

*Е.А. Мышкевич, П.М. Кислушко, А.В. Быковский, С.А. Арашкович,
Д.Ю. Кирейчик, А.А. Кузмицкая, М.П. Лосева, В.Л. Поплевко
РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н*

МОНИТОРИНГ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ И БЕЗОПАСНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Дата поступления статьи в редакцию: 22.06.2022
Рецензент: канд. с.-х. наук Жуковский А.Г.*

Аннотация. В статье представлены пятилетние исследования (2016–2020 гг.) лаборатории динамики пестицидов РУП «Институт защиты растений» по определению остаточных количеств пестицидов в растительных образцах различных сельскохозяйственных культур в рамках регистрационных испытаний методами газовой и жидкостной хроматографии.

Ключевые слова: пестициды, действующие вещества, остаточные количества, газовая хроматография, жидкостная хроматография.

Введение. Обеспечение безопасного применения пестицидов и, соответственно, получение качественного продовольственного сырья и пищевых продуктов, является важной и востребованной задачей. На сегодняшний день, все сельскохозяйственные предприятия широко применяют пестициды для защиты сельскохозяйственных культур от вредных объектов с целью получения высоких и стабильных урожаев, поэтому ассортимент химических средств защиты растений постоянно расширяется [16].

Важным инструментом в минимизации негативных последствий применения пестицидов является аналитический мониторинг их микроколичеств в объектах окружающей среды, в кормах и продуктах питания в рамках прохождения обязательной процедуры регистрационных исследований химических препаратов в системах защиты сельскохозяйственных культур [13, 12]. Регистрационные исследования проводятся с целью оценки биологической и хозяйственной эффективности пестицидов, с одной стороны, определения содержания их остаточных количеств в сельскохозяйственной продукции и разработки регламентов применения (норма расхода, срок последней обработки до уборки культуры, кратность обработки, максимально допустимый уровень (далее МДУ)), с другой стороны [11, 5].

С целью снижения риска загрязнения пестицидами различных классов химических соединений в РУП «Институт защиты растений» в рамках регистрационных испытаний выполняются мониторинговые исследования содержания остаточных количеств действующих веществ пестицидов на следовом уровне в различных сельскохозяйственных культурах, которые позволяют оценить соблюдение регламентов применения пестицидов и решить вопрос о возможности применения полученной продукции в пищу и на кормовые цели.

Материалы и методы исследований. Определение остаточных количеств пестицидов в сельскохозяйственной продукции проводили по официальным методическим указаниям [8, 9, 10] методами газовой и жидкостной хроматографии. В работе применялись газовые хроматографы: GCMS-QP2010 Ultra с масс-спектрометрическим детектором (Shimadzu, Япония), «Кристалл 5000.1», «Кристалл 5000.2» (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия) и высокоэффективный жидкостной хроматограф «HP 1100» («Hewlett Packard», США) с диодно-матричным детектором, а также вспомогательное оборудование (весы, водяная баня, центрифуга, ротационный испаритель, химическая посуда и др.).

Пробы растительных образцов отбирались в соответствии с СТБ 1036-97 [15] в разные сроки, поэтому полученные и проанализированные данные не привязаны к сроку ожидания, составу препарата и препаративной форме.

Общая схема анализа состоит из следующих этапов:

- извлечение вещества из исследуемой пробы (экстракция растворителями, подбор экстрагента в зависимости от физико-химических свойств пестицида и субстрата, в котором он находится);

- очистка полученного экстракта (получение производных, распределение между двумя несмешивающимися жидкостями, очистка на сорбентах и др.);

- определение аналита (качественное и количественное) [17, 6].

Статистическая обработка встречаемости остаточных количеств ДВ в растительных образцах сельскохозяйственных культур проводилась согласно методике В.И. Юнкерова [19], которая включала оценку относительной частоты определения остаточных количеств пестицидов и оценку её доверительного интервала.

Результаты и их обсуждение. В соответствии с Государственным реестром средств защиты растений и удобрений, на территории Республики Беларусь на 2020 г. разрешены к применению 108 инсектицидов, 179 фунгицидов, 93 препарата для предпосевной обработки семян, 342 гербицида, 30 десикантов в основе которых более 200 действующих веществ (далее ДВ) [3]. Разрабатываются новые ДВ, совершенствуются препаративные формы, появляются новые комбинированные препараты на основе двух, трех и четырех компонентов с разными свойствами.

В первой половине 2021 года Государственный реестр пополнился 54 препаратами (без учета биопрепаратов, ротенгидов, репеллентов, регуляторов роста, моллюскоцидов, нематодицидов, феромонов, биотехнических средств). Основную долю из них представляют гербициды 48,2 % и фунгициды – 29,6 %. При этом 38,9 % составляют 2-х компонентные препараты и 25,9 % – 3-х компонентные [4].

Следует отметить, что большинство препаратов (76,7 %) зарегистрированных в Беларуси относятся к 3 классу опасности – умеренно опасным (LD_{50} 151–5000 мг/кг) [2].

В период 2016–2020 гг. в лаборатории динамики пестицидов проанализировано 366 единиц препаратов, из них 86 в 2016 г., порядка 60–69 в 2017–2019 гг. и 89 в 2020 г. на различных образцах сельскохозяйственных культур (зеленая масса, зерно, солома, семена, масло и др.).

На зерновых озимых культурах (пшеница, тритикале, ячмень, рожь) в период 2016–2020 гг. были обнаружены остаточные количества 31 ДВ в различных матрицах, из них в 30 случаях в соломе, где МДУ не нормируется и в 5 случаях в зеленой массе, где также МДУ не нормируется. Таким образом, в соломе и зеленой массе были обнаружены: пропиконазол, ципроконазол, азоксистробин, крезоксим-метил, тебуконазол, спироксамин, протиоконазол дестио, флуопирам, флуоксастробин, альфа-циперметрин, лямбда-цигалотрин – 0,006–0,9754 мг/кг.

В урожае были обнаружены 3 ДВ фунгицидного действия в количестве 0,00280–0,01320 мг/кг без превышения МДУ.

На зерновых яровых культурах (пшеница, тритикале, ячмень, в т.ч. пивоваренный, овес) выявлены остаточные количества 18 ДВ в различных растительных образцах, из них в 14 случаях в соломе и в 3 случаях в зеленой массе (дифеноконазол, тебуконазол, протиоконазол дестио, пропиконазол, ципроконазол, бикасафен, прохлораз, лямбда-цигалотрин – 0,009–0,807 мг/кг) (таблица 1).

В период уборки урожая в зерне яровых культур было зафиксировано 6 случаев обнаружения ДВ не превышающих МДУ, из них 4 ДВ фунгицидного действия (0,00400–0,02560 мг/кг), 1 гербицидного (0,22000 мг/кг) и 1 инсектицидного (0,00870 мг/кг).

В период уборки урожая масличных культур (рапса озимого и ярового, подсолнечника, сои и льна масличного) обнаружены тиаметоксам в семенах льна масличного (0,040 мг/кг) и тебуконазол в семенах рапса ярового (0,046 мг/кг), в масле рапса озимого галоксифоп-П-метил (0,007 мг/кг), которые не превышали МДУ указанные в гигиенических нормативах Республики Беларусь (таблица 2).

Дельтаметрин, карбендазим, тиаклоприд, флупирадифурон выявлялись в зеленой массе в динамике и в соломе в период уборки урожая, где МДУ не нормируется, содержание которых составляло от 0,051 до 0,629 мг/кг.

Таблица 1 – Результаты определения содержания остаточных количеств ДВ в урожае зерновых культур (лабораторный опыт, РУП «Институт защиты растений», 2016–2020 гг.)

Культура, анализируемый объект	Обнаруженное ДВ	Значение, мг/кг	МДУ, мг/кг [11]
Озимые зерновые, зерно	пропиконазол	0,00280	0,1
	тебуконазол	0,01320	0,2
	флуоксастробин	0,00843	0,5
Яровые зерновые, зерно	дифеноконазол	0,01100	0,8
	тебуконазол	0,02560	0,2
	тебуконазол	0,00900	0,2
	азоксистробин	0,00400	0,5
	пиноксаден	0,22000	1,0
	имидаклоприд	0,00870	0,1

Таблица 2 – Результаты определения содержания остаточных количеств ДВ в урожае масличных культур (лабораторный опыт, РУП «Институт защиты растений», 2016–2020 гг.)

Анализируемый объект	Обнаруженное ДВ	Значение, мг/кг	МДУ, мг/кг [11]
Семена льна масличного	тиаметоксам	0,040	0,1
Семена рапса ярового	тебуконазол	0,046	0,5
Масло рапса озимого	галоксифоп-II-метил	0,007	0,05

В посевах технических культур – свекле сахарной, проанализировано 31 ДВ, из них 4 обнаружено в ботве: азоксистробин, дифеноконазол, ципроконазол, эпоксиконазол – 0,093–0,69 мг/кг. В корнеплодах найдены эпоксиконазол (0,013 мг/кг) и тебуконазол (0,008 мг/кг) на 30-е сутки после обработки (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты определения содержания остаточных количеств ДВ в свекле сахарной (лабораторный опыт, РУП «Институт защиты растений», 2016–2020 гг.)

Анализируемый объект	Обнаруженное ДВ	Значение, мг/кг	МДУ, мг/кг [11]
Корнеплоды 30-е сутки	эпоксиконазол	0,013	0,05
Корнеплоды 30-е сутки	тебуконазол	0,008	0,1

Стоит отметить, что основную долю препаратов занимали гербициды (12 наименований), которые ни в одном случае не обнаружены, также в урожае корнеплодов не отмечалось остаточных количеств пестицидов.

Наибольшее число случаев обнаружения остаточных количеств ДВ наблюдалось в овощных культурах: плодах огурцов и томатов, что связано с выращиванием преимущественно в условиях защищенного грунта способом малообъемной технологии и многократным применением пестицидов непосредственно в период интенсивного роста и плодоношения, в том числе внесением под корень при капельном поливе [1].

Из 64 ДВ, исследуемых на огурцах и томатах защищенного и открытого грунта, луке, моркови, капусте, свекле столовой было обнаружено 16. В плодах огурцов и томатов остаточные количества пестицидов определялись в динамике, как правило их содержание уменьшается от 0-х к 5–7 суткам. Наиболее часто обнаруживались ДВ фунгицидного действия в условиях защищенного грунта (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты определения содержания остаточных количеств ДВ в овощных культурах защищенного грунта в динамике (лабораторный опыт, РУП «Институт защиты растений», 2016–2020 гг.)

Анализируемый объект	Обнаруженное ДВ	Значение, мг/кг	МДУ, мг/кг [11]
Плоды огурцов 0-е сутки	дифеноконазол	0,073	0,3
Плоды огурцов 3-е сутки	дифеноконазол	0,025	0,3
Плоды огурцов 5-е сутки	пропамокарб гидрохлорид	1,35	5,0
Плоды огурцов 7-е сутки	пропамокарб гидрохлорид	0,39	5,0
Плоды томатов 1-е сутки	пропамокарб гидрохлорид	2,551	2,0
Плоды томатов 3-е сутки	пропамокарб гидрохлорид	0,0459	2,0
Плоды томатов 4-е сутки	пропамокарб гидрохлорид	0,407	2,0
Плоды томатов 5-е сутки	пропамокарб гидрохлорид	0,664	2,0
Плоды томатов 6-е сутки	пропамокарб гидрохлорид	0,762	2,0
Плоды огурцов 2-е сутки	пириметанил	0,158	не установлено
Плоды огурцов 3-е сутки	пириметанил	0,170	не установлено
Плоды огурцов 4-е сутки	пириметанил	0,188	не установлено
Плоды огурцов 1-е сутки	тебуконазол	0,078	0,2
Плоды огурцов 3-е сутки	тебуконазол	0,034	0,2
Плоды томатов 1-е сутки	флуопиколид	0,0667	1,0
Плоды томатов 3-е сутки	флуопиколид	0,0104	1,0
Плоды томатов 4-е сутки	флуопиколид	0,036	1,0
Плоды томатов 5-е сутки	флуопиколид	0,033	1,0
Плоды томатов 6-е сутки	флуопиколид	0,029	1,0
Плоды огурцов 1-е сутки	флуопирам	0,112	0,5
Плоды огурцов 3-е сутки	флуопирам	0,084	0,5
Плоды огурцов 2-е сутки	флуопирам	0,044	0,5
Плоды огурцов 3-е сутки	флуопирам	0,080	0,5
Плоды огурцов 4-е сутки	флуопирам	0,070	0,5
Плоды огурцов 0-е сутки	цифлufenамид	0,026	1,0
Плоды огурцов 3-е сутки	цифлufenамид	0,027	1,0

Дифенконазол был обнаружен в плодах огурцов на 0 и 3-е сутки в количестве 0,073 и 0,025 мг/кг соответственно (МДУ 0,3 мг/кг), а на 5 и 7-е сутки он отсутствовал.

Пропамокарб гидрохлорид обнаружен как в томатах, так и в огурцах. В 2018 г. в плодах томатов на первые сутки содержание данного действующего вещества составило 2,551 мг/кг, что выше максимально допустимого уровня – 2,0 мг/кг, однако уже на 3-е сутки его содержание опускается до безопасного уровня – 0,0459 мг/кг. Также пропамокарб гидрохлорид выявлен в томатах в 2019 г. на 4-е сутки значение составило 0,407 мг/кг, на 5-е – 0,664 мг/кг, на 6-е – 0,762 мг/кг, находящийся в пределах гигиенических регламентов. В огурцах в 2016 г. на 5-е сутки – 1,35 мг/кг, на 7-е – 0,39 мг/кг, что также не превышает МДУ, установленный для овощей со съедобными плодами.

Тебуконазол, флуопиколид, флуопирам, цифлufenамид обнаружены от 0,0104 до 0,112 мг/кг и не превышали МДУ.

Имидаклоприд был отмечен в плодах томата открытого грунта, его значение составило 0,07 мг/кг, что в пределах МДУ (0,5 мг/кг).

В культуре картофеля (клубнеплодные) в период 2016–2020 гг. проанализировано порядка 45 препаратов из них 68 ДВ, обнаружено 2: фипронил – 0,006 мг/кг и тиаметоксам – 0,023 мг/кг (таблица 5).

Таблица 5 – Результаты определения содержания остаточных количеств ДВ в урожае картофеля (лабораторный опыт, РУП «Институт защиты растений», 2016–2020 гг.)

Анализируемый объект	Обнаруженное ДВ	Значение, мг/кг	МДУ, мг/кг [11]
Клубни	фипронил	0,006	0,02
Клубни	тиаметоксам	0,023	0,05

В плодовых культурах (основную долю из которых составляла яблоня), также как и в овощных, наиболее часто встречались остаточные количества пестицидов, что в первую очередь можно связать с большой кратностью обработок инсектицидами и фунгицидами, а также проведением анализов в динамике для установления сроков ожидания. Таким образом, из 44 испытанных ДВ обнаружено 9 (таблица 6).

Анализ показал наличие ДВ инсектицидного действия абамектина и тиаклоприда, значения которых составили 0,017 и 0,012 мг/кг, соответственно, что значительно ниже МДУ, а также фунгицидного действия дифенконазол – 0,029 мг/кг, крезоксим-метил (из двух разных препаратов) – 0,005 мг/кг, пириметанил – 0,116 мг/кг и пропиконазол – 0,005 мг/кг, при этом все обнаруженные концентрации не превышают допустимые уровни. Эпоксиконазола было обнаружено 0,034 мг/кг, однако МДУ не установлено.

Таблица 6 – Результаты определения содержания остаточных количеств ДВ в яблоках в динамике (лабораторный опыт, РУП «Институт защиты растений», 2016–2020 гг.)

Анализируемый объект	Обнаруженное ДВ	Значение, мг/кг	МДУ, мг/кг [11]
Плоды яблок 30-е сутки	абамектин	0,017	0,02
Плоды яблок 21-е сутки	тиаклоприд	0,012	0,7
Плоды яблок 20-е сутки	дифеноконазол	0,029	1,0
Плоды яблок 30-е сутки	крезоксим-метил	0,005	1,0
Плоды яблок 30-е сутки	крезоксим-метил	0,005	1,0
Плоды яблок 30-е сутки	пириметанил	0,116	7,0
Плоды яблок 21-е сутки	пропиконазол	0,005	0,1
Плоды яблок 30-е сутки	эпоксиконазол	0,034	не установлено

В условиях Беларуси под ягодные культуры отводят в среднем 8–10 % площади из всех плодово-ягодных культур [7, 18], поэтому регистрируется немного препаратов, таким образом, анализ проводился всего 8 препаратов, применяемых на малине, голубике, землянике содовой, смородине черной, клюкве и винограде.

Из 13 ДВ обнаружены остаточные количества 5. Уровень металаксилла (мефеноксама), флуопирама составил 0,022–0,063 мг/кг, что существенно ниже установленных величин МДУ.

Тебуконазол выявили в ягодах малины в динамике на уровне 0,011 мг/кг, МДУ не установлен, для сравнения на винограде МДУ составляет 1,0 мг/кг (таблица 7).

Таблица 7 – Результаты определения содержания остаточных количеств ДВ в урожае ягодных культур (лабораторный опыт, РУП «Институт защиты растений», 2016–2020 гг.)

Анализируемый объект	Обнаруженное ДВ	Значение, мг/кг	МДУ, мг/кг [11]
Ягоды винограда 21-е сутки	металаксил	0,022	2,0
Ягоды малины 20-е сутки	тебуконазол	0,011	не установлено
Ягоды малины 20-е сутки	флуопирам	0,026	2,0
Ягоды голубики 20-е сутки	флуопирам	0,063	2,0

В растительных образцах зернокармальных (кукуруза) и зернобобовых (горох посевной, бобы кормовые) культур остаточные количества обнаруживались только в зеленой массе, где МДУ не нормируется.

В таких культурах, как лен-долгунец, люпин узколистный, люцерна, гречиха, просо, клевер луговой анализировалось малое количество препаратов (от 3 до 13) и за годы исследований не выявлено ни одного пестицида в остатках.

Данные по определению остаточных количеств пестицидов были обработаны и сгруппированы по количеству проведенных анализов и анализов, в результате которых выявлены остаточные количества ДВ. В результате статистической обработки этих данных установлена относительная величина встречаемости остаточных количеств ДВ.

С вероятностью 95 % можно утверждать, что возможность обнаружения наиболее часто тестируемого ДВ тебуконазол находится в интервале 8,63–20,3 %. Флоросулам, при высоком количестве проведенных анализов, ни разу не обнаружен, соответственно, относительная частота его нахождения составила 0,53 % с доверительным интервалом 0,08–3,07 %. Протиоконазол дестиво и азоксистробин были выявлены в 6,02–7,50 % случаев с доверительным интервалом 1,91–14,36 %.

За учетный период, из часто анализируемых ДВ, не обнаруживались 2,4-Д ЭГЭ, флудиоксонил, ацетамиприд вероятность их обнаружения находится в интервале 0,11–4,71 %, пиклорам анализировался в два раза меньше (34 анализа), относительная частота обнаружения составила 1,47 % с доверительным интервалом 0,27–8,51 % (таблица 8).

Таблица 8 – Относительные величины частоты нахождения остаточных количеств ДВ и оценка их точности (РУП «Институт защиты растений», 2016–2020 гг.)

№	ДВ	Количество проведенных анализов (<i>n</i>)	Количество анализов с обнаруженным ДВ, (<i>m</i>)	Относительная величина частоты обнаружения остаточных количеств ДВ, (%)	95 % нижняя граница доверительного интервала для Р, %	95 % верхняя граница доверительного интервала для Р, %
1	Тебуконазол	136	19	13,97	8,63	20,3
2	Пропиконазол	24	11	45,83	24,79*	66,87*
3	Флуопирам	27	9	33,33	14,68*	51,98*
4	Дифеноконазол	37	8	21,62	9,71	36,65
5	Ципроконазол	35	7	20,00	8,28	35,22
6	Протиоконазол дестиво	80	6	7,50	2,73	14,36
7	Азоксистробин	83	5	6,02	1,91	12,2
8	Лямбда-цигалотрин	48	5	10,41	3,32	20,81
9	Имидаклоприд	36	3	8,33	1,52	19,86
10	Биксафен	17	3	17,64	3,08	40,57
11	Эпоксиконазол	12	3	25,00	4,18	55,57
12	Клопиралид	40	2	5,00	0,42	14,13
13	Тиаметоксам	21	2	9,52	0,74	26,55
14	Альфа-циперметрин	17	2	11,76	0,86	32,55
15	Бифентрин	14	2	14,28	0,97	39,17
16	Тиаклоприд	14	2	14,29	0,97	39,17

№	ДВ	Количество проведенных анализов (n)	Количество анализов с обнаруженным ДВ, (m)	Относительная величина частоты обнаружения остаточных количеств (P), %	95 % нижняя граница доверительного интервала для P, %	95 % верхняя граница доверительного интервала для P, %
17	Флуоксастробин	12	2	16,66	1,05	45,28
18	Никосульфурон	33	1	3,03	0,00	11,90
19	Прохлораз	24	1	4,16	0,00	16,38
20	Спироксамин	18	1	5,55	0,01	21,86
21	Галоксифоп-Р-метил	18	1	5,55	0,01	21,86
22	Флупирадифурон	17	1	5,88	0,01	23,15
23	Дельтаметрин	16	1	6,25	0,01	24,61
24	Тау-флювалинат	13	1	7,69	0,04	30,32
25	Металаксил (мефенноксам)	12	1	8,33	0,06	32,86
26	Пиноксаден	10	1	10,00	0,12	39,48
27	Флорасулам	93	0	0,53	0,08	3,07
28	2,4-Д ЭГЭ	74	0	0,67	0,11	3,87
29	Флудиоксонил	65	0	0,76	0,13	4,41
30	Ацетамиприд	61	0	0,82	0,13	4,71
31	Пиклорам	34	0	1,47	0,27	8,51
32	2,4-Д	24	0	2,08	0,43	12,14
33	Аминопиралид	24	0	2,08	0,43	12,14
34	Тифенсульфурон-метил	23	0	2,17	0,46	12,68
35	Римсульфурон	22	0	2,27	0,49	13,28
36	Дифлюфеникан	20	0	2,50	0,56	14,65
37	Хлорпирифос	18	0	2,77	0,65	16,33
38	Ипконазол	18	0	2,77	0,65	16,33
39	Квизалофоп-П-этил	18	0	2,77	0,65	16,33
40	МЦПА кислота	18	0	2,77	0,65	16,33
41	Дикамба	17	0	2,94	0,71	17,33
42	Прометрин	17	0	2,94	0,71	17,33
43	С-металахлор	17	0	2,94	0,71	17,33
44	Флутриафол	17	0	2,94	0,71	17,33
45	Галауоксифен-метил	16	0	3,12	0,78	18,46
46	Метазахлор	16	0	3,12	0,78	18,46
47	Малатион	14	0	3,57	0,96	21,22
48	2М-4Х	14	0	3,57	0,96	21,22
49	Глифосат	14	0	3,57	0,96	21,22

№	ДВ	Количество проведенных анализов (<i>n</i>)	Количество анализов с обнаруженным ДВ, (<i>m</i>)	Относительная величина частоты обнаружения остаточных количеств ДВ, (<i>P</i>), %	95 % нижняя граница доверительного интервала для <i>P</i> , %	95 % верхняя граница доверительного интервала для <i>P</i> , %
50	Клоквинтосет-мексил	14	0	3,57	0,96	21,22
51	Тербутилазин	14	0	3,57	0,96	21,22
52	Флурохлоридон	14	0	3,57	0,96	21,22
53	Мезотрион	13	0	3,84	1,09	22,95
54	Йодосульфурон-метил-натрий	12	0	4,16	1,25	24,97
55	Метрибузин	12	0	4,16	1,25	24,97
56	МЦПА в виде солей	12	0	4,16	1,25	24,97
57	Этаметсульфурон-метил	12	0	4,16	1,25	24,97
58	Тирам	11	0	4,54	1,45	27,38
59	Дикват	11	0	4,54	1,45	27,38
60	Квизалофоп-П-тефурил	10	0	5,00	1,74	30,33
61	Мефенпир-диэтил	10	0	5,00	1,74	30,33
62	Просульфокارب	10	0	5,00	1,74	30,33
63	Трибенурон-метил	10	0	5,00	1,74	30,33
64	Ципросульфамид	10	0	5,00	1,74	30,33

Примечания:

1. В таблице отражены результаты определения 64 ДВ (из 143 проанализированных) с общим числом наблюдений $n \geq 10$.
2. При малом количестве наблюдений, когда $m=0$, проводили коррекцию на поправку, обоснованную Йетсом.
3. Оценка точности относительной величины частоты с 95 % доверительным интервалом корректна при $25\% \leq \bar{P} \leq 75\%$, в других случаях, отмеченных в таблице *, оценка дается с помощью вспомогательной переменной Фишера в радианной форме.

Дифеноконазол, ципроконазол, имидаклоприд, клопиралид, никосульфурон анализировались от 33 до 40 раз, относительная частота обнаружения первых двух ДВ была на уровне 20,00–21,62 % с доверительным интервалом 8,28–36,65 %, а остальных – 3,03–8,33 % с доверительным интервалом от 0 до 19,86 %.

Пропроназол, флуопирам, эпоксиконазол имели высокий уровень относительной частоты обнаружения (25,00–45,83 %) вследствие малого количества проведенных анализов. Следует отметить, что чем меньше число проведенных анализов, тем шире доверительный интервал.

Из всех ДВ, которые не обнаруживались в остатках, основную долю занимали гербициды, вероятность их обнаружения очень низкая.

Выводы. На основании проанализированных данных, полученных в условиях лаборатории динамики пестицидов, можно сделать вывод о том, что загрязнение пищевых продуктов пестицидами в Республике Беларусь практически отсутствует, что является следствием прохождения обязательной процедуры регистрации средств защиты растений. Таким образом, применение рекомендованных регламентов использования препаратов, соблюдение их норм расхода и сроков ожидания дает возможность гарантировать получение безопасного и чистого урожая сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1. Аутко, А.А. Овощеводство защищенного грунта / А.А. Аутко, Г.И. Гануш, Н.Н. Долбик; РУП «Ин-т овощеводства НАН Беларуси». – Минск: ВЭВЭР, 2006. – 317 с.
2. Борушко, Н.В. Санитарно-гигиенический контроль содержания пестицидов в пищевых продуктах: учеб.-метод. пособие / Н.В. Борушко, П.Г. Новиков, Н.Л. Бацукова. – Минск: БГМУ, 2017. – 39 с.
3. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: справ. издание / А.В. Пискун [и др.]. – Минск, 2020. – 742 с.
4. Дополнение к Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (Утверждено Советом по регистрации средств защиты растений и удобрений: постановления от 16.12.2020; 04.03.2021 и 07.05.2021). [Электронный ресурс] / ГУ «Главная Государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений». – Режим доступа: [https://ggiskzr.by/archive/inspection_protection-plants/Дополнение %20объединенное %202021.pdf](https://ggiskzr.by/archive/inspection_protection-plants/Дополнение_%20объединенное_%202021.pdf). – Дата доступа: 13.07.2021.
5. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Глава II, Раздел 15. Требования к пестицидам и агрохимикатам [Электронный ресурс] / Евразийская экономическая комиссия. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/depsanmer/sanmeri/Documents/PesticidaiChimiya.pdf>. – Дата доступа: 13.07.2021.
6. Клисенко, М.А. Химический анализ микроколичеств ядохимикатов / М.А. Клисенко, Т.А. Лебедева, З.Ф. Юркова. – М.: Медицина, 1972. – 312 с.
7. Комардина, В.С. Сортопоражаемость яблони основными патогенами в плодоносящем саду / В.С. Комардина, Л.Н. Григорьевич // Труды Белорусс. Гос. технологического ун-та. – Сер. I: Лесное хозяйство. – №17. – 2009. – С. 255-256.
8. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: справочник / М.А. Кисленко [и др.]; под ред.: А.А. Белоусовой, Е.М. Козинной. – М.: Колос, 1992. – Т. 1. – 567 с.
9. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: справочник / М.А. Кисленко [и др.]; под ред.: А.А. Белоусовой, Е.М. Козинной. – М.: Агропромиздат, 1992. – Т. 2. – 416 с.
10. Методы определения остаточных количеств пестицидов в растениях, почве и воде: метод. рекомендации / П.М. Кислушко [и др.]; под ред. П.М. Кислушко; РУП «Ин-т защиты растений». – Минск: Колоград, 2019. – 312 с.
11. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 25 января 2021 г. № 37 Об утверждении гигиенических нормативов [Электронный ресурс] / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, рег. № 5/48783 от 25.01.21. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037&p1=1> – Дата доступа: 17.08.2021.

12. Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия от 16.11.2016 № 32 «О внесении изменений и дополнений в постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 22 августа 2006 г. № 49» [Электронный ресурс] / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, рег. № 8/31795 от 17.02.2017. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/W21731795_1487624400.pdf. – Дата доступа: 13.07.2021.

13. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 июля 2010 г. № 1140 Положение о порядке государственной регистрации средств защиты растений и удобрений и ведения Государственного реестра средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, рег. № 5/32275 от 03.08.2010. – Режим доступа: [https://pravo.by/pdf/2010-187/2010-187\(006-028\).pdf](https://pravo.by/pdf/2010-187/2010-187(006-028).pdf). – Дата доступа: 13.07.2021.

14. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методы отбора проб для определения показателей безопасности: СТБ 1036-97. – Введ. 28.02.97. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 40 с.

15. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методы отбора проб для определения показателей безопасности: СТБ 1036-97. – Введ. 28.02.97. – Минск: Госстандарт, 2010. – 59 с.

16. Ракитский, В.Н. Токсикология пестицидов / В.Н. Ракитский // Токсикологический вестник. – 2010. – 3 (102). – С. 21-22.

17. Шаповалова, Е.Н. Хроматографические методы анализа: метод. пособие / Е.Н. Шаповалова, А.В. Пирогова. – М., 2007. – 203 с.

18. Шундалов, Б.М. Плодово-ягодная отрасль Беларуси: состояние производства, производительность труда и результативность работы / Б.М. Шундалов // Аграрная экономика. – №1 (8). – 2021. – С. 70-86.

19. Юнкеров, В.И. Математико-статистическая обработка результатов медицинских исследований / В.И. Юнкеров, С.Г. Григорьев. – СПб.: ВМедА, 2002. – С. 36-37.

*E.A. Myshkevich, P.M. Kislushko, A.V. Bykovsky, S.A. Arashkovich,
D.Yu. Kireychik, A.A. Kuzmitskaya, M.P. Loseva, V.L. Poplevko*
RUE «Institute of Plant Protection», Priluki, Minsk region

MONITORING OF PESTICIDE RESIDUES IN CROPS AND THEIR SAFE APPLICATION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Annotation. The paper presents the five year research (2016–2020) conducted in the Laboratory of Pesticide Dynamics of the Institute of Plant Protection on identifying pesticide residues in plant samples of different crops with gas and liquid chromatography methods in the framework of registration trials.

Key words: pesticides, active ingredients, residues, gas chromatography, liquid chromatography.