

HYGIENIC ASSESSMENT OF CHLORANTRANILIPROLE BEHAVIOR IN THE ENVIRONMENT FOR PROTECTION OF MAIZE IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE

Lepeshkin I., Medvedev V., Bagatska O., Ivanova L., Grynko A., Retman S.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОВЕДЕНИЯ ХЛОРАНТРАНИЛИПРОЛА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ УКРАИНЫ

К

укуруза — одна из основных зерновых культур, формирующих валовый сбор зерна в растениеводстве Украины. По урожайности зерна она превышает все зерновые культуры. Зерно используется на продовольственные (20%), технические (15-20%) и фуражные цели (60-65%). В зерне кукурузы содержится 65-70% углеводов, 9-12% белка, 4-8% растительного масла (в зародыше — до 40%) и лишь около 2% клетчатки, витамины А, В₁, В₂, В₆, Е, С, незаменимые аминокислоты, минеральные соли и микроэлементы.

В современной практике защиты кукурузы использование инсектицидов является необходимым условием получения не только стабильных и высоких урожаев, но и качественной продукции [1].

Основой безопасного применения инсектицидов является селективность их действия. К одной из наиболее перспективных групп инсектицидов относятся антраниламиды, отличающиеся механизмом действия от фосфорорганических соединений, пиретроидов и неоникотиноидов.

Как известно, механизм действия неоникотиноидов связан с конкурентным ингибированием никотиновых ацетилхолиновых рецепторов (НАЦХР) постсинаптической мембраны [2]. Химическая структура молекул и различная чувствительность рецепторов насекомых и млекопитающих обуславливают избирательность токсического действия. Терминальная элек-

тронодонорная группа хорошо связывается с постсинаптическими никотиновыми ацетилхолиновыми рецепторами насекомых и плохо связывается с рецепторами млекопитающих. Вследствие этого неоникотиноиды очень токсичны для насекомых и средне- или малотоксичны для млекопитающих [3].

Действие производных антраниловых диаминов (хлорантранилпрола и цианантранилпрола) также связано с воздействием на рецепторы. Но в отличие от неоникотиноидов точкой их приложения являются рианоидные рецепторы.

Механизм их действия связан с активацией рианоидных рецепторов, играющих ключевую роль в функционировании мышечной системы насекомых. Рианоидные рецепторы связаны с селективными ионными каналами, регулирующими высвобождение Са. Изменение концентрации внутриклеточного Са приводит к сокращению мышц, параличу и смерти.

Высокая селективность инсектицида связана с тем, что рецепторы насекомых в 350-500 раз более чувствительны к антраниловым диамидам, чем рецепторы млекопитающих.

Основным вопросом при применении инсектицидов является их безопасность для здоровья человека и природной среды. Изучив физико-химические свойства вещества и его поведение в объектах природной среды, можно прогнозировать цепи

**ЛЕПЕШКИН И.В.,
МЕДВЕДЕВ В.И.,
БАГАЦКАЯ Е.Н.,
ИВАНОВА Л.П.,
ГІНЬКО А.П.,
РЕТЬМАН, С.В.**
ГП "Научный центр
превентивной
токсикологии,
пищевой
и химической
безопасности
им. Л.И. Медведя
МЗ Украины", г. Киев
Институт защиты
растений НААН
Украины, г. Киев

УДК613:632.954:633.1

Ключевые слова:
хлорантранилпрол,
гигиенические
нормативы,
экотоксикологический
риск.

**ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ПОВЕДІНКИ
ХЛОРАНТРАНІЛІПРОЛА В ОБ'ЄКТАХ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА УМОВ
ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ У ЛІСОСТЕПОВІЙ
ЗОНІ УКРАЇНИ**

**Лепешкін І.В., Медведєв В.І., Багацька О.М.,
Іванова Л.П., Гринько А.П., Ретьман С.В.**

*ДП "Науковий центр превентивної токсикології,
харчової та хімічної безпеки ім. Л.І. Медведя
Міністерства охорони здоров'я України", м. Київ,
Інститут захисту рослин НААН України, м. Київ*

Мета роботи. Метою даної роботи є обґрунтування результатів еколого-гігієнічного дослідження використання хлорантраніліпролу для захисту кукурудзи у Лісостеповій зоні України.

Матеріали та методи. Натурні дослідження проведені в умовах Лісостепу України. Визначали залишкові кількості хлорантраніліпролу у досліджуваних об'єктах методом високоефективної рідинної хроматографії. Екотоксикологічний ризик визначений

за методикою Ларіної Г.Є.

Результати. Проведено гігієнічну оцінку поведінки хлорантраніліпрола у ґрунті та рослинах кукурудзи. Базуючись на результатах натурних досліджень, розраховано періоди напіврозпаду хлорантраніліпролу у ґрунті та рослинах кукурудзи. Встановлено, що хлорантраніліпрол належить до стійких пестицидів у ґрунті та до малостійких у рослинах. Показано, що хлорантраніліпрол є досить рухомих у системі "ґрунт — ґрунтові води".

Обґрунтовано МДР хлорантраніліпролу у зерні кукурудзи. Розраховано теоретично можливе надходження хлорантраніліпролу до організму людини з зерном кукурудзи. За негативним впливом на стан агроєкосистеми в умовах Лісостепової зони України хлорантраніліпрол можна оцінити як помірно небезпечний.

Ключові слова: хлорантраніліпрол, гігієнічні нормативи, екотоксикологічний ризик.

© Лепешкин И.В., Медведев В.И., Багацкая Е.Н., Иванова Л.П., Гинько А.П., Ретьман, С.В. СТАТТЯ, 2015.

миграции данной молекулы и возможность накопления остатков в растительной продукции и почве.

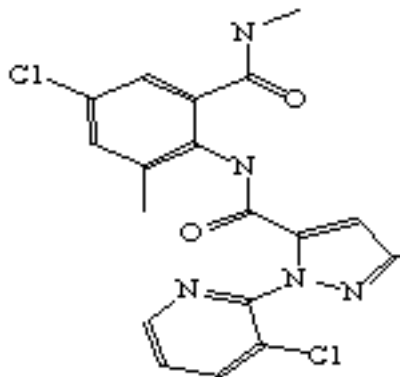
Поэтому оценка результатов воздействия пестицидов на окружающую среду по набору показателей физико-химических процессов (летучесть — P_v , растворимость — S_w , экологическая безопасность — (LD_{50} , T_{50} , K_{oc} и др.) и качества урожая продукции растениеводства, оцениваемых по МДУ, ПДК) является необходимой для обоснования и прогноза использования пестицида с позиций безопасности для здоровья человека и гомеостаза агроэкосистемы.

Цель данного исследования заключалась в эколого-гигиеническом обосновании использования хлорантранилипрола для защиты кукурузы в Лесостепной зоне Украины.

Материалы и методы. Хлорантранилипрол (3-бром-N-[4-хлор-2-метил-6-[метиламино]карбонил]фенил]-1-(3-хлор-2-пиридинил)-1H-пиразол-5-карбоксамид (CA) принадлежит к классу антралиамидов.

Химическая формула — $C_{18}H_{14}BrCl_2N_5O_2$, молекулярная масса — 483,1511 г/моль.

Структурная формула:



Хлорантранилипрол нелетуч, давление паров — $6,3 \times 10^{-12}$ Па (при 20°C), растворимость в воде при 20°C — 1,0 мг/л. Коэффициент распределения в системе октанол/вода при 20°C — $\log P_{ow} = 2,76$ (дист. вода); 2,77 (рН 4); 2,86 (рН 7); 2,80 (рН 9).

В соответствии с Гигиенической классификацией пестицидов по степени опасности (ДСанПиН 8.8.1.002-98) хлорантранилипрол по острой пероральной и дермальной токсичности относится к 4 классу опасности, по ингаляционной токсичности — к 4 классу опасности; по раздражающему действию на кожу — к 4 классу опасности; на слизистые оболочки глаз — к 3 классу опасности, по аллергенному действию — к 4 классу [4].

Для хлорантранилипрола в Украине разработана и утверждена

допустимая суточная доза (ДСД) — 0,1 мг/кг и гигиенические нормативы в объектах окружающей среды: ПДК в воде водоемов — 0,001 мг/дм³, общесан. и ОДК в почве — 0,1 мг/кг [5].

Натурные исследования проведены согласно утвержденным методическим рекомендациям в Лесостепной почвенно-климатической зоне Украины [6].

Наземное опрыскивание кукурузы (фаза развития — образование початков) проведено в Обуховском районе Киевской области. Норма расхода препарата составила 0,15 л/га, рабочей жидкости — 300 л/га. Использован штанговый опрыскиватель ОП-2000.

Авиационное опрыскивание кукурузы (фаза развития — выброс метелки) проведено инсектицидом, содержащим хлорантранилипрол в количестве 200 л/га в Черкасском районе Черкасской области. Норма расхода препарата составила 0,17 л/га, рабочей жидкости — 100 л/га. Использован серийный опрыскиватель самолета АН-2.

Метеорологические условия во время проведения натурных исследований не отличались от многолетних показателей, характерных для местностей, где проводились исследования.

Отбор проб почвы, сельскохозяйственных растений и их урожая проводился соответственно с "Унифицированными правилами отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов". Определение остаточных количеств хлорантранилипрола в исследуемых объектах проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Предел количественного определения хлорантранилипрола в почве и зеленых растениях составляет 0,05 мг/кг, в зерне кукурузы — 0,01 мг/кг [7].

Математическая обработка результатов натурных экспериментов проводилась с использованием программы Excel.

Для достоверной оценки процессов деградации хлорантранилипрола в почве и растениях были рассчитаны константы скорости распада (k), периоды полураспада (T_{50}) и распада на 90% (T_{90}) методом математического моделирования [8].

Результаты. По данным литературы, основной механизм распада вещества в аэробных и анаэробных условиях — это химический гидролиз с образованием ряда промежуточных метаболитов, большинство которых к концу экспериментов обнаруживали

на уровне менее 5% от изначально вносимой концентрации. Хлорантранилипрол также деградирует под действием почвенных микроорганизмов до образования CO_2 . В условиях лабораторных исследований установлено, что хлорантранилипрол подвержен фотодеградаци (расчетный период полураспада в этих условиях составляет 43 дня) и термолабилен (в исследованиях на песчаной, илисто-глинистой и гумусированной почвах расчетный период полураспада хлорантранилипрола при 34°C составляет от 125 до 234 дней, при 49°C — 20 дней).

В лабораторных экспериментах по изучению микробной и химической деградации хлорантранилипрола в почвах различных типов расчетный период полураспада составляет 98-886 дней. В долгосрочных полевых экспериментах (18 месяцев) на 26 различных по физико-химическим свойствам типах почв Америки, Европы и Канады расчетный период полураспада составляет в среднем 374 дня. В почвах, на которых выращивались травы и зерновые культуры, T_{50} составил 181 день [10, 11].

Процессы адсорбции и десорбции хлорантранилипрола изучены на почвах 27 типов. Установлены коэффициенты адсорбции (K_{oc}) — 115-1343 мл/г. По данным других источников, K_{oc} составляет 153-626 мг/г. Как видно из приведенных выше величин, вещество умеренно адсорбируется почвой и может мигрировать по почвенному профилю и в грунтовые воды. Величина индекса потенциального вымывания GUS — 3,45 также свидетельствует о высоком потенциале к выщелачиванию вещества.

Таким образом, хлорантранилипрол достаточно стойкий в почвах и может мигрировать по почвенному профилю и в грунтовые воды. Учитывая, что скорость распада вещества в почве не имеет четкой зависимости от гранулометрического состава, pH почвенного раствора и содержания органического вещества, то использование препаратов на его основе должно контролироваться во всех почвенно-климатических зонах Украины.

По результатам оценки поведения хлорантранилипрола в водных системах установлено, что гидролитическая деградация вещества в стерильных буферных условиях осуществляется только при pH 9 (при pH 9 и температуре 15°C T_{50} вещества — 50 дней, T_{90} — 166 дней; при температуре 25°C T_{50} — 10 дней, T_{90} — 33 дня;

HYGIENIC ASSESSMENT OF CHLORANTRANILIPROLE BEHAVIOR IN THE ENVIRONMENT FOR PROTECTION OF MAIZE IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE

Lepeshkin I., Medvedev V., Bagatska O., Ivanova L., Grynko A., Retman S.

L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology Food and Chemical Safety, Ministry of Health Ukraine, Kiev.

Institute of Plant Protection of National academy of agrarian sciences of Ukraine, Kiev

The objective of the work. The aim of this study was ecological and hygienic assessment of chlorantraniliprole when used for the protection of maize in the Forest-steppe zone of Ukraine.

Materials and methods. Field investigations were conducted in the agro-climatic conditions of Forest-steppe zone. The content of residual chlorantraniliprole in soil and plant, grain maize, has been studied using high-performance liquid chromatography

(HPLC). Eco-toxicological risk was defined by the G. Larina's method.

Results. Hygienic assessment of chlorantraniliprole in soil and plant maize has been carried out. Based on results of natural researches the following parameters have been established: half-life period of chlorantraniliprole soil and plant. It has been established that chlorantraniliprole is persistent in soil and non persistent in plant. It has been established that chlorantraniliprole extremely mobile in the "soil-ground water" system. Chlorantraniliprole mobility was dependent on irrigation timing and soil type. We grounded MPL for chlorantraniliprole in maize grain. The theoretical possible intake of chlorantraniliprole in the human has been calculated with maize grain. On a negative impact on the state of the agro-ecosystem in the Forest-Steppe zone of Ukraine chlorantraniliprole can be assessed as moderately hazardous.

Keywords: chlorantraniliprole, hygienic norms, eco-toxicological risk.

при температуре 50°C T_{50} — 0,3 дня, T_{90} — 1 день). Основным метаболитом является IN-EQW78 (до 86,7% радиоактивности).

Период полураспада хлорантранилипрола в стерильном буферном растворе с pH 7 и $t=25^{\circ}\text{C}$ при фотолизе составляет 0,37 дня. При этом образуются следующие основные метаболиты: IN-LBA 22, IN-LBA 23 и IN-LBA 24. T_{50} первых двух метаболитов соответственно — 1,5 дня и 0,9 дня. В стерильной натуральной воде (pH 7 и $t=25^{\circ}\text{C}$) T_{50} хлорантранилипрола — 0,31 дня, при солнечном освещении — 0,6-0,7 дня.

В условиях лабораторного модельного эксперимента (аэробная биодеградация) при внесении хлорантранилипрола в микроэкосистему "вода/осадок" установлено, что вещество переходило из воды в осадок (песчаный и глинистый) и деградировало в нем. Метаболизм происходил в основном в осадке. Основной метаболит — IN-EQW78. В водной фазе T_{50} и T_{90} хлорантранилипрола соответственно — 14-38 дней и 45-127 дней. В целом для микроэкосистемы "вода / осадок" T_{50} и T_{90} хлорантранилипрола составляют соответственно 125-231 день и 414-768 дней. Для метаболита IN-EQW78 расчетные величины T_{50} и T_{90} в целом для микроэкосистемы "вода / осадок" соответственно — 121-680 дней и 402-2260 дней.

При изучении анаэробной биодеградации хлорантранилипрола в микроэкосистеме "вода / осадок" установлено, что T_{50} вещества в водной фазе для освещаемой системы — 5-11 дней, для неосвещаемой системы — 8-24 дня. T_{50} в целом для микроэкосистем "вода / осадок" при освещении и отсутствии освещения — 43-91 день.

Учитывая приведенные данные, хлорантранилипрол по ста-

бильности в воде можно отнести к высокостойким пестицидам согласно ДСанПіН 8.8.1.002-98.

Метаболизм хлорантранилипрола в растениях изучен на яблоках, томатах, салате и хлопке при листовой обработке, а также на рисе при внесении в почву. При листовой обработке яблок, томатов, салата и хлопка хлорантранилипрол был основным компонентом радиоактивных остатков меченого [^{14}C] хлорантранилипрола соответственно 85%, 92%, 89% и 57%. При использовании препарата для защиты риса путем обработки почвы метаболизм вещества протекал более сложно за счет поглощения корнями и передвижения по растению. При этом образовывалось более 5 метаболитов.

Перераспределение вещества в растении происходит за счет трансламнарного передвижения хлорантранилипрола через клетки эпидермиса стебля и по проводящим сосудам ксилемы, что способствует попаданию вещества в новый прирост.

Изучение остаточных количеств вещества проводилось в странах Европейского Сообщества, Канаде, США, Новой Зеландии и Аргентине. Максимальные уровни содержания хлорантранилипрола в яблоках (0,2-0,3 мг/кг) обнаруживались в исследованиях, проведенных в США, Канаде и Аргентине. Срок ожидания до сбора урожая составил 14 суток. В странах Европейского Сообщества, по результатам многочисленных исследований, содержание оста-

точных количеств вещества в яблоках составило 0,024-0,11 мг/кг. Средняя величина остаточных количеств составляла 0,061 мг/кг.

Исследованиями НТокСЦ имени Л.И. Медведя, проведенными на картофеле, выращенном в Фастовском районе Киевской области, установлено, что содержание хлорантранилипрола в зеленых растениях картофеля снижалось с 1,6 мг/кг в день обработки до 0,38 мг/кг через 13 суток. В клубнях картофеля через 20, 30 суток после обработки и в период сбора урожая хлорантранилипрол не обнаруживался.

В результате проведенных полевых исследований в Лесостепной зоне Украины по применению инсектицида, содержащего хлорантранилипрол в количестве 200 л/га, для защиты посевов кукурузы было установлено, что остаточные количества хлорантранилипрола определяются в основном в растениях, нежели в почве.

Поскольку нормы расхода препарата низкие, и его применение осуществляется в фазы развития растений при образовании значительной надземной фитомассы, то количества хлорантранилипрола, которые могут попасть на почву, довольно низкие или же не обнаруживаются, что прослеживается и при натурных исследований на яблоках и картофеле.

Так, после авиационной обработки кукурузы, хлорантранилипрол в почве обработанного

Таблица 1

Критерии скорости распада хлорантранилипрола в почве и растениях

| Объект | Показатели скорости распада | | |
|----------|-----------------------------|------------------|------------------|
| | k, сутки ⁻¹ | T_{50} , сутки | T_{90} , сутки |
| Почва | 0,140±0,0074 | 5,0±0,30 | 16,0±0,8 |
| Кукуруза | 0,394±0,0015 | 2,0±0,07 | 6,0±0,2 |

участка не обнаруживался. При штанговом опрыскивании кукурузы в почве обработанного участка в день обработки действующее вещество обнаружено в количестве 0,03 мг/кг, на 3 сутки — 0,02 мг/кг, в период сбора урожая на 56 сутки после обработки хлорантранилипрола не обнаруживается при пределе обнаружения, равном 0,02 мг/кг.

После авиационной обработки кукурузы содержание хлорантранилипрола в зеленых растениях в день обработки составило 0,55 мг/кг. На 3 сутки после обработки количество действующего вещества уменьшилось на 30%, через 10 суток после обработки хлорантранилипрола находили в количестве менее 0,05 мг/кг. Через 20 суток в початках кукурузы, а также в зерне в период сбора урожая (через 30 суток) хлорантранилипрола не обнаруживался.

При штанговой обработке содержание хлорантранилипрола в растениях кукурузы в день обработки составляло 0,007 мг/кг. В последующие сроки исследования в початках и в зерне кукурузы в период сбора урожая (через 56 суток) хлорантранилипрола не обнаруживался.

Математическая обработка полученных данных показала, что в Лесостепной зоне Украины процессы деградации хлорантранилипрола в почве и растениях характеризуются экспоненциальной зависимостью. Скорость распада хлорантранилипрола в почве и растениях кукурузы рассчитана с использо-

ванием уравнения первого порядка:

$$k = \frac{2,303}{t} \lg \frac{C_0}{C_t}, \quad (1)$$

где t — время (сутки), C_0 и C_t — содержание вещества в начальный момент и через промежуток времени t (мг/кг).

С целью классификации вещества по критерию "стабильность в почве" и "стойкость в вегетирующих сельскохозяйственных культурах" используется период времени, в течение которого его содержание уменьшается на 50% (T_{50}) и 90% (T_{90}) (табл. 1).

$$T_{50} = \frac{\ln 2}{k}, \quad T_{50} = \frac{0,693}{k}, \quad (2)$$

$$T_{90} = \frac{\ln 10}{k}, \quad T_{90} = \frac{2,3}{k}, \quad (3)$$

Результаты, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что деструкция хлорантранилипрола происходит в растениях быстрее, чем в почве.

В соответствии с Гигиенической классификацией пестицидов по степени опасности (ДСанПиН 8.8.1.002-98), по стойкости в вегетирующих сельскохозяйственных растений вещество можно отнести к малостойким пестицидам (4 класс опасности), по стойкости в почве — к умеренно стойким пестицидам (3 класс опасности).

Следствием быстрой деградации хлорантранилипрола в растениях кукурузы является отсутствие остаточных количеств ве-

щества в зерне кукурузы в период сбора урожая. Органолептические исследования опытных образцов зерна кукурузы не выявили изменений со стороны их внешнего вида, запаха и вкуса по сравнению с соответствующими контрольными образцами.

Исходя из допустимой суточной дозы хлорантранилипрола (0,1 мг/кг), токсиколого-гигиенической оценки вещества и результатов исследований динамики содержания хлорантранилипрола в кукурузе, обоснован и утвержден максимально допустимый уровень его содержания в зерне кукурузы — 0,01 мг/кг (предел количественного определения методом ВЭЖХ — 0,01 мг/кг).

Допустимое суточное поступление (ДСП) хлорантранилипрола в организм человека весом 60 кг составляет 6 мг. При этом при среднесуточном употреблении пищевых продуктов из зерна кукурузы на уровне 0,38 кг поступление хлорантранилипрола в организм человека не превысит 0,0038 мг.

При соблюдении гигиенического норматива содержания хлорантранилипрола в зерне кукурузы его возможное суточное поступление в организм человека с пищевыми продуктами может составить 0,09% от ДСП. Это свидетельствует о корректности установленной величины МДУ и дает возможность расширения сферы применения препаратов на основе хлорантранилипрола на других сельскохозяйственных культурах.

Таблица 2

Комбинированная оценочная шкала эколого-токсикологических критериев пестицидов

| Показатель | Параметры класса/балл | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------|--------------------------------|
| | 1 (мало-опасное) | 2 | 3 (умеренно-опасное) | 4 | 5 (высоко-опасное) |
| Коэффициент распределения в системе октанол — вода ($\log K_{ow}$) | >3,8 | $\frac{3,8-2,4}{2,76-2,8}$ | 2,4-1,4 | 1,4-0,08 | <0,08 |
| Растворимость в воде (S_w , мг/л) | $\frac{<100}{1}$ | | 100-1000 | | >1000 |
| Летучесть (P_v , мПа) | $\frac{<1,33 \times 10^{-5}}{6,3 \times 10^{-9}}$ | | $<1,33 \times 10^{-5} - <1,33 \times 10^{-2}$ | | $>1,33 \times 10^{-2}$ 1,33 |
| Коэффициент распределения в системе органическое вещество — вода (K_{oc} , см ³ /г) | >4000 | 500-4000 | $\frac{75-499}{328}$ | 16-74 | <15 |
| Доза д.в., вызывающая гибель 50% подопытных животных (крысы) при оральном введении (LD_{50} , мг/кг) | $\frac{>5000}{>5000}$ | 5000-2000 | 2000-200 | <200 | |
| Допустимая суточная доза (ДСД, мг/кг) | >0,1 | | 0,1-0,01 0,1 | | <0,01 |
| Предельно допустимая концентрация в воде (ПДК, мг/л) | >0,1 | 0,01-0,1 0,1 | 0,001-0,01 | <0,001 | нд |
| Максимально допустимый уровень содержания д.в. в продукции (МДУ, мг/кг) | >1,0 | 1,0-0,1 | 0,1-0,01 0,01 | <0,01 | нд |
| Период 50% разложения в почве (T_{50}) | $\frac{<15}{5}$ | 15-60 | 61-180 | 181-360 | >360 |
| Период 90% разложения в почве (T_{90}) | $\frac{<30}{16}$ | 31-90 | 91-180 | 181-360 | 361-540 |
| Период 50% разложения в воде (T_{50}) | <10 | $\frac{11-60}{0,3-50}$ | 61-90 | 91-180 | 181-365 |

Примечание: * — знаменатель — показатели для хлорантранилипрола.

Учитывая динамику содержания хлорантранилипрола в растениях кукурузы, отсутствие остаточных количеств вещества в зерне кукурузы, а также коэффициент распределения в системе октанол/вода $\log P_{ow}$ — 2,77, не прогнозируется переход хлорантранилипрола в кукурузное масло. Следовательно, контролировать содержание хлорантранилипрола в кукурузном масле нецелесообразно.

Анализ результатов собственных исследований и данных литературы о физико-химических и токсических свойствах, поведении хлорантранилипрола в объектах окружающей среды, а также разработанные и утвержденные гигиенические нормативы вещества в соответствующих объектах природной среды позволяют оценить степень опасности использования хлорантранилипрола для агроэкосистемы и здоровья человека.

На данном этапе существует ряд показателей и шкал по оценке опасности действующих веществ пестицидов.

Нами была использована комбинированная шкала, предложенная Лариной Г.Е. [11], которая базируется на эколого-агрохимических и токсиколого-гигиенических показателях (табл. 2).

Чем выше балл риска, тем более негативно влияние пестицида на состояние агроэкосистемы. Пестициды, имеющие 25 баллов и больше, отнесены к высокоопасным, 20-24 балла — к среднеопасным, 19 и меньше — к малоопасным.

Хлорантранилипрол по данной шкале относится к умеренноопасным (среднеопасным) пестицидам (20 баллов).

Выводы

1. Динамика содержания остаточных количеств хлорантранилипрола в почве и зеленой массе кукурузы при использовании инсектицида для защиты кукурузы характеризуется экспоненциальной зависимостью. При этом деградация вещества осуществляется в растениях быстрее, чем в почве. Величины периодов полураспада хлорантранилипрола позволяют отнести его по стойкости в вегетирующих сельскохозяйственных растениях к малоустойчивым пестицидам (4 класс опасности), в почве — к стойким (2 класс опасности).

2. При использовании инсектицида, содержащего хлорантранилипрол, в период сбора урожая действующее вещество в зерне кукурузы не обнаруживалось. Учитывая допустимую суточную дозу хлорантранилипрола, а также токсиколого-гигиеническую оценку вещества и ре-

зультаты исследований динамики содержания хлорантранилипрола в кукурузе, обоснован максимально допустимый уровень его содержания в зерне кукурузы на уровне 0,01 мг/кг. При этом допустимое суточное поступление хлорантранилипрола в организм человека с кукурузой может составить 0,09% от допустимой величины.

3. По негативному влиянию на состояние агроэкосистемы в условиях Лесостепной зоны Украины хлорантранилипрол можно оценить как умеренноопасный.

ЛИТЕРАТУРА

1. Довідник з захисту рослин / Л.І. Бублик, Г.І. Васечко, В.П. Васильев та ін.; за ред. М.П. Лісового. — К.: Урожай, 1999. — 744 с.
2. Modulation of the Neuronal Nicotinic Acetylcholine Receptor Channel by the Nitromethylene Heterocycle Imidacloprid / Keiichi Nagata, Jin-Ho Song, Toshio Shono and Toshio Narahashi // *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*. — 1997. — Vol. 285, № 2. — P. 731-737.
3. Liu M.Y., Casida J.E. High affinity binding of [3 H] Imidacloprid to the insect acetylcholine receptor // *Pestic. Biochem. Physiol.* — 1993. — Vol. 46, № 1. — P. 40-46.
4. Пестициди. Класифікація за ступенем небезпечності: ДСанПін 8.8.1.002-98 // 36. важливих офіційних матеріалів з санітарних і протиепідемічних питань. — Київ, 2000. — Т. 9., ч. 1. — С. 249-266.
5. Доповнення № 42 до ДСанПін 8.8.1.2.3.4-000-2001 "Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті" (постанова головного лікаря державного санітарного лікаря України від 20.09.2001 р. № 137).
6. Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве: МР №2609-82. — М., 1982. — 57 с.
7. Методичні вказівки з визначення хлорантраниліпролу у ґрунті методом високоефективної рідинної хроматографії: № 861-2008 / С.В. Мурашко, В.В. Константинович // Методичні вказівки з визначення мікрокількостей пестицидів у продуктах харчування, кормах та навколишньому середовищі. — Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2013. — 36. № 75 — С. 83-97.
8. COMMISSION DIRECTIVE 95/36/EC of 14 July 1995 amending Council Directive 91/414/EEC concerning the placing of plant protection products on the market (Text with EEA relevance) // *Official*

Journal of the European Communities. — 1995. — L 177. — 8 p.

REFERENCES

1. Bublyk L.I., Vasechko G.I., Vasylyev V.P. et al. Dovidnyk iz zakhyshu roslyn [Handbook of Plant Protection]. Kyiv: Urozhai; 1999: 744 P. (in Ukrainian)
2. Keiichi Nagata, Jin-Ho Song, Toshio Shono, Toshio Narahashi The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics. 1997; 285 (2): 731-737.
3. Liu M. Y., Casida J.E. Pestic. Biochem. Physiol. 1993; 46 (1): 40-46
4. Pestytsydy. Klyasyfikatsiia za stupenem nebezpechnosti: DSanPiN 8.8.1.002-98 [Pesticides. Classification of the Degree of Hazard: State Sanitary Standards 8.8.1.002-98]. In: zbirnyk vazhlyvykh ofitsiinykh materialiv z sanitar-nykh i protyepidemiichnykh pytan [Collection of Important Official Materials of Sanitary and Antiepidemic Issues]. Kyiv; 2000; 9 (1): 249-266. (in Ukrainian)
5. Dopustymi dozy, kontsentratsi-ii, kilkosti ta rivni vmistu pestytsydiv u silskohospodarskii syrovyni, kharchovykh produktakh, povitri robochoi zony, atmosferному povitri, vodi vodoymyshch, hruntі: dopovnennia № 42 do DSanPiN 8.8.1.2.3.4-000-2001 [Permissible Dose, Concentration, Amount and Levels of Pesticides in Agricultural Raw Materials, Food, Air, Work Area Air, Water Reservoirs, Soil — APPENDIX N 42 to State Sanitary Standards 8.8.1.2.3.4-000-2001]. Kyiv; 2001. (in Ukrainian)
6. Metodicheskie rekomendatsii po higienicheskomu obosnovaniiu PDK khimicheskikh veshchestv v pochve [Guidelines for Hygienic Substantiation MPC Chemicals in Soil]: MR №2609-82. Moscow; 1982: 57 p. (in Russian)
7. Murashko S.V., Konstantyn-nyk V.V. Metodichni vkazivky z vyznachennia khlorantraniliprolu v hruntі metodom vysokoefektyvnoi ridynnoi khromatohrafiі №861-2008 [Guidelines for the Determination of Chlorantraniliprol in Soil by High Performance Liquid Chromatography: №861-2008]. In: Metodichni vkazivky z vyznachennia mikrokilkostei pestytsydiv v produktakh kharchuvannia, kormakh ta navkolyshnomu seredovyschi [Guidelines for the Determination of Pesticides in Food, Feed and the Environment]. Kyiv: Ministerstvo ekologii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy; 2013; 75: 83-97. (in Ukrainian)
8. Commission Directive 95/36/EC OF 14 JULY 1995 Amending Council Directive 91/414/EEC Concerning the Placing of Plant Protection Products on the Market (Text with EEA Relevance). In: Official Journal of the European Communities. 1995; L 177: 8 p.

Надійшла до редакції 04.06.2014