



Влияние комплекса экологических факторов на яйцекладку перезимовавших самок колорадского жука в условиях лесостепи Приобья

(✉) Чуликова Н.С., Мalyуга А.А.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉) e-mail: natalya-chulikova@yandex.ru

В статье представлены результаты многолетних исследований по оценке влияния экологических факторов (температуры и влажности воздуха, количества осадков, суммы эффективных температур (СЭТ) и продолжительности светового дня) на начало, продолжительность и окончание яйцекладки перезимовавших имаго колорадского жука в посадках картофеля на территории центрально-лесостепного Приобского агроландшафтного района. За годы исследований процесс откладки яиц начинался 19 июня $\pm$ 12 дней при среднесуточной температуре воздуха $18,3 \pm 10,7$ °С, СЭТ $165,6 \pm 78,2$ °С, влажности воздуха $66,8 \pm 24,3\%$, количестве осадков $0,4 \pm 0,4$ мм и продолжительности светового дня $17:19 \pm 0:09$ ч. Установлено комплексное воздействие всех абиотических факторов. Рассматриваемые факторы на 74,9% определяли число яиц, отложенных в первый день яйцекладки (наибольшее влияние имело количество осадков). Продолжительность периода яйцекладки зависела от экологических факторов на 54,1% (максимальное влияние оказала температура воздуха). Доля влияния всего комплекса факторов составила 75,7% (наибольшее влияние оказала СЭТ). Средняя продолжительность процесса яйцекладки составила $18,8 \pm 10$ дней при среднесуточной температуре воздуха $19,1 \pm 5,8$ °С, СЭТ $132,3 \pm 77,6$ °С, влажности воздуха $66,7 \pm 25,2\%$, количестве осадков $39,6 \pm 39,6$ мм, продолжительности светового дня $17:15 \pm 0:12$ ч. За это время перезимовавшие самки откладывали в среднем $0,30 \pm 0,27$ яйцекладок на одно растение. Изучаемые факторы на 83,3% определяли число яиц, отложенных на дату окончания периода яйцекладки (наибольшее влияние оказало количество осадков). В среднем окончание процесса яйцекладки приходилось на 10 июля $\pm$ 10 дней при среднесуточной температуре воздуха $19,0 \pm 3,4$ °С, СЭТ $306,4 \pm 113,9$ °С, влажности воздуха $71,4 \pm 19,3\%$, количестве осадков $5,7 \pm 5,7$ мм и продолжительности светового дня $17:04 \pm 0:25$ ч. Численность яйцекладок на дату окончания периода откладки яиц составляла $0,1 \pm 0,09$ экз./раст.

Ключевые слова: *Leptinotarsa decemlineata* Say, яйцекладка, температура и влажность воздуха, сумма эффективных температур, сумма осадков, продолжительность светового дня

Influence of a complex of environmental factors on oviposition of overwintering females of Colorado potato beetle in the conditions of the Priobie forest-steppe

(✉) Chulikova N.S., Malyuga A.A.

Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

(✉) e-mail: natalya-chulikova@yandex.ru

The article presents the results of long-term research on the influence of environmental factors (air temperature and humidity, precipitation, sum of effective temperatures (SET) and daylight duration) on the beginning, duration and end of oviposition of overwintered imago *Leptinotarsa decemlineata* Say in potato plantings in the central forest-steppe Priobsky agro-landscape area. During the years

of study, the egg-laying process began on June 19 ± 12 days at an average daily air temperature of 18.3 ± 10.7 °C, SET of 165.6 ± 78.2 °C, air humidity of $66.8 \pm 24.3\%$, precipitation of 0.4 ± 0.4 mm, and daylight hours of $17:19 \pm 0:09$ h. The complex impact of all abiotic factors was found. The factors considered had 74.9% influence on the number of eggs laid on the first day of oviposition (rainfall showed the greatest influence). The duration of the oviposition period depended on environmental factors by 54.1% (air temperature had the maximum influence). The share of influence of the whole complex of factors amounted to 75.7% (SET had the greatest influence). The average duration of the oviposition process was 18.8 ± 10 days with an average daily air temperature of 19.1 ± 5.8 °C, SET of 132.3 ± 77.6 °C, air humidity of $66.7 \pm 25.2\%$, precipitation of 39.6 ± 39.6 mm, and daylight hours of $17:15 \pm 0:12$ h. During this time, overwintering females laid an average of 0.30 ± 0.27 ovipositors per plant. The studied factors determined the number of eggs laid on the date of the end of the oviposition period by 83.3% (precipitation influenced the most). On average, the end of the oviposition process occurred on July 10 ± 10 days with an average daily air temperature of 19.0 ± 3.4 °C, SET of 306.4 ± 113.9 °C, air humidity of $71.4 \pm 19.3\%$, precipitation of 5.7 ± 5.7 mm, and daylight hours of $17:04 \pm 0:25$ h. The number of ovipositors at the end of the egg-laying period was 0.1 ± 0.09 eq/plant.

Keywords: *Leptinotarsa decemlineata* Say, oviposition, air temperature and humidity, sum of effective temperatures, sum of precipitation, photoperiod duration

Для цитирования: Чуликова Н.С., Малуго А.А. Влияние комплекса экологических факторов на яйцекладку перезимовавших самок колорадского жука в условиях лесостепи Приобья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55. № 2. С. 75–84. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-2-9>

For citation: Chulikova N.S., Malyuga A.A. Influence of a complex of environmental factors on oviposition of overwintering females of Colorado potato beetle in the conditions of the Priobye forest-steppe. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2025, vol. 55, no. 2, pp. 75–84. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-2-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Абиотические факторы оказывают значительное влияние на живых существ. Наблюдения за реакциями живых организмов на факторы среды (температура, осадки, влажность, продолжительность светового дня) являются основополагающими для прогнозирования размножения и расселения этих

организмов, определения стадий и сроков их развития. Полученные данные позволяют объяснить развитие вида на конкретной территории, в отношении фитофагов подобные сведения можно использовать при разработке систем защиты растений.

Биология колорадского жука изучена довольно подробно многими учеными¹⁻⁹ [1–16],

¹Ушатинская Р.С., Ёйковский Г.Г. Экология и физиология колорадского жука. М.: Наука, 1976. 132 с.

²Колорадский картофельный жук: филогения, морфология, физиология, экология, адаптация, естественные враги / под ред. Р.С. Ушатинской. М.: Наука, 1981. 376 с.

³Hiisaar K., Karise R., Williams I.H., Luik A., Metspalu L., Jõgar K., Ereemev V., Ploomi A., Kruus E., Mänd M. Cold tolerance of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) adults and eggs // *Zemdirbyste-Agriculture*. 2014. Vol. 101. P. 431–436.

⁴Zhang Y.H., Zhang Z., He J., Tuerxun A., Cheng D.F. Cold hardiness of natural populations of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) // *Plant Protection*. 2012. N 38. P. 64–67.

⁵Фисечко Р.Н. Особенности биологии сибирской популяции колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) в условиях лесостепи Приобья // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков: сб. материалов науч.-практ. конф. 2014. № 5. С. 17–21.

⁶Vashchishyn O.A. Colorado beetle in western forest-steppe of Ukraine // *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. № 59. С. 32–39.

⁷Маццишина Н.В. Развитие колорадского жука в зависимости от температуры и фотопериода // *Защита и карантин растений*. 2014. № 11. С. 49–50.

⁸Рябова Н.В. Устойчивость сортов картофеля к повреждению колорадским жуком и особенности его развития в условиях Кемеровской области // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2011. № 2 (53). С. 194–197.

⁹Малуго А.А., Чуликова Н.С., Евтушенко Т.Н. Формирование популяции колорадского жука и его вредоносность в лесостепи Приобья в зависимости от наличия на посадочных клубнях картофеля склероциев возбудителя ризоктониоза // *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. 2014. № 3 (32). С. 32–37.

но ряд вопросов все еще не имеет детального описания. Например, отсутствует информация относительно комплексного влияния абиотических факторов на начало и продолжительность периода яйцекладки перезимовавших имаго, в частности в полевых условиях. Известно, что откладка яиц и нормальное развитие эмбрионов вредителя происходят при температуре воздуха 17...33 °С (оптимум находится в интервале 22...25 °С) и относительной влажности воздуха 60–75%. Откладка яиц может происходить при средней суточной температуре 12 °С лишь в те часы, когда температура поднимается выше 20 °С. Однако даже при 17 °С ее интенсивность очень незначительна¹⁰⁻¹². Неблагоприятными условиями для размножающихся самок считаются температура ниже 14 °С либо выше 26...27 °С при относительной влажности воздуха ниже 40% либо выше 80%. По данным, полученным в Ленинградской области, температурные пороги восстановления подвижности и начала спаривания после зимовки более низкие и составляют 8...9 °С¹³.

В основном исследования охватывают один или несколько факторов среды. В большинстве случаев учитывается температурный фактор [4, 5] либо температурный фактор и фотопериод [8]. Чаще всего авторами указываются декада начала откладки яиц и фазы картофеля без конкретизации абиотических условий.

При достаточных знаниях относительно влияния экологических факторов на развитие *L. decemlineata* до сих пор отсутствуют подробные исследования по срокам откладки яиц перезимовавшими имаго и продолжительности этого процесса (особенно в полевых условиях) как для РФ, так и для За-

падной Сибири (в том числе для территории центрально-лесостепного Приобского агроландшафтного района). Проведение подобных исследований позволит получить более полные сведения об экологии колорадского жука.

Цель работы – изучение влияния комплекса экологических факторов на начало откладки яиц перезимовавшими имаго *L. decemlineata* и на продолжительность периода яйцекладки в условиях центрально-лесостепного Приобского агроландшафтного района.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на посадках картофеля на территории Новосибирской области: в 2007–2010 гг. – на базе государственного сортоиспытательного участка «Искитимский», расположенного в типичных условиях центрально-лесостепного Сузунского агроландшафтного подрайона, в 2009–2011 и 2014–2019 гг. – на полях опытной станции «Элитная» Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН в типичных условиях центрально-лесостепного Приобского агроландшафтного района. Основные элементы технологии возделывания картофеля соответствовали общепринятым для данного региона^{14, 15}.

Вегетационные периоды за годы исследований характеризовались разнообразными погодными условиями: в 2007, 2009, 2015, 2017 и 2018 гг. они были слабо засушливыми (ГТК = 1,2–1,3), в 2008, 2010, 2011, 2014, 2016, 2019 гг. – засушливыми (ГТК = 0,7–1,0).

Яйцекладку колорадского жука и ее продолжительность оценивали на сортах Adretta, Agata, Arosa, Cardinal, Nikita, Purple Majesty, Sante, Scarlet, Vitelotte, Жуковский ранний,

¹⁰Grisson P. Influence de la temperature sur l'activité du Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* Say) // Proceedings of the IX International Congress of Entomologists. Amsterdam, 1950. P. 331–337.

¹¹Венгорек В.Г. Исследования зимовки колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) на основе его физиологии // Колорадский жук и меры борьбы с ним: сб. статей. М.: Изд-во АН СССР, 1958. Т. 2. С. 53–65.

¹²Кахаров К.Х. Биоэкологические особенности колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) и меры борьбы с ним в условиях Таджикистана: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. СПб., 2008. 40 с.

¹³Капусткин Д.В. Биологические особенности колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) в Северо-Западном регионе России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2009. 19 с.

¹⁴Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области. Новосибирск, 2002. 388 с.

¹⁵Методика исследований по культуре картофеля. М., 1967. 264 с.

Зарево, Лина, Луговской, Любава, Невский, Сафо, Свитанок киевский, Фиолетовый, Хозяюшка, Югана путем визуального учета 20 рядом стоящих растений в двух повторностях на естественном фоне заселения посадок культуры по общепринятым методикам¹⁶. Густота посадки 35,7 тыс. раст./га.

Для установления факторов, влияющих на дату начала яйцекладки перезимовавших имаго и продолжительность данного процесса, был проведен анализ погодных условий. Связь данных показателей с условиями внешней среды устанавливали с помощью парной и множественной корреляции по следующим факторам: температура и влажность воздуха, количество осадков, продолжительность светового дня и сумма эффективных температур (СЭТ). Информация о погодных условиях получена из агрометеорологических бюллетеней Новосибирского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и специализированных массивов данных для климатических исследований (погодные сервисы и т.д.). По результатам парной и множественной корреляции определяли процент влияния изучаемых факторов на дату начала и окончания яйцекладки. Для установления зависимости продолжительности откладки яиц от температуры и влажности воздуха, количества осадков, продолжительности светового дня и СЭТ проводили регрессионный анализ по всей совокупности данных и вычисляли параметры уравнения линейной регрессии. Все вычисления и их первичную статистическую обработку выполняли с помощью пакетов прикладных программ Snedecor¹⁷ и Microsoft Excel 2010.

СЭТ рассчитывали до начала периода яйцекладки и в продолжении этого процесса начиная с устойчивого перехода среднесуточной температуры через 10 °С. За нижний порог развития колорадского жука взята температура воздуха 11,5 °С¹⁸.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В течение 11 лет исследований даты начала откладки яиц перезимовавшими самками колорадского жука различались. Наиболее ранний срок – 7 июня (2011 г.), наиболее поздний – 2 июля (2019 г.). Следовательно, по среднемноголетним данным, начало периода яйцекладки приходилось на 19 июня $\pm$ 12 дней. Средняя численность яйцекладок составляла $0,4 \pm 0,16$ экз./раст. При этом минимальная величина показателя достигала 0,01 экз./раст., максимальная – 1,9 экз./раст. Откладка яиц начиналась при температуре воздуха $18,3 \pm 10,7$ °С, СЭТ $165,6 \pm 78,2$ °С, влажности воздуха $66,8 \pm 24,3\%$ и минимальном количестве осадков ($0,4 \pm 0,4$ мм). Продолжительность светового дня в этот период составляла $17:19 \pm 0:09$ ч.

Так как жизненный цикл фитофага зависит от метеорологических факторов (температуры и влажности воздуха, продолжительности светового дня, количества осадков), были рассчитаны парная корреляция и доля влияния изучаемых факторов на число яиц в яйцекладках, отложенных в первый день. В результате установлена средняя отрицательная взаимосвязь между влажностью воздуха и численностью яйцекладок, отложенных в первый день: коэффициент корреляции составил $-0,7 \pm 0,2$, а доля влияния данного фактора – 47,1%. Влияние остальных факторов не было статистически значимым.

В связи с тем, что абиотические факторы не могут действовать разрозненно, была построена автокорреляционная матрица (см. табл. 1) и рассчитаны доли влияния изучаемых факторов.

Определено, что на численность яйцекладок, отложенных в первый день, наиболее сильное влияние оказали влажность воздуха и продолжительность светового дня (71,9%; $R = 0,8 \pm 0,2$), среднее – влажность и температура воздуха, СЭТ и количество осадков, выпавших в день откладки яиц (47,7–53,0%;

¹⁶Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р., Надыкта В.Д., Исмаилов В.Я., Яковлева И.Н. Методические рекомендации по индикации и мониторингу процессов адаптации колорадского жука к генетически модифицированным сортам картофеля. СПб., 2005. 48 с.

¹⁷Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2012. 282 с.

¹⁸Alfaro A. El escarabajo de la patata clima // Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola. 1943. N 12. P. 45–76.

Табл. 1. Автокорреляционная матрица влияния абиотических факторов на численность яйцекладок, отложенных в первый день, $R \pm Sr$ (в среднем за годы исследований)

Table 1. Autocorrelation matrix of the influence of abiotic factors on the number of laid eggs of *Leptinotarsa decemlineata* Say on the first day of egg laying, $R \pm Sr$ (on average over the years of research)

Фактор	Влажность воздуха, %	Количество осадков, мм	СЭТ, °С	Продолжительность светового дня, ч
Температура воздуха, °С	$0,7 \pm 0,2$	$0,3 \pm 0,3$	$0,4 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,3$
Влажность воздуха, %		$0,7 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,2$
Количество осадков, мм			$0,3 \pm 0,3$	$0,4 \pm 0,3$
СЭТ, °С				$0,4 \pm 0,1$

множественная корреляция по перечисленным факторам равна $0,7 \pm 0,2$). Слабое влияние оказали все остальные факторы – их доля составила 8,3–17,6% при множественной корреляции от $0,3 \pm 0,3$ до $0,5 \pm 0,3$.

Установлено, что доля совместного влияния всего комплекса изучаемых факторов составила 74,9%, а величина коэффициента корреляции – $0,87 \pm 0,1$. При этом наибольшее влияние оказывал такой фактор, как количество осадков (максимальный коэффициент регрессии β был равен 0,021).

В результате расчетов получено уравнение множественной регрессии

$$y = 125,3387 - 0,04175x_1 - 7,0534x_2 - 0,03882x_3 + 0,00967x_4 - 0,000623x_5,$$

$$S_y = 0,59 \text{ экз./раст.},$$

где y – численность яйцекладок, экз./раст.; x_1 – влажность воздуха, %; x_2 – продолжительность светового дня, ч; x_3 – температура воздуха, °С; x_4 – количество осадков, мм; x_5 – СЭТ, °С (указывается величина показателей на дату начала яйцекладки).

Уравнение применимо для влажности воздуха от 40 до 80%, продолжительности светового дня от 17,10 до 17,25 ч, температуры воздуха от 13 до 25 °С и количества осадков от 0 до 4 мм.

В дальнейшем установлена продолжительность периода яйцекладки: средняя – $18,8 \pm 10$ дней, максимальная – 28,7 дней (2018 г.), минимальная – 8,8 дней (2014 г.). В течение

указанного времени среднесуточная температура воздуха достигала $19,1 \pm 5,8$ °С, в отдельные дни опускаясь до 7,6 °С. Величина СЭТ за всю продолжительность яйцекладки составила $132,3 \pm 77,6$ °С. Максимум данный показатель достиг в 2018 г. (239,4 °С), минимума – в 2009 г. (54,7 °С). В среднем за один день периода яйцекладки СЭТ достигла $7,6 \pm 6,6$ °С, в отдельные дни – 0,2 °С.

Во время проведения эксперимента влажность воздуха была относительно стабильна как в среднем за весь период, так и за один день – 66,7 и 67,7% соответственно. Однако в течение суток данный показатель варьировал от 42,5 до 89,0%. Сумма выпавших осадков в среднем за период яйцекладки составляла $39,6 \pm 39,6$ мм. При этом в отдельные годы за весь период исследований осадков не было совсем (2015 г.), максимальное их количество выпало в 2017 г. (93,2 мм). В среднем за годы проведения исследований в течение дня выпадало около $2,0 \pm 2,0$ мм осадков. Максимальное их количество за день иногда доходило до 37 мм. Установлено, что весь процесс откладки яиц проходил при длиннодневном фотопериодическом режиме – $17:15 \pm 0:12$ ч; различия величины данного показателя по отдельным дням были незначительны.

Определив средние показатели погодных условий в течение всего периода яйцекладки, можно было оценить влияние отдельных факторов среды на протекание данного процесса. С этой целью были рассчитаны парная корреляция и доля влияния факторов. Выяв-

лено, что доля влияния влажности и температуры воздуха на продолжительность периода яйцекладки составила 24,5 и 39,5% соответственно. Остальные факторы среды оказали очень слабое влияние на данный процесс: доля их влияния составила 1,1–5,2%.

Затем была построена автокорреляционная матрица (см. табл. 2) и рассчитаны доли влияния изучаемых факторов на продолжительность периода яйцекладки имаго с целью установления комплекса основных абиотических факторов.

Установлено, что на продолжительность периода яйцекладки из всех представленных факторов большее влияние оказали температура воздуха и количество выпавших осадков (49,9%; $R = 0,7 \pm 0,2$), среднее – температура воздуха совместно с влажностью воздуха, продолжительностью светового дня, СЭТ, а также влажность воздуха и количество осадков. Доля влияния данных факторов была на уровне 39,5–43,8%. Слабое влияние оказали влажность воздуха с СЭТ и продолжительностью светового дня (26,0–29,3%; $R = 0,5 \pm 0,3$). Степень влияния продолжительности светового дня в совокупности с СЭТ была очень небольшой (2,1%; $R = 0,1 \pm 0,3$).

По результатам расчета множественной корреляции было выявлено сильное влияние совокупности всех факторов на продолжительность периода яйцекладки (54,1%; $R = 0,74 \pm 0,16$). При этом наибольшее влияние оказала температура воздуха (максимальный коэффициент регрессии β был равен 0,986).

В результате расчетов получено уравнение множественной регрессии

$$y = 27,8225 - 0,8189x_1 + 0,02591x_2 + 0,203x_3 - 0,00672x_4 - 0,00144x_5, \\ S_y = 0,47 \text{ дня},$$

где y – продолжительность периода яйцекладки, дни; x_1 – среднепериодная продолжительность светового дня, ч; x_2 – среднепериодная влажность воздуха, %; x_3 – среднепериодная температура воздуха, °C; x_4 – среднепериодное количество осадков, мм; x_5 – среднепериодная СЭТ, °C.

Уравнение применимо для продолжительности светового дня от 17,00 до 17,25 ч, влажности воздуха от 55 до 75%, температуры воздуха от 13 до 25 °C, количества осадков от 0 до 100 мм, СЭТ от 50 до 240 °C.

Абиотические факторы среды оказывают воздействие не только на продолжительность яйцекладки, но и на число отложенных яйцекладок. Подсчитано, что в среднем за период яйцекладки перезимовавшие самки откладывали $0,30 \pm 0,27$ яйцекладок на одно растение. Анализ взаимосвязи между этим показателем и условиями среды показал, что СЭТ, набранная за период яйцекладки, оказала сильное влияние на число отложенных яйцекладок (56,4%; $r = 0,8 \pm 0,2$). Воздействие остальных факторов не было статистически значимым.

Обнаружено значительное влияние совокупности нескольких абиотических факторов на численность отложенных яйцекладок.

Табл. 2. Автокорреляционная матрица влияния погодных факторов на продолжительность периода яйцекладки, $R \pm Sr$ (в среднем за годы исследования)

Table 2. Autocorrelation matrix of the influence of factors on the duration of oviposition, $R \pm Sr$ (on average over the years of research)

Фактор	Влажность воздуха, %	Количество осадков, мм	СЭТ, °C	Продолжительность светового дня, ч
Температура воздуха, °C	$0,6 \pm 0,4$	$0,7 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,3$
Влажность воздуха, %		$0,7 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,3$
Количество осадков, мм			$0,3 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,3$
СЭТ, °C				$0,1 \pm 0,3$

Максимальное влияние оказали продолжительность светового дня и СЭТ (82,1%; $R = 0,9 \pm 0,1$), сильное – СЭТ с температурой и влажностью воздуха, а также с количеством осадков (56,4–58,5%; $R = 0,8 \pm 0,2$). Остальные факторы оказали слабое и очень слабое влияние.

Кроме того, рассмотрено значение всего комплекса изученных факторов. Установлено, что между численностью яйцекладок и факторами среды существовала сильная связь ($R = 0,87 \pm 0,12$), при этом доля влияния всего комплекса факторов составила 75,7%. Наибольшее влияние оказала СЭТ (максимальный коэффициент регрессии β был равен 0,977).

В результате расчетов получено уравнение множественной регрессии

$$y = -33,8378 + 2,1057x_1 - 0,02586x_2 - 0,06151x_3 + 0,00312x_4 + 0,00601x_5,$$

$$S_y = 0,28 \text{ экз./раст.},$$

где y – средняя численность яйцекладок, экз./раст.; x_1 – среднепериодная продолжительность светового дня, ч; x_2 – среднепериодная влажность воздуха, %; x_3 – среднепериодная температура воздуха, °C; x_4 – среднепериодное количество осадков, мм; x_5 – среднепериодная СЭТ, °C.

Уравнение применимо для продолжительности светового дня от 17,00 до 17,25 ч, влажности воздуха от 55 до 75%, температуры воздуха от 13,0 до 25 °C, количества осадков от 0 до 100 мм, СЭТ от 50 до 240 °C.

Определены условия среды и диапазоны изменчивости погодных условий, при которых процесс откладки яиц заканчивался. Окончание данного процесса в среднем за годы исследований приходилось на 10 июля $\pm$ 10 дней. Однако в некоторые годы его окончание зафиксировано как 27 июня (2015 г.), так и 19 июля (2018 г.). Численность яйцекладок в этот период составляла $0,1 \pm 0,09$ экз./раст. Завершение откладки яиц проходило при температуре воздуха $19,0 \pm 3,4$ °C, СЭТ $306,4 \pm 113,9$ °C и влажности воздуха 71,4%. Количество осадков было незначительным ($5,7 \pm 5,7$ мм), а продолжительность светового дня

составляла $17:04 \pm 0:25$ ч. Установлено, что окончание яйцекладки происходило в широком диапазоне набранных температур от 192,5 (2009 г.) до 431,9 °C (2017 г.). Также в этот период сильно варьировало количество осадков – от 0 (2008, 2011, 2015, 2018 гг.) до 37 мм (2019 г.).

Выявлено, что на численность яйцекладок при окончании процесса откладки яиц сильно повлияло количество выпавших осадков (59,8 %; $r = 0,8 \pm 0,2$). При этом температура и влажность воздуха не оказывали ощутимого эффекта.

Расчет множественной корреляции и доли воздействия изучаемых факторов показал, что на количество отложенных яиц при завершении яйцекладки очень большое влияние оказал комплекс таких факторов, как количество осадков и влажность воздуха (76,3%; $R = 0,9 \pm 0,2$). Кроме того, значительное воздействие на окончание данного процесса оказали количество осадков в совокупности с температурой воздуха, продолжительностью светового дня и СЭТ (59,5–65,8%; $R = 0,8 \pm 0,2$). Остальные изучаемые факторы оказывали слабое влияние на окончание периода яйцекладки.

Согласно результатам расчетов множественной корреляции, комплексное влияние всех изученных факторов является весьма сильным ($R = 0,91 \pm 0,09$), доля влияния факторов на численность яйцекладок составляет 83,3%. Среди всех факторов наибольшее влияние на дату окончания периода яйцекладки оказало количество осадков (максимальный коэффициент регрессии β был равен 1,031).

Получено следующее уравнение множественной регрессии:

$$y = 0,00865 + 0,00315x_1 - 0,00338x_2 + 0,00955x_3 + 0,00661x_4 + 0,000183x_5,$$

$$S_y = 0,01 \text{ экз./раст.},$$

где y – численность яйцекладок, экз./раст.; x_1 – продолжительность светового дня, ч; x_2 – влажность воздуха, %; x_3 – температура воздуха, °C; x_4 – количество осадков, мм; x_5 – СЭТ, °C (указывается величина показателей на дату окончания яйцекладки).

Уравнение применимо для продолжительности светового дня от 16,30 до 17,25 ч, влажности воздуха от 50 до 85%, температуры воздуха от 15,0 до 23 °С, количества осадков от 0 до 40 мм, СЭТ от 190 до 435 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам многолетних исследований установлено, что в условиях Западной Сибири на территории центрально-лесостепного Приобского агроландшафтного района на процесс яйцекладки перезимовавшими имаго и численность отложенных ими яйцекладок сильное влияние оказал комплекс факторов: температура и влажность воздуха, количество осадков, сумма эффективных температур и продолжительность светового дня.

Отмечено значительное влияние парных факторов. Начало яйцекладки на 71,9% определяли влажность воздуха и продолжительность светового дня. Продолжительность периода яйцекладки на 49,9% зависела от температуры воздуха и количества осадков. На численность яйцекладок существенное влияние оказали продолжительность светового дня и СЭТ (82,1%). На окончание периода яйцекладки максимально воздействовали влажность воздуха и количество осадков (76,3%). Также подтвержден тот факт, что отдельные абиотические факторы не могут влиять на начало, течение и окончание процесса откладки яиц. На каждом этапе есть свои определяющие комплексы факторов.

С помощью полученных уравнений, основанных на анализе многолетних данных, можно спрогнозировать дату начала яйцекладки перезимовавших имаго колорадского жука, ее продолжительность и численность отложенных яиц с учетом погодных условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петросян В.Г., Кривошеина М.Г., Озерова Н.А., Дергунова Н.Н., Осипов Ф.А. Прогноз динамики ареалов инвазионных насекомых – колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) (Coleoptera, Chrysomelidae) и картофельной моли *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) (Lepidoptera, Gelechiidae) – на

- территории России в условиях глобального изменения климата // Российский журнал биологических инвазий. 2024. Т. 17. № 3. С. 167–203. DOI: 10.35885/1996-1499-17-3-167-203.
2. Абдураимов А. Влияние погодных условий на онтогенез колорадского жука // Аграрное образование и наука. 2023. № 3. С. 4.
3. Гриценко В.В., Гусейнов К.Г., Постников А.Н., Митюшев И.М. Проблемы, достижения и перспективы в защите картофеля от колорадского жука // Картофель и овощи. 2020. № 8. С. 27–31. DOI: 10.25630/PAV.2020.44.45.004.
4. Слобожанина Е.А. Биологические особенности колорадского жука в условиях Курганской области и обоснование мер борьбы с ним // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1 (29). С. 21–26.
5. Liao J., Liu J., Li C. Effects of repeated short-term heat exposure on life history traits of Colorado potato beetle // Insects. 2022. N 13. P. 455. DOI: 10.3390/insects13050455.
6. Моляко А.А., Марухленко А.В., Борисова Н.П., Ториков В.Е. Оценка сортов и гибридов картофеля по устойчивости к колорадскому жуку // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (97). С. 9–14. DOI: 10.52691/2500-2651-2023-97-3-9-14.
7. Говоров Д.Н., Живых А.В., Шилова К.О. Распространение колорадского жука на посадках картофеля в Российской Федерации в 2021–2023 гг. // Картофель и овощи. 2024. № 3. С. 27–30. DOI: 10.25630/PAV.2024.12.74.004.
8. Мацшишина Н.В., Фисенко П.В., Ермак М.В., Собко О.А. Сравнительная характеристика экологии нативного (*Henosepilachna vigintioctomaculata*) и инвазивного (*Leptinotarsa decemlineata*) видов в условиях муссонного климата юга Дальнего Востока // Амурский зоологический журнал. 2023. Т. 15. № 4. С. 939–954. DOI: 10.33910/2686-9519-2023-15-4-939-954.
9. Хамхоева М.Х. *Leptinotarsa decemlineata* (листоед картофельный) – вредитель сельского хозяйства // Вестник науки. 2023. Т. 4. № 8 (65). С. 401–404.
10. Иванова О.В., Фасулати С.Р. Оценка сортов картофеля на групповую устойчивость к основным грызущим вредителям в полевых условиях // Защита и карантин растений.

2021. № 3. С. 42–44. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_3_42.
11. Фасулати С.Р., Иванова О.В. Полевой скрининг сортов картофеля с групповой устойчивостью к основным вредителям клубней и листового аппарата // Защита картофеля. 2020. № 1. С. 29–30.
12. Попов Ю.В., Рукин В.Ф. Контроль фитосанитарной ситуации – залог успешного возделывания картофеля // Защита и карантин растений. 2022. № 7. С. 31–35. DOI: 10.47528/1026-8634_2022_7_31.
13. Чуликова Н.С., Малюга А.А. Влияние экологических факторов на срок выхода имаго колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) из почвы в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе // Энтомологическое обозрение. 2023. Т. 102. № 1. С. 44–62. DOI: 10.31857/S0367144523010057.
14. Малюга А.А., Чуликова Н.С. Влияние различных систем защиты на фитосанитарную ситуацию в посадках цветных сортов картофеля // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 10. С. 52–60. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-10-6.
15. Смур В.В., Шпанев А.М. Особенности пространственного размещения колорадского жука на посадках картофеля // Агрофизика. 2023. № 2. С. 21–29. DOI: 10.25695/AGRPH.2023.02.04.
16. Abdala-Roberts L., Vázquez-González C., Rasmann S., Moreira X. Test of communication between potato plants in response to herbivory by the Colorado potato beetle // Agricultural and Forest Entomology. 2022. Vol. 24 (2). DOI: 10.1111/afe.12484.
17. tle. *Agrarnoe obrazovanie i nauka = Agrarian education and science*, 2023, no. 3, p. 4. (In Russian).
3. Gritsenko V.V., Guseynov K.G., Postnikov A.N., Mityushev I.M. Problems and successes in potato protection from Colorado potato beetle. *Kartofel' i ovoshchi = Potatoes and vegetables*, 2020, no. 8, pp. 27–31. (In Russian). DOI: 10.25630/PAV.2020.44.45.004.
4. Slobozhanina E.A. Biological features of the Colorado potato beetle in the conditions of the Kurgan region and justification of measures to fight against it. *Vestnik Kurganskoy GSHA = Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*, 2019, no. 1 (29), pp. 21–26. (In Russian).
5. Liao J., Liu J., Li C. Effects of repeated short-term heat exposure on life history traits of Colorado potato beetle. *Insects*, 2022, no. 13, p. 455. DOI: 10.3390/insects13050455.
6. Molyavko A.A., Marukhlenko A.V., Borisova N.P., Torikov V.E. Evaluation of potato varieties and hybrids by resistance to the Colorado beetle. *Vestnik Bryanskoy GSHA = Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2023, no. 3 (97), pp. 9–14. (In Russian). DOI: 10.52691/2500-2651-2023-97-3-9-14.
7. Govorov D.N., Zhivikh A.V., Shilova K.O. Dispersal of the Colorado potato beetle on potato plantations in the Russian Federation in 2021–2023. *Kartofel' i ovoshchi = Potatoes and vegetables*, 2024, no. 3, pp. 27–30. (In Russian). DOI: 10.25630/PAV.2024.12.74.004.
8. Matsishina N.V., Fisenko P.V., Ermak M.V., Sobko O.A. Comparative characterization of the ecology of native (*Henosepilachna vigintioctomaculata*) and invasive (*Leptinotarsa decemlineata*) species under the conditions of the monsoon climate in the southern part of the Russian Far East. *Amurskiy zoologicheskii zhurnal = Amurian Zoological Journal*, 2023, vol. 15, no. 4, pp. 939–954. (In Russian). DOI: 10.33910/2686-9519-2023-15-4-939-954.
9. Khamkhoeva M.Kh. *Leptinotarsa decemlineata* (Potato leaf beetle) – pest of agriculture. *Vestnik nauki = Bulletin of Science*, 2023, vol. 4, no. 8 (65), pp. 401–404. (In Russian).
10. Ivanova O.V., Fasulati S.R. Potato variety evaluation of group resistance to major chewing insect pests in the field. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant protection and quarantine*, 2021, no. 3, pp. 42–44. (In Russian). DOI: 10.47528/1026-8634_2021_3_4211.

REFERENCES

11. Fasulati C.P., Ivanova O.V. Field screening of potato varieties with group resistance to the main pests of tubers and leaf apparatus. *Zashchita kartofelya = Potato protection*, 2020, no. 1, pp. 29–30. (In Russian).
12. Popov Yu.V., Rukin V.F. Control of the phytosanitary situation – the key to successful potato cultivation. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant protection and quarantine*, 2022, no. 7, pp. 31–35. (In Russian). DOI: 10.47528/1026-8634_2022_7_31.
13. Chulikova N.S., Malyuga A.A. Influence of environmental factors on the start date of the adult Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) emergence from the soil in the central forest-steppe Priobsky agro-landscape area. *Entomologicheskoe obozrenie = Entomological review*, 2023, vol. 102, no. 1, pp. 44–62. (In Russian). DOI: 10.31857/S0367144523010057.
14. Malyuga A.A., Churikova N.S. Influence of different protection systems on phytosanitary situation in plantings of colored potato varieties. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 10, pp. 52–60. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2023-10-6.
15. Smuk V.V., Shpanev A.M. Features of the Colorado potato beetle spatial placement in potato plantings. *Agrofizika = Agrophysics*, 2023, no. 2, pp. 21–29. (In Russian). DOI: 10.25695/AGRPH.2023.02.04.
16. Abdala-Roberts L., Vázquez-González C., Rasmann S., Moreira X. Test of communication between potato plants in response to herbivory by the Colorado potato beetle. *Agricultural and Forest Entomology*, 2022, vol. 24 (2). DOI: 10.1111/afe.12484.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Чуликова Н.С.**, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук; ORCID 0000-0001-5815-9653; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: natalya-chulikova@yandex.ru

Малюга А.А., главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук; ORCID 0000-0001-9729-2668

AUTHOR INFORMATION

✉ **Natalya S. Chulikova**, Lead Researcher, Candidate of Science in Agriculture; ORCID 0000-0001-5815-9653; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: natalya-chulikova@yandex.ru

Anna A. Malyuga, Head Researcher, Doctor of Science in Agriculture; ORCID 0000-0001-9729-2668

Дата поступления статьи / Received by the editors 10.10.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 24.12.2024
Дата публикации / Published 14.03.2025