубней во всех вариантах, включая контроль, проведена смесью биопрепаратов Алирин-Б и Гамаир согласно рекомендованным нормам расхода[4]. Уход за посадками включал междурядные обработки, окучивание, уборку.

Схема опытов вегетационных периодов 2022–2023 гг. включала три варианта:

1. Контроль (без проведения защитных мероприятий против колорадского жука).

1 *Патент* РФ № 2795991 от 16 мая 2023 г. «Способ разведения клопа подизуса Podisus maculiventris Say», авторы – Шаталова Е.И., Агриколянская Н.И., Андреева И.В., Ульянова Е.Г., Ходакова А.В.

2 *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для студ. высш. с.-х. учеб. заведений по агроном. специальностям. – М., 2012. – 351 с.

3 *Машьянова Г.К., Гринберг Е.Г., Штайнерт Т.В.* Овощные культуры и картофель в Сибири. – Новосибирск, 2010. – 523 с.

4 *Государственный* каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ, 2022–2023 гг.

2. Выпуск подизуса равномерно по делянке (далее – равномерно).

3. Выпуск подизуса в контрольную точку в середине делянки (далее – точка).

В 2022 г. учетная площадь делянки составляла 36 модельных растений, в 2023 г. – 54 модельных растения, густота посадки из расчета 35,7 тыс. растений на 1 га, площадь питания 0,4 на 0,7 м. Повторность опытов 3-кратная. Защитными полосами между делянками и по периметру опытного участка служили двухрядный посев пшеницы (2022 г.) и три ряда картофеля (2023 г.). В 2022 г. эксперимент проведен с выравниванием по делянкам количества колорадского жука из резерваций с территории Новосибирской области, в 2023 г. – на естественном фоне заселения вредителем. Наблюдения за фенологией растений и колорадского жука, динамикой численности вредителя в полевых условиях проводили 1–2 раз в неделю.

Учет поврежденности растений колорадским жуком проводили визуально с использованием пятибалльной шкалы:

1 балл – объедено до 5 % листовой поверхности;

2 балла – объедено от 5 до 25 % листовой поверхности;

3 балла – объедено от 25 до 50 % листовой поверхности;

4 балла – объедено от 50 до 75 % листовой поверхности;

5 баллов – объедено более 75 % листовой поверхности.

Выпуск нимф хищного клопа осуществляли 2-кратно: первый выпуск подизуса на опытные делянки в 2022 г. был осуществлен в период массового отрождения личинок колорадского жука (из расчета 108 нимф на делянку), повторный – через 10 сут после первого (216 нимф на делянку). Суммарно на каждую делянку было выпущено по 324 личинок подизуса, что в пересчете на 1 га составило около 200 тыс. В 2023 г. первоначальное количество нимф подизуса из расчета 30 особей на делянку было выпущено во время появления первых яйцекладок вредителя. Второй выпуск энтомофага был осуществлен в период массового отрождения личинок колорадского жука в количестве ста особей подизуса на делянку, что в общей сумме в пересчете на 1 га составляло около 90 тыс. Распределение хищника по делянке осуществляли согласно вариантам опыта. Учеты численности вредителя и энтомофага проводили с интервалом 2–5 дней после выпуска хищного клопа на посадки картофеля. Биологическая эффективность выпуска энтомофага рассчитана по формуле Аббота[1].

Учет урожайности картофеля проводили путем поделяночного взвешивания клубней с разделением на фракции (для учета товарной продукции) и пересчетом полученных результатов на 1 га.

Различия между вариантами определялись с помощью теста Краскела–Уоллиса с последующим тестом Данна для сравнения с контрольной группой с помощью программы Past 4.03.[2] Описательная статистика и графики были выполнены с использованием LibreOffice 7.6. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В годы исследований появление жуков перезимовавшего поколения было зафиксировано во второй декаде июня, а начало отрождения личинок вредителя – в третьей декаде июня.

Первый выпуск хищного клопа подизуса на опытные делянки в 2022 г. был проведен 28 июня, когда численность личинок вредителя составляла в среднем от 4,2 до 5,6 особей на растение (рис. 1). После выпуска энтомофага было зафиксировано ухудшение погодных условий – ураганный ветер и ливневые дожди, что привело к низкому заселению делянок выпущенными особями хищного клопа. Так, на 3 сут количество нимф подизуса снизилось в варианте с выпуском из одной точки в 29,5 раза, в варианте с равномерным заселением в 23 раза, а численность вредителя начала увеличиваться за счет отрождения новых личинок из яиц. В связи с этим при повторном выпуске количество выпускаемых особей было увеличено в 2 раза и составило 216 нимф на делянку. Существенное уменьшение количества личинок вредителя в опытных вариантах было отмечено после повторного выпуска энтомофага (восьмое июля) при улучшении погодных условий, при этом достоверные различия вариантов с разными способами выпуска подизуса и контролем отмечали до середины второй декады июля, после чего личинки фитофага стали уходить в почву на окукливание.

1 *Abbott W.S.* A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. – 1925. –№ 18. – P. 265–267.

2 *Гланц С.* Медико-биологическая статистика /пер. англ. Ю.А. Данилов; ред.: Н.Е. Бузикашвили, Д.В. Самойлов. – М.: Практика, 1999. – 459 с.

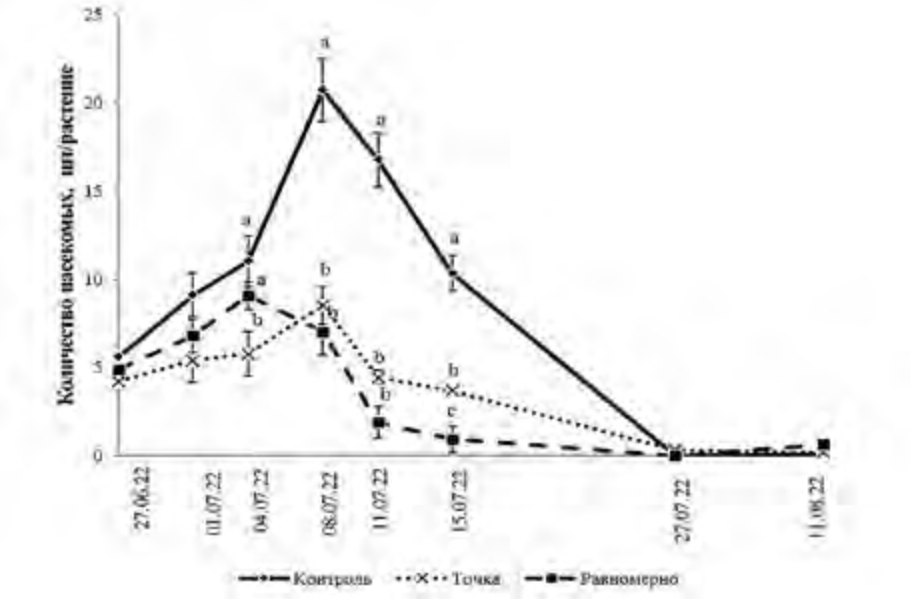

Рис. 1. Численность личинок колорадского жука в полевом эксперименте, СФНЦА РАН, 2022 г. (среднее значение ± SE). Точка – выпуск клопов из одной точки на делянке; Равномерно – равномерное расселение клопов по растениям. Одинаковыми буквами обозначены статистически не различающиеся значения при $p < 0,05$. Тест Данна использовался в качестве апостериорного анализа для теста Краскела–Уоллиса

Number of Colorado potato beetle larvae in a field experiment, SFNCA RAS, 2022 (mean ± SE). Point – bug release from one point on the plot; Uniform – uniform distribution of bugs on plants. The same letters indicate statistically indistinguishable values at $p < 0.05$. Dunn's test was used as a post hoc analysis for the Kruskal–Wallis test

В 2023 г. отмечали развитие двух поколений колорадского жука, что, вероятно, связано с превышением температуры во все летние месяцы в сравнении со среднемноголетними данными, особенно жарким был июль (см. табл. 1). Количество имаго фитофага, вышедших из зимовки, не превышало в среднем 5,5 особей на делянку, активная яйцекладка вредителя была отмечена в третьей декаде июня.

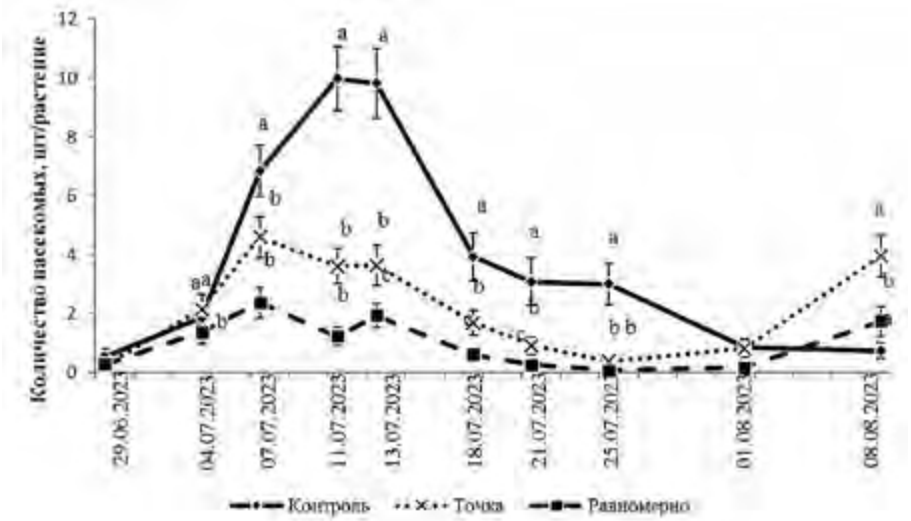

Рис. 2. Численность личинок колорадского жука в полевом эксперименте, СФНЦА РАН, 2023 г. (среднее значение ± SE). Точка – выпуск клопов из одной точки на делянке; Равномерно – равномерное расселение клопов по растениям ($p \leq 0,05$). Одинаковыми буквами обозначены статистически не различающиеся значения при $p < 0,05$. Тест Данна использовался в качестве апостериорного анализа для теста Краскела–Уоллиса

Number of Colorado potato beetle larvae in a field experiment, SFNCA RAS, 2023 (mean ± SE). Point – bug release from one point on the plot; Uniform – uniform distribution of bugs on plants ($p \leq 0.05$). The same letters indicate statistically indistinguishable values at $p < 0.05$. Dunn's test was used as a post hoc analysis for the Kruskal–Wallis test

Первый выпуск энтомофага в этом сезоне был проведен 26 июня, повторный – 4 июля. Выпущенные особи энтомофага сдерживали размножение личинок в течение всего периода развития первого поколения колорадского жука: до конца июля (рис. 2).

Использование энтомофага против личинок колорадского жука оказало влияние и на численность следующего поколения вредителя. Статистически значимые отличия между контролем и двумя способами выпуска подизуса были обнаружены при появлении имаго второго поколения. Так, во время учета 04.08.2022 было зафиксировано сокращение количества взрослых особей колорадского жука в 2,5 раза при выпуске энтомофага из одной точки и в 13,1 раза при равномерном расселении хищного клопа по сравнению с контролем (рис. 3). В дальнейшем фиксировались только единичные яйцекладки и личинки вредителя. В 2023 г. второе поколение вредителя было более многочисленным, по количеству имаго также были зафиксированы различия между контрольным и опытными вариантами.

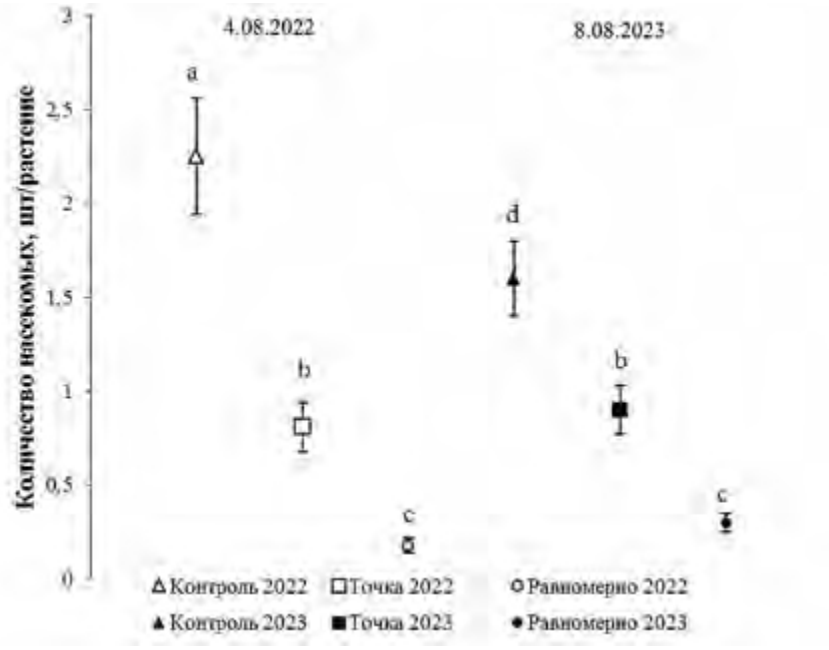

Рис. 3. Численность имаго колорадского жука второго поколения в полевом эксперименте в первую декаду августа, СФНЦА РАН, 2022–2023 гг. (среднее значение ± SE). Точка – выпуск клопов из одной точки на делянке. Равномерно – равномерное расселение клопов по растениям. Различия показаны внутри одного года. Одинаковыми буквами обозначены статистически не различающиеся значения при $p < 0,05$. Тест Данна использовался в качестве апостериорного анализа для теста Краскела–Уоллиса

Number of second-generation Colorado potato beetle adults in a field experiment in the first ten-day period of August, SFNCA RAS, 2022–2023 (mean ± SE). Point – bug release from one point on the plot. Uniform – uniform distribution of bugs on plants. Differences are shown within one year. The same letters indicate statistically indistinguishable values at $p < 0.05$. Dunn's test was used as a post hoc analysis for the Kruskal–Wallis test.

Появление личинок второго поколения фитофага в этом сезоне было отмечено в первой декаде августа (см. рис. 2), а в середине месяца их количество заметно увеличилось. При этом в экспериментальных вариантах численность вредителя даже превышала контрольные показатели, что объясняется существенной дефолиацией листового аппарата картофеля на контрольных делянках, с чем и было связано перераспределение личинок на опытные варианты, где облиственность растений была существенно больше.

Биологическая эффективность защитных мероприятий в полевых экспериментах 2022–2023 гг. была наиболее высокой в варианте с равномерным выпуском энтомофага на опытные делянки и увеличивалась после повторного выпуска хищного клопа (табл. 2). Так, максимальная эффективность подизуса достигалась на 7 сут после его повторного выпуска и составляла в варианте с равномерным выпуском энтомофага 87,8 и 90,9 % в 2023 и 2022 гг. соответственно, в то время как при выпуске в контрольную точку биологическая эффективность энтомофага была на 24–26,5 % меньше.

Таблица 2

Биологическая эффективность хищного клопа *P. maculiventris* в отношении колорадского жука в зависимости от способа выпуска (2022–2023 гг.)
Biological effectiveness of the predatory bug *P. maculiventris* against the Colorado potato beetle depending on the release method (2022–2023)

Вариант опыта	Биологическая эффективность, %		
	7 сут после 1-го выпуска	3 сут после 2-го выпуска	7 сут после 2-го выпуска
2022 г.			
Точка	47,7	73,5	64,4
Равномерно	17,7	88,8	90,9
2023 г.			
Точка	–	32,9	63,8
Равномерно	26,0	65,3	87,8

Примечание. Точка – выпуск энтомофага в контрольную точку; Равномерно – равномерный выпуск энтомофага по делянке.

Поврежденность листового аппарата картофеля определяли однократно в период завершения развития и ухода на окукливание личинок колорадского жука первого поколения, что календарно соответствовало второй декаде июля. В 2022 г. в опытных вариантах балл поврежденности листьев картофеля был достоверно ниже, чем в контроле, что отразилось на урожайности культуры (табл. 3). Так, урожайность картофеля на делянках в пересчете на гектар, где осуществляли выпуск подизуса, в вегетационный период 2022 г. была в 1,5 раза больше по сравнению с контролем. Во всех вариантах, включая контроль, преобладали средняя и крупная фракции клубней. Сходная тенденция наблюдалась и в опыте 2023 г., где в экспериментальных вариантах урожайность превышала контроль в 1,3 раза, однако достоверных различий не было отмечено как по баллу повреждения растений, так и по урожайности. Отсутствие значимых различий объясняется значительным варьированием полученных данных внутри варианта, связанного, вероятно, с неравномерным распределением вредителя, что характерно для колорадского жука.

Таблица 3

Поврежденность листового аппарата и урожайность картофеля в зависимости от способа выпуска *P. maculiventris*, сорт Rosemaria, 2022–2023 гг.
Damage to leaf apparatus and potato yield depending on the method of release of the *P. maculiventris*, variety Rosemaria, 2022–2023.

Вариант	Поврежденность, балл		Урожайность, по годам исследований, ц/га	
	15.07.2022	18.07.2023	2022	2023
Контроль	2,02±0,1[a]	1,5±0,12[a]	100,1±12,54[a]	92,6±19,9[a]
Точка	0,79±0,09[b]	1,4±0,1[a]	148,3±10,9[a]	124,3±6,6[a]
Равномерно	0,59±0,08[b]	1,2±0,08[a]	149,9±6,5[b]	126,5±4,9[a]

[*]*Примечание.* Точка – выпуск энтомофага в контрольную точку; Равномерно – равномерный выпуск энтомофага по делянке.

Результаты полевых экспериментов показали, что в условиях Сибири хищный клоп подизус может сдерживать численность колорадского жука, однако его эффективность зависит от ряда экологических факторов. Так, в наших экспериментах погодные условия оказывали существенное влияние на динамику численности колорадского жука, выживаемость подизуса и, как следствие, на эффективность энтомофага. Роль температурного фактора отразилась на количестве поколений вредителя: в 2023 г. была отмечена высокая численность второго поколения фитофага, обусловленная более теплыми условиями этого вегетационного периода. На выживаемость и активность нимф хищного клопа оказывали влияние ливневые дожди, проходившие вскоре после выпусков энтомофага. Так, в 2022 г. количество нимф хищника после проливных

дождей снижалось в 23–29,5 раза в зависимости от варианта по сравнению с числом выпущенных особей. Более высокие температуры вегетационного периода 2023 г. способствовали быстрому развитию личинок энтомофага и его большей активности. В опыте 2023 г. на опытных делянках отмечали линьку на имаго, завершивших свое развитие выпущенных нимф хищного клопа, а также яйцекладки энтомофага нового поколения.

Различные нормы выпуска энтомофага в годы проведения испытаний, обусловленные количеством особей вредителя и абиотическими факторами, также влияли на показатели эффективности энтомофага. Более высокая численность вредителя в 2022 г., а также ухудшение погодных условий после первого выпуска энтомофага, приведшее к гибели значительной части выпущенных нимф подизуса, вызвали необходимость увеличения нормы при втором выпуске энтомофага. Благоприятные погодные условия, установившиеся в период после повторного выпуска энтомофага, способствовали повышению биологической эффективности проведенных защитных мероприятий, снижению поврежденности растений в опытных вариантах и, как следствие этого, увеличению урожайности культуры. Полученные результаты свидетельствуют о принципиальной значимости биотического фактора (количества особей применяемого энтомофага) в регуляции численности вредителя, однако для разработки рекомендаций по эффективным нормам выпуска хищного клопа *P. maculiventris* для защиты картофеля от колорадского жука в условиях Сибири требуются дальнейшие полевые исследования.

Опыт наших коллег из Краснодарского края свидетельствует о более высокой эффективности *P. maculiventris* при его выпуске в период массовой яйцекладки колорадского жука [14]. В связи с этим первый выпуск энтомофага в 2023 г. был осуществлен в период откладки яиц фитофагом, что позволило снизить нормы выпуска подизуса без существенного снижения его эффективности. Однако несмотря на высокую биологическую эффективность, поврежденность листовой поверхности опытных растений была выше, чем в аналогичный период предыдущего года и существенно не отличалась от контрольного варианта. Вероятно, значительное повышение среднемесячной температуры в июле 2023 г. в сравнении со среднемноголетними данными, приводило к более быстрому развитию вредителя, увеличению его прожорливости и вредоносности.

В результате проведенных экспериментов также были выявлены различия по эффективности энтомофага в зависимости от способа его выпуска. При равномерном расселении энтомофага по делянке наблюдалось снижение поврежденности листьев колорадским жуком и увеличение его биологической эффективности по сравнению с вариантом выпуска подизуса в одну точку. Однако существенных различий по урожайности культуры между вариантами с разными способами выпуска энтомофага не зафиксировано.

ВЫВОДЫ

1. В полевых экспериментах 2022–2023 гг. выявлено влияние абиотических факторов на развитие колорадского жука на посадках цветного сорта картофеля Rosemaria. В вегетационный период 2023 г. было зафиксировано формирование двух поколений вредителя, обусловленное более теплым температурным режимом по сравнению со среднемноголетними значениями.

2. Установлено, что на выживаемость и активность выпущенных в агроценоз картофеля нимф хищного клопа *P. maculiventris* оказывают влияние погодные условия, сроки и нормы выпуска энтомофага, а также способ его выпуска. Биологическая эффективность подизуса была наиболее высокой в варианте с равномерным выпуском энтомофага и увеличивалась после повторного выпуска хищного клопа, достигая 87,8 и 90,9 % в 2023 и 2022 гг. соответственно.

3. Зафиксировано снижение поврежденности растений картофеля колорадским жуком на делянках, где осуществляли выпуск энтомофага, а также увеличение урожайности в 1,3–1,5 раза по сравнению с контролем.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского научного фонда № 23-26-00073.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Dash L.* Effect of climate change on insect behaviour // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2020. – № 9 (2). – P. 1667–1672. – DOI: 10.20546/ijcmas.2020.902.192.
2. *Особенности* взаимодействия растений и фитофагов в агроценозах при изменении климата / Е.И. Кошкин, И.В. Андреева, Г.Г. Гусейнов [и др.] // Агрохимия. – 2021. – № 1. – С. 79–96. – DOI: 10.31857/S0002188121010063.

3. *Subedi B., Poudel A., Aryal S.* The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security // Journal of Agriculture and Food Research. – 2023. – № 14. – DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100733.
4. *Development* and thermal activity thresholds of European mirid predatory bugs / B.L. Ingegno, G.J. Messelink, A. Leman [et al.] // Biological Control. – 2020. – № 152. – P. 104423. – DOI: 10.1016/j.biocontrol.2020.104423.
5. *Entomophages* of the Colorado Potato Beetle, population dynamics of *Perillus bioculatus* Fabr. and its compatibility with biological and chemical insecticides / I. Agasyeva, M. Nefedova, V. Ismailov, A. Nastasy // Agronomy. – 2023. – № 13 (6). – P. 1496. – DOI: 10.3390/agronomy13061496.
6. *Pérez-Hedo M., Riahi C., Urbaneja A.* Use of zoophytophagous mirid bugs in horticultural crops: Current challenges and future perspectives // Pest Management Sci. – 2021. – № 77 (1). – P. 33–42. – DOI: 10.1002/ps.6043. Epub 2020 Sep 11. PMID: 32776672.
7. *Практический* опыт разведения и применения хищного клопа *Podisus maculiventris* в условиях Западной Сибири / И.В. Андреева, В.П. Цветкова, Н.И. Агриколянская [и др.] // Вестник защиты растений. – 2023. – № 106 (1). – С. 71–79. – DOI: 10.31993/2308-6459-2023-106-1-15491.
8. *Schellhorn N.A., Bianchi F.J.J.A., Hsu C.L.* Movement of entomophagous arthropods in agricultural landscapes: links to pest suppression // Annual Review of Entomology. – 2014. – № 59 (1). – P. 559–581. – DOI: 10.1146/annurev-ento-011613-161952.
9. *Spatio-temporal* distribution of entomophages in phytocenoses of anthropogenically modified landscape in the forest-steppe of Western Siberia / E.Y. Toropova, E.Y. Marmuleva, L.A. Osintseva [et al.] // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2016. – № 13 (1). – DOI**:** http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2029
10. *Белякова Н.А., Павлюшин В.А.* Скрининг биоресурсов насекомых и клещей для биологического контроля вредителей в защищенном грунте // Вестник защиты растений. – 2023. – № 106 (1). – С. 49–70. – DOI: 10.31993/2308-6459-2023-106-1-15533.
11. *Cecil O. Montemayor, Ronald D.* Cave, Evaluation of the Predation Capacity of *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) on *Microtheca ochroloma* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Field Cages // *Journal of Economic Entomology*. – 2012. – Vol. 105, Is. 5. – P. 1719–1725. – DOI: 10.1603/EC11386.
12. *Hermann S.L., Thaler J.S.* The effect of predator presence on the behavioral sequence from host selection to reproduction in an invulnerable stage of insect prey // Oecologia. – 2018. – № 188 (4). – P. 945–952. – DOI: 10.1007/s00442-018-4202-7.
13. *Irisov Kh.D., Olimjonov R.Z.* Aerodynamics of the ejection-injection method of separation of entomophages // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – DOI: 10.1088/1755-1315/868/1/012034.
14. *Разведение* и применение хищных клопов пентатомид против колорадского жука / И.С. Агасьева, В.Я. Исмаилов, Е.В. Федоренко, М.В. Нефедова // Защита и карантин растений. – 2013. – № 11. – С. 21–23.

REFERENCES

1. Dash L., Effect of climate change on insect behavior, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2020, No. 9 (2), pp. 1667–1672, DOI: 10.20546/ijcmas.2020.902.192.
2. Koshkin E.I., Andreeva I.V., Guseinov G.G., Guseinov K.G., Dzhalilov F.S.-U., Mityushev I.M., *Agrokhimiya*, 2021, No. 1, pp. 79–96, DOI: 10.31857/S0002188121010063 (In Russ.).
3. Subedi B., Poudel A., Aryal S., The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security, *Journal of Agriculture and Food Research*, 2023, No. 14, DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100733.
4. Ingegno B.L., Messelink G.J., Leman A. [et al.], Development and thermal activity thresholds of European mirid predatory bugs, *Biological Control.*, 2020, No. 152, pp. 104423, DOI: 10.1016/j.biocontrol.2020.104423.
5. Agasyeva I., Nefedova M., Ismailov V., Nastasy A., Entomophages of the Colorado Potato Beetle, population dynamics of Perillus bioculatus Fabr. and its compatibility with biological and chemical insecticides, *Agronomy*, 2023, No. 13 (6), pp. 1496, DOI: 10.3390/agronomy13061496.
6. Pérez-Hedo M., Riahi C., Urbaneja A., Use of zoophytophagous mirid bugs in horticultural crops: Current challenges and future perspectives, *Pest Management Sci.,* 2021, No. 77 (1), pp. 33–42, DOI: 10.1002/ps.6043. Epub 2020 Sep 11. PMID: 32776672.
7. Andreeva I.V., Tsvetkova V.P., Agrikolyanskaya N.I., Maslennikova V.S., Shatalova E.I., Zenkova A.A., *Vestnik zashchity rastenii*, 2023, No. 106 (1), pp. 71–79, DOI: 10.31993/2308-6459-2023-106-1-15491. (In Russ.)
8. Schellhorn N.A., Bianchi F.J.J.A., Hsu C.L., Movement of entomophagous arthropods in agricultural landscapes: links to pest suppression, *Annual Review of Entomology*, 2014, No. 59 (1), pp. 559–581, DOI: 10.1146/annurev-ento-011613-161952.

9. Toropova E.Y., Marmuleva E.Y., Osintseva L.A., Selyuk M.P., Dyachenko A.S., Spatio-temporal distribution of entomophages in phytocenoses of anthropogenically modified landscape in the forest-steppe of Western Siberia, *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 2016, No. 13 (1), DOI: http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2029.
10. Belyakova N.A., Pavlyushin V.A., *Vestnik zashchity rastenii*, 2023, No. 106 (1), pp. 49–70, DOI: 10.31993/2308-6459-2023-106-1-15533. (In Russ.)
11. Cecil O. Montemayor, Ronald D., Cave, Evaluation of the Predation Capacity of *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) on *Microtheca ochroloma* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Field Cages, *Journal of Economic Entomology*, 2012, Vol. 105, Is. 5, pp. 1719–1725, DOI: 10.1603/EC11386.
12. Hermann S.L., Thaler J.S., The effect of predator presence on the behavioral sequence from host selection to reproduction in an invulnerable stage of insect prey, *Oecologia*, 2018, No. 188 (4), pp. 945–952, DOI: 10.1007/s00442-018-4202-7.
13. Irisov Kh.D., Olimjonov R.Z., Aerodynamics of the ejection-injection method of separation of entomophages, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2021, DOI:10.1088/1755-1315/868/1/012034.
14. Agas'eva I.S., Ismailov V.YA., Fedorenko E.V., Nefedova M.V., *Zashchita i karantin rastenij*, 2013, No. 11, pp. 21–23. (In Russ.)

Информация об авторах:
Е.И. Шаталова, кандидат биологических наук
И.В. Андреева, кандидат сельскохозяйственных наук
А.В. Ходакова, аспирант, младший научный сотрудник

Contribution of the authors:
E.I. Shatalova, PhD in Biology
I.V. Andreeva, PhD in Agricultural Sciences
A.V. Khodakova, postgraduate student, junior research fellow

Вклад авторов:
Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.