

УКРАИНСКАЯ АКАДЕМИЯ АГРАРНЫХ НАУК
НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ПЕДЬКО Венера Равшанбековна

ВЛИЯНИЕ УСТОЙЧИВЫХ
ГЕНОТИПОВ КАРТОФЕЛЯ
НА СТРУКТУРУ ПОПУЛЯЦИИ
КОЛОРАДСКОГО ЖУКА

03.00.09 — энтомология

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Киев — 1995

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00779423 (W)

Диссертационная работа выполнена в Институте
защиты растений УААН в 1991 - 1994 гг. и является составной
частью тематики 3.02.02. Номер Госрегистрации - 01922.

Научный руководитель: доктор биологических наук,
профессор В. П. Смелянец

Официальные оппоненты: - доктор биологических наук
Федоренко В. П.
кандидат биологических наук
Гончаренко О. И.

Ведущее предприятие - Люблинский государственный
агроэкологический университет.

Защита состоится "13 окт" 1995 г. в 10 часов
на заседании Специализированного совета _____
в Национальном Аграрном Университете,
в аудитории 68, учебного корпуса 3.

Просим принять участие в обсуждении диссертации во время
защиты или направить в 2 экз. Ваш отзыв на автореферат,
заверенный печатью, по адресу: 252 041, Киев-41, Героев
обороны 15, сектор защиты диссертаций.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НАУ.

Автореферат разослан "4" сент 1995 года.

Ученый секретарь
Специализированного совета
кандидат сельскохозяйственных
наук

Бабич А. Г.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность темы. Получение высоких урожаев картофеля невозможно без налаженной системы борьбы с главнейшим вредителем этой культуры - колорадским жуком. В современных условиях жестких требований к использованию пестицидов, на передний план борьбы с колорадским жуком выходит использование устойчивых сортов картофеля.

Для этого необходима определенная перестройка селекционного процесса, использующего знания механизмов устойчивости картофеля, характера влияния их на этапы онтогенеза вредителя и на структуру популяции, а также использование методов подбора источников устойчивости для создания исходного и селекционного материала. Исследования в этом направлении позволят снизить пестицидный пресс на агроэкосистемы и продукцию сельскохозяйственного производства.

Цель и задачи исследований. Целью исследований являлось изучение природы устойчивости картофеля к колорадскому жуку и влиянию механизмов устойчивости, как факторов направленного отбора, на изменение структуры популяции вредителя и уровень его адаптивности. Достижение поставленной цели осуществлялось при решении ряда задач, основными из которых были следующие:

- изучить влияние устойчивых форм картофеля на начальную заселяемость насекомыми, на предпочтение самками сортов и видов картофеля для яйцекладки, на цикл развития личинок в зависимости от питания различными сортами картофеля.

- изучить в лабораторных условиях интенсивность питания имаго и изменение их веса на различных сортах;

- провести дифференциацию диких видов картофеля по степени устойчивости, интенсивности питания имаго, циклу развития личинок.

- изучить изменение структуры популяции колорадского жука по весовым рангам, соотношению полов и физиологическим параметрам при влиянии инсектицида и механизмов устойчивости сортов;

- изучить в лаборатории активность белков ингибиторов устойчивости в отношении протеолитических ферментов колорадского жука.

- изучить гемолитический состав гемолимфы колорадского жука в зависимости от питания различными по устойчивости формами картофеля.

Научная новизна работы.

1. Обосновано, что защитная система картофеля представляет собой комплекс отдельных групп механизмов устойчивости, функционирующих в процессе онтогенеза насекомых и органогенеза растений, активно влияющих на структуру популяции вредителя и формообразовательные процессы.

2. Разработана гипотеза формирования исходной адаптивной группы насекомых в основе которой лежит идентичность влияния на этот процесс устойчивых форм картофеля и пестицидов, как факторов направленного отбора.

3. Разработаны научные основы для создания интегральной методики оценки сортов и видов картофеля.

Практическая ценность работы.

Разработана и предложена производству методика оценки устойчивости картофеля к колорадскому жуку, рекомендованная для подбора источников устойчивости и ее контроля на этапах гибридизации в селекционном процессе создания устойчивых сортов.

На защиту выносятся следующие положения.

- влияние устойчивых форм картофеля и пестицидов на изменение структуры популяции колорадского жука;
- закономерности действия механизмов устойчивости картофеля на различные фазы онтогенеза колорадского жука;
- роль культурных сортов и диких видов картофеля в изменении физиологических параметров колорадского жука и метод оценки уровня адаптивности популяции;
- моделирование процессов коадаптации в системе ценоза картофеля и колорадского жука;
- интегральный метод оценки, контроля и отбора исходного и селекционного устойчивого материала.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и получили положительную оценку на заседании отдела устойчивости с.-х. растений к вредителям и болезням Института защиты растений УААН (1992, 1994 гг.) на заседании Совета молодых учёных (Институт картофелеводства УААН, 1993 г.). Результаты исследований по теме диссертации докладывались и обсуждались на: Международном симпозиуме

"Інтегрована система захисту технічних культур" ВПС МОББ, г. Черновци, 23-27/05, 1994.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в трёх печатных работах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5-ти глав, выводов, рекомендаций производству и списка использованной литературы. Общий объем работы составляет -132 страницы. Список литературы включает 223 наименований, в том числе 65 работ иностранных авторов. Экспериментальный материал представлен в 12 таблицах и 20 рисунках.

МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Исследования проведены в 1991-1994 годах в лаборатории устойчивости Института защиты растений путем постановки полевых и лабораторных опытов. Опытным объектом исследований являлись имаго и личинки колорадского жука популяции Бородянского района Киевской области, которых методом случайной выборки отбирали на производственных посевах различных сортов картофеля, а также лабораторная популяция.

Образцы сортов картофеля получены из лаборатории селекции Украинского института картофелеводства. При отборе сортов учитывали их различную степень устойчивости к повреждению колорадским жуком по результатам исследований лаборатории устойчивости в предыдущие годы.

Из культурных сортов использованы сорта Незабудка, Украинский розовый, Свитанок киевский, Луговской, Зареве, Зов, Темп.

Клубни картофеля различных видов *Solanum* получены из коллекции Всесоюзного института растениеводства (С.-Петербург) и использованы в качестве модельных устойчивых форм для экспериментов. По результатам предварительных оценочных работ к неустойчивым сортам отнесены сорта Луговской, Украинский розовый; к среднеустойчивым Незабудка, Свитанок киевский; к устойчивым Зов, Темп, Зареве.

Полевые исследования устойчивости картофеля проведены на мелкоделяночных участках согласно требований к полевым опытам (Доспехов, 1979), с учётом методик ВИЗР (1984, 1987).

Изучали факторы, характеризующие первичный выбор насекомыми растений для откладки яиц, а также влияние питания различными по

степени устойчивости сортами на физиологическое состояние вредителя (численность, вес, плодовитость, соотношение полов, выживаемость и др.).

Лабораторные исследования осуществляли в гигростатах, где изучали интенсивность питания имаго, цикл развития личинок при питании разными сортами и дикими видами картофеля.

Исследовали изменение гемоцитарного состава имаго и личинок по известной методике (Сиротина, 1961, 1962), а ингибирующую активность ферментов белками ингибиторами картофеля по специальным методикам (Конарев, 1963; Stegeman 1966). Результаты исследований анализировали на ЭВМ с использованием пакета специальных программ имитационного моделирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

1. Особенности взаимоотношений популяции колорадского жука и различных по устойчивости генотипов картофеля.

Первичная расселяемость имаго колорадского жука после зимовки зависит от интенсивности развития картофеля и формирования ботвы. Так, на ранних сортах Незабудка и Зов наблюдается наиболее высокая первичная концентрация имаго (в среднем 4,5 экз/куст), тогда как на позднем сорте Зарево она составляла 1,3 экз/куст. В дальнейшем процессе заселения отмечается предпочтение одних сортов другим и, особенно четко, при выборе самками растений для яйцекладки.

На сортах Луговской, Украинский розовый, Зарево и Зов количество яйцекладок незначительно вследствие проявления репеллентных свойств листьев, где в качестве фактора устойчивости выступают механизмы отрицательного ольфакторного преферендума.

Результаты учетов показали, что на восприимчивых сортах Луговской, Украинский розовый первоначальное количество личинок незначительно, ювенильная смертность низкая и личинки быстро переходят в старшие возрастные группы, завершая цикл развития в более короткие сроки.

На устойчивых сортах большое количество личинок I возрасте, высокая их ювенильная смертность, и широкий спектр гетерогенности личинок по возрастам, а также отмечается растянутость цикла развития, что

характерно для сортов Зов и Темп, обладающих антибиотическим действием на личинок.

Следовательно, устойчивые сорта снижают численность популяции насекомых за счет механизмов антибиоза, что выражается в ювенильной смертности личинок и дальнейших изменениях возрастной структуры популяции.

Анализ родословных сортов показал, что в процессе создания устойчивого сорта Зарево на протяжении 8 поколений дикие виды использованы в гибридизации 5 раз, в то время как при создании восприимчивых сортов Луговской и Украинский розовый только в исходных этапах селекции. Обосновано что, чем больше степень насыщения устойчивыми видами и больше их видовое разнообразие, тем выше устойчивость сорта к колорадскому жуку и особенно важно, когда дикие виды включаются на последних этапах селекционного процесса.

2. Изменения структуры популяции колорадского жука при влиянии химических обработок и различных по устойчивости генотипов картофеля.

Результаты исследований позволили заключить, что питание насекомых на устойчивых сортах ведёт к сдвигам в структуре популяции в сторону превалирования жуков с повышенным весом, где механизмы устойчивости выступают в качестве факторов направленного отбора. Несмотря на то, что эта группа насекомых незначительна по численности, она обладает высокой адаптивностью.

Так, на восприимчивом сорте Луговской преобладают жуки с весом 100-130 мг (28%) и с весом 131-160 мг (32%). Жуки с повышенным весом 191-220 мг составляют всего 9%.

На устойчивом сорте Темп преобладали жуки с весом 191-220 мг (25%) и 221-250 мг (27%).

Опыты в садках показали, что при питании устойчивыми сортами Темп и Зарево плодовитость самок составила 93,0 яиц и 85,4 яиц, тогда как при питании восприимчивыми сортами Луговской и Украинский розовый она составила 190 яиц и 210 яиц. Гибель потомства на сортах Темп и Зарево составляет 25 - 30% (табл. 1).

Изменения в структуре популяции после обработки инсектицидом на различных по устойчивости сортах картофеля выражаются в следующем:

ТАБЛИЦА 1. ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНОЙ СИСТЕМЫ КАРТОФЕЛЯ НА КОЛЮРАДСКОГО ЖУКА.

СОРТА	Уровень устойчивости	Весовые ранги, %					КОЛИЧЕСТВО Плодови-		Кол-во жизнес-пособн. яиц, %	Смерт-ность потомства, %	
		а	б	в	г	д	самок	сам-цов, %			
											яиц/самку
Луговской н. у.	Украинский	28	32	15	9	16	51	49	190,0	99	10
розовый н. у.	Украинский	22	30	17	12	19	56	44	210,0	100	11
Незабудка ср. у.	Украинский	20	20	16	32	22	45	55	160,4	98	11
Свитанок	Украинский										
киевский ср. у.	Украинский	21	13	19	23	24	52	47	155,0	85	18
Темп у.	Украинский	11	19	18	25	27	61	39	93,0	94	25
Зарево у.	Украинский	9	15	25	29	22	68	32	85,4	96	30
Зов у.	Украинский	5	20	25	28	22	54	46	100,5	90	22

ПРИМЕЧАНИЕ:

а - весовая категория имаго 100-130 мг;
 н. у. - не устойчивый; б - /-/-/-/-/-/-/-/-/-/-/ 131-160 мг;
 ср. у - средне устойчивый; в - /-/-/-/-/-/-/-/-/-/-/ 161-190 мг;
 у. - устойчивый. г - /-/-/-/-/-/-/-/-/-/-/ 191-220 мг;
 д - /-/-/-/-/-/-/-/-/-/-/ 220-250 мг.

- смертность личинок составляет около 96 %, выживаемость имаго для каждого сорта разная, в зависимости от уровня устойчивости.

- на восприимчивых сортах Луговской, Украинский розовый выживаемость имаго составляет 14-15%; на устойчивых сортах Темп и Зарево - 7,4%.

- из общего количества выживших имаго процент самок был большим, чем самцов, при этом, на относительно устойчивых сортах Темп и Зарево это различие в количестве выживших самок и самцов более выражено. Так, на восприимчивых сортах Луговской, Украинский розовый выживаемость самок составила 51,7%, а самцов - 48,3%, а на устойчивых сортах Темп и Зарево - 44,5% самцов и 63,1% самок.

Анализ структуры популяции по весовым рангам показал, что на относительно устойчивых сортах Темп, Зов преобладают жуки с повышен-

ным весом, а именно: ранг 221-250 мг составил 27%, 191-220 мг - 25%, 131-160 мг - 19%, тогда как на восприимчивых сортах Луговской, Украинский розовый количество насекомых с весовым рангом 220-225 мг составило 16%, с весом 131-160 мг 32% (табл. 1).

После обработки инсектицидом (децис 2,5 эк. 300 г/га) на восприимчивых сортах Луговской, Украинский розовый из числа выживших жуков 24% составили жуки с весом 191-220 мг, причем после обработки изменяются и жизненные показатели колорадского жука, как плодовитость самок, количество жизнеспособных яиц, выживаемость потомства и т.д. в зависимости от степени устойчивости сорта на котором он питался.

Следовательно монофакторный тип направленного отбора обусловленного как пестицидом, так и устойчивым сортом в генотипе которого включён один дикий вид, воздействуют на вредителей аналогично. Фактор устойчивости действует на популяцию колорадского жука так же, как действует инсектицид, т.е. под действием его происходит направленный отбор в сторону увеличения в популяции количества жуков с большим весом, обладающих повышенной жизнеспособностью, а также изменяется соотношение полов с превалированием самок. Эта наиболее жизнеспособная группа насекомых является резервом популяции, за счет которой происходит быстрое восстановление численности.

Нарушение возрастной структуры и соотношения полов, а также резкое снижение общей численности усиливает воспроизводительную способность популяции за счет увеличения числа откладываемых яиц, одновременно повышается скорость роста и созревания личинок, снижается гибель, повышается выживаемость.

Доза пестицида действует одновременно и быстро. В случае влияния вторичных метаболитов на устойчивых сортах, доза получаемого насекомым защитного вещества растянута во времени и действует в зависимости от интенсивности питания. В этом случае происходит перестройка физиолого-биохимических процессов, направленных на детоксикацию защитного вещества за счёт снижения энергетических ресурсов организма, расходуемых на накопление жирового тела, яйцекладку, общую активность, что ведёт к формированию группы насекомых повышенной адаптивности, как исходной для процесса формирования агрессивного биотипа.

3. Влияние на колорадского жука питания дикими видами картофеля.

В результате анализа комплекса параметров коадаптации в системе картофель - колорадский жук, а именно: продолжительность развития, смертность, прирост массы насекомых, выхода жуков разработан принцип и методика отбора устойчивых форм диких видов картофеля по 4м векторам адаптивности и 5 шкалам, где устойчивость образцов представлена в виде формул. Факторы, характеризующие физиологическое состояние насекомых представлены в виде векторов адаптивности, где срок развития - вектор времени /t-вектор/, гибель за период исследований - вектор смертности /d-вектор/, динамика веса-вектор массы /m-вектор/, выход жуков I генерации-вектор последействия /k-вектор/, при этом векторы t;d - положительные, а m;k - отрицательные (табл. 2).

Методика экспертной оценки устойчивости диких видов *Solanum* позволяет выделить 5 групп устойчивых образцов, имеющих следующие показатели:

I группа наиболее устойчивых образцов характеризуется растянутым сроком развития /30-34 суток/, высокой смертностью /50-76,7%/ , низкой массой /15,6 мг/, выходом жуков I летней генерации на уровне 0-6,7%, и представляется в виде формулы: $t^5 \Delta d^5 \Delta m^1 \Delta k^1$.

II группа характеризуется показателями: продолжительность развития личиночных стадий 27-29 суток, смертность на уровне 30-40%, массой в пределах 23,9-29,9 мг и выходом жуков I генерации на уровне 12,5-20% и имеет формулу: $t^4 \Delta d^4 \Delta m^2 \Delta k^2$.

III группа имеет характеристику: продолжительность развития личинок 24-26 суток, гибель-16,7-27,7%, масса-44,9-48,0 мг, выход жуков-34,8-42,9%, формула: $t^3 \Delta d^3 \Delta m^3 \Delta k^3$.

IV группа характеризуется показателями: продолжительность развития 21-25 суток, гибель-7-13%, масса-50,8-60,6мг, выход жуков 54,5-60%, и их формула $t^2 \Delta d^2 \Delta m^4 \Delta k^4$.

V группа характеризуется показателями: продолжительность развития 17 суток и меньше, гибель отсутствует, масса 81,0-87,0 мг и выход жуков летней генерации 73.5-87,5%, что отвечает формуле $t^1 \Delta d^1 \Delta m^5 \Delta k^5$. Например формула устойчивых диких видов *S. gibberulosum* и *S. demissum* и устойчивого сорта Зарево имеют вид $t^5 \Delta d^5 \Delta m^1 \Delta k^1$ и $t^5 \Delta d^3 \Delta m^2 \Delta k^1$.

Таблица 2. ШКАЛА ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ОБРАЗЦОВ КАРТОФЕЛЯ.

Шкалы	Срок разви- тия личи- нок, сутки t-вектор	Смерт- ность, % d-вектор	Масса *, мг m-вектор	Выход мо- лодых жу- ков, % k-вектор	Формула устойчивости
I	30 - 40	50-76,6	15,6	0-6,7	$t^5 \wedge d^6 \wedge m^1 \wedge k^1$
II	27 -29	30-40	23,9-29,9	12,5-20	$t^4 \wedge d^4 \wedge m^2 \wedge k^2$
III	24 - 28	16,7-27	44,9-48,0	34,8-42,9	$t^3 \wedge d^3 \wedge m^3 \wedge k^3$
IV	21 - 25	7 - 13	50,8-60,6	54,5-60	$t^2 \wedge d^2 \wedge m^4 \wedge k^4$
V	17 и менее	0	81,0-87,0	73,5-87,	$t^1 \wedge d^1 \wedge m^5 \wedge k^5$

* - под вектором массы понимается её изменение во времени

Формула восприимчивых диких видов *S. angustisectum* и *S. berthaultii* и восприимчивого сорта Луговской имеют вид $t^1 \wedge d^3 \wedge m^2 \wedge k^2$ и $t^1 \wedge d^2 \wedge m^4 \wedge k^3$. Характерным для устойчивости диких видов картофеля является наличие различных по качеству и характеру действия механизмов устойчивости, влияющих на популяцию колорадского жука только в определённые фазы онтогенеза.

4. Влияние на структуру физиологических показателей коло- радского жука питания культурными сортами различной устойчивости.

Лабораторные опыты с культурными сортами Незабудка, Луговской, Свитанок киевский, Темп, Зов и Зарево показали, что восприимчивые сорта Луговской и Украинский розовый характеризуются высокой интенсивностью питания для всех весовых групп жука и высокой выживаемостью личинок.

Так, для имаго с весовым рангом 100-130 мг выживаемость жуков при питании сортом Луговской составила 82%, Украинский розовый - 73%. Высокая выживаемость характерна для жуков с весовым рангом 131-160мг, так на сорте Луговской - 100%, Украинский розовый 93%.

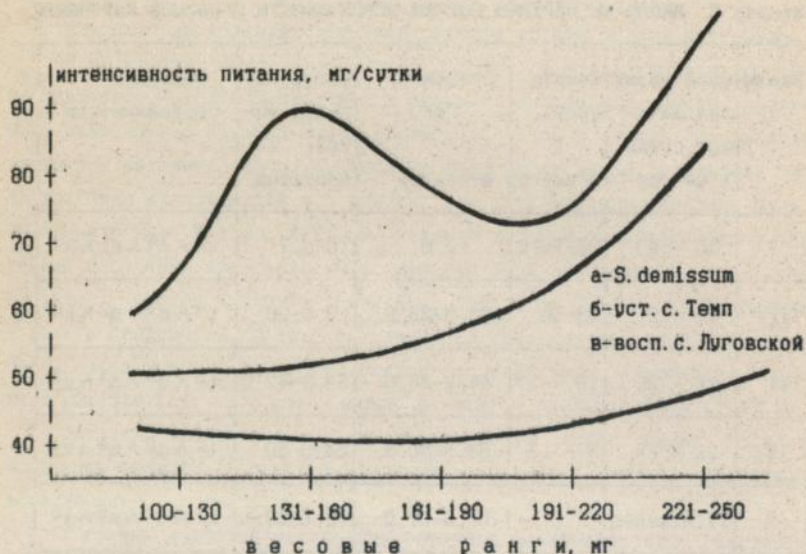


Рис. 1. Зависимость интенсивности питания устойчивыми, восприимчивыми сортами и дикими видами картофеля от весовых рангов жука.

Установлено, что интенсивность питания на восприимчивых сортах самая высокая; на среднеустойчивых сортах она ниже и на устойчивых сортах - самая низкая. Однако жуки относящиеся к высоким весовым рангам (191-220 мг и 221-250 мг) питаются и на устойчивых сортах с высокой интенсивностью (рис. 1).

На устойчивых сортах жуки с низким весом характеризуются низкой выживаемостью (около 60%), в то время чем выше весовой ранг жука, тем выше и выживаемость. Например, на сорте Зов выживаемость жуков с весовым рангом 131-160мг составила 70%, а с весовым рангом 191-220 мг - 90%.

Опыты с личинками колорадского жука показали, что при питании восприимчивым сортом Луговской смертность личинок была минимальной и составила 10%. Вес личинок IV возраста был наибольшим, достигая 6 ранга.

При питании устойчивым сортом Зарево ювенильная смертность личинок I возраста достигала 24%; II возраста-13%; III возраста-3% и IV возраста- 0,7%. Интенсивность питания личинок всех возрастов была

небольшой, за исключением личинок 4 возраста, оставшихся в результате отбора в предыдущих фазах онтогенеза.

При питании восприимчивым сортом Луговской смертность личинок I возраста составила 17%; II-14%; III-6%; IV-0,1%. Интенсивность питания личинок всех возрастов была высокой.

Установлено, что при питании восприимчивыми сортами картина гемолимфы жука не отличается от нормального состояния, в то время как резкое изменение в гемоцитарной формуле происходит при питании имаго жука диким видом *S. demissum*. Здесь наблюдается повышенный фагоцитоз - 45,5%, при значительном увеличении количества мертвых клеток (в 2,6 раза по сравнению с контролем) и гемоцитов с патологией (14,3%) (табл. 3). При сравнении картины гемолимфы жуков на 5-й день после начала питания этим видом установлено постепенное увеличение количества патологических клеток и отмирающих активных фагоцитов с 24,6 до 40,4%. На 7 день опыта жуки погибали.

Таблица 3. ГЕМОГРАММА ГЕМОЛИМФЫ ИМАГО КОЛЮРАДСКОГО ЖУКА ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ КАРТОФЕЛЯ, 1982-1984 гг.

ВАРИАНТЫ	ЭНОЦИ- ТОИДЫ, %	ПРОЛЕЯ КОЦИТЫ, %	МАКРО- НУКЛЕО ЦИТЫ, %	ФАГО- ЦИТЫ, %	МИКРО- НУКЛЕО ЦИТЫ, %	ЭОЗИНО ФИЛЫ, %	МЕРТ- ВЫЕ КЛЕТКИ	КЛЕТКИ С ПАТО- ЛОГИЕЙ
Восприим сорта*	0,8	0,7	2,7	81,5	6,1	—	7,7	0,5
Устойчив сорта*	1,5	1,4	1,6	59,5	7,5	—	15,7	12,8
<i>S. demis- sum</i>	1,5	1,8	0,9	45,5	7,5	—	16,5	14,3
Инсекти- цид	0,5	0,5	0,3	37,1	0	—	35,9	18,3
Гатчинский (контроль)	0,5	0,5	2,3	83,7	8,0	—	6,0	—

Уст. сорта- Темп, Зов, Зарево; Восп. сорта- Луговской, Украинский роз.

При питании устойчивыми сортами (Темп, Зарево, Зов) у имаго отмечено 59,5% фагоцитов и 15,7% мертвых клеток, что свидетельствует о некотором снижении физиологических функций жуков, что отражается на плодовитости самок.

Кроме количественных изменений, наблюдаются и структурные нарушения клеток гемолимфы. При питании устойчивым видом ядра клетки сжимаются, протоплазма разбухает, и гемоциты имеют вид раздутых пузырей.

Таким образом, гематологические исследования изменений в крови колорадского жука при влиянии различных по уровню устойчивости видов *Solanum* позволили доказать наличие патологических изменений как в соотношении гемоцитов, так и в качественном и функциональном изменении их структуры, что является результатом действия биологически активных веществ и защитной системы устойчивых форм картофеля. Особенно ярко эти изменения происходят под влиянием дикого вида *S. demissum*. Устойчивые сорта Зарево, Темп действуют аналогично, причиной этого является включение в генотип этих сортов вида *Solanum*. При этом факторы устойчивости картофеля изменяют картину гемолимфы аналогично действию пиретроидов.

Ингибирующую активность белков в отношении протеолитических ферментов насекомых определяли у культурных сортов Луговской, Украинский розовый, Незабудка, Темп, Зарево, Зов, Свитанок киевский и у диких видов картофеля *S. boergeri*, *S. bukasooii*, *S. Jamsii* и *S. alandiae*, *S. demissum*.

Установлено, что дикие виды картофеля содержат белки обладающие высокой ингибирующей активностью. Так, для диких видов *S. Jamsii* и *S. alandiae* и *S. demissum* показатель ингибирующей активности составил 64 титра. У культурных сортов показатель ингибирующей активности белков более низкий, чем на восприимчивых сортах (2 титра), на среднеустойчивых сортах - 8 титров; на устойчивых сортах - 32 титра. Таким образом, уровень устойчивости культурных сортов и видов обусловлен не только высокой регенеративной способностью и действием гликоалкалоидов, но и высокой ингибирующей активностью белков ингибиторов протеиназ.

Очевидно, что устойчивость картофеля к вредителям, обусловлен-

ная пониженной пищевой ценностью картофеля, определяется сложным комплексом факторов, действующих одновременно с комплексами других механизмов и представляющих собой защитную систему растений.

Б. Имитационная модель для экспертизы устойчивости к колорадскому жуку образцов и посевов картофеля.

В сложных биологических и других системах процессы развития носят энтропийный, мутационный, синергетический характер, а никак не вероятностный. Поэтому для решения рассматриваемого класса задач необходимо использовать методы и подходы, позволяющие находить альтернативные варианты решений с минимальной потерей информации в эмпирическом материале. В работе использованы принципы обработки информации методами математической логики (Gayek, Gavranek T., 1987; Смелянец, Вагис и др., 1986, 1986а, 1987; Лёсовой, Смелянец и др. 1990), где все показатели переводятся в единую шкалу кластеров без потери их смысловой нагрузки.

Исходную информацию систематизировали по шкале убывающей степени устойчивости, которую определяли по параметрам выживаемости и плодовитости, обработку которой осуществляли с помощью специальной экспертной программы для имитационного моделирования на ПЭВМ. В результате имитации функционирования системы коадаптации вредителя и растения получены данные для высоких уровней достоверности, ($\alpha=0,03$) представленные в конъюнктивно-дизъюнктивной форме, характеризующие различные уровни равновесия в изучаемых системах.

Для системы с высоким уровнем устойчивости (выживаемость личинок 45 - 50%) терминальные образы имеют следующий перечень конъюкций:

$$У \sim 1/0, 2/\wedge 2/0-0, 1/\wedge 14/27, 9-33, 1/\vee 1/0, 2/\wedge 6/3, 0/\wedge 11/-8 -8/\vee \\ \alpha=0,03 \quad \vee 1/0, 2/\vee 6/3, 0/\wedge 17/69, 0-70, 1/\vee 1/0, 2/\wedge 8/0-1, 8/\dots$$

Этот уровень коадаптации в системе агроценоза может быть обеспечен такими сортами с высокой устойчивостью как Зов и Темп. Для системы агроценоза со средним уровнем устойчивости (выживаемость личинок У 51-70%) терминальные образы системы агроценоза характеризуются следующим перечнем конъюкций:

$$У \sim 3/0/\wedge 9/-24 -15/\vee 3/0/\wedge 16/88, 4-92, 9/\vee 4/1/\wedge 11/-24 -15/\vee \\ \alpha=0,03 \quad \vee 4/1/\wedge 16/88, 4-92, 9/\vee 5/2/\wedge 8/5, 4-20/\dots$$

Этот уровень коадаптации в системе агроценоза может быть обеспечен сортами Незабудка, Свитанок киевский. Для системы агроценоза с низким уровнем устойчивости (выживаемость 71-90%) терминальные образы системы характеризуются перечнем следующих причинно-следственных гипотез:

$$У \sim 1/0, 2/\wedge 2/0-0, 1/\wedge 14/27, 9-33, 1/\vee 1/0, 2/\vee 6/3/\wedge 11/-8:-8/ \\ \mathcal{L}=0, 03 \quad \vee 1/0, 2/\wedge 6/3/\wedge 17/69-70, 1/\vee 1/0, 2/\wedge 8/0-1, 8/\dots$$

Низкий уровень коадаптации в системе т.е. сдвиг системы в сторону, благоприятную для популяции вредителя типичной для ситуации с использованием сортов: Украинский розовый и Луговской. Анализ конъюкций свидетельствует, что устойчивость определяемая по показателям выживаемости обусловлена образцами, состоящими из следующих параметров, как ядровых ситуаций: количество жуков после зимовки, количество личинок экз/куст, интенсивность питания, личиночный коэффициент, прирост веса личинок и др.

Такой подход к описанию системы коадаптации позволяет игнорировать многочисленные частные закономерности взаимосвязи между отдельными элементами изучаемой системы, исключить ошибки, неизбежные в исходной информации и выделить результирующий эффект взаимодействия защитных и адаптационных комплексов, а также определить уровень равновесия в целой системе агроценоза, что может послужить основой для разработки новых методологических принципов в изучении устойчивости систем.

Во втором варианте имитации функционирования системы коадаптации картофеля и вредителя в качестве параметров адаптации насекомых взят показатель продолжительности развития личинок, который некоторыми авторами возводится в ранг определяющих (Хролинский, 1976).

Полученные терминальные образы для наиболее продолжительного развития личинок, что соответствует высокой устойчивости (от 20 до 25 суток), представленная в конъюктивно-дезъюктивной форме:

$$У \sim 1/0-0, 1/\wedge 8/0-1, 8/\wedge 12/3-6/\vee 2/0-0, 1/\wedge 8/0-1, 8/\wedge 15/64, 7-93, 9/\vee \\ \mathcal{L}=0, 01 \quad 3/0/\wedge 8/0-1, 8/\vee 3/0/\wedge 12/3-6/\vee 3/0/\wedge 15/64, 7-93, 9/\vee 4/1/\wedge \\ 8/0-1, 8/\vee 4/1/\wedge 12/3-6/\vee 4/1/\wedge 15/64, 7-93, 9/\vee 5/2/\wedge 8/0-1, 8/\dots$$

Терминальный образ этой системы включает параметры количества яйцекладок, суммы личинок всех возрастов, интенсивность питания, ко-

личество личинок по возрастам (1;2;3-го). Эта система характерна для агроценозов созданных с помощью сортов Темп, Зов и Зарево. Для среднего уровня устойчивости системы, определяемой по параметру продолжительности развития личинок среднего уровня (15 - 20 суток). причинно-следственные гипотезы имеют вид:

$$U \sim 1/0,3/\wedge 2/0-0,1/\wedge 5/3/\vee 1/0,3/\wedge 2/0-0,1/\wedge 14/39,7-52/\vee \\ \wedge = 0,01 \quad 1/0,3/\wedge 10/19-21/\vee 3/1/\wedge 8/0-1,8/\vee 3/1/\wedge 10/19-21/\vee \\ 4/3/\wedge 10/19-21/\vee 5/3/\wedge 8/0-1,8/...$$

Для этой системы агроценоза среднего уровня устойчивости характерными параметрами в терминальных образах выступают: количество перезимовавших жуков, количество яйцекладок, личинок 3-го возраста, выживаемость личинок, количество личинок всех возрастов и т.д. в пределах соответствующих шкал. Такая ситуация характерна для агроценозов образуемых сортами Незабудка и Свитанок Киевский.

Для короткой продолжительности развития личинок (7- 14 суток.) причинно-следственных гипотез, описывающие уровень устойчивости агроценоза имеют вид:

$$U \sim 1/0-0,1/\wedge 6/4/\wedge 8/3,2-4,9/\vee 1/0-0,1/\wedge 8/3,2-4,9/\vee 3/2/\vee 4/3/\wedge \\ \wedge = 0,05 \quad 12/13-14/\vee 5/4/\vee 6/4/\vee 12/13-14/\vee 11/-24:-15/$$

С повышением прироста веса личинок в конъюнкции включаются следующие параметры: личиночный коэффициент - 4; сумма личинок всех возрастов - 3,2-4,9 экз. прирост веса самцов - 13-14 мг/сутки.

Эти параметры характерны для восприимчивых сортов Луговской и Украинский розовый, использование которых для создания агроценозов ведет к формированию оптимальных для популяции вредителя трофических ниш.

Сравнение первого и второго метода оценки уровня коадаптации показывает, что высокий уровень устойчивости агроценоза характеризуется следующими параметрами, входящими в образ защитной системы: (1) количество перезимовавших жуков - 0,2 экз/куст; (14) интенсивность питания имаго - 27,9-33,1 мг/сутки; (5) личиночный коэффициент на 30/06 - 3; (12) прирост веса самцов - 3-6 мг/сутки; (13) ингибирующая активность белков картофеля для протеиназ насекомых - 32 титра.

Для среднего уровня устойчивости системы характерны следующие

параметры: (14) интенсивность питания имаго - 39,7 -52 мг/сутки; (13) ингибирующая активность - 8 титров; (12) прирост веса самцов 25.8 - 27 мг/сутки; (10) выживаемость личинок - 19-21%;

Для низкого уровня устойчивости агроценоза характерны следующие параметры: (13) ингибирующая активность белков 2 титра; (4) личиночный коэффициент на 20/06 - 3; (8) сумма личинок всех возрастов - 20,0 экз/куст.

Таким образом, обобщенный терминальный образ устойчивого агроценоза картофеля выражается перечнем следующих параметров: (2) количество яйцекладок - 0,2 яйца/куст; (3) личиночный коэффициент на 15/06 - 0; (4) на 20/06 - 1; (5) на 25/06 - 2; (6) на 30/06 - 3; (8) сумма личинок всех возрастов - 0.9 - 1,9 экз/куст; (9) прирост веса личинок - 10,5-21,8 мг/сутки; (10) - выживаемость личинок - 10 - 12%; (13) ингибирующая активность для протеиназ белками листьев картофеля 30 титров и имеет вид конъюнкций- $У \sim 2(0,2) 3(0) 4(0) 5(1) 6(3) 9(10,5-21,8) 10(10-12) 13(30)$. $L=0,03$

Это согласуется с анализом родословной этих сортов и нашим заключением, что включение в процесс гибридизации нескольких видов *Solanum* особенно на последних этапах селекционного процесса, позволяет создать устойчивый сорт с полигенным контролем устойчивости и долговременным её сохранением.

Анализ функционирования модели взаимосвязи позволяет заключить, что устойчивость определяется не одним фактором и не их группой, а комплексным взаимодействием всей структуры защитной системы растений с системой адаптации вредителя, выражаясь в интегральном результирующем эффекте, являющимся показателем устойчивости, где устойчивость, как явление, представляет собой эффект дисбаланса системы коадаптации.

Принцип представления генотипов взаимодействующих популяций в виде образцов позволяет разработать и рекомендовать метод оценки и контроля устойчивости по комплексу параметров.

ВЫВОДЫ

1. Устойчивые формы картофеля изменяют структуру популяции колорадского жука, выступая в качестве векторов направленного отбора, элиминируя наименее жизнеспособную часть популяции и оставляя группу насекомых повышенной адаптивности, способную формировать агрессивный биотип.

2. Механизмы защитной системы устойчивых форм картофеля вызывают изменения структуры популяции колорадского жука, депрессируя нарастание численности и жизнеспособности основной части популяции. Это находит отражение в снижении плодовитости, выживаемости, интенсивности питания и приросте веса. Наряду с этим, факторы устойчивости выступают в качестве векторов направленного отбора, в результате чего происходит селекция насекомых на повышенную адаптивность, что можно рассматривать, как микроэволюционные процессы, ведущие к формированию агрессивного биотипа. Это заключение находит свое подтверждение в известной гипотезе Кроссли о формировании изначальных адаптивных группировок, наблюдающихся при смене насекомыми адаптивных зон, в конкретном случае, представленных спектром форм картофеля различной устойчивости.

3. Установлено, что при первоначальном значительном количестве яйцекладок и личинок 1 возраста, на относительно устойчивых сортах наблюдается высокая ювенильная смертность личинок, происходит замедление цикла их развития и изменение возрастной структуры.

4. Монофакторный тип направленного отбора, обусловленного как пестицидом, так и устойчивым образцом картофеля, воздействует на вредителя аналогично. Как под действием факторов устойчивости, так и при действии пестицида происходит направленный отбор, вектор которого действует в сторону увеличения в популяции количества жуков с большим весом (более 190 мг), обладающих повышенной жизнеспособностью и плодовитостью, изменяется соотношение полов в сторону превалирования самок (до 60%).

5. Дикие виды картофеля обладают разными типами и механизмами проявления устойчивости, анализ которых явился основой для разработки дифференцированной шкалы типов устойчивости видов *Solanum*.

6. Обосновано, что при питании устойчивыми дикими видами и соз-

данными с их участием культурными сортами картофеля наблюдается высокая смертность имаго (45%), большая потеря веса (7 мг/сутки), высокая ювенильная смертность личинок (65%), растянутый цикл развития личинок (более 14 суток), низкий процент выхода молодых жуков (35%), что скажется в изменении структуры популяции по уровню жизнеспособности.

7. Установлено, что питание устойчивыми видами и культурными сортами вызывает патологические изменения в картине гемолимфы жука, что выражается в нарушении количественного соотношения гемоцитов и качественных изменениях, аналогичных действию пестицидов. У имаго количество фагоцитов уменьшается до 59,5%, мертвых клеток увеличивается до 15,7%, клеток с патологией увеличивается до 12,8%; у личинок количество фагоцитов уменьшается до 39,0%, число мертвых клеток увеличивается до 23,2%, а количество клеток с патологией увеличивается до 15%.

8. Установлен один из механизмов устойчивости типичный для сорта Темп, который связан с высокой активностью белков-ингибиторов по отношению протеолитических ферментов колорадского жука (ингибирующая активность - 32 титра).

9. Впервые разработана с использованием основных положений теории образов модель взаимоотношений в системе "картофель-колорадский жук", позволяющая проводить оценку устойчивости генотипов по наиболее существенным параметрам, а именно: ингибирующей активности протеолитических ферментов белками картофеля, возрастной структуре популяции насекомых в личиночной фазе (в полевых условиях), интенсивности питания (в лабораторных условиях), по изменению гемоцитарного состава имаго и личинок.

10. Установлено, что степень устойчивости культурных сортов картофеля зависит от уровня насыщения генотипа в процессе гибридизации различными устойчивыми дикими видами.

11. В практическом плане рекомендуется вести селекцию картофеля на устойчивость к наиболее адаптивным биотипам колорадского жука, преобладающим в популяциях регионов предполагаемого районирования этих сортов с использованием полигенного типа контроля устойчивости, обусловленного разнообразными защитными механизмами, типичными для отдельных видов *Solanum*.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.

Оценку исходного и селекционного материала картофеля на устойчивость к колорадскому жуку проводят согласно следующим этапам:

1. Оценка структуры популяции колорадского жука по весовым рангам.
2. Определение интенсивности питания для каждой структурной группы вредителя по испытываемым образцам в гигростатах.
3. Учет возрастной структуры популяции вредителя в фазе личинок на искусственном фоне по испытываемым образцам.
4. Учет ювенильной смертности (количества погибших личинок I возраста) для каждого образца картофеля.
5. Определение активности белков-ингибиторов по отношению к протеолитическим ферментам колорадского жука.
6. Анализ гемолимфы личинок 4 возраста и имаго колорадского жука.

Для выделения внутрипопуляционных структурных групп необходимо выборку жуков (1000 экз) разделять на 3 весовые группы, а именно: 100-150 мг, 151-200 мг, 201-250 мг.

Первоначальный этап предусматривает оценку исходного материала в полевых условиях, где проводят учет возрастной структуры популяции вредителя в фазе личинок, а также учет ювенильной смертности для каждого образца. Отобранные устойчивые образцы испытывают на интенсивность питания весовым методом (взвешивание на электронных весах листа картофеля до и после кормления). Данный этап предусматривает также оценку образцов в лабораторных условиях по скорости развития и по смертности личинок колорадского жука в гигростатах.

Третий этап предусматривает проведение анализа гемолимфы (по методу Сиротиной) и определение активности белков ингибиторов по отношению протеолитических ферментов колорадского жука (по методу Ко-нарева).

Список работ, опубликованных по материалам диссертации:

1. Смілянєць В.П., Педько В.Р., Король Т.С. Механізми стійкості культурних сортів та диких видів картоплі до колорадського жука. // Захист рослин, 1994, Вип.42, С. 24-25.
2. Педько О.І., Педько В.Р. Захист оздоровленого відносно стійкого матеріалу картоплі від вірусної інфекції при комплексному застосуванні синтетичних хімічних препаратів. //Захист рослин, 1993, Вип. 36, С. 41-42.
3. Pedko V.R., Smelyanets V.P., Korol T.S. Evaluation of resistance of wild species of the Potato to the colorada beetle. International Plant Protection Congress. The Hague - the Netherlands 2-7 July 1995.

АНОТАЦІЯ

Встановлено, що механізми захисту стійких форм картоплі змінюють структуру популяції колорадського жука, і виступають як вектори направленої відбору, елімінують найменш життєздатну частину популяції і залишають групу комах підвищеної адаптивності, спроможну формувати агресивний біотип. Принцип модельного представлення генотипів взаємодіючих популяцій в виді образу дозволив розробити і рекомендувати метод оцінки і контролю стійкості сортів картоплі до колорадського жука по комплексу визначених параметрів виражених в виді диференційованої шкали експертної оцінки стійкості зразків картоплі.

ANNOTATION

It has been stated that protection mechanismus of the resistant forms of potato change a structure in population of the Colorado beetle and are the vectors of linear selection. They eliminate the least viable part of the population. In a result the to form an aggressive biotype. The principle of model imagination of genotypes of the interactive populations in the kind of image lets us to work out and recommend the evaluation and control method of resistance of the potato varieties to the Colorado beetle in accordance with the complex of determined parameters to be expressed as the differential scale of the expert evaluation of a resistance of the varieties of a potato.

Подп. в печ. 30.06.95 . Формат 60x84/16. Бумага тип. Офс. печать.
Усл. печ. л. 139 . Усл. кр.-отт. 1,39т Уч.-изд. л. 1,1
Тираж 100 экз. Зак. 164 Бесплатно.

Отпечатано в Институте математики АН Украины
252601 Киев 4, ГСП, ул. Терещенковская, 3

452917

AB 32.953