

УДК 632.95.028:634.11

ДИНАМИКА ДЕГРАДАЦИИ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПРОПИНЕБА И ЕГО МЕТАБОЛИТА ПРОПИЛЕНТИОМОЧЕВИНЫ В ПЛОДАХ ЯБЛОНИ

© 2024 г. Т. Д. Черменская^{1,*}, М. О. Петрова¹, А. С. Комарова¹¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
196608 Санкт-Петербург—Пушкин, шоссе Подбельского, 3, Россия

*E-mail: tchermenskaya@yandex.ru

Исследовали поведение пропинеба и пропиленглициомочевина (ПТМ) в яблоках в динамике после обработки препаратом Антракол, ВДГ в 3-х регионах. Определение остаточных количеств пестицида проведено по разработанным и оптимизированным методикам. Установлено, что после 3-кратной обработки фунгицидом пропинеб и ПТМ быстро и равномерно разлагаются в плодах в различных регионах возделывания культуры. Через 28 сут после последней обработки содержание действующего вещества препарата и его метаболита находятся на уровне ниже соответствующих МДУ. В момент уборки урожая исследованные вещества в яблоках не были найдены ни в одной из климатических зон, так же они отсутствовали и в соке. На основании полученных данных о разложении пропинеба в плодах яблок был установлен характер диссипации. Период полураспада составил от 3-х до 8-ми сут.

Ключевые слова: фунгициды, метаболит, период полураспада, хроматография.

DOI: 10.31857/S0002188124050036, EDN: CZVYTX

ВВЕДЕНИЕ

Для повышения урожайности на современном этапе растениеводства широко используют пестициды, однако этому подходу сопутствует определенный токсикологический риск для человека, животных и окружающей среды. Получение качественной и безопасной сельскохозяйственной продукции является одной из основных задач социума, определяющее жизнь и здоровье населения. Международный кодекс поведения по распределению и использованию пестицидов был одним из первых добровольных кодексов в поддержку продовольственной безопасности и защиты здоровья человека и окружающей среды [1].

Определение пестицидов в объектах окружающей среды, сельскохозяйственной продукции с привлечением современных физико-химических методов анализа является весьма актуальной задачей. Постоянное расширение ассортимента пестицидов и повсеместное их использование требуют все более ответственного контроля над пестицидной загрязненностью агроэкосистем, следовательно, и разработки современных высокочувствительных методов определения остаточных количеств пестицидов [2].

Дитиокарбаматы широко используют в качестве фунгицидов в сельском хозяйстве из-за их высокой биологической активности и достаточно низких затрат на производство. Это полимерные комплексы

с переходными металлами, такими как марганец в Манебе или цинк в Пропинебе. Эти серосодержащие соединения являются основной группой фунгицидов, используемых для контроля ≈ 400 патогенов на более чем 70-ти культурах и зарегистрированы во всех государствах-членах ЕС и многих других странах [3, 4].

Существует большой интерес к потенциальному влиянию использования дитиокарбаматов на экологию и здоровье человека. Как правило, дитиокарбаматы не считаются высокотоксичным, однако токсичность увеличивается за счет присутствия иона тяжелого металла в молекуле. Краткосрочное воздействие этих веществ может вызывать раздражение глаз, дыхательных путей и кожи. Кроме того, их метаболиты (этиленглициомочевина (ЭТМ) или имидазолидин-2-тион и пропиленглициомочевина (ПТМ) или 4-метилимидазолидин-2-тион) могут оказывать влияние на щитовидную железу и вызывать некоторые нейротоксические эффекты. Предположительно эти соединения обладают канцерогенным, мутагенным и тератогенным действием [5, 6]. Поэтому определение дитиокарбаматов и их метаболитов в окружающей среде, продукции и других материалах имеет большое значение.

Методы анализа дитиокарбаматов были впервые систематизированы в начале 1970-х гг. Помимо проблем, связанных с растворимостью, есть еще одна большая проблема — низкая стабильность

дитиокарбаматов в растительных матрицах. Особенно при контакте с кислыми растительными соками эти соединения быстро разлагаются до сероуглерода (CS_2) и соответствующих аминов. На этом фоне десятилетиями остаточные количества дитиокарбаматов определяли после горячего кислотного гидролиза, сбора образующегося CS_2 , который детектировали различными методами [7].

Определение ЭТМ и ПТМ в пищевых продуктах достигают с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с селективными детекторами или после дериватизации и последующего анализа с помощью газовой хроматографии (ГХ). ПТМ и ЭТМ являются полярными соединениями и хорошо растворяются в воде, поэтому их экстракция из фруктов и овощей – сложная задача. Преобладающие подходы основаны на переэкстракции в дихлорметан или дополнительной очистке на патронах для твердофазной экстракции, но эти способы неоднозначны, поскольку многие авторы сталкиваются с большими трудностями при получении приемлемых количественных выходов и повторяемости результатов. Разработанный метод ВЭЖХ с масс-детектированием позволил определить дитиокарбаматы и метаболиты во многих растительных матрицах. Основными недостатками метода являются высокий предел обнаружения (0.25 мг/кг) и высокая стоимость анализа [8].

Опасность для населения при использовании дитиокарбаматов определяется продуктами их деградации. Расчетным путем было показано, что среднесуточное поступление этих веществ для жителей США составляет от 0.24 до 3.65 мкг/кг, а для жителей Канады – 1 мкг/кг [9].

Около 16% из 30 тыс. образцов 30-ти пищевых продуктов, проверенных в Бразилии, содержали остаточные количества дитиокарбаматов, и в основном это относилось к яблокам (59.3%). Хроническое потребление дитиокарбаматов составило 6.7% от соответствующих индексных соединений, причем яблоки – >50% потребления [10].

Во Франции дитиокарбаматы были определены количественно в 13% образцов овощей и 3% фруктов. Самые высокие показатели касались листовых овощей (16%), особенно салата (21%), за которым следовал столовый виноград (6%) (МДУ были превышены для 6.4% образцов салата). Наибольший вклад в общее диетическое воздействие оказывали бобы (59%), яблоки (11%) и салат (2.5%) [11].

Анализ продукции в Великобритании и Германии показал положительные результаты присутствия дитиокарбаматов в яблоках, грушах, сливах, столовом винограде, папайе и брокколи в концентрациях от 0.03 до 2.69 мг/кг, выраженных в эквивалентном количестве CS_2 . Ни один из показателей не превышал максимально допустимый уровень содержания пестицида (МДУ), установленный Европейским союзом [12].

В нашей стране МДУ содержания пропинабеа и пропилентиомочевины в плодовых семечковых составляет 0.05 и 0.01 мг/кг соответственно, допустимая суточная доза – 3.0 и 0.2 мг/кг массы тела человека для пропинабеа и пропилентиомочевины [13].

Цель работы – изучение динамики деградации пропинабеа и его метаболита пропилентиомочевины в яблоках и определение их в урожае (плоды и сок) после 3-кратной обработки фунгицидом Антракол, ВДГ.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Яблони обрабатывали фунгицидом Антракол, ВДГ (700 г/кг пропинабеа) с нормой применения 2.25 кг/га в условиях 3-х климатических зон (Орловская, Тамбовская и Ростовская обл.) трехкратно с интервалом между обработками 10 сут. Пробы отбирали отдельно с каждой повторности опыта, а также с контрольных вариантов, не обработанных пестицидами. Отобранные пробы замораживали при температуре $-18^{\circ}C$, хранили в морозильной камере при этой же температуре до начала анализа. Отбор проб для анализа проводили в день последней обработки (через 2 ч) на 14-, 28-, 40- и 50-е сут (сбор урожая) после обработки. Пробы отбирали отдельно с каждой делянки в вариантах, из них готовили средний образец (по одному на вариант) и в лаборатории делали 2 параллельные пробы для каждого образца.

Анализ образцов на содержание пропинабеа проводили в соответствие с МУК 4.1.2016–05 [14]. Предел определения пропинабеа (по CS_2) – 0.005 мг/кг.

Определение остаточных количеств пропинабеа (по CS_2) проводили на газовом хроматографе Agilent 7890B с пламенно-фотометрическим детектором и авто-сAMPLером паровой фазы Agilent 7697A Headspace Sampler, колонка капиллярная GS-GASPRO (30 м · 0.32 мм). Температура колонки $40^{\circ}C$ (5 мин) с последующим нагревом до $200^{\circ}C$ со скоростью $50^{\circ}C/мин$, температура испарителя $250^{\circ}C$, температура детектора $200^{\circ}C$, расход газа носителя (азот) через колонку – $5\text{ см}^3/мин$, расход водорода – $60\text{ см}^3/мин$, воздуха – $100\text{ см}^3/мин$. Дозируемый объем паровой фазы 1 см^3 .

Анализ образцов на содержание пропилентиомочевины проводили по МУК 4.1.3406–16 [15]. Предел обнаружения ПТМ в плодах и яблочном соке – 0.01 мг/кг.

Определение остаточных количеств пропилентиомочевины проводили на ультраэффективном жидкостном хроматографе “ACQUITY” (Waters) с PDA-детектором, снабженном дегазатором, автоматическим пробоотборником и термостатом колонки. Аналитическая колонка ACQUITY VEN C-18 (100 × 2.1) мм, 1.7 мкм (Waters). Температура колонки $30 \pm 1^{\circ}C$. Подвижная фаза: ацетонитрил и 0.005М ортофосфорная кислота в соотношении 1 : 99. Скорость потока

элюента — 0.2 мл/мин. Рабочая длина волны УФ-детектора — 233 нм. Объем вводимой пробы — 10 мкл.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Антракол, ВДГ (водно-диспергируемые гранулы) — контактный фунгицид, применяемый для уничтожения фитофтороза и альтернариоза при заболевании картофеля, парши и курчавости листьев плодовых деревьев и милдью винограда. Действие фунгицида направлено на эффективную защиту растений при поражении распространенными видами заболеваний. Препарат снижает скорость химических реакций при прорастании грибных спор. Действие средства происходит как на клеточном, так и мембранном уровнях, при этом улучшается обмен белков и углеводов. Антракол активно действует на патогены, не оставляя грибам возможности развиваться. Эффект воздействия Антракола проявляется уже через 2–3 ч после первичной обработки. Период действия препарата зависит от условий погоды и вида заболевания растений [16].

Основным действующим веществом препарата является пропиенеб (рис. 1а), относящийся к классу дитиокарбаматов — производных диметилдитиокарбаминовой и этилен-*bis*-дитиокарбаминовой кислот. Основным метаболитом при деградации пропиенеба является пропилендиомочевина (рис. 1б).

Метод определения пропиенеба основан на газохроматографическом определении сероуглерода, выделившегося в парогазовую фазу в результате кислотного гидролиза пробы, помещенной в герметически закрытый сосуд при 80°C. Метод был валидирован в лаборатории (табл. 1). Полнота извлечения — >90%.

Для определения пропилендиомочевины использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием ультрафиолетового (УФ) детектора после извлечения из образцов водным метанолом и последующей очистки путем дисперсионной твердофазной экстракции с использованием окиси алюминия. Ранее нами был разработан метод,

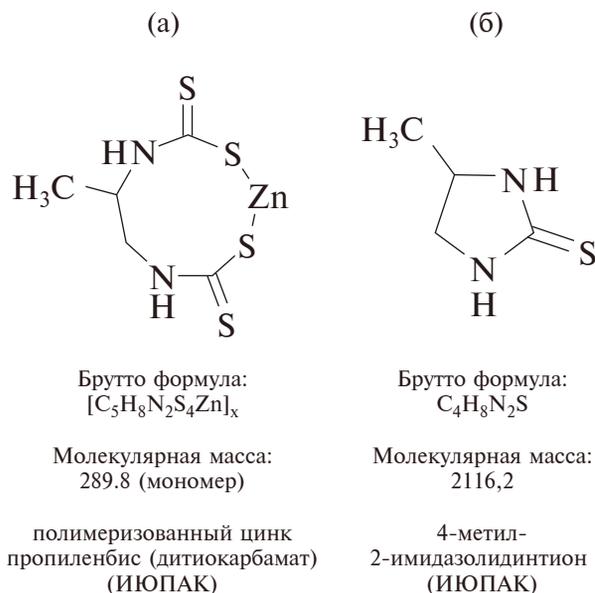


Рис. 1. Структурные формулы пропиенеба (а) и пропилендиомочевины (б).

где ПТМ экстрагировали ацетонитрилом и анализировали аликвоту полученного экстракта без очистки, что приводило к высокому фону на хроматограмме и не очень хорошему отделению от мешающих примесей (МУК 4.1.3267–15) [17]. Трудности при извлечении пропилендиомочевины из растительных матриц связаны с ее небольшой растворимостью в органических растворителях, что не позволяет подобрать избирательный экстрагент, неустойчивостью в водных растворах, что приводит к необходимости хроматографирования пробы непосредственно после экстракции. Для извлечения ПТМ из яблок нами был подобран другой экстрагент — смесь метанол–вода в соотношении 3 : 1. Для сока использовали разбавление водой и добавление сорбента для очистки, что упростило ранее принятую процедуру — очистку на патроне для твердофазной экстракции. Условия

Таблица 1. Полнота извлечения пропиенеба и ПТМ из образцов плодов и сока яблок (стандартное отклонение, доверительный интервал среднего результата для $n = 20$, $P = 0.95$)

Анализируемый объект	Предел определения	Диапазон определяемых концентраций, мг/кг	Среднее полноты извлечения, %	Стандартное отклонение (S), %	Доверительный интервал среднего результата, ±, %
Пропиенеб					
Плоды	0.005	0.005–0.05	94.1	2.30	1.15
Сок	0.005	0.005–0.05	96.6	3.38	1.69
ПТМ					
Плоды	0.01	0.01–0.1	83.2	4.87	2.13
Сок	0.01	0.01–0.1	80.2	3.96	1.73

хроматографирования остались прежними. Полнота извлечения составила 80–83% (табл. 1).

С помощью вышеупомянутых методов были проведены исследования поведения пропинеба и пропилентиомочевины в динамике после обработки яблонь препаратом Антракол, ВДГ, проведенной в 3-х регионах (рис. 2).

Несмотря на различное количество пропинеба в день обработки, наблюдали его быструю и равномерную деградацию во всех 3-х регионах.

Самое высокое содержание пропинеба в день обработки было зафиксировано в плодах из Тамбовской обл. За 14 сут количество пропинеба снизилось в 18.8 раза. Его количество на уровне 0.01–0.04 мг/кг сохранялось до 40 сут. Количество ПТМ увеличивалось в плодах до максимума (0.04 мг/кг) на 14-е сут и уменьшалось до величины ниже предела обнаружения к 28-м сут.

В Орловской обл. за 14 сут количество пропинеба уменьшилось в 10 раз. Поведение пропинеба и пропилентиомочевины в плодах яблони было аналогичным – количество пропинеба также плавно снижалось вплоть до 40-х сут, а содержание ПТМ достигло пика на 14-е сут и затем уменьшилось к 28-м сут после обработки.

В Ростовской обл. содержание пропинеба снижалось более плавно, чем в первой и второй климатических зонах – в 3 раза за 2 нед. Его присутствие в плодах яблони также было зафиксировано в течение 40

сут, а его метаболит пропилентиомочевина не был обнаружен ни в одной пробе.

В момент уборки урожая пропинеб и пропилентиомочевину в яблоках не наблюдали ни в одной из климатических зон, также они отсутствовали и в соке.

В Орловской и Тамбовской обл. быстрое снижение содержания пропинеба было связано скорее всего с большим количеством осадков в первые 2 нед после обработки. Например, в Орловской обл. в данный период выпало ≈ 30 мм осадков, в Тамбовской – 47.2 мм, тогда как в Ростовской области – 0.4 мм. Кроме того, быстрое разрушение пропинеба в пробах из Тамбовской обл. могло быть связано с высоким титром кислот у сорта Антоновка – 1.0% по сравнению с 0.52–0.60% у других сортов [18]. Известно, что в кислой среде разрушение пестицида значительно ускоряется.

Несмотря на более высокое содержание пропинеба в день обработки в Тамбовской обл., количество образовавшегося метаболита через 14 сут было больше в Орловской обл. Гидролитическая стабильность пропинеба очень низкая, он быстро метаболизирует до пропилентиомочевины, период полураспада при водном фотолизе составляет 0.1–1.0 сут при pH 7.0. Период полураспада пропилентиомочевины в воде больше – 2.3–4.0 сут.

Известно, что остатки пропинеба находят главным образом на поверхности плодов, и только метаболиты – ПТМ и 4-метил-имидазолин – проникают внутрь растения, но в очень малых количествах [19]. Пропинеб разлагается в основном через образование ПТМ,

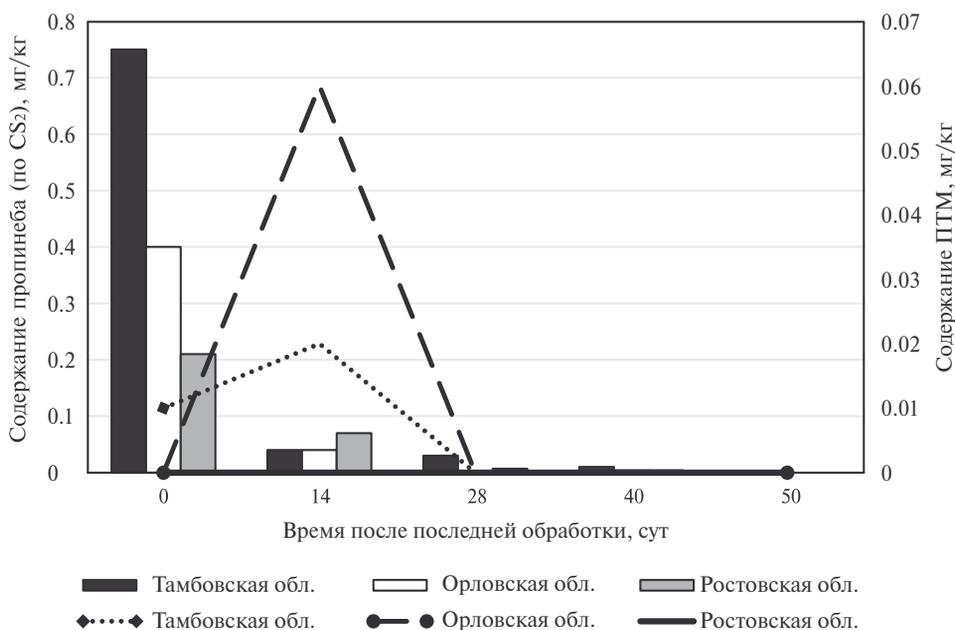


Рис. 2. Содержание остаточных количеств пропинеба и его метаболита пропилентиомочевины в яблоках при применении препарата Антракол, ВДГ (700 г пропинеба/кг) с нормой применения 2.25 кг/га в условиях 3-х почвенно-климатических зон.

Таблица 2. Численные показатели деградации пропинеба в яблоках

Почвенно-климатическая зона	Период разложения пестицида на 50% (ДТ ₅₀)	Период разложения пестицида на 90% (ДТ ₉₀)	χ ²
	сут		
I зона (Орловская обл.)	4.2	14.0	1.3
II зона (Тамбовская обл.)	3.4	11.3	2.4
III зона (Ростовская обл.)	8.0	26.5	7.9

деградация которой на поверхности яблок происходит очень быстро. Ранее при оценке поведения пропинеба и ПТМ в плодах яблони после обработки препаратом, содержащим 70% пропинеба, с нормой расхода по действующему веществу 2.8 кг/га, было показано, что в день обработки количество пропинеба находилось в диапазоне 0.63–6.0 мг/кг, ПТМ – 0.2–0.49 мг/кг, на 14-е сут после обработки остаточные количества находились в пределах 0.79–1.5 и 0.08–0.11 мг/кг для пропинеба и ПТМ соответственно. В соке холодного отжима через 10 сут после обработки было найдено пропинеба от 0.1 до 0.34, ПТМ – от 0.01 до 0.015 мг/кг. В момент сбора урожая содержание пропинеба достигало 0.01–0.1, ПТМ – <0.01 мг/кг [20].

При защите сельскохозяйственных культур от вредных организмов важно учитывать биологические периоды полураспада применяемых пестицидов для обеспечения безопасности получаемой продукции. Одним из количественных показателей, характеризующих деградацию действующего вещества пестицида в растениях, является период полураспада. Например, при проведении испытаний в Индии на томатах величина периода полураспада пропинеба варьировалась в зависимости от агроклиматической зоны от 3.36 до 11.4 сут [21]. На основании полученных нами данных о разложении пропинеба в плодах яблок, был установлен характер диссипации. Период полураспада составил от 3 до 8 сут (табл. 2).

Наибольшая скорость диссипации пестицида была определена в пробах из Тамбовской обл., где сложились оптимальные для разложения пропинеба погодные условия, наименьшая скорость – в Ростовской обл., где был отмечен недостаток влаги. Практически полное разложение пестицида наступало на 11–27-е сут в зависимости от почвенно-климатической зоны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мониторинг состояния загрязнения пестицидами продовольственной продукции и окружающей среды позволяет оценивать степень рисков использования химических средств защиты растений. При оценке динамики деградации пропинеба и его метаболита пропилентиомочевина в яблоках после 3-кратной обработки фунгицидом Антракол, ВДГ, было установлено, что пропинеб и ПТМ быстро и равномерно

разлагались в яблоках в различных регионах возделывания культуры. Через 28 сут после последней обработки содержания д.в. препарата и его метаболита находились на уровне ниже соответствующих МДУ. В собранном в Тамбовской, Орловской и Ростовской обл. на 50-е сут после обработки фунгицидом урожае яблок и полученном из него соке остаточных количеств пропинеба и пропилентиомочевина не обнаружено.

Период полураспада изученных препаратов составил от 3 до 8 сут в зависимости от климатической зоны, причем скорость разложения была меньше в пробах из Ростовской обл.

При соблюдении регламентов применения препарат Антракол, ВДГ (700 г пропинеба/кг) можно использовать для защиты плодового сада от болезней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. International code of conduct on the distribution and use of pesticides // Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2002. 36 p.
2. Петрова М.О., Черменская Т.Д. Поиск остаточных веществ пестицидов в сельскохозяйственной продукции – путь к безопасному продовольствию // Междисциплин. научн. и прикл. журн. “Биосфера”. 2019. Т. 11. № 1. С. 40–47.
3. European Commission, 2002. Food Safety, Pesticide Residue, Brussels. http://europa.eu.int/comm/food/fs/ph_ps/pest/index_en.htm
4. Kazos E.A., Stalikas C.D., Nanos C.G., Konidari C.N. Determination of dithiocarbamate fungicide propineb and its main metabolite propylenethiourea in airborne samples // Chemosphere. 2007. V. 68. Iss. 11. P. 2104–2110.
5. FAO/WHO, 1993. Pesticides residues in food, 1993. Evaluations 1993. Part II-Toxicology // Joint FAO/WHO Meeting on Pesticides Residues. Geneva. Switzerland, 1993. 168 p.
6. Vettorazzi G., Almeida W.F., Burin G.J., Jaeger R.B., Puga F.R., Rahde A.F., Reyes F.G., Schwartsman S. International safety assessment of pesticides: Dithiocarbamate pesticides, ETU, and PTU – A review and update // Teratog. Carcinog. Mutagen. 1995. V. 15. Iss. 6. P. 313–337.

7. *Crnogorac G., Schwack W.* Residue analysis of dithiocarbamate fungicides // *Trends Analyt. Chem.* 2009. V. 28. № 1. P. 40–50.
8. *Blasco C., Font G., Picó Y.* Determination of dithiocarbamates and metabolites in plants by liquid chromatography–mass spectrometry // *J. Chromatography A.* 2004. V. 1028. Iss. 2. P. 267–276.
9. Дитиокарбаматные пестициды, этилентиомочевина и пропилентиомочевина: общее введение. ЮНЕП, МОТ, ВОЗ. Женева: ВОЗ, М.: Медицина, 1991. 142 с.
10. *Jardim A.N.O., Mello D.C., Brito A.P., van der Voet H., Boon P.E., Caldas E.D.* Probabilistic dietary risk assessment of triazole and dithiocarbamate fungicides for the Brazilian population // *Food Chem. Toxicol.* 2018. V. 118. P. 317–327.
11. *Nougadère A., Merlo M., Héraud F., Réty J., Truchot E., Vial G., Cravedi J.-P., Leblanc J.-C.* How dietary risk assessment can guide risk management and food monitoring programmes: The approach and results of the French Observatory on Pesticide Residues (ANSES/ORP) // *Food Control.* 2014. V. 41. P. 32–48.
12. *Schmidt B., Christensen H.B., Petersen A., Sloth J.J., Poulsen M.E.* Method validation and analysis of nine dithiocarbamates in fruits and vegetables by LC–MS/MS // *Food Addit. Contam. P. A.* 2013. V. 30. Iss. 7. P. 1287–1298.
13. СанПиН 1.2.3685–21. IX. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2021. С. 721–976.
14. МУК 4.1.2016–05. Методические указания по определению дитиокарбаматов в растительном материале парофазным газохроматографическим методом // Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды. Сб. метод. указ. (МУК 4.1.2009–4.1.2021–05). М., 2009. С. 84–90.
15. *Долженко В.И., Цибульская И.А., Комарова А.С., Черменская Т.Д.* Определение остаточных количеств пропилентиомочевины в луке-репке, ботве и клубнях картофеля, томатах и томатном соке, яблоках и яблочном соке методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (МУК 4.1.3406-16). Метод. указ. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. 12 с.
16. Фунгицид Антракол. <https://my-agro.com/fungitsid-antrakol>
17. *Долженко В.И., Цибульская И.А., Комарова А.С., Черменская Т.Д., Человечкова В.В., Далинова А.А.* Определение остаточных количеств пропилентиомочевины в воде, почве, винограде и виноградном соке методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (МУК 4.1.3267-15). Метод. указ. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. 15 с.
18. База данных сортов яблони. <https://vniispk.ru/varieties>
19. *The Pesticide Manual.* 19th ed. / Ed. J.A. Turner. UK, Alton: British Crop Production Council, 2021. 1400 p.
20. Propineb (Pesticide residues in food: 1984 evaluations). <https://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v84pr40.htm>
21. *Tripathy V., Sharma K.K., George T., Patil C.S., Saindane Y.S., Mohapatra S., Siddamallaiah L., Pathan A.R.K., Yadav A.K., Sharma K., Yadav R., Gupta R., Walia S.* Dissipation kinetics and risk assessment of iprovalicarb + propineb fungicide in tomato under different agroclimates // *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2021. V. 28. № 24. P. 31909–31919.

Dynamics of Degradation of Residual amounts of Propineb and Its Metabolite Propyleneurea in Apple Fruits

T. D. Chermenskaya^{a, #}, M. O. Petrova^a, A. S. Komarova^a

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

[#]E-mail: tchermenskaya@yandex.ru

The behavior of propineb and propyleneurea (PTU) in apples was studied in dynamics after treatment with Anthracol, water-dispersible granules (WDG) in 3 regions. The determination of pesticide residues was carried out according to developed and optimized methods. It was found that after 3-fold treatment with the fungicide propineb and PTU decompose quickly and evenly in fruits in various regions of cultivation. 28 days after the last treatment, the content of the active substance of the drug and its metabolite are at a level below the corresponding of the maximum allowable level (MAL). At the time of harvesting, the studied substances in apples were not found in any of the climatic zones, as well as they were absent in the juice. Based on the data obtained on the decomposition of propineb in apple fruits, the nature of dissipation was established. The half-life ranged from 3 to 8 days.

Keywords: fungicides, metabolite, half-life, chromatography.