

УДК 632.951

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ РАСТЕНИЙ В XXI ВЕКЕ

© 2021 г. В. И. Долженко¹, Г. И. Сухорученко^{1,*}, Л. А. Буркова¹, Г. П. Иванова¹, Т. И. Васильева¹, О. В. Долженко¹, А. Б. Лаптиев¹

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
196608 Санкт-Петербург–Пушкин, шоссе Подбельского 3, Россия*

**E-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru*

Поступила в редакцию 16.04.2020 г.

После доработки 12.05.2020 г.

Принята к публикации 13.10.2020 г.

Представлен анализ результатов научно-исследовательских работ по изучению средств защиты растений от вредных насекомых и клещей, разработке регламентов их эффективного и безопасного применения и модернизации ассортимента инсектицидов и акарицидов в XXI веке. Показаны этапы развития химического метода защиты растений и совершенствования средств, методологии и стратегии их использования с учетом современных требований. По результатам исследований был сформирован ассортимент, состоящий из 350 препаратов и позволяющий защищать 53 культуры и пастбища от отдельных и/или комплексов вредителей.

Ключевые слова: вредители, инсектициды, акарициды, формы препаратов, биологическая эффективность, избирательность действия, экологическая безопасность.

DOI: 10.31857/S000218812101004X

ВВЕДЕНИЕ

Ретроспективный анализ развития химического метода борьбы с вредными видами на сельскохозяйственных культурах в России показал, что более, чем за столетний период, он прошел несколько этапов, соответствующих необходимости решения проблем защиты растений, возникающих в сельскохозяйственной практике страны в разные временные периоды [1]. С развитием теоретических основ защиты растений менялись методология и стратегия решения этих проблем, что требовало постоянного совершенствования химического метода, прежде всего, основной его составляющей — ассортимента средств борьбы с вредными видами и, в первую очередь, с вредителями, как наиболее опасных для человека, теплокровных животных и объектов окружающей среды.

Если в 1920–1940 гг. к инсектицидам и акарицидам предъявляли единственное требование — наличие высокой биологической эффективности для подавления вспышек размножения вредителей и сохранения урожая защищаемых культур, то в 1960–1970 гг., наряду с высокой эффективностью, к ним стали предъявлять требования по обеспечению безопасности для теплокровных

животных и человека. В этот период на совершенствование ассортимента средств борьбы с вредителями существенное влияние оказала концепция ИРМ (Интегрированное Управление Вредителями) в связи с требованием их безопасности для полезных компонентов агробиоценозов и объектов окружающей среды. Учет требований санитарно-гигиенической и экологической безопасности и уровень развития научно-технического прогресса в области химии пестицидов обусловили существенные изменения ассортимента средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур в 1980–1990 гг. [1].

Дальнейшее совершенствование ассортимента инсектицидов и акарицидов в XX веке происходило с учетом требований, сформулированных концепцией “Фитосанитарная оптимизации агроэкосистем”, направленной на долгосрочную стабилизацию их фитосанитарного состояния в масштабах крупных агроэкосистем и агроландшафтов [2]. За рубежом такие системы получили название — широкомасштабное интегрированное управление вредителями (**Areawide IPM Systems**) [3]. Пестициды остаются одними из основных звеньев этих систем, но для этого они должны обладать повышенной экологичностью и избира-

тельностью действия, регулируемыми свойствами и максимально сочетаться с биологическими средствами защиты растений. В этой связи в первые 2 десятилетия XXI века велся поиск средств борьбы с вредителями, отвечающих предъявляемым к ним требованиям данного периода времени.

ФОРМИРОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА ИНСЕКТИЦИДОВ И АКАРИЦИДОВ В ПЕРВЫЕ ДВА ДЕСЯТИЛЕТИЯ XXI ВЕКА

Изучение биологической эффективности появляющихся на мировом рынке новых средств борьбы с вредителями растений проводили с использованием стандартных методик проведения регистрационных испытаний пестицидов в стране. В 1995 г. Госхимкомиссией при МСХ РФ было опубликовано “Положение о регистрационных испытаниях и регистрации пестицидов в Российской Федерации”. Это послужило основанием ВИЗР для переработки изданного ранее сборника “Методические указания...” 1986 г. [4], дополнив его новыми методиками, и издания в 2004 г. сборника “Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве” [5], переизданного в 2009 г.

В сборник “Методические указания...” 2009 г. [6] вошло 97 методик оценки биологической эффективности пестицидов в деляночных и производственных опытах применительно к ряду многолетних вредителей (саранчовых, лугового мотылька, подгрызающих совок, слизней, проволочников, полевок) и основным вредителям более 30 сельскохозяйственных культур. Методики были максимально стандартизированы и приведены в соответствие с аналогичными руководствами ЕОЗР (нормы, способы и кратность обработок, методы и сроки учетов). Это позволило не только получать сравнимые результаты исследований при проведении регистрационных испытаний препаратов в отношении вредителей в разных почвенно-климатических зонах страны, но и облегчило международный обмен информацией о биологической эффективности тех или иных средств борьбы.

На начало 2000-х гг. ассортимент инсектицидов и акарицидов был представлен 115 препаратами на основе 50 действующих веществ [7]. Доминирующее положение среди них занимали пиретроиды (43 препарата, 13 д.в.), ФОС (21 препарат, 10 д.в.) и карбаматы (8 препаратов, 5 д.в.) (табл. 1). Далее шли органические производные серы, мочевины, неоникотиноиды, отдельные соединения из новых химических классов авермекти-

нов, феноксибензилэфиров, азинов (хиназолины, тетразины) и др., а также препараты природного происхождения, металлосодержащие и комбинированные. Значительное пополнение ассортимента этих лет избирательно действующими соединениями в низких нормах применения привело к значительному улучшению их агроэкотоксикологических и гигиенических характеристик. Например, снизилась токсичность вошедших в его состав соединений для теплокровных (LD_{50} для крыс увеличилась с 944.3 до 1170.6 мг/кг), уменьшились нормы применения препаратов и их действующих веществ на 1 га защищаемой площади и, соответственно, в 13.6 раза – величина токсической нагрузки по сравнению с началом 1980-х гг. Благодаря этому многих представителей ассортимента начала 2000-х гг. активно использовали в последующие годы в борьбе с вредителями на зерновых, плодовых, картофеле, сахарной свекле и других культурах.

Однако, учитывая требования к пестицидам, сформулированные концепцией фитосанитарной оптимизации агроэкосистем, из ассортимента инсектицидов и акарицидов в 2000 г. по ряду показателей (гигиенической и экологической опасности, высоких норм применения и др.) были исключены фосфорорганические препараты: лебайцид, КЭ, СП (д.в. фентион), хостаквик, КЭ (хептенофос) и антио, КЭ (формотион); карбаматы: пиримор, СП (д. в. пиримикарб) и промет 400, МКС (д.в. фуратиокарб), а содержащий его инсектофунгицид рапкол ТЗ, П был заменен комбинированным препаратом круйзер Рапс, КС (д.в. тиаметоксам + фунгициды флудиоксонил и мифеносам), высоко эффективным в борьбе с крестоцветными блошками на ряде культур. Из ассортимента были удалены пиретроиды: данитол, КЭ (д.в. фепропатрин) и последний препарат на основе перметрина – ровикурт, СП, препараты фенвалерата (сумицидин, КЭ; фенвалерат, КЭ; фенаксин Д, феникс Д) были заменены препаратами суми-альфа, КЭ и сэмпай, КЭ полученными на основе его изомера эсфенвалерата, как более эффективными при сниженном в несколько раз содержании действующего вещества. Были также исключены производные мочевины: пегас, КС (д.в. диафентиурон) и сонет, СП (д.в. гексафлумурон), а также митак, КЭ (амитраз), неорон, КЭ (д.в. бромпропилат), ниссоран КЭ, СП (д.в. гексатиазокс), смеси дельтаметрина с хептенофосом или с фентионом (децис-Квик, КЭ и бифетрин, СП), фумигант метабром, Газ (д.в. бромистый метил).

Вместо исключенных акарицидов в ассортимент был введен специфический акарицид из

Таблица 1. Изменения в ассортименте средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур в 2000–2019 гг.

Химический класс (группа) препаратов	Число препаратов/действующих веществ (д.в.)		
	2000 г.	2010 г.	2019 г.
Неорганические	3/1	4/1	4/1
Растительные		3/1	
Углеводороды	1/1	1/1	1/1
Фосфорорганические	21/10	45/8	72/7
Металлосодержащие соединения	9/2	11/2	16/2
Карбаматы	8/5	7/4	7/3
Броморганические соединения	1/1		
Органические соединения серы	5/3	4/3	1/1
Нитропроизводные	1/1		
Пиретроиды	43/13	47/9	72/11
Производные мочевины	4/4	3/2	6/4
Неоникотиноиды	4/3	26/5	77/5
Феноксифениловые эфиры		1/1	1/1
Азометины			1/1
Производные пиразола			
феноксипиразолы	1/1	–	1/1
фенилпиразолы	4/1	2/1	3/1
Производные токсинов актиномицетов			
авермектины	1/1	1/1	6/2
Производные пиридина			
пиридазины	1/1		1/1
никотинамиды			1/1
карбоксамиды			1/1
Производные тетрановых кислот			
циклические кетенолы			1/1
Диамиды			
антрамидами			1/1
диамиды фталевой кислоты			1/1
Азины			
тетразины	1/1	1/1	1/1
оксидиозины		1/1	1/1
хиназолины	1/1	1/1	
Комбинированные препараты	6	15	74
Всего	115/50	174/43	350/49
Средний класс опасности	2.76	2.63	2.92
Средняя LD_{50} для крыс, мг/кг	1170.6	1233.0	1630.3
Средняя норма применения препарата, кг/га	3.570	2.002	1.050
Средняя норма применения д.в., кг/га	0.408	1.400	0.978
Токсическая нагрузка/га (величина LD_{50} в норме применения д.в.)	349	1135	600

класса азинов – тетразин флумайт, СК (д.в. дифлоvidaзин) с наличием контактной и трансламинарной активности. Механизм действия этого акарицида, как и другого представителя класса азинов – аполло, КС (д.в. клофентизин), заключается в нарушении метаморфоза клещей, снижении репродуктивного потенциала самок и жизнеспособности отложенных яиц. Это обусловило высокую биологическую эффективность флумайта в борьбе с растительноядными клещами различных семейств, что позволило рекомендовать его для широкого применения в плодовых садах и на виноградной лозе в нормах применения 0.30–0.48 л/га.

Изъятые из ассортимента пиретроиды были заменены на яблоне и виноградной лозе в борьбе с яблонной плодовой жоркой и листовертками следующими высокоэффективными инсектицидами:

– из класса карбаматов – ланнатом 20 Л, РК (д.в. метомил), контактно-кишечным препаратом антихолинэстеразного действия. Форма ланната в виде растворимого концентрата с низким содержанием действующего вещества (200 г/л) и слабая персистентность снижали высокую опасность этого СДЯВ (LD_{50} для крыс 30–34 мг/кг) для человека и животных. Ланнат был рекомендован для применения в нормах 1.0–2.2 л/га;

– из класса азинов – оксидиазином авант, КС (д.в. индоксикарб), средне опасным для теплокровных препаратом (LD_{50} для крыс 179–407 мг/кг) контактно-кишечного действия с наличием овицидной активности. Механизм действия аванта заключается в блокировании Na^+ -каналов мембран нервных клеток, что приводит к нарушению передачи нервных импульсов и координации движений у насекомых, в результате чего они перестают питаться и быстро погибают. Препарат эффективен в борьбе с вредителями из отрядов чешуекрылых в нормах применения 0.24–0.4 л/га, период защитного действия равен 10–14 сут;

– из класса неоникотиноидов – калипсо, КС (д.в. тиаклоприд), среднетоксичным для теплокровных контактно-кишечным препаратом (LD_{50} для крыс 396–621 мг/кг) с наличием трансламинарной активности и длительностью токсического действия 7 сут. Рекомендован в борьбе с яблонной плодовой жоркой и листовертками на яблоне в норме применения 0.20–0.45 л/га.

Поскольку перечисленные инсектициды отличались между собой механизмом действия на членистоногих, их ротация в системах защиты плодовых культур от вредителей длительное время сдерживала развитие резистентности в популяциях чешуекрылых к этим средствам борьбы.

Необходимо также отметить появление в ассортименте 2000 г. эффективного средства борьбы с проволочниками на ряде культур (кукурузе, картофеле, сахарной свекле, подсолнечнике) – пиретроида форс, Г, МКС. Действующее вещество этого пиретроида (тефлутрин) является контактно-кишечным соединением с выраженным фумигантным эффектом, что обеспечивает высокую токсичность в отношении почвообитающих вредителей, включая проволочников. Тефлутрин относится к СДЯВ (LD_{50} для крыс равен 21.6–34.0 мг/кг), но его высокая токсичность для теплокровных нивелируется быстрой деградацией в почве (в течение 10–14 сут), а также формами препарата в виде гранул, вносимых в почву одновременно с посадкой клубней картофеля, или в виде микрокапсулированной суспензии для обработки семян сахарной свеклы, кукурузы и подсолнечника перед посевом в борьбе с проволочниками.

Характерной чертой ассортимента 2000-х гг. являлось наличие в нем инсектицидов, представленных значительным числом препаратов, созданных на основе одного действующего вещества. К их числу относились 6 препаратов малатиона, 7 препаратов циперметрина, 12 препаратов диметоата, по 13 препаратов альфа-циперметрина и лямбда-цигалотрина, по 18 препаратов диазинона и имидаклоприда, многие из которых производили различные фирмы для личных подсобных хозяйств. Помимо этого, в ассортименте содержался ряд препаратов, являющихся комбинациями действующих веществ инсектицидов и фунгицидов, например, престиж, КЭ (имидаклоприд + пецикурон) или 2-х инсектицидов, например, неоникотиноида имидаклоприда с пиретроидами – бета-цифлутрин (чинук, СК) или лямбда-цигалотрин (борей, СК). Использование комбинированных препаратов значительно расширяло спектр токсического действия этих средств и позволяло проводить обработки против комплекса вредных видов, снижая общий расход пестицидов и, соответственно, их нагрузку на агробиотопосреду, способствуя тем самым повышению экологической безопасности химического метода.

Большие возможности повышения экологической и гигиенической безопасности химических средств борьбы заложены в количестве и многообразии современных форм их препаратов и способов применения, т.к. токсичность веществ для различных организмов, в том числе и для теплокровных, определяется не только механизмом их действия, но во многом зависит от факторов, связанных с их использованием в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Совершенствование препаративных форм инсектицидов и акарицидов на протяжении ряда десятилетий шло параллельно с поиском соединений с новыми механизмами действия на членистоногих и его рассматривали как прогрессивное направление развития химического метода защиты растений.

В первые периоды формирования ассортимента средств борьбы с вредными членистоногими в XX веке для применения рекомендовали препараты в виде дустов (Д), порошков (П), масляных эмульсий (МЭ), технических продуктов (ТП), жидких форм (Ж) и Газа. Только после организации в 1960 г. системы Государственных испытаний пестицидов в ассортименте стали появляться такие прогрессивные формы препаратов, как смачивающиеся порошки (СП) и концентраты эмульсий (КЭ) (табл. 2). Новые формы препаратов произвели переворот в способах применения инсектицидов и акарицидов, вытесняя применяемые в высоких нормах, загрязняющие агроэкосистемы и окружающую среду дусты и порошки, позволив тем самым отказаться от способа опыливания посевов и перейти на более эффективный, технологичный и экологически менее опасный способ – опрыскивание. Опрыскивание по настоящее время остается основным способом внесения средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур, что обуславливает преобладание в ассортименте препаратов в виде СП и КЭ. Например, широко применяемые в настоящее время на многих культурах в борьбе с комплексами вредных видов препараты диметоата, малатиона и циперметрина на 100% представлены КЭ.

Помимо СП и КЭ, в ассортименте 2000-го г. присутствует такая более безопасная для окружающей среды форма инсектицидов, как гранулы (Г), интерес к которой проявился еще в конце 1950-х гг. в связи с неудовлетворительной эффективностью применяемых способом опрыскивания инсектицидов в борьбе с проволочниками и вредителями всходов ряда культур [8]. В результате многолетнего изучения различных средств борьбы с почвообитающими вредителями (проволочниками и подгрызающими совками на ряде культур), тлями-переносчиками вирусной инфекции на картофеле, внутриветвевыми мухами на пшенице и ячмене для применения были рекомендованы гранулы гамма-изомера ГХЦГ, волатона, дурсбана, диазинона и др. В настоящее время в ассортименте остался только диазинон, из 18 препаратов которого 50% составляют КЭ, другие 50% – гранулы, рекомендуемые для личных подсобных хозяйств.

Столь длительное сохранение в ассортименте гранулированных препаратов объясняется тем, что, как правило, в такой форме применяют высокотоксичные для теплокровных инсектициды для внесения в почву, в которой они длительное время сохраняют токсичность для вредителей, надежно защищая растения от повреждений. Помимо гранул для личных подсобных хозяйств в ассортименте 2000-го г. появился ряд препаратов (искра, искра Золотая, инта Вир) в виде такой готовой к употреблению формы, как таблетки (ТАБ).

Способом применения инсектицидов, наиболее полно отвечающим требованиям концепции фитосанитарной оптимизации агроэкосистем, является обработка семян или посадочного материала системными препаратами для защиты всходов от комплекса вредных видов. Начало этому способу было положено еще в XVII в. работами русских ученых-агрономов в борьбе с крестоцветными блошками [9, 10]. Однако большое число использованных для этой цели неорганических и растительных средств лишь частично отпугивало вредителей от защищаемых культур, и только после появления препаратов органического синтеза этот превентивный способ внесения пестицидов получил дальнейшее развитие. Обработывая семена различных культур пестицидами, производители сельскохозяйственной продукции получают высокий экономический эффект, т.к. растения надежно защищены от комплекса вредных видов не только в период всходов, но и в других фазах роста и развития при минимальном расходе препаратов [11]. Этот способ применения пестицидов безопасен для человека, теплокровных и нецелевых объектов борьбы, т.к. сводит к минимуму их контакты с вносимыми таким путем препаратами, а также экологичен, поскольку позволяет значительно снизить объемы наземных обработок посевов химическими средствами и, соответственно, загрязнение окружающей среды токсическими веществами.

В 1970–1980-х гг. для обработки семян сельскохозяйственных культур против проволочников, хрущей и совок применяли препараты ГХЦГ и гамма-изомера ГХЦГ, позднее – препараты карбофурана (фурадан, ТПС, промет 400, МКС и др.) против комплекса сосущих и почвообитающих вредителей сахарной свеклы и ряда культур от крестоцветных блошек. В 2000-м г. в качестве средств для обработки семян всеобщее признание получили неоникотиноиды тиаметоксам и имидаклоприд, а также комбинированные препараты на их основе еще и в новой препаративной (концентрат суспензии – КС) форме. Особенно ши-

Таблица 2. Совершенствование форм препаратов инсектицидов и акарицидов в 2000–2019 гг.

Форма препарата	Количество препаратов		
	2000 г.	2010 г.	2019 г.
Дуст (Д)	2		
Порошок (П)	2	4	1
Смачивающийся порошок (СП)	10	8	9
Водорастворимый порошок (ВРП, РП)	2	3	6
Водорастворимый концентрат (ВРК, ВК)	1	14	23
Водная эмульсия (ВЭ)	4	4	7
Концентрат эмульсии (КЭ)	52	73	131
Минерально-масляная эмульсия (ММЭ)		1	1
Масляный концентрат эмульсии (МКЭ)			1
Масляная дисперсия (МД)			3
Микроэмульсия (МЭ)		2	3
Суспензионная микроэмульсия (СМЭ)			1
Водно-суспензионный концентрат (ВСК)		2	3
Концентрат суспензии (КС, ФЛО)	5	7	70
Микрокапсулированная суспензия (МКС)	1	2	5
Суспензионный концентрат (СК)	3	4	10
Суспензионный концентрат масляный (СК-М)		1	1
Текущий концентрат суспензии (ТКС)			1
Текущая суспензия (ТС)			1
Текущая паста (ТПС)	4	3	3
Гранулы (Г)	7	14	18
Водорастворимые гранулы (ВРГ, ВГ)	1		2
Водно-диспергируемые гранулы (ВДГ)	3	8	20
Жидкость (Ж)		1	1
Водный раствор (ВР)	1	1	2
Растворимый концентрат (РК)		1	1
Раствор для УМО	2		
Коллоидный раствор (КОЛР)	1		
Брикеты, твердые брикеты, (Б, ТБ)	1	2	1
Таблетки (ТАБ)	8	15	21
Шашки, пластины, карандаши, сетка (Ш, ПЛ, К, С)	4	4	4
Газ	1		
Всего	115	174	350

роко в данной форме применяли инсектицид круйзер, КС (д.в. тиаметоксам) и комбинированный инсектофунгицид престиж, КС (д.в. имидаклоприд + пенцикурон), которые обеспечивали высокий защитный эффект в борьбе с комплексом вредных видов на картофеле (колорадский жук, гли-переносчики вирусов, парша обыкновенная, ризоктониоз) [12–14], на рапсе (крестоцветные блошки, комплекс болезней) [15–17] и на сахарной свекле против вредителей (проволочники, свекловичные блошки, обыкновенный

свекловичный долгоносик) всходов [18]. Для обработки семян в ассортименте появились также препараты на основе бифентрина (семафор) и карбофурана (адифур, фурадан) в новой форме – текучей пасты (ТПС), повышающей качество покрытия и проницаемость семян для токсикантов.

Наличие у неоникотиноидов системных свойств открыло также перспективы для их использования в качестве превентивных средств защиты капусты в начальный период ее вегетации

от крестоцветных блошек и весенней капустной мухи *Delia brassicae* Vouche путем обработки семян каким-либо комбинированным препаратом на основе какого-либо неоникотиноида и пиретроида (например, чинук, СК) или пролива рассады неоникотиноидом актара, ВДГ (д.в. тиаметоксам) с последующей высадкой интоксцированных растений в поле [19]. Оба приема не уступали по эффективности опрыскиванию растений органофосфатом Би-58, КЭ в полевых условиях, но обладали перед ним следующими преимуществами: независимостью от погодных условий, т.к. растения были надежно защищены от повреждений вредителями в самый уязвимый период роста и развития, безопасностью для энтомофагов в результате исключения обработок в начальный период вегетации культуры в открытом грунте. Таким же эффективным, гигиенически и экологически малоопасным способом является внесение неоникотиноидов (конфидор, ВРК, актара, ВДГ) под корни овощных растений при капельном поливе в тепличных хозяйствах против комплекса сосущих вредителей [20, 21].

Ассортимент инсектицидов 2000-го г. пополнился также препаратами для опрыскивания растений в виде таких современных форм, как водно-диспергируемые гранулы (ВДГ), водные эмульсии (ВЭ), водорастворимые концентраты (ВР), растворимые порошки (РП). Эти формы препаратов представляют собой высокодисперсные системы сложной рецептуры, основу которой составляет жидкая фаза (вода), благодаря которой они обладают улучшенными по сравнению с традиционными КЭ и СП санитарно-эксплуатационными характеристиками (не оказывают раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки, не пылят, не слеживаются, быстро диспергируются или растворяются в воде, меньше загрязняют тару и опрыскивающую аппаратуру и прочее).

Результаты проведенных в первое десятилетие нового века исследований совершенствования средств защиты растений позволили сформировать на начало 2010 г. ассортимент средств борьбы с вредными членистоногими, состоящий из 174 препаратов на основе 43 действующих веществ [22]. Несмотря на то, что относительно предыдущих лет в нем сократилось число действующих веществ, значительно увеличилось число разработанных на их основе препаратов, включая 15 комбинированных. В составе ассортимента по числу препаратов в этот период доминирующее положение заняли ФОС и пиретроиды – 45 препаратов (8 д.в.) и 47 препаратов (9 д.в.) соответственно, 28 препаратов (5 д.в.) – неоникотиноиды

и 11 препаратов (2 д.в.) – фумиганты (табл. 1). Число остальных препаратов изменялось от 7-ми (4 д.в.) до единичных, представленных новыми действующими веществами. Средний класс опасности сформированного ассортимента пестицидов и средние величины их LD_{50} для теплокровных находились практически на уровне 2000 г. В то же время токсическая нагрузка на 1 га защищаемой площади увеличилась относительно 2000 г. более, чем в 3 раза (табл. 1).

Все это потребовало дальнейшего совершенствования ассортимента средств борьбы с вредителями, пополняя его новыми токсикантами избирательного действия, в безопасных формах и регламентах применения для человека и окружающей среды.

В результате ревизии сформированного на 2010-й г. ассортимента инсектицидов из него были удалены токсичные для теплокровных или морально устаревшие препараты, применявшиеся долгие годы в довольно высоких нормах. В их число вошли производное нерестиоксина банкол, СП (д.в. бенсултап), карбамат маршал, СП (д.в. карбосульфат), органофосфат парашют, МКС (д.в. Паратион-метил), сероорганический акарицид омайг, СП, ВЭ (д.в. пропаргит), хинолинпроизводное демитан, СК (д.в. феназахин), а также 3 препарата никотина в виде порошков, рекомендованные для применения в личных подсобных хозяйствах в борьбе с вредителями овощных, плодовых и цветочных культур.

Вместе с тем проведенные в последнее десятилетие исследования позволили пополнить ассортимент следующими новыми инсектицидами и акарицидами, более отвечающими современным требованиям:

– представителем производных пиридина – карбоксамидом масай, СП (д.в. тебуфенпирад), среднеопасным для теплокровных специфическим акарицидом (LD_{50} для крыс 593–987 мг/кг) контактно-кишечного действия с наличием трансламнарной активности. Механизм молекулярного действия тебуфенпирада на клещей связан с ингибированием митохондриального окислительного фосфорилирования, что нарушает транспорт электронов в митохондриях и приводит к гибели организма. Действует на все фазы развития растительных клещей из разных семейств, обладает длительным токсическим действием благодаря устойчивости к фотолизу. Рекомендован для применения на яблоне и виноградной лозе в борьбе с клещами в норме 0.5 кг/га, безопасной для пчел и энтомофагов;

– представителем тетрановых кислот – циклическим кетоенолом ультор, МД (д.в. спиротетрамат), малоопасным для теплокровных инсектоакарицидом (LD_{50} для крыс >5000 мг/кг) со слабо выраженными контактными свойствами, но с высокой трансламинарной и системной активностью. Механизм действия спиротетрамата заключается в ингибировании биосинтеза липидов, что приводит к нарушению обмена веществ и гибели членистоногих. Обладает длительным токсическим действием. Рекомендован для применения в борьбе с сосущими вредителями на сое, огурце и арбузе в нормах применения 0.50–0.75 л/га;

– из класса пиридинов – азометином пленум, ВДГ (д.в. пиметрозин), малоопасным для теплокровных инсектицидом широкого спектра действия (LD_{50} для крыс >5820 мг/кг) с выраженными антифидантными свойствами. Нарушает нейрон-мышечные контакты, приводя насекомых к гибели. Действует на личинок, нимф и имаго насекомых. Благодаря термо- и фотостойкости характеризуется длительностью токсического действия (до 50 сут) [23]. Рекомендован для применения в борьбе с сосущими вредителями культур защищенного грунта и картофеля в норме 0.2–0.6 кг/га, с рапсовым цветоедом на рапсе – 0.15 кг/га;

– из класса диамидов – инсектицидом белт, КС (д.в. флубендиамид), малоопасным для теплокровных соединением (LD_{50} для крыс >5000 мг/кг), токсичным для гусениц и имаго чешуекрылых. Механизм действия флубендиамида – агонист рианидиновых рецепторов мышц насекомых, что приводит к усиленному выведению запасов кальция из их организма, прекращению сокращения мышц и гибели. Длительность токсического действия равна 2–3 нед. Рекомендован для применения в борьбе с чешуекрылыми вредителями на яблоне, виноградной лозе, овощных культурах открытого грунта в нормах применения от 0.1 до 0.4 л/га;

– представителем производных пиридина – никотинамидом теппеки, ВГ (д.в. флониамид), малоопасным для теплокровных инсектицидом (LD_{50} для крыс более 2000 мг/кг) с наличием системной активности. Механизм действия флониамида – модулятор хордотональных органов членистоногих, превращающих механические вибрации кутикулы в нервный импульс. Эффективен в борьбе с тлями. Срок защитного действия – 21 сут, максимальный токсический эффект достигается примерно через 1 нед. Рекомендован для применения на яблоне в борьбе с зеленой яблонной тлей *Aphis pomi* Deg. в норме применения 0.13–0.15 кг/га;

– из класса диамидов – антраниламидом корраген, КС (д.в. хлорантранилипрол), малоопасным для теплокровных контактно-кишечным инсектицидом широкого спектра действия (LD_{50} для крыс >5000 мг/кг). Как и белт, корраген является агонистом рианидиновых рецепторов мышц насекомых, что приводит к истощению запасов кальция в их организме, прекращению сокращения мышц, параличу и гибели в течение 24–42 ч. Длительность токсического действия – 3 нед. Рекомендован для применения на различных культурах в борьбе с тлями, чешуекрылыми и жесткокрылыми вредителями в нормах применения от 0.04–0.06 до 0.15–0.3 л/га;

– из класса производных токсинов актиномицетов – авермектином проклэйм, ВРГ (д.в. эмабектин бензоат), высокотоксичным для теплокровных инсектицидом (LD_{50} для крыс 76–89 мг/кг), преимущественно кишечного действия, а также контактного с наличием трансламинарной активности. Агонист никотинацетилхолиновых рецепторов постсинаптических мембран нервных клеток насекомых, стимулирует выделение нейромедиатора ГАМК (гамма-аминомасляной кислоты), нарушая передачу нервных импульсов на нервно-мышечные связки насекомых, что вызывает их гибель. Рекомендован в борьбе с чешуекрылыми вредителями на овощных культурах открытого грунта, виноградной лозе и яблоне в нормах применения от 0.2 до 0.5 кг/га.

Таким образом, в результате выполненных во втором десятилетии XXI в. исследований в 2019 г. был сформирован ассортимент средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур, состоящий уже из 350 препаратов (49 д.в.) [24]. Среди этих инсектицидов по-прежнему доминирует (131 препарат) форма в виде концентрата эмульсии – КЭ (табл. 2), что, по-видимому, было обусловлено более простым способом ее получения в отношении малатиона, хлорпирифоса, диазинона, альфа-циперметрина, лямда-цигалотрина и некоторых других д.в. Следующей по числу (70) препаратов формой однозначно выступает концентрат суспензии – КС. Она разработана на основе действующих веществ тиаметоксама, тиаклоприда, клотианидина (неоникотиноиды) или созданных с их участием комбинированных препаратов, используемых как для обработки семян, так и вегетирующих растений. В усовершенствованном ассортименте 23 препарата представлены воднорастворимыми (ВРК, ВК) концентратами и 7 препаратов – водными (ВЭ) эмульсиями, которые представляют собой дисперсию растворенных в органических растворителях капель действующих веществ токсикантов. Замена значи-

тельной части растворителя в препарате на воду снижает токсичность этих форм для теплокровных без потери эффективности [25]. До 20 препаратов увеличилось в ассортименте число водно-диспергируемых гранул (ВДГ), созданных на основе новых веществ, которые представляют собой соединенные твердые наполнители, действующие вещества и различные добавки. Это одна из наиболее перспективных форм препаратов, которые легко диспергируются в воде, вытесняя такие формы, как порошки (П), растворимые порошки (РП) и СП [23]. В ассортименте также широко представлены твердые формы препаратов: таблетки, гранулы, брикеты (Б, ТБ) и шашки, которые рекомендуют для использования в личных приусадебных хозяйствах, а также для фумигации зернохранилищ, складских помещений и парников.

Пополнение ассортимента токсикантами нового механизма действия и спектра активности в современных прогрессивных формах положительно сказалось на его агроэкотоксикологической характеристике. Например, средний класс опасности ассортимента инсектицидов и акарицидов 2019-го г. составил 2.92, средняя величина LD_{50} для теплокровных выросла до 1630.3 мг/кг (табл. 1). Почти в 2 раза снизилась средняя норма применения препаратов и их действующих веществ на 1 га защищаемой площади, в результате чего токсическая нагрузка вошедших в ассортимент токсикантов значительно (до 600 мг/кг) уменьшилась в сравнении с предыдущими десятилетиями (табл. 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ совершенствования ассортимента средств борьбы с вредными членистоногими в XXI веке свидетельствует о том, что развитие теоретических основ защиты растений и успехи органической химии способствовали серьезным качественным и количественным изменениям, произошедшим в их составе. В этой связи изменилась роль инсектицидов и акарицидов в системах защиты растений: от “пожарных” средств подавления вспышек размножения многих опасных вредителей в 1920–1940 гг. прошлого века до одного из важных элементов современных систем управления популяциями вредных видов на различных культурах в зависимости от складывающейся фитосанитарной обстановки в их агробиоценозах. Особенно это важно при разработке программ ротации препаратов в борьбе с резистентными к ФОС, пиретроидам и неоникотиноидам популяциями вредителей, формирующихся как в разных регионах страны под воздействием

применяемых средств, так и завозимых из-за рубежа.

Необходимо также подчеркнуть, что сформированный ассортимент инсектицидов и акарицидов позволяет защищать 53 культуры и пастбища от комплекса вредителей с момента появления всходов до конца вегетации, благодаря наличию в нем препаратов для обработки семян, вегетирующих растений и хранящейся продукции. Более того, этот ассортимент позволяет решать проблемы импортозамещения, т.к. 106 препаратов из 350 входящих в его состав производят отечественные фирмы, 52 препарата рекомендованы для использования в ЛПХ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухорученко Г.И., Буркова Л.А., Иванова Г.П., Васильева Т.И., Долженко О.В., Иванов С.Г., Долженко В.И. Формирование ассортимента химических средств защиты растений от вредителей в России в 20 веке // Вестн. защиты раст. 2020. № 103(1). С. 5–19.
2. Новожилов К.В., Буров В.Н., Левитин М.М., Тюмерев С.Л., Павлюшин В.А. Стратегия фитосанитарной оптимизации растениеводства в условиях реформы АПК России // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса. Всерос. съезд по защите раст.: экономика, эффективность, экологичность. СПб., 1997. С. 512–513.
3. Kogan M. Integrated Pest Management: historical perspectives and contemporary developments // Ann. Rev. Entomol. 1998. V. 43. P. 243–270.
4. Методические указания по испытанию инсектицидов, акарицидов и моллюскоцидов в растениеводстве / Под ред. Новожилова К.В., Смирновой А.А., Савченко К.Н., Сухорученко Г.И., Толстой Ю.С. М.: Госагропром СССР, Союзсельхозхимия, ВИЗР, 1986. 279 с.
5. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве / Под ред. Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Танского В.И., Бурова В.Н., Бурковой Л.А., Васильева С.В., Митрофанова В.Б., Лысова Л.А. СПб., 2004. 363 с.
6. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве / Под ред. Долженко В.И. СПб., 2009. 321 с.
7. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Инсектициды, акарициды, нематоциды и родентициды. Государственная комиссия по химическим средствам борьбы с вредителями, болезнями растений, сорняками, и биологически активными веществами (Госхимкомиссия РФ). М., 2000. С. 1–68.
8. Сазонов П.В. Факторы эффективности гранулированных инсектицидов // Тр. ВИЗР. Л., 1972. Т. 35. С. 23–43.
9. Болотов А. О земляных блохах // Эконом. магазин. 1786. № 28. С. 139, 155, 167.

10. *Комов И.* О земледелии. М., 1788. 378 с.
11. *Сазонов П.В., Кобрин Б.Б.* Стратегия химической защиты от вредителей // Тр. ВИЗР. Л., 1963. Т. 17. С. 21–47.
12. *Долженко О.В., Иванова Г.П., Белых Е.Б.* Эффективная технология применения препарата Престиж для защиты картофеля от комплекса вредителей в Северо-Западном регионе // Прогрессивные технологии применения химических средств защиты растений с целью предупреждения и ликвидации вредных организмов. СПб., 2008. С. 3–8.
13. *Сухорученко Г.И., Долженко В.И., Васильева Т.И., Иванова Г.П., Зенькевич С.В., Белых Е.Б., Гончаров Н.Р.* Эффективные ресурсосберегающие технологии применения препаратов тиаметоксама в борьбе с комплексом вредителей картофеля // Там же. С. 19–25.
14. *Герасимова А.В., Долженко О.В., Гришечкина Л.Д., Сухорученко Г.И.* Перспективный экономичный прием использования инсектофунгицида престиж для защиты картофеля от комплекса болезней и вредителей в Северо-Западном регионе // Прогрессивные технологии применения средств защиты растений с целью предупреждения и ликвидации вредных организмов, вызывающих чрезвычайные ситуации. СПб., 2010. С. 3–14.
15. *Иванов С.Г.* Технология защиты рапса от вредителей, болезней и сорняков // Прогрессивные технологии применения химических средств защиты растений с целью предупреждения и ликвидации вредных организмов. СПб., 2008. С. 17–19.
16. *Долженко В.И., Буркова Л.А., Иванов С.Г., Чурикова В.Г.* Новые инсектициды и технологии их применения для защиты рапса // Прогрессивные технологии применения средств защиты растений с целью предупреждения и ликвидации вредных организмов, вызывающих чрезвычайные ситуации. СПб., 2010. С. 25–29.
17. *Долженко В.И.* Применение инсектофунгицидных протравителей семян для обеспечения сохранности и качества урожая ярового рапса // Агрохимия. 2016. № 2. С. 42–50.
18. *Васильева Т.И., Буркова Л.А.* Перспективная технология применения неоникотиноидов на сахарной свекле. Новые технологии применения современных инсектицидов для защиты овощных культур // Прогрессивные технологии применения химических средств защиты растений с целью предупреждения и ликвидации вредных организмов. СПб., 2008. С. 19–24.
19. *Белых Е.Б., Иванова Г.П., Дроздова Т.Н.* Совершенствование ассортимента инсектицидов на культуре капусты // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф. “Химический метод защиты растений. Состояние и перспектива повышения экологической безопасности”. СПб., 2004. С. 16–18.
20. *Долженко В.И., Буркова Л.А., Иванова Г.П., Белых Е.Б.* Новые технологии применения современных инсектицидов для защиты овощных культур // Прогрессивные технологии применения химических средств защиты растений с целью предупреждения и ликвидации вредных организмов. СПб., 2008. С. 8–17.
21. *Белых Е.Б., Иванова Г.П.* Капельное внесение неоникотиноидов – эффективный элемент интегрированной защиты пасленовых культур от вредных членистоногих в теплицах // Прогрессивные технологии применения средств защиты растений с целью предупреждения и ликвидации вредных организмов, вызывающих чрезвычайные ситуации. СПб., 2010. С. 29–33.
22. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Инсектициды и акарициды. М.: Минсельхоз РФ, 2010. С. 9–100.
23. *Долженко Т.В., Долженко В.И.* Инсектоакарициды на основе аверсектина С и эмаметкина бензоата // Агрохимия. 2017. № 4. С. 41–47.
24. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Ч. I. Инсектициды и акарициды. М.: Минсельхоз РФ, 2019. С. 9–143.
25. *Елиневская Л.С.* Современные препаративные формы пестицидов // Защита и карантин раст. 2005. № 8. С. 34–38.

Improving the Range of Plant Pest Control Products in Russia in the 21st Century

V. I. Dolzhenko^a, G. I. Sukhoruchenko^{a, #}, L. A. Burkova^a, G. P. Ivanova^a, T. I. Vasilyeva^a,
O. V. Dolzhenko^a, and A. B. Laptiev^a

^aAll-Russian Research Institute of Plant Protection
shosse Podbelskogo 3, St. Petersburg–Pushkin 196608, Russia

[#]E-mail: suhoruchenkotalina@mail.ru

The analysis of research data on tests of plant protection chemicals against noxious insects and mites is presented in the article as well as development of regulations of their safe application and assortment upgrading of insecticides and acaricides in the XXI century. Stages of chemical plant protection development and improvement of compounds, methodology and strategy of their application with the account of current requirements are indicated. Based on test data, the assortment was formed comprising 350 chemicals for protection of 53 crops and pastures against specific pests and/or their complexes.

Key words: pests, insecticides, acaricides, pesticide formulations, biological efficacy, selectivity, ecological safety.