

УДК 632.938.1/951:595.768.12.

ПОЛОЖЕНИЕ С РЕЗИСТЕНТНОСТЬЮ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY К ИНСЕКТИЦИДАМ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РФ

Г.И. Сухорученко, Т.И. Васильева, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Приведены результаты многолетнего мониторинга развития резистентности к инсектицидам у колорадского жука в Северо-Западном регионе РФ. Установлено формирование групповой резистентности к пиретроидам и неоникотиноидам в ленинградской, псковской, новгородской, вологодской и калининградской популяциях вредителя. Выявлено формирование перекрестной резистентности к спиносаду в высокорезистентной к пиретроидам вологодской популяции. В ряде популяций отмечено развитие резистентности к фосфорорганическим препаратам. На этом фоне обнаружено формирование множественной резистентности к применяемым средствам борьбы в популяциях колорадского жука. Причинами формирования резистентных к инсектицидам популяций фитофага являются интенсивное применение в борьбе с ним инсектицидов разных химических классов, а также занос резистентных к ним генотипов вредителя из соседних регионов. Для выявления развития резистентности у колорадского жука к инсектицидам необходим поэтапный мониторинг этого процесса, который базируется на использовании фенотипического метода оценки изменений структуры популяций под влиянием токсического воздействия и токсикологического метода, основанного на тестировании личинок 2 возраста жука диагностическими концентрациями препаратов.

Ключевые слова: колорадский жук, инсектициды, резистентность, диагностическая концентрация, фенотипы, структура популяции, фенотипический и токсикологические методы мониторинга развития резистентности.

Колорадский жук (КЖ) – инвазионный вид, освоивший за полтора столетия основные зоны картофелеводства Северо-Американского, а начиная с 20 гг. прошлого столетия и Европейского континентов. Такое быстрое расширение видового ареала этого опасного вредителя пасленовых культур было обусловлено переходом на питание культурным картофелем, т.е. более благоприятным кормом, чем дикорастущие пасленовые растения Скалистых гор, способностью к активным миграциям, большой генетической изменчивостью и экологической пластичностью [Ушатинская, 1981].

Первые очаги КЖ на территории бывшего СССР были обнаружены в 1949 г. в Львовской области [Чигарев, 1960], но проводимые карантинные мероприятия на протяжении почти 10 лет сдерживали его проникновение вглубь страны. Однако ситуация в корне изменилась после инвазии 1958–1959 гг., когда началось активное расселение вредителя по зонам культивирования картофеля в Европейской части страны в восточном направлении. По данным карантинной службы в 80 гг. прошлого столетия очаги КЖ жука были обнаружены в Закавказье, а также в Западной Сибири, Казахстане, Средней Азии и продолжалось его дальнейшее продвижение на Восток [Васютин и др., 2000]. В последние два десятилетия КЖ жук распространился во многих районах Северо-Запада, где его акклиматизация считалась ранее невозможной [Будин, Власова, 1977; Ушатинская, 1981].

По мнению С.Р. Фасулати инвазия КЖ в районы Ленинградской области произошла в июне 1998 г. в результате заноса с сильными южными ветрами из граничащих с ней районов Псковской и Новгородской областей. Проведенные этим исследователем в 1998–2001 гг. наблюдения выявили адаптацию вредителя к условиям Ленинградской и сопредельных областей со сдвигом его ареала до 150–250 км на север в результате микроэволюционных процессов, выразившихся в отборе генотипов жука с пониженными требованиями к теплу [Фасулати, 2002]. В итоге в субэкс-

тремальных климатических условиях Северо-Западного региона сформировался новый северный экотип этого вида [Фасулати и др., 2007].

Благоприятные погодные условия, сложившиеся для КЖ в Северо-Западном регионе в начале 2000 гг., отсутствие устойчивых сортов и специализированных энтомофагов способствовали массовому его развитию на посадках картофеля, что привело к интенсивным обработкам культуры фосфорорганическими инсектицидами и пиретроидами.

В литературе имеются многочисленные данные зарубежных и отечественных исследователей о том, что КЖ, как эволюционно молодой вид, быстро развивает резистентность к инсектицидам, попадая на протяжении всего своего ареала под постоянный химический пресс. Этот процесс протекает благодаря наличию в популяциях вредителя особей с широким спектром адаптационного полиморфизма по способности детоксицировать различные физиологически активные вещества вторичного обмена пасленовых культур, а также инсектициды [Павлюшин и др., 2009]. Еще в конце прошлого столетия КЖ был отнесен специалистами ФАО к числу 13 видов вредных членистоногих, в популяциях которых резистентность достигла «критического уровня», так как сформировалась, практически, ко всем применяемым в борьбе с ними инсектицидам в основных зонах картофелеводства мира [Georghiou, Lagunes-Tejeda, 1991].

Это обстоятельство, а также имеющиеся данные отечественных исследователей, включая наши, по развитию резистентности в популяциях КЖ к хлорорганическим, затем к фосфорорганическим препаратам и пиретроидам в 70–90 гг. прошлого столетия на Украине, в Белоруссии, Молдавии, Московской области, ЦЧЗ и на Северном Кавказе положили начало изучению чувствительности вредителя к применяемым инсектицидам в Северо-Западном регионе.

Материалы и методы

Для оценки положения с развитием резистентности у колорадского жука к применяемым инсектицидам в Северо-Западном регионе исследования начали проводить сразу после инвазии в 1998 г. В работе использовали стандартный токсикологический метод ее выявления в популяциях вредителя, позволяющий определять такие токсикологические параметры инсектицидов, как $СК_{50}$ и $СК_{95}$ (концентрации препаратов, вызывающая 50% и 95% гибель особей исследуемой популяции) и ПР (показатель резистентности, определяемый соотношением величин $СК_{50}$ препарата для изучаемой и стандартной чувствительной популяций) [Сухорученко и др., 2004]. По величине ПР судили о достигнутом вредителем уровне развития резистентности к инсектициду и перспективе его использования в системе борьбы.

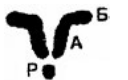





Аналізу подвергали выборки КЖ из популяций, названных по административному месту отбора проб в Северо-Западном регионе (ленинградская, калининградская, вологодская, псковская, новгородская). Собранных на посадках картофеля фермерских хозяйств или опытных участках НИИ жуков перезимовавшего поколения содержали в лаборатории в вегетационных сосудах, выстланных фильтровальной бумагой, на букетах из листьев картофеля для получения потомства. Опыты проводили с двухдневными личинками 2 возраста, которых тестировали применяемыми в борьбе с жуком пиретроидами: суми-альфа, 50 КЭ (д.в. эфенвалерат), децис, 250 КЭ (д.в. дельтаметрин) и цимбуш, 250 КЭ, (д.в. циметрин); фосфорорганическими препаратами: дурсбан, 480 КЭ (д.в. хлорпирифос) и актеллик, 500 КЭ (д.в. пиримифосметил); инсектицидами из новых химических классов – неоникотиноидов: конфидор, 200 ВРК (д.в. имадаклоприд), актара, 250 ВДГ (д.в. тиаметокам) и спиносин – спинтор, 240 СК (д.в. спиносин А+ Спиносин Д). Для расчета значений $СК_{50}$ и $СК_{95}$ инсектицидов личинок жука обрабатывали токсикантами в серии концентраций (5–6). Опыты ставили в 4–5 повторностях

не менее 10 личинок в каждой. Полученные ряды смертности личинок обрабатывали методом пробит-анализа.

Помимо этого, для выявления развития резистентности к применяемым инсектицидам в исследуемых популяциях КЖ использовали экспресс-метод, позволяющий определять частоты встречаемости в них резистентных к токсикантам генотипов с помощью ДК (диагностическая концентрация препарата, равная двукратному значению $СК_{95}$, полученному в исследованиях), обеспечивающей 100% гибель особей стандартной чувствительной популяции. Тестированию ДК подвергали не менее 100 личинок исследуемых популяций. Все выживающие после обработки такой концентрацией инсектицида особи считаются потенциально резистентными.

Для диагностики развития резистентности у КЖ к инсектицидам использовали также метод фенетики, позволяющий визуально оценивать изменения фенотипической структуры его популяций в зависимости от интенсивности токсического на них воздействия по морфологическим признакам – изменчивости рисунка центральной части переднеспинки имаго [Фасулати, 1985]. Усовершенствование этой методики позволило для анализа фенооблика популяций жука вместо 9 морфотипов, предложенных С.Р. Фасулати, использовать 6 морфотипов (фенокомпозиций). Эти морфотипы характеризуются двумя устойчивыми неметрическими признаками (фенами) – наличием пятна (Р) с разной интенсивностью окраски или его отсутствием в нижней части переднеспинки имаго и слиянием или отсутствием слияния продольных полос (А) с пятнами (В) в верхней их части (табл. 1). Среди 6 морфотипов, как показали ранее проведенные исследования, увеличение доли 3 морфотипа позволяет судить о развитии резистентности к инсектициду в популяции вредителя [Васильева и др., 2004].

Таблица 1. Морфотипы колорадского жука, используемые для анализа фенооблика его популяций при мониторинге развития в них резистентности к инсектицидам

№ морфотипа	Тип рисунка центральной части переднеспинки имаго	Характеристика морфотипа
1		пятно Р имеется оба пятна Б слиты с полосами А
2		пятно Р имеется одно из двух пятен Б слито с одной из полос А
3		пятно Р имеется оба пятна Б отделены от полос А
4		пятно Р отсутствует оба пятна Б слиты с полосами А
5		пятно Р отсутствует одно из двух пятен Б слито с одной из полос А
6		пятно Р отсутствует оба пятна Б отделены от полос А

Результаты

Данные проведенного в 1999–2006 гг. мониторинга чувствительности КЖ к применяемым в борьбе с ним инсектицидам в ленинградской популяции вредителя выявили развитие резистентности к пиретроидам. Однако в зависимости от интенсивности использования отдельных препаратов этого химического класса степень ее развития к ним различается. Это хорошо прослеживается на при-

мере ежегодного тестирования выборок вредителя, собираемых на посадках картофеля фермерских хозяйств в окрестностях г. Павловска (табл. 1). В этих выборках наблюдается постепенное развитие резистентности к пиретроиду – суми-альфа, используемому в борьбе с КЖ все эти годы. За шестилетний период применения показатель резистентности насекомого к инсектициду в 2004 г. достиг

11.4х уровня, однако к пиретроиду цимбушу сохранялась чувствительность вредителя. На фоне формирующейся резистентности вредителя к суми-альфа было отмечено более чем двукратное снижение чувствительности к органофосфату дурсбану, а также к неоникотиноидам актаре и конфидору (табл. 1). Полученные значения $СК_{50}$ инсектицида спинтор из класса спиросинов, проходившему в эти годы регистрационные испытания, могут служить исходными показателями чувствительности КЖ к этому токсиканту при проведении дальнейшего мониторинга развития резистентности в его популяциях.

Для оценки ситуации, складывающейся с развитием резистентности у КЖ к средствам борьбы в последующие 2007–2010 гг., определяли частоту встречаемости резистентных особей к наиболее широко применяемым инсектицидам в нескольких популяциях из Северо-Западного региона. Результаты проведенного мониторинга выявили активное формирование групповой резистентности у вредителя к пиретроидам. Об этом свидетельствует высокая частота встречаемости резистентных к ним особей, практически, во всех исследуемых популяциях колорадского жука (табл. 3). При этом выборки из калининградской, вологодской и ленинградской (локальная выборка из Лужского района) популяций были охарактеризованы как высоко резистентные к пиретроидам, так как в них было выявлено от 50 до 97% резистентных особей к децису, суми-альфа или цимбушу, как следствие почти 10-летнего применения этих препаратов в Северо-Западном регионе. Выборки из псковской популяции и локальные выборки вредителя из ленинградской популяции (Гатчинский район) могут быть отнесены к средне резистентным, поскольку частота встречаемости в них резистентных к суми-альфа и децису генотипов колебалась в пределах 12.5–37.5%, к цимбушу – 5% (табл. 3).

Таблица 2. Варьирование показателей чувствительности к инсектицидам в ленинградской популяции колорадского жука (фермерские хозяйства в окрестностях г. Павловска, Пушкинский район г. Санкт-Петербурга)

Инсектицид	Год наблюдений	$СК_{50}$ для личинок 2 возраста, % д.в.	ПР
Суми-альфа, 50 КЭ	1997	0.000085±0.000001	S
	1999	0.000025 ±0.000002	2.9
	2001	0.000045±0.0000043	5.3
	2002	0.000057±0.0000049	6.7
	2003	0.000080±0.0000068	9.4
	2004	0.000097±0.0000065	11.4
	2005	0.00003±0.0000025	3.5
Цимбуш, 250 КЭ	2006	0.00001±0.0000009	1.2
	2001	0.00003±0.000003	S
	2002	0.000014±0.0000009	4.7
Дурсбан, 480 КЭ	2003	0.000017±0.0000013	5.7
	2006	0.000015±0.0000012	3.0
	1998	0.00007±0.000007	S
Конфидор, 200 ВРК	2002	0.000073±0.0000062	1.1
	2003	0.00014±0.000008	2.0
	2004	0.00018±0.000012	2.6
	2000	0.000015±0.00001	S
Актара, 250 ВДГ	2002	0.000019±0.0000017	1.3
	2003	0.000031±0.0000027	2.1
	2004	0.000029±0.0000022	1.9
	2006	0.000025±0.0000017	1.7
	2000	0.000004±0.0000001	S
Спинтор, 240 СК	2002	0.0000052±0.0000004	1.3
	2003	0.000015±0.0000014	3.8
	2004	0.000009±0.0000006	2.3
	2006	0.000004±0.0000002	1.0
Спинтор, 240 СК	2007	0.000005±0.0000004	1.3
	2002	0.0000022±0.0000002	S
	2003	0.0000042±0.0000002	1.9
	2004	0.0000035±0.0000003	1.6
	2006	0.0000018±0.00000012	0.8

Таблица 3. Частота встречаемости резистентных к инсектицидам особей в популяциях колорадского жука в Северо-Западном регионе (2007–2010 гг.)

Инсектицид	Диагностическая концентрация, % д.в.	Число резистентных к инсектицидам особей, %, в популяциях				
		Ленинградская		Псковская,	Вологодская,	Калининградская
		Гатчинский р-н (2008 г.)	Лужский р-н (2010 г.)	Пустошкинский р-н (2008 г.)	Устюженский р-н (2009 г.)	Гурьевский р-н (2007 г.)
Актеллик, 500 КЭ	0.0006	5.0	7.7	0	0	13.3
Децис, 250 КЭ	0.0001	37.5	57.5	37.5	–	63.5
Суми-альфа, 50 КЭ	0.00006	12.5	81.6	12.5	97.0	71.1
Цимбуш 250 КЭ	0.003	5.0	–	5.0	50.0	38.5
Актара, 250 ВДГ	0.00005	25.0	17.5	25.0	27.0	28.9
Конфидор, 200 ВРК	0.0007	0	0	10.0	20.0	6.0
Спинтор, 240 СК	0.00003	2.5	0	0	33.0	0

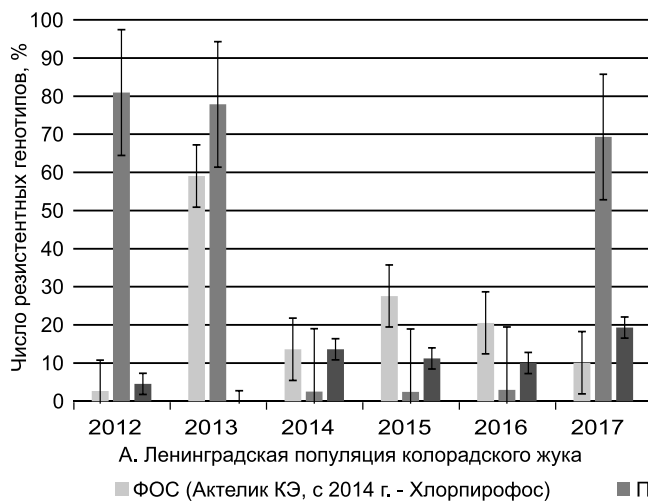
Помимо развития групповой резистентности к пиретроидам, в эти же годы отмечены факты начавшегося формирования групповой резистентности у вредителя и к неоникотиноидам. Применение неоникотиноидов на картофеле в Северо-Западном регионе началось в 2000 г. путем повсеместной обработки клубней как против комплекса вре-

дителей (проволочников, тлей, колорадского жука), так и в период вегетации растений целенаправленно против КЖ. Интенсивное применение препаратов тиаметоксама (актара, круйзер) и имидаклоприда (конфидор, престиж) значительно повысило эффективность защиты картофеля от КЖ, но способствовало развитию к ним резистентности в

разных популяциях вредителя (рис. 3). Об этом свидетельствует наличие во всех анализируемых популяциях от 17.5 до 28.9% резистентных к актаре и от 6.0 до 20.0% – к конфидору особей (табл.3).

На фоне формирующейся резистентности к пиретроидам и неоникотиноидам было обнаружено наличие от 5 до 13.3% резистентных к актеллику особей в ленинградской и калининградской популяциях, как результат применения на картофеле в борьбе с КЖ жуком в эти годы, наряду с другими инсектицидами, фосфорорганических препаратов (актеллик, дурсбан, пиринекс, хлорпирифос). Помимо этого в выборках жука из Гатчинского района было выявлено 2.5% и в вологодской популяции 33% резистентных к спинтору особей. Поскольку использование спинтора было ограничено только разовым его применением в рамках регистрационных испытаний в Пушкинском районе Ленинградской области, есть все основания полагать, что появление резистентных к этому инсектициду особей в названных выборках объясняется развитием перекрестной резистентности между интенсивно применяемыми пиретроидами и спиносинами, к которым относится спинтор.

Дальнейшие наблюдения за развитием резистентности у КЖ к применяемым инсектицидам в Северо-Западном регионе проводили на примере ленинградской и псковской



популяций. Анализ полученных материалов выявил существенные колебания в содержании в них резистентных к инсектицидам особей в зависимости от интенсивности применения тех или иных препаратов. Так в 2012–2013 гг. в обеих популяциях отмечалось высокое содержание резистентных к суми-альфа особей, а в 2013 г. – и к актеллику (рис. 1А, В), которые эти годы активно применялись в борьбе с вредителем. Однако, начиная с 2014 г. в Ленинградской области и с 2015 г. – в Псковской, произошло значительное сокращение численности колорадского жука из-за неблагоприятных погодных условий в Северо-Западном регионе в 2014–2017 гг. (резкие колебания температуры воздуха и обильные осадки в виде дождей, особенно в период зимней диапаузы).

Наблюдаемая депрессия развития колорадского жука в 2014–2017 гг. привела к снижению объемов наземных обработок в борьбе с вредителем и, соответственно, токсической нагрузки на его популяции, а это способствовало реверсии резистентности в ленинградской и псковской популяциях к применяемым инсектицидам, что проявилось в резком уменьшении, практически на порядок, доли содержания в них резистентных к суми-альфа, актаре и актеллику особей (рис. 1 А, В).



Рисунок 1. Частота встречаемости резистентных к инсектицидам генотипов в ленинградской и псковской популяциях колорадского жука (2012–2017 гг.)

В целом, анализ полученных за 17-летний период материалов свидетельствует о том, что воздействие на популяции КЖ в Северо-Западном регионе инсектицидов из химических классов фосфорорганических соединений, пиретроидов и неоникотиноидов привело к развитию в его популяциях разных типов резистентности к применяемым препаратам. Прежде всего, следует отметить развитие резистентности к отдельным препаратам из класса органофосфатов, групповой резистентности к пиретроидам и неоникотиноидам или множественной резистентности одновременно к препаратам из нескольких химических классов.

Формирование различных типов резистентности к инсектицидам в популяциях КЖ в Северо-Западном регионе значительно осложняет защиту картофеля в борьбе с этим вредителем и диктует необходимость поиска эффективных препаратов в борьбе с ним среди применяемых или перспективных для включения в системы борьбы с ним инсектицидов. Однако существующий токсикологический метод позволяет выявлять развитие резистентности к тому или

иному инсектициду в популяциях насекомого при массовом развитии вредителя, когда сроки выбора эффективных средств борьбы с ним упущены. В связи с этим представляет интерес фенетический метод, позволяющий определять изменения в структуре популяций фитофага под влиянием инсектицидов по соотношению 6 морфотипов имаго перезимовавшего поколения.

Проведенный в течение ряда лет мониторинг внутривидовой изменчивости КЖ в Северо-Западном регионе показал, что в фенотипике тестируемых популяций соотношение 6 используемых для анализа морфотипов меняется в зависимости от степени развития в них резистентности к инсектицидам (табл. 4). При этом различия во внутривидовой структуре популяций вредителя наиболее наглядно выявляются по соотношению трех доминирующих в них морфотипов N 1, N 2 и N 3. Три остальных морфотипа (N 4, N 5, N 6) являются минорными и присутствуют в популяциях в незначительных количествах или вообще отсутствуют (табл. 4).

Таблица 4. Фенотипическая структура популяций колорадского жука в Северо-Западном регионе (по данным мониторинга в 2005–2017 гг.)

Место сбора	Год	Число имаго в выборке	Доля морфотипов в выборке, %					
			1	2	3	4	5	6
Ленинградская популяция								
Ленинградская обл., Тосненский район, пос. Ушаки (опытное поле ВИЗР)	2007	65	57.2	23.1	19.0	0	0	0.7
	2009	100	54.0	30.0	15.0	0	0	1.0
Пушкинский район Санкт-Петербурга, г. Павловск (фермерские поля)	2006	72	50.0	9.8	37.5	0	1.3	1.4
	2007	123	40.7	23.5	35.8	0	0.0	0.0
	2011	112	8.9	10.7	80.4	0	0	0
	2012	120	33.4	20.0	46.6	0	0	0
	2013	66	18.1	13.6	67.8	0	0	0
Пушкинский район Санкт-Петербурга, г. Пушкин (опытное поле ВИЗР)	2006	476	24.2	21.4	54.2	0	0.2	0
	2007	432	23.4	22.2	53.7	0.2	0	0.5
	2008	130	40.0	24.6	35.4	0	0	0
Ленинградская обл., Волосовский район, ОПХ «Каложицы» (семенные посадки картофеля)	2011	112	8.9	10.7	80.4	0	0	0
	2007	116	24.1	34.5	34.5	0	0	6.9
	2008	94	36.2	14.9	48.9	0	0	0
	2012	80	27.5	27.5	45.0	0	0	0
Ленинградская обл., Гатчинский район, с. Рождествено (Гос. сортоучасток)	2010	98	19.4	25.5	55.1	0	0	0
	2011	523	23.5	21.5	55.0	0	0	0
	2012	143	24.4	26.6	46.2	0	0	2.8
	2015	82	22.0	26.8	51.2	0	0	0
Ленинградская обл., Гатчинский район, пос. Белогорка (Лен. НИИ СХ)	2007	64	15.6	9.4	71.9	0	0	3.1
	2008	178	11.1	8.9	79.8	0	0	0.2
	2010	73	32.9	16.4	50.7	0	0	0
	2015	67	29.9	13.4	56.7	0	0	0
Псковская популяция								
Псковская обл., Пустошкинский район, дер. Алоль (фермерские хозяйства)	2007	85	41.2	29.4	29.4	0	0	0
	2011	78	26.9	21.8	51.3	0	0	0
	2012	114	25.4	28.1	46.5	0	0	0
	2013	216	17.6	19.6	63.9	0	0	0
	2015	118	8.5	23.7	67.8	0	0	0
	2016	94	33.0	24.5	42.5	0	0	0
	2017	72	25.0	20.8	54.2	0	0	0
Новгородская популяция								
Новгородская обл., Волотовский район, дер. Городцы (фермерские хозяйства)	2007	94	19.1	23.4	53.2	0	0	4.3
	2008	142	40.8	29.6	26.8	0.7	0.7	1.4
	2009	110	33.6	23.7	42.7	0	0	0
	2011	221	9.5	12.7	77.8	0	0	0
Вологодская популяция								
Вологодская обл., Устюженский район, дер. Никола (фермерские хозяйства)	2005	100	28.0	17.0	55.0	0	0	0
	2006	90	13.3	8.9	68.9	2.2	0	6.7
Калининградская популяция								
Калининградская обл., Гурьевский район (фермерское хозяйство)	2005	105	23.8	20.0	54.3	0	0	1.9
	2006	110	24.3	20.0	53.7	0	0	1.7
	2007	114	22.8	19.3	46.5	2.6	0	8.8
	2008	84	14.3	28.6	57.1	0	0	0

Так, в тосненской выборке из ленинградской популяции, которая не подвергалась воздействию инсектицидов, в оба года исследований доминировал морфотип N 1, что характерно для северного экотипа насекомого [Фасулати и др., 2007]. В остальных выборках жука из ленинградской популяции, а также псковской, новгородской, вологодской и калининградской популяций наблюдалось доминирование морфотипа N 3. Необходимо отметить, что по мере развития резистентности в популяциях жука к применяемым средствам борьбы наблюдается увеличение доли морфотипа N 3.

Ранее с помощью корреляционного анализа была установлена тесная взаимосвязь ($r = 0.95$) морфотипа N 3 с развитием резистентности к инсектицидам в популяциях колорадского жука, в то время как морфотипы N 1 и N 2 являются термозависимыми и их содержание в популяциях коррелирует с колебаниями температуры воздуха в зоне или в разные годы [Васильева и др., 2004].

Таким образом, в результате 17-летнего изучения развития резистентности к инсектицидам у КЖ в Северо-Западном регионе РФ получены данные, свидетельствующие о значительной гетерогенности популяций колорадско-

го жука по признаку резистентности к инсектицидам из химических классов органофосфатов, пиретроидов и неоникотиноидов. Это является следствием различной интенсивности применения тех или иных средств борьбы в отдельных частях региона в разные годы. Одной из причин увеличения частоты встречаемости резистентных к различным инсектицидам особей в популяциях КЖ может быть их занос из регионов с интенсивным применением инсектицидов. Так, в Ленинградскую область проникли резистентные к пиретроидам особи КЖ из более южных районов, а дальнейшее увеличение их доли в популяции проходило за счет начавшегося применения инсектицидов этого химического класса в 2000 г. В калининградской популяции вредителя высокая частота встречаемости резистентных к актары особей жука объясняется их заносом из сопредельных районов Польши и Литвы, где этот неоникотиноид начал применяться на картофеле значительно раньше, чем в России [Зенькевич, 2009].

Развитие в популяциях вредителя нескольких типов резистентности (к отдельным инсектицидам, групповой,

перекрестной, множественной) требует проведения регулярного мониторинга ее развития к применяемым препаратам, состоящего из двух этапов, для выбора в системы борьбы эффективных препаратов:

– установление в популяциях вредителя факта развития резистентности к инсектицидам, независимо от их принадлежности к какому-либо химическому классу, с использованием в качестве биоиндикатора этого процесса морфотип N 3 рисунка центральной части переднеспинки перезимовавших имаго;

– определение длительности эффективного применения конкретных инсектицидов путем тестирования личинок 2 возраста жука их диагностическими концентрациями.

Такой поэтапный мониторинг позволит рационально использовать рекомендованный ассортимент инсектицидов для защиты картофеля от КЖ, что будет способствовать торможению процесса развития резистентности в популяциях вредителя к применяемым средствам борьбы в Северо-Западном регионе.

Библиографический список (References)

- Будин К.З. Власова В.А. Зоны возможной акклиматизации колорадского жука // Картофель и овощи. 1977. N 9. С. 35–36.
- Васильева Т.И., Иванова Г.П., Сухорученко Г.И., Иванов С.Г., Шевченко Н.М. Изменение фенотипической структуры популяций колорадского жука под влиянием пиретроидов и других факторов // Мат. междунар. науч.-пр. конф. «Химический метод защиты растений. Состояние и перспективы повышения экологической безопасности. СПб.: 2004. С. 43–45.
- Васютин А.С. Сметник А.И., Мордкович Я.Б. Динамика распространения колорадского жука: состояние и перспективы борьбы с ним // Современные системы защиты и новые направления в повышении устойчивости картофеля к колорадскому жуку. М.: Наука. 2000. С. 41–44.
- Зенькевич С.В. Экологически малоопасная технология использования препаратов тиаметоксама для защиты картофеля от комплекса вредителей в хозяйствах Северо-Западного региона РФ. // Автореф. ... канд. дисс. Санкт-Петербург, 2009. 19 с.
- Павлюшин В.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р., Вилкова Н.А. Колорадский жук: распространение, экологическая пластичность, вредность, методы контроля // Защита и карантин растений. 2009. N 3. С. 2–29.
- Сухорученко Г.И., Васильева Т.И., Иванов С.Г. Колорадский жук // Методические указания по мониторингу резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих. СПб. 2004. С. 76–79.
- Ушатинская Р.С. Колорадский картофельный жук, *Leptinotarsa decemlineata* Say. Филогения, морфология, физиология, экология, адаптация, естественные враги / Р.С. Ушатинская (ред.). М.: Наука. 1981. С. 103–115, 251–261.
- Фасулати С.Р. Полиморфизм и популяционная структура колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) в европейской части СССР / С.Р. Фасулати // Экология. N 6. 1985. С. 50–56.
- Фасулати С.Р., Иванова О.В., Капусткин Д.В. Адаптация колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) и устойчивые к нему сорта картофеля в условиях Ленинградской области // XII съезд Русского энтомологического общества: тезисы докладов. Санкт-Петербург. 19-24 августа 2002. С. 357.
- Фасулати С.Р. Экологические особенности колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) // Тез. докл. XIII съезда Русского энтомологического общества. Краснодар. 2007. С. 209–210.
- Чигарев Г.А. Колорадский жук // Обзор распространения главнейших массовых вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 1959 г. и прогноз их появления в 1960 г. 1960. С. 155–160.
- Georghiou G.P., Lagunes-Tejeda A. The occurrence of resistance to pesticides in Arthropods // A-Gpp (Misc). 91-1. FAO of the United Nations. Rome. 1991.

Translation of Russian References

- Budin K.Z. Vlasova V.A. Zones of possible acclimatization of Colorado potato beetle // Kartofel' i ovoshchi. 1977. N 9. P. 35–36. (In Russian).
- Chigarev G.A. Colorado potato beetle // In: Obzor rasprostraneniya glavnejshikh massovykh vreditel'ej i boleznej sel'skokhozyajstvennykh kul'tur v 1959 g. i prognoz ikh poyavleniya v 1960 g. 1960. P. 155-160. (In Russian).
- Fasulati S.R. Polymorphism and population structure of Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) in the European part of the USSR // Ekologiya. N 6. 1985. P. 50–56. (In Russian).
- Fasulati S.R., Ivanova O.V., Kapustkin D.V. Adaptation of Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) and resistant potato varieties in the Leningrad region // In: XII s'ezd Russkogo entomologicheskogo obshchestva: tezisy dokladov. Saint-Petersburg. 19-24 avgusta 2002. P. 357. (In Russian).
- Fasulati S.R., Ivanova O.V., Kapustkin D.V. Ecological features of Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) // In: Tez. dokl. XIII s'ezda Russkogo entomologicheskogo obshchestva. Krasnodar. 2007. P. 209–210. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R., Vilkova N.A. Colorado potato beetle: distribution, ecological plasticity, harmfulness, control methods // Zashchita i karantin rastenij. 2009. N 3. P. 2–29. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Vasilieva T.I., Ivanov S.G. Colorado potato beetle // In: Metodicheskie ukazaniya po monitoringu rezistentnosti k pesticidam v populyacijakh vrednykh chlenistonogikh. St. Petersburg: 2004. P. 76–79. (In Russian).
- Ushatinskaya R.S. Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say. In: Ushatinskaya R.S. (Ed.). Phylogeny, morphology, physiology, ecology, adaptation, natural enemies. Moscow: Nauka. 1981. P. 103–115, 251–261. (In Russian).
- Vasilieva T.I., Ivanova G.P., Sukhoruchenko G.I., Ivanov S.G., Shevchenko N.M. Changes in phenotypic structure of Colorado potato beetle populations under the influence of pyrethroids and other factors // In: Mat. mezhdunarodnoj n.-pr. konferentsii «Himicheskij metod zashchity rastenij. Sostoyanie i perspektivy povysheniya ekologicheskoy bezopasnosti. St. Petersburg, 2004. P. 43–45. (In Russian).
- Vasyutin S.A., Smetnik A.I., Mordkovich Y.B. Propagation Dynamics of Colorado potato beetle: status and prospects of its control // In: Sovremennye sistemy zashchity i novye napravleniya v povyshenii ustojchivosti kartofelya k koloradskomu zhuku. Moscow: Nauka. 2000. P. 41–44. (In Russian).
- Zenkevich S.V. Environmentally low-risk technology of using thiametoxam preparations to protect potatoes from a complex of pests in farms of the North-Western region of the Russian Federation. Avtoref. kand. diss., 2009, 19 p. (In Russian).

SITUATION WITH COLORADO BEETLE *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY RESISTANCE TO INSECTICIDES IN THE NORTH-WESTERN REGION OF RUSSIA

G.I. Sukhoruchenko, T.I. Vasilieva, G.I. Ivanova, S.A. Volgarev

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

The results of long-term monitoring of insecticide resistance in the Colorado potato beetle in the North-Western region of the Russian Federation are presented. The formation of group resistance to pyrethroids and neonicotinoids in the Leningrad, Pskov, Novgorod, Vologda and Kaliningrad pest populations was established. The formation of cross-resistance to Spinosad in populations highly resistant to pyrethroids was revealed. In a number of populations, the development of resistance to organophosphorous drugs was noted. Against this background, the formation of multiple resistance to the control means in the populations of Colorado potato beetle was found. The reasons for the formation of insecticide-resistant populations of phytophage are the intensive use of insecticides of different chemical classes in its control, as well as the introduction of resistant pest genotypes from neighboring regions. To identify the development of resistance in the Colorado potato beetle to insecticides, it is necessary to monitor this process, which is based on the use of phenotypic method for assessing changes in the structure of populations under the influence of toxic effects, and toxicological method based on testing larvae of 2nd stage with diagnostic concentrations of drugs.

Keywords: Colorado potato beetle, insecticide, resistance, diagnostic concentration, population structure, phenotypic, toxicological, monitoring, development.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Сухорученко Галина Ивановна. Главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru
Васильева Тамара Ильинична. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ecotoc2016@mail.ru
Иванова Галина Петровна. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru
 **Волгарев Сергей Анатольевич.* Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Sukhoruchenko Galina Ivanovna. Chief Researcher, DSc in Agriculture, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru
Vasilieva Tamara Ilinichna. Leading Researcher, PhD in Biology e-mail: ecotoc2016@mail.ru
Ivanova Galina Petrovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru
 **Volgarev Sergey Anatolievich.* Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru

* Corresponding author