*Т.П. Панченко, Л.Н. Червякова, Л.Л. Гаврилюк
Институт защиты растений НААН Украины, г. Киев*

РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ НАСЕКОМЫХ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ЗАЩИТЫ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР В ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Рецензент: канд. биол. наук Колтун Н.Е.

Аннотация. Подтверждено, что перспективным путем экологизации химической защиты плодовых культур от вредных организмов является применение селективных препаратов – регуляторов роста и развития насекомых. Определены экотоксикологические критерии оценки исследуемых пестицидов: полярность, константы скорости детоксикации (k), периоды полураспада (T_{50}) и полного распада (T_{95}), степень опасности.

Ключевые слова: регуляторы роста и развития насекомых, полярность соединений, скорость детоксикации, степень опасности, агроценоз плодового сада.

Введение. Плодовый сад, в отличие от других агроценозов, имеет высокий уровень экологической емкости. В таком агроценозе при отсутствии севооборота, который на современном этапе остается главным фактором в ограничении количества вредных организмов, формируется особая среда обитания, способствующая постоянному размножению и накоплению трофически связанных с плодовыми деревьями вредных организмов: килофагов, филофагов, карпофагов. Они повреждают плодовые культуры на всех стадиях развития, начиная с распускания почек и заканчивая сбором урожая [1].

Современные системы защиты плодовых культур базируются, в основном, на применении пестицидов. Однако, потенциальная опасность загрязнения окружающей среды, накопление остатков пестицидов в продуктах питания, сравнительно быстрое развитие резистентности у вредных организмов, приводит к новому витку широкого применения пестицидов, обостряя проблемы химической защиты. В зависимости от фитосанитарного состояния и ассортимента применяемых препаратов, максимальная нагрузка пестицидов на 1 га в плодовом саду может достигать 10–13 кг [2], а по данным некоторых авторов и до 165 кг/га [3]. Поэтому ассортимент пестицидов для защиты плодовых культур необходимо расширять за счет препаратов, которые селективны, имеют высокую биологическую эффективность, минимальную

норму расхода препарата, низкую персистентность и безопасны для окружающей среды. Всем указанным требованиям в значительной степени соответствуют инсектициды – регуляторы роста и развития насекомых (PPPH): ингибиторы синтеза хитина и аналоги ювенильного гормона, безопасные для полезных насекомых и имеют длительный срок защитного действия (30–40 суток) [4, 5]. Их специфичность заключается в антагонистическом действии на гормоны насекомых или избирательном влиянии на определенные звенья нейроэндокринной системы, изменяя ее функциональную активность. Ингибиторы синтеза хитина влияют на вредителя в течение репродуктивной жизни имаго, первых дней эмбрионального и начала постэмбрионального развития, жизнедеятельности и развития личинок младшего возраста. Гибель начинается на стадии яйца, максимальная – в стадии личинок первого-второго возрастов. Такой характер влияния обеспечивает длительное воздействие на асинхронные популяции вредителей, появление которых разделено незначительным интервалом времени. Характерным свойством ювеноидов является нарушение морфогенеза насекомых-вредителей: процессов развития и последующего преобразования личинок в куколок и бабочек, что обуславливает видовую избирательность пестицида [5].

Несмотря на низкую летальную дозу (LD_{50} оральная для крыс 2000–10000 мг/кг, III – IV класс опасности по токсиколого-гигиенической классификации) необходимо оценить экологический риск применения этих пестицидов для защиты плодовых культур, в частности косточковых, поскольку такая продукция потребляется преимущественно свежей и является сырьем для детского и диетического питания. Поставленная задача может быть решена при проведении мониторинга, фактические данные которого необходимы при разработке моделей оценок и прогноза состояния окружающей среды. Составляющими мониторинга являются: разработка достоверных и доступных практическим службам методов анализа пестицидов (методическое обеспечение химико-аналитического мониторинга); изучение и формализация закономерностей кинетики процесса их детоксикации в агроценозе, оценка риска применения в различных почвенно-климатических зонах [6]. Особенно актуальны такие исследования для Лесостепи, поскольку, по данным литературы, агроценозы этой зоны склонны к накоплению остатков пестицидов [7]. Все вышеизложенное обусловило цель исследований, которая заключалась в оценке экологической опасности применения инсектицидов – PPPH для защиты черешни и сливы в Лесостепи Украины.

Объекты и методика исследований. Объектами исследования были: ингибиторы синтеза хитина (тефлубензурон, люфенурон, новалурон) и аналог ювенильного гормона (феноксикарб). Исследования проводили в лаборатории аналитической химии пестицидов Института защиты растений НААН Украины. Мелкоделяночные опыты (агроценозы черешневого и сливового садов) проведены в лесостепной зоне (Киевская область, опытное хозяйство «Новоселки»). Мониторинг осуществляли с использованием методов тонкослойной (ТСХ) и газожидкостной хроматографии (ГЖХ) по официальным и унифицированным в лаборатории методикам. Динамику детоксикации пестицидов изучали с помощью кинетических методов и компьютерного моделирования. Опасность применения пестицидов оценивали по степени опасности согласно семибальной шкале интегральной классификации [8].

Результаты исследований и их обсуждение. Экотоксическое влияние пестицидов на агроценозы зависит от свойств соединений, нормы их расхода и почвенно-климатических условий. Многолетние исследования свидетельствуют о том, что свойства органических соединений (растворимость, персистентность, летучесть, наличие активных реакционных групп, токсичность) обусловлены их полярностью, которая характеризуется по величине дипольного момента молекулы (μ). Последний определяли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ). Установлено, что все исследуемые пестициды (табл.1) являются соединениями малополярными ($2 < \mu \leq 6$ Д). Это обусловило выбор оптимальных условий их определения. Методика систематического анализа РРПН в объектах агроценоза базируется на извлечении действующих веществ из пробы (листья, плоды, почва) хлороформом и дальнейшем определении методом ТСХ – при изучении динамики детоксикации или методом ГЖХ – при анализе урожая (ТСХ использовали как способ очистки). Сочетание ТСХ и ГЖХ дает возможность контролировать содержание пестицидов в плодовой продукции на уровне гигиенических нормативов (МДУ 0,1–0,01 мг/кг) [9].

Другим критерием экотоксикологической оценки препаратов является скорость их детоксикации – величина абсолютная постоянная и независимая от времени. По результатам исследований установлено, что деструкция пестицидов в объектах агроценоза происходит по экспоненциальной модели, согласно которой были рассчитаны константы скорости этого процесса для исследуемых инсектицидов (k) и периоды полураспада (T_{50} – время, за которое происходит уменьшение количества пестицида на 50%) и полного распада (T_{95} – время, за которое происходит уменьшение количества пестицидов на 95%), табл. 1.

Таблица 1 – Полярность инсектицидов – РРРН и показатели их детоксикации в объектах агроценоза

Пестицид	$\mu\pm 0,02, Д$	Черешня			Слива			Почва (серая лесная, содержание гумуса 2,2%, рН 5,6)		
		$k\pm 0,02$ суток ⁻¹	$T_{50\pm 0,2}$ суток	$T_{95\pm 1,0}$ суток	$k\pm 0,02$ суток ⁻¹	$T_{50\pm 0,2}$ суток	$T_{95\pm 1,0}$ суток	$k\pm 0,02$ суток ⁻¹	$T_{50\pm 0,2}$ суток	$T_{95\pm 1,0}$ суток
Феноксикарб	3,68	0,14/ 0,13	5,0/ 5,3	21,4/ 23,1	0,12/ 0,14	5,8/ 5,0	25,0/ 21,4	0,10	6,9	30,0
Тефлубензурон	3,70	0,13/ 0,13	5,3/ 5,3	23,1/ 23,1	0,12/ 0,15	5,8/ 4,6	25,0/ 20,0	0,11	6,3	27,3
Люфенурон	4,68	0,19/ 0,19	3,6/ 3,6	15,8/ 15,8	0,18/ 0,19	3,9/ 3,6	16,7/ 15,8	0,16	4,3	18,7
Новалурон	4,70	0,20/ 0,19	3,5/ 3,6	15,0/ 15,8	0,15/ 0,15	4,6/ 4,6	20,0/ 20,0	0,14	5,0	21,4

Примечания: 1. В числителе – показатели для плодов, в знаменателе – для листьев;
2. + – доверительный интервал при $P=0,95$ и $n=5$.

Эти показатели позволяют оценить интенсивность процесса детоксикации пестицидов в окружающей среде и определить их содержание в любой момент времени. Во всех объектах скорость детоксикации коррелирует с полярностью – как правило более полярные пестициды распадаются быстрее (коэффициент корреляции до 0,98 при $P=0,95$).

Период обнаружения пестицидов (время «жизни») является величиной относительной и зависит как от физико-химических свойств соединений, так и нормы их применения, от которой зависит начальное количество (исходный токсический потенциал) пестицида. В последующем уменьшение количества пестицидов происходит согласно константы скорости детоксикации. При почти одинаковой скорости детоксикации феноксикарба (норма расхода по действующему веществу 0,150 кг/га) и тефлубензурана (0,113 кг/га), их количество в плодах на уровне МДУ (0,01 мг/кг) обнаруживается соответственно на 26–30 и 23–25 сутки после последней обработки (в фазу завязи). Более полярные люфенурон и новалурон, норма применения которых в три раза меньше, распадаются быстрее и на уровне МДУ (для люфенурана не допускается при пределе обнаружения 0,05 мг/кг, для новалурана 0,1 мг/кг) обнаруживаются уже на 6–7 сутки после обработки. При

применении препарата Люфокс 105 ЕС к.э. норма расхода по действующим веществам меньше по сравнению с отдельными препаратами Инсегар 25WP, с.п. и Матч 050 ЕС, к.э. в среднем в 2 раза (табл. 2). В этом случае на уровне гигиенических нормативов феноксикарб и люфенурон обнаруживается на 5–6 сутки после обработки. В урожае остатки пестицидов не обнаружены.

Количество пестицидов, обнаруживаемое после последней обработки в листьях черешни и сливы, было в среднем в 10 раз больше, чем в плодах. Однако, до конца вегетационного периода происходит полная деструкция соединений и рассчитанное по экспоненциальной модели их количество составляет в среднем 10^{-6} – 10^{-11} % от обнаруженного исходного потенциала. Таким образом, листовая поверхность плодовых деревьев является одним из факторов очистки агроценоза.

В почве процессы деструкции для исследуемых пестицидов протекают в 1,2–1,4 раза медленнее, чем в листьях и плодах. Однако, количество тефлубензурана, люфенурана, новалурона в почве приштамбовой зоны даже на следующие сутки после обработки меньше ОДК (0,2; 0,1; 0,1 мг/кг соответственно). Количество феноксикарба, который имеет низкую ОДК (0,03 мг/кг), на уровне норматива обнаружено на 7 сутки.

Таблица 2 – Экотоксикологическая характеристика инсектицидов

Препарат, норма расхода (кг/га, л/га)	Действующее вещество, норма расхода (кг/га)	ЛД ₅₀ , мг/кг	Ка	КБ	Степень опасно- сти
Золон 35 к.э.; 2,80	фозалон 0,98	84–108	II	III	4
Сумитион 50% к.э.; 2,00	фенитроцион 1,00	330–470	II	IV	5
Данадим 400,к.э.; 2,00	диметоат 0,80	220	II	III	4
Актеллик 500ЕС,к.э.; 1,20	пиримифос-метил 0,60	2050	III	IV	6
Инсегар 25WP, с.п.; 0,60	феноксикарб 0,15	10000	IV	II	5
Номолт 15% к.с.; 0,75	тефлубензурон 0,113	< 5000	IV	II	5
Матч 050 ЕС, к.э.; 1,00	люфенурон 0,05	< 5000	IV	III	6
Римон 10, к.э.; 0,60	новалурон 0,06	2000	III	III	5
Люфокс 105 ЕС к.э.; 1,00	феноксикарб 0,075 + люфенурон 0,03	10000 +<5000	IV	II + III	5,3*

* Средневзвешенная степень опасности.

Полученные результаты использованы для определения степени опасности (C_0) исследуемых инсектицидов. По семибальной интегральной классификации, включающей токсиколого-гигиенические (K_a , основной критерий $ЛД_{50}$) и экотоксикологические (K_b , основной критерий T_{50}) характеристики, они являются соединениями умеренно опасными (C_0 5 баллов) и малоопасными (C_0 6 баллов).

Менее токсичные регуляторы роста и развития насекомых (Номолт 15% к.с.; Матч 050 ЕС, к.э.; Римон 10 к.э.; Инсегар 25WP, з.п., Люфокс 105 ЕС к.э.), эффективные с низкими нормами расхода (1,00–0,60 л/га по препаратам и 0,03–0,15 кг/га по действующим веществам), в меньшей степени загрязняют окружающую среду по сравнению с рекомендованными токсичными фосфорорганическими инсектицидами (Золон 35 к.э.; Сумитион 50% к.э.; Данадим 400, к.э., Актеллик 500ЕС к.э.). Нормы расхода последних составляют 1,20–2,80 л/га по препаратам и 0,60–1,00 кг/га по действующим веществам, что по сравнению с РРРН, в 2–3 раза больше по препаратам и в 2–30 раз по действующим веществам.

Выводы. Снизить экологический риск химической защиты плодового сада возможно при применении малополярных малотоксичных инсектицидов – регуляторов роста и развития насекомых, которые применяются с низкими нормами расхода (0,6–1,0 л/га), достаточно быстро распадаются в агроценозе (T_{95} 21,4–30,0 суток) и являются умеренно опасными (C_0 5) и малоопасными (C_0 6). Применение РРРН позволяет уменьшить нагрузку пестицидов на агроценоз и получить качественную плодовую продукцию.

Список литературы

1. Система захисту кісточкових культур від шкідників та хвороб у лісостеповій та степовій зонах України. / [Дрозда В.Ф., Лапа О.М., Розова Л.В., Нагорна Л.В.] – К., 2003. – 62 с.
2. Некоторые экологические аспекты защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков / Скурят А.Ф., Кивачицкая М.М., Ешманская Б.Б. [и др.] // Эколого – экономические основы усовершенствования интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков: тезы докл. науч.-практ. конф. – Минск: ПКФ «Экаунт», 1996. – Ч.2. – С. 137–138.
3. Куценко А.М. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве / А.М. Куценко, В.Н. Писаренко. – К.: Урожай, 1991. – 85 с.
4. Клечковський Ю.Е. Біологічне обґрунтування контролю чисельності обмежено поширених карантинних шкідників плодових насаджень на півдні України: автореф. на здобуття наук. ступеня докт. с.-г. наук : 16.00.10 «Ентомологія»/ Ю.Е. Клечковський. – К., 2006. – 36 с.
5. Черній А.М. Біологічне обґрунтування застосування регуляторів життєдіяльності комах для обмеження їх чисельності: автореф. на здобуття наук. ступеня докт. с.-г. наук : 16.00.10 «Ентомологія»/ А.М. Черній. – К., 2004. – 43 с.
6. Бублик Л.І. Екотоксикологічний моніторинг пестицидів в агроценозах / Бублик Л.І. // Інтегрований захист рослин на початку XXI століття : матеріали Міжнар.

наук.-практ. конференції, 1–5 лист. 2004 р. – К. : Колобів, 2004. – С. 571– 580.

7. Злобін Ю.А. Основи екології / Злобін Ю.А. – К.: Лібра, 1998. – 178 с.

8. Панченко Т.П. Методи моніторингу та екотоксикологічний ризик застосування пестицидів в агроценозах плодових культур : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.16 «Екологія» / Т.П. Панченко. – К., 2006. – 20 с.

9. Панченко Т.П. Алгоритм систематичного аналізу різнополярних пестицидів в об'єктах агроценозу плодового саду / Т.П. Панченко, Л.І. Бублик, Л.Л. Гаврилюк // Захист і карантин рослин. – 2007. – №53. – С. 290–298.

T.P. Panchenko, L.N. Chervyakova, L.L. Gavrilyuk
Institute of plant protection of NAAS, Kiev, Ukraine

THE REGULATORS OF GROWTH AND DEVELOPMENT INSECTS FOR ECOLOGICALLY SAFE PROTECTION OF ORCHARD CROPS IN THE FOREST -STEPPE OF UKRAINE

Annotation. It is confirmed that the perspective through the ecologizing of chemical protection of orchard crops from pests is the use of selective preparations – regulators of growth and development of insects. Ecotoxicological assessment criteria defined for investigated pesticides: polarity, detoxication rate constant (k), the periods of half-lives (T_{50}) and full decay (T_{95}), degree of hazard.

Key words: regulators of growth and development of insects, compounds polarity, detoxication rate, degree of hazard, orchard's agrocenoses.