

УДК 595.7: 575.174.015.3

DOI: 10.26456/vtbio291

## **ФЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА КАК ИНДИКАТОР МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЕМ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА РИСУНКА ПЕРЕДНЕСПИНКИ**

**А.А. Емельянова, Н.Е. Николаева, Т.А. Пудовкина**  
Тверской государственной университет, Тверь

При анализе фенотипов двух популяций колорадского жука на примере фенотипов центрального непарного элемента рисунка переднеспинки «А» обнаружен ряд отличий *Leptinotarsa decemlineata*, обитающего на территории Тверской и Смоленской областей. На полях, где осуществлялся сбор картофельного листоеда, применялись неодинаковые методы борьбы с этим вредителем: в Смоленской области основным способом являлся ручной сбор, в Тверской области картофельное поле регулярно обрабатывалось инсектицидами, относящимися к группе пиретроидов. Предполагаемые фены-маркеры устойчивости к химическим препаратам преимущественно характеризуются простыми вариациями элемента «А» – это широкие или узкие параллельные полосы и асимметричные версии этого базового рисунка.

**Ключевые слова:** колорадский жук, *Leptinotarsa decemlineata*, фен, фенотип, рисунок переднеспинки, пиретроиды, резистентность.

**Введение.** Картофель является одной из самых востребованных продовольственных, сельскохозяйственных культур. На территории Российской Федерации она занимает более 280,9 тыс. га (Посевные площади картофеля в России...). Россия входит в тройку лидеров стран-производителей картофеля. По состоянию на 2022 г. производство картофеля в России составило около 30 миллионов тонн, в то время как в Китае 88 млн тонн, в Индии около 45 млн тонн (Топ 10 стран по производству картофеля...). Снижение урожайности может быть связано с воздействием вредителей, болезней и сорняков на культуру. Колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata*) достаточно распространенный листоед, как в России, так и по всему миру. Он известен, как главный вредитель по отношению к семейству паслёновых (*Solanaceae*), представляющий опасность за счет своей устойчивости к изменениям среды. Потери урожая от этого вредителя в условиях Центрально-Черноземного региона могут достигать 70–80 и даже 100% (Усов, Фирсов, 2007). Данный вид является экологически

пластичным, что объясняет быстроту его адаптации к меняющимся условиям среды. Такие биологические особенности, как способность к дальним перелетам, зимовка на глубоких слоях почвы в условиях заснеженного покрова, высокая плодовитость, разнообразие форм физиологического покоя, дают возможность расширить виду ареал и переносить экстремальные условия с наименьшими потерями (Колорадский картофельный жук..., 1981).

Для борьбы с этим вредителем широко применяются инсектициды, однако со временем отмечается развитие резистентности к тем или иным классам химических веществ, что обусловлено отбором особей с соответствующими мутациями и закреплением признака в популяциях (Удалов, Беньковская, 2011а). В настоящее время колорадский жук проявляет резистентность к таким современным инсектицидам, как пиретроиды и неоникотиноды (Рославцева, 2009). Так, у насекомых обнаружены молекулярные механизмы резистентности к пиретроидным инсектицидам, в основе которых лежат нуклеотидные мутации в гене электрончувствительного натриевого канала (voltage-sensitive sodium channel, *Vssc1*) (Williamson et al., 1996). В частности, у колорадского жука нуклеотидная мутация приводит к замене аминокислоты лейцин на фенилаланин, в результате чего происходит снижение чувствительности нервной системы (Lee et al., 1999). Определить характер наследования разных признаков и свойств, выяснить генетическую структуру популяций и её динамику для видов, не прибегая к собственно генетическим исследованиям, позволяет фенетический подход, оперирующий понятиями фены и фенофонд. Фены – это дискретные, альтернативные вариации любых признаков, которые на всем имеющемся материале далее неделимы без потери качества. Фены отражают генотипическую конституцию особи, а частота их встречаемости – генетические особенности группы особей (Яблоков, 1980; Яблоков, 1987; Яблоков, Ларина, 1985). В литературных источниках приводятся данные о существовании фено-маркеров устойчивости колорадского жука к некоторым ядам, отмечается возможность использования фенетического метода для мониторинга процессов развития резистентности (Фасулати, 1985, 1993; Климец, 1988; Беньковская и др., 2004; Рославцева, Еремина, 2005; Беньковская и др, 2008; Удалов, Беньковская, 2010; Удалов, Беньковская, 2011а; Удалов, Беньковская, 2011б; Бречко и др, 2016). Таким образом, при изучении особенностей популяционной структуры колорадского жука актуально применение фенетического подхода в целях оценки перспективности использования различных признаков окраски покровов, как индикаторов методов борьбы, применяемых в агротехнии. Так же необходимо учитывать, что фенетическая

структура популяций *Leptinotarsa decemlineata* динамична и подвержена географической изменчивости (Фасулати, 1985; Фасулати, 1993; Маслова, 2011; Удалов, Беньковская, 2011а и мн. др.). Следовательно, в разных регионах в разное время могут быть обнаружены разные фены-маркеры резистентности к применяющимся в агротехнике ядам. Гипотетически, знание фенотипических маркеров может помочь оценивать результаты применения средств химической защиты растений, проводить подбор инсектицидов и регулировать объемы их применения, осуществлять поиски эффективных методов регулирования численности листоеда.

**Материал и методика.** Сбор материала проходил в двух регионах: Тверская область, Старицкий район и Смоленская область, Дорогобужский район. Места исследований выбирались, исходя из отсутствия высокой степени изолированности друг от друга физико-географическими барьерами, и при этом характеризовались приблизительно одинаковой благоприятностью условий обитания для колорадского жука. Расстояние между районами и областями в целом составляет около 260 км. Дорогобужский район характеризуется несколько более мягким климатом по сравнению со Старицким районом. На территории Смоленской области климат умеренно континентальный. Средние температуры января от  $-8^{\circ}\text{C}$  на западе до  $-10^{\circ}\text{C}$  на востоке, июля  $+17$ – $+18^{\circ}\text{C}$ . Зимой существенное влияние оказывают атлантические теплые воздушные массы. Снежный покров устанавливается в начале декабря и держится в среднем 130–140 дней. Осадков 630–730 мм в год. Наиболее увлажнена северо-западная часть области. Территория Смоленской области расположена в зоне смешанных лесов. Преобладают дерново-подзолистые почвы, занимающие более 40% площади, наиболее плодородные среди них сформировались на лёссовидных суглинках (Смоленская область...). На территории Тверской области климат умеренно континентальный. Среднесуточные температуры летом  $+15^{\circ}\text{C}$ ... $+20^{\circ}\text{C}$ , зимой  $-5^{\circ}\text{C}$ ... $-15^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура января от  $-8,5^{\circ}\text{C}$  до  $-10,5^{\circ}\text{C}$ , июля от  $+17^{\circ}\text{C}$  до  $+18^{\circ}\text{C}$ . Количество осадков 550–750 мм в год. Западная часть отличается несколько более теплой зимой и повышенным увлажнением (География Тверской области..., 1992). Почва на представленном участке – суглинки.

В Дорогобужском районе Смоленской области исследовался биотоп на территории деревни Слойково. Биотоп представляет собой поле с картофелем площадью 0,5 га, где основным способом борьбы с вредителем является ручной сбор. В Старицком районе Тверской области был изучен биотоп на одном из огородов д. Молотино, где в течение 25 лет картофельное поле регулярно обрабатывалось инсектицидами «Инта-вир» и «Децис» – препаратами, относящимися к

группе пиретроидов (Универсальный инсектицид для растений...). В Дорогобужском районе Смоленской области было собрано 42 жука; в Старицком районе Тверской области в августе 2016г. было собрано 96 особей, в августе 2021г. – 66 экземпляров. Фиксация и хранение материала производились в 75% спирте.

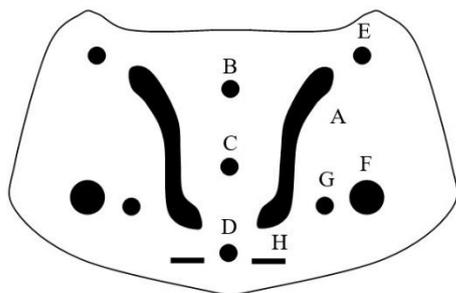


Рис. 1. Структура рисунка на переднеспинке колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* (схема рисунка переднеспинки соответствует фенотипу, в котором все элементы рисунка (1-8) представлены простыми вариациями) (по Яблоков, Ларина, 1985; с изменениями)

Выделение фенов проводилось на примере вариаций рисунка пятен на переднеспинке колорадского жука. В данной работе представлен анализ фенофондов двух рассматриваемых популяций на примере фенов центрального непарного элемента рисунка переднеспинки, обозначенного на рисунке буквой «А» (Яблоков, Ларина, 1985) (рис. 1). В ходе исследования было выделено 22 вариации (фена) данного признака (табл. 1). При выделении фенов учитывалась конфигурация центральных полосок и их взаимная ориентация, разрывы плеч и их местоположение, толщина полосок, наличие и расположение точек около центральных полос.

Для характеристики фенетических особенностей популяций использовались состав и частоты встречаемости фенов, то есть, специфика фенофонда. При сопоставлении фенофондов применялся графический метод, достоверность различий подтверждалась методами математической статистики.

При оценке достоверности отличий популяций по частотам встречаемости вариаций признака (фенов) использовался метод  $\chi^2$  по формуле для сравнения двух выборочных распределений:

$$X^2 = \frac{1}{n_1 n_2} \sum_{i=1}^R \frac{(n_{2i} f_{1i} - n_{1i} f_{2i})^2}{f_{1i} + f_{2i}} \quad \text{при } n_1 \neq n_2; \quad f_1 \text{ и } f_2 - \text{ частоты}$$

(абсолютные значения),  $r$  – число классов

При уровне достоверности 0,05 и числе степеней свободы равном 1, констатировалось различие двух групп при  $\chi^2 \geq 3,84$  (Плохинский, 1970).

**Результаты и обсуждение.** При анализе фенотипов колорадского жука было отмечено, что для выборок из Тверской области характерно большее разнообразие, нежели для выборки из Смоленской области – 14 и 11 фенотипов соответственно. Так, у насекомых из рассматриваемой точки в Смоленской области не были встречены фенотипы A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22. В Тверской области по результатам анализа материала 2016 и 2021 гг. отсутствовали фенотипы A5, A6, A7, A10 и A11, отмеченные в популяции картофельного листоеда в Смоленской области (рис. 2а–в).

Таблица 1

Список фенотипов колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*)

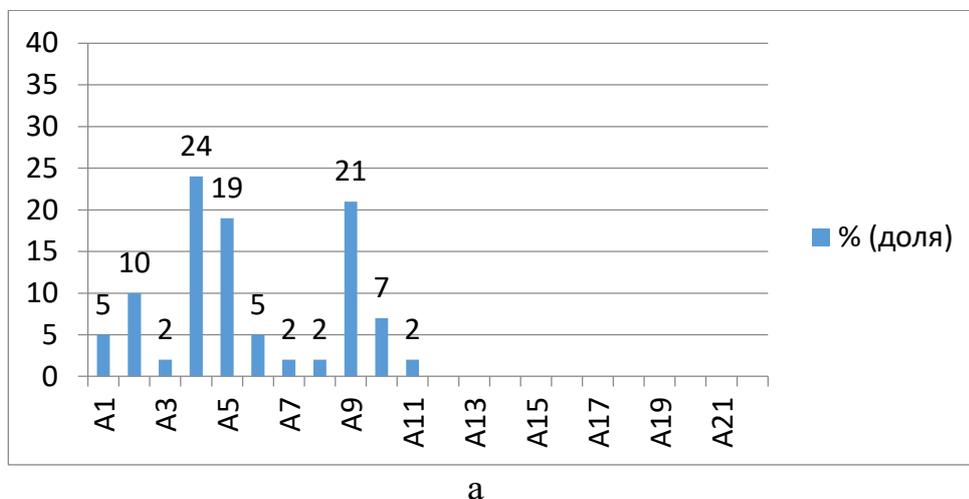
Обозначение фена	Рисунок фена	Обозначение фена	Рисунок фена	Обозначение фена	Рисунок фена
A1		A9		A16	
A2		A10		A17	
A3		A11		A18	
A4		A12		A19	
A5		A13		A20	
A6		A14		A21	
A7		A15		A22	
A8					

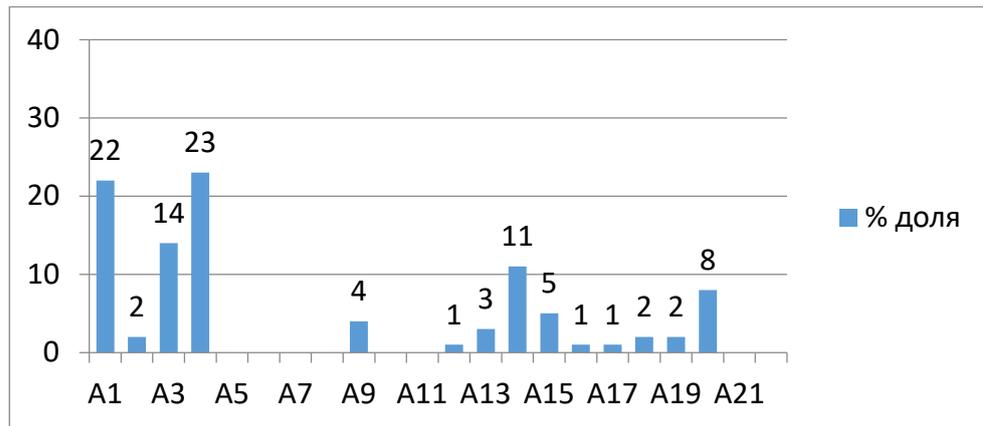
Некоторые из вариаций регулярно регистрировались в популяции из Старицкого района – это фенотипы A12, A13, A14, A15, A20. Среди указанных фенотипов отмечался значимый уровень различий для A14 при сравнении листоедов из Смоленской области и Тверского региона 2016г., а также, серий 2016 и 2021 гг. из Тверской области. (табл. 2). Фенотипы A16, A17, A18, A19, A21, A22 в Тверской области отмечались в разные годы: вариации A16–A19, как редкие фенотипы с частотами 1–2% – в 2016г.; вариации A21–A22 с частотами 15% и 6% – в 2021г. (рис. 2а, в). В последнем случае отличия встречаемости вариации A21 у листоедов в «Тверской» популяции в 2021 г. достигли значимого уровня при сопоставлении как с популяцией из Смоленской области, так и при сопоставлении серий из одного региона, собранных

в 2016 и 2021 гг.; по встречаемости фена А22 уровня достоверности достигли различия выборок 2016 и 2021 гг. из Тверской области (рис. 2а–в; табл. 2).

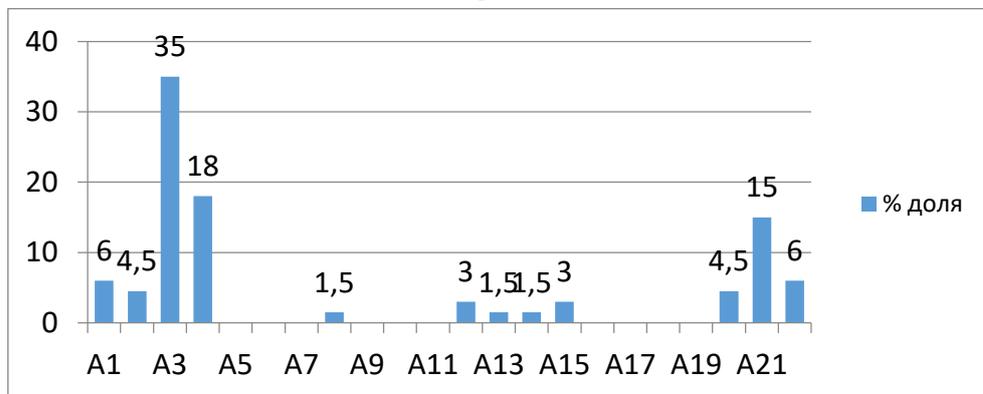
Единственная вариация, присутствующая во всех трех выборках со схожей частотой – А4: встречаемость этого фена в выборке из Смоленской области – 24%, из Тверской в 2016, 2021 гг. – 23% и 18% соответственно. Можно предположить, что фен А4 является феном крупного масштаба и в целом обычен для вида в рассматриваемых регионах. Фен А8 регистрировался только в выборках 2021г., составляя 2% – в Смоленской области и 1,5% – в Тверской области. А8 – редкий фен, и в некоторые годы может отсутствовать в виду стохастических процессов (рис. 2а–в; табл. 2).

К фенам, демонстрирующим межпопуляционные отличия по частотам встречаемости, вероятно, относятся вариации А2, А3, А9. В «Смоленской» популяции более обычны фены А2 (10%) и А9 (21%), нежели в «Тверской» популяции, где частоты соответствующих фенов в 2016 и 2021гг. – 2% и 4,5%; 4 и 0% ( $p \leq 0,05$ ). Фен А3 отмечен у 2% жуков в Смоленской области, и у 14% и 35% жуков в Тверской области в 2016 и 2021 гг. ( $p \leq 0,05$ ). Вариация А3 – одна из обычных в «Тверской» популяции, а в 2021 г. – фоновая, ввиду чего отмечен достоверный уровень различий при сопоставлении серий колорадского жука, собранных в 2016 и 2021 гг. ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 2а–в; табл. 2).





б



в

Рис.2. Частота встречаемости фенов рисунка переднеспинки колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*) из разных географических точек: а – Смоленская область, Дорогобужский район, 2021 г.; б – Тверская область, Старицкий район, 2016 г.; в – Тверская область, Старицкий район, 2021 г.

Таким образом, обнаружены различия популяций колорадского жука из Смоленской и Тверской областей, выражающиеся различиями состава и частот встречаемости фенов рисунка центрального элемента переднеспинки. Ряд отличий могут трактоваться, как географические. Оценивая фены в качестве индикаторов мер борьбы с вредителем, можно предположить, что фены, отсутствующие в популяции, обитающей на обрабатываемом инсектицидами поле, маркируют генотипы, неустойчивые к действию пиретроидов – в нашем случае это вариации А5, А6, А7, А10 и А11. Тогда фены А12, А13, А14, А15, А20, неизменно встречающиеся у листоедов на данном поле, могут быть индикаторами резистентности к применяемым препаратам. Так же индикаторами устойчивости к инсектицидам могут быть фены А3 и А21, характерные для популяции из Тверской области в 2021 г.

Таблица 2

Значение  $\chi^2$  для сопоставляемых выборок колорадского жука

фены	Смоленск/Тверь 2016	Смоленск/Тверь 2021	Тверь 2016/2021
A1	5,1*	0,08	6,34*
A2	3,72	0,98	0,77
A3	3,59	12,18*	7,99*
A4	0,01	0,40	2,75
A5	18,28*	12,58*	-
A6	4,57*	3,14	-
A7	2,28	1,57	-
A8	2,28	0,10	1,46
A9	2,99	14,15*	2,75
A10	6,86*	4,72*	-
A11	2,28	1,57	-
A12	0,44	1,27	0,84
A13	1,31	0,64	0,41
A14	4,81*	0,64	5,22*
A15	2,19	1,27	0,43
A16	0,44	-	0,69
A17	0,44	-	0,69
A18	0,87	-	1,37
A19	0,87	-	1,37
A20	3,50	1,91	0,83
A21	-	6,35*	14,56*
A22	-	2,55	5,82*

Примечание: \* – различия между сопоставляемыми сериями достигли уровня достоверности ( $p \leq 0,05$ )

При попытке сопоставления наших данных с результатами, полученными другими исследователями, мы столкнулись с проблемой разного методического подхода при выделении фенов. Авторы более ранних исследований опираются на фенорморфы, выделенные в работах Фасулати (1985), представляющие собой комбинации двух центральных пятен на переднеспинке жука – в нашей системе обозначений – элементов «А» и «D» (рис. 1). В этом случае выделяются 9 фенокомплексов, среди которых вариации «3», «6» и «9» признаны, как маркеры генотипов, устойчивых к инсектицидам в разных частях ареала *Leptinotarsa decemlineata* (Васильева и др., 2005; Рославцева, Еремина, 2005; Олейников и др., 2006; Беньковская и др., 2004, 2008; Удалов, Беньковская, 2010; Бречко и др., 2016). В то время

как, анализ фенетических особенностей популяций колорадского жука в Смоленской и Тверской областях базировался на концепции фена, как признака-маркера, далее неделимого без потери его качества (Яблоков, 1980, 1987; Яблоков, Ларина, 1985), и элементы рисунка «А» и «D» рассматривались отдельно. Нам не удалось провести аналогии выделенных вариаций центрального элемента «А» с фенорморфами Фасулати. При этом, на примере изученных выборок мы можем охарактеризовать особенности рисунка переднеспинки листоеда, которые можно трактовать, как маркеры резистентности к пиретроидам. Преимущественно это простые вариации рисунка в виде широких или узких параллельных полос и версии этого базового рисунка – асимметричные с очень коротким правым или левым плечом, с коротким плечом и точкой рядом с другой полоской. Одна из вариаций – асимметричный подковообразный рисунок с коротким правым плечом. Для подтверждения найденных закономерностей необходимо продолжить мониторинг популяции из Тверской области.

**Заключение.** При анализе фенофондов двух популяций колорадского жука на примере фенов центрального непарного элемента рисунка переднеспинки «А» обнаружен ряд отличий *Leptinotarsa decemlineata*, обитающего на территории Тверской и Смоленской областей. На полях, где осуществлялся сбор картофельного листоеда, применялись неодинаковые методы борьбы с этим вредителем: в Смоленской области основным способом являлся ручной сбор, в Тверской области картофельное поле регулярно обрабатывалось инсектицидами, относящимися к группе пиретроидов. Учитывая указанное, некоторые из обнаруженных отличий могут трактоваться, как географические, другие – как свидетельства возрастания уровня резистентности к инсектицидам, проявляющегося увеличением частот некоторых вариаций фенов. Предполагаемые фены-маркеры устойчивости к химическим препаратам преимущественно характеризуются простыми вариациями элемента «А» в виде широких или узких параллельных полос и асимметричные версии этого базового рисунка. В целом, феногенетический метод может применяться в целях мониторинга начальных этап развития резистентности к пиретроидам и повышения эффективности борьбы с вредителем.

#### **Список литературы**

Беньковская Г.В., Удалов М.Б., Поскряков А.В., Николенко А.Г. 2004. Феногенетический полиморфизм колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say и его чувствительность к инсектицидам на территории Башкирии // *Агрехимия*. № 12. С. 23-28.

- Беньковская Г.В., Удалов М.Б., Хуснутдинова Э.К.* 2008. Генетическая основа и фенотипические проявления резистентности колорадского жука к фосфорорганическим инсектицидам // *Генетика*. Т. 44. № 5. С. 638-644.
- Бречко Е.В., Елисовецкая Д.С., Настас Т.Н., Войтка Д.В., Янковская Е.Н.* 2016. Формирование фенотипической структуры популяций колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) в условиях экологических стрессов / *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*. №4. С. 79-89.
- Васильева Т.И., Иванова Г.П., Иванов С.Г.* 2005. Изменения фенотипической структуры популяций колорадского жука от интенсивности применения инсектицидов // *Материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарное оздоровление экосистем»*, СПб. С. 14-15.
- География Тверской области* / Под ред. А.А. Ткаченко. Тверь. 1992. 289 с.
- Смоленская область. Природа: физико-географический очерк* / Большая Российская энциклопедия 2004–2017 / Н.Н. Калущкова, В.С. Нефедов, А.Н. Прокинова, П.С. Павлинов, Н.В. Деверилина. <https://bigenc.ru/geography/text/3840067>.
- Климец Е.П.* 1988. Выявление чувствительности колорадского жука к действию инсектицидов с помощью фенов / *Фенетика природных популяций*. М. Наука. С. 111-117.
- Колорадский картофельный жук, Leptinotarsa decemlineata* Say. 1981. Филогения, морфология, физиология, экология, адаптация, естественные враги / Отв. ред. тома проф. Р. С. Ушатинская. М.: Наука. 376 с.
- Маслова А.С.* 2011. Изменчивость элементов меланизированного рисунка центральной части переднеспинки колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say., обитающего в Уфимском районе Республики Башкортостан / *Материалы по флоре и фауне Республики Башкортостан: Вып. II* / отв. ред. В.А. Валуев. Уфа: РИЦ БашГУ. С. 3-8.
- Олейников А.В., Яковлева И.Н., Рославцева С.А.* 2006. Устойчивость к инсектицидам, фенетическая структура и активность ферментов в популяциях колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say из Брянской области // *Агрехимия*. № 3. С. 46-51.
- Плохинский Н.А.* 1970. Биометрия. М.: Изд-во МГУ. 367 с.
- Площади картофеля в России. Итоги за 2020 год* / Экспертно-аналитический центр агробизнеса. <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-kartofelya-v-rossii-itogi-za-2020-god>.
- Рославцева С.А.* 2009. Резистентность к инсектицидам в популяциях колорадского жука // *Агрехимия*. № 1. С. 87-92.
- Рославцева С.А., Еремина О.Ю.* 2005. Резистентность к пиретроидам и фенотипический анализ популяций колорадского жука из Можайского района Московской области // *Материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений. «Фитосанитарное оздоровление экосистем»*. СПб. С. 57-58.
- Топ 10 стран по производству картофеля* / Топ-рейтинги. Самые интересные рейтинги различных тематик. <https://topreytings.ru/top-10-stran-po-proizvodstvu-kartofelya/>

- Универсальный инсектицид для растений Инта-вир: состав, инструкция, отзывы / Комнатные цветы и растения и уход в домашних условиях.* <https://cveti-rasteniya.ru/inta-vir-preparat-instrukciya.html>.
- Усов С.В., Фирсов В.Ф. 2007. Биологизация защиты картофеля от колорадского жука // Защита и карантин растений. № 6. С. 26.
- Удалов М.Б., Беньковская Г.В. 2010. Изменения уровня полиморфизма в популяциях колорадского жука на южном Урале // Экол. генетика. Т. VIII. № 3. С. 61-66.
- Удалов М.Б., Беньковская Г.В. 2011а. Популяционная генетика колорадского жука: от генотипа до фенотипа // Вавиловский журнал генетики и селекции. Т. 15. № 1. С. 156-172.
- Удалов М.Б., Беньковская Г.В. 2011б. Структура популяции колорадского жука на Южном Урале. Материалы по флоре и фауне Республики Башкортостан: Вып. II / отв. ред. В.А. Валуев. Уфа: РИЦ БашГУ. С. 8-23
- Фасулати С.Р. 1985. Полиморфизм и популяционная стратегия колорадского жука Европейской части СССР // Энтомология. № 6. С. 50-56.
- Фасулати С.Р. 1993. Полиморфизм, экологические группировки и микроэволюция колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) // Вид и его продуктивность в ареале. СПб. С. 260-262.
- Яблоков А.В. 1980. Фенетика. Эволюция, популяция, признак. М.: Наука. 136 с.
- Яблоков А.В. 1987. Популяционная биология. М.: Высш. шк. 302 с.
- Яблоков А.В., Ларина Н.И. 1985. Введение в фенетику популяций. Новый подход к изучению природных популяций. М.: Высш. шк. С. 160.
- Lee S.H., Dunn J.B., Clark J.M. et al. 1999. Molecular analysis of kdr-like resistance in a permethrin-resistant strain of Colorado potato beetle // Pest. Biochem. Physiol. № 63. P. 63-75.
- Williamson M.S., Martin-Torrez D., Hick C.A. 1996. Identification of mutations in the housefly para-type sodium channel gene associated with knockdown resistance (kdr) to pyrethroid insecticides // Mol. Gen. Genet. № 252. P. 51-60.

## **PHENETIC STRUCTURE OF THE POPULATIONS OF THE COLORADO POTATO BEETLE AS AN INDICATOR OF THE PEST CONTROL METHODS (EXAMPLE OF THE CENTRAL ELEMENT OF THE PRONOTUM ORNAMENT)**

**A.A. Emelyanova, N.E. Nikolaeva, T.A. Pudovkina**  
Tver State University, Tver

When analyzing the pheno pools of two populations of the Colorado potato beetle using the example of phenes of the central unpaired element of the pronotum pattern "A", a number of differences were found in *Leptinotarsa decemlineata*, which lives on the territory of the Tver and Smolensk regions.

In the fields where the potato leaf beetle was (beetles were?) collected, different methods were used to combat this pest: in the Smolensk region, manual collection was the main method, in the Tver region, the potato field was regularly treated with insecticides belonging to the pyrethroid group. Putative phenic markers of chemical resistance are predominantly characterized by simple variations of the "A" element - wide or narrow parallel stripes and asymmetrical versions of this basic pattern.

**Keywords:** *Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata, phenic, phenocomplex, pronotal pattern, pyrethroids, resistance.*

*Об авторах:*

ЕМЕЛЬЯНОВА Алла Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и физиологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: Emelyanova.AA@tversu.ru.

НИКОЛАЕВА Наталья Евгеньевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и физиологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: Nikolaeva.NE@tversu.ru.

ПУДОВКИНА Татьяна Андреевна – магистр 2 курса, направление 06.04.01 Биология, биологический факультет, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: bio.biology@tversu.ru.

Емельянова А.А. Фенетическая структура популяций колорадского жука как индикатор методов борьбы с вредителем на примере центрального элемента рисунка переднеспинки / А.А. Емельянова, Н.Е. Николаева, Т.А. Пудовкина // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 1(69). С. 80-91.

Дата поступления рукописи в редакцию: 13.12.22

Дата подписания рукописи в печать: 01.03.23