

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ИНСЕКТИЦИДА ПИМЕТРОЗИНА НА ПОСЕВАХ РИСА

О.Е. Егорченкова, научный сотрудник

Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора
(Россия, г. Мытищи)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-6-2-13-20

Аннотация. В работе представлена гигиеническая оценка применения инсектицида пиметрозина на посевах риса на основании определения экспозиционных уровней действующего вещества (ДВ) в объектах производственной и окружающей среды, а также изучения динамики его остаточных количеств (ОК) в растениях и зерне риса. Для контроля содержания пиметрозина в воздушной среде и смывах с кожных покровов операторов использовали валидированные хроматографические методы с последующей идентификацией методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС). Для определения ОК пиметрозина в рисе разработан и валидирован метод ГХ-МС-анализа с использованием многоступенчатой пробоподготовки, включающей экстракцию метанолом, перераспределение в системе несмешивающихся растворителей и твердофазную очистку на силикагеле. Установлено, что при авиационной обработке посевов риса препаратом на основе пиметрозина, ДВ в воздушной среде и смывах с кожных покровов операторов не выявлено на уровне пределов количественного определения применяемых методов. В полевом опыте содержание пиметрозина в надземной части растений риса снижалось с 0,297 до 0,051 мг/кг в течение 14 суток после обработки. К моменту уборки урожая ОК пиметрозина в зерне риса и соломе не выявлены. Полученные результаты свидетельствуют о низких уровнях профессиональной и экологической экспозиции при соблюдении регламентов применения препарата и подтверждают безопасность использования пиметрозина на посевах риса.

Ключевые слова: пиметрозин; рис; авиационная обработка; остаточные количества; матричный эффект; ГХ-МС; безопасность пищевой продукции.

Зерновые культуры занимают важное место в структуре мирового продовольственного обеспечения благодаря высокой пищевой ценности и значительным объемам производства и потребления. Они являются источником углеводов, белков, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, необходимых для нормального функционирования организма человека. Рост потребности в зерне и продуктах его переработки требует повышения эффективности сельскохозяйственного производства, что обуславливает широкое применение средств химической защиты растений. В связи с этим современные технологии возделывания зерновых культур основаны на интегрированной системе защиты посевов от вредных организмов с использованием пестицидов.

Рис является одной из важнейших зерновых культур мирового земледелия и занимает ведущие позиции в структуре продовольственного обеспечения населения. Более половины населения мира использует рис в качестве основного продукта питания, что определяет его стратегическое значение для

продовольственной безопасности. Зерно риса отличается высокой пищевой ценностью, содержит легкоусвояемые углеводы, белки, витамины группы В и минеральные вещества, а также широко используется в пищевой, перерабатывающей и кормовой промышленности. В Российской Федерации (РФ) возделывание риса является важным направлением сельского хозяйства южных регионов, где сосредоточены основные площади посевов данной культуры [1].

Для риса характерны специфические агротехнологические условия возделывания, включающие использование оросительных систем и длительное затопление полей. Такие условия создают благоприятную среду не только для роста культуры, но и для развития комплекса вредных организмов, включая насекомых-вредителей, фитопатогенные микроорганизмы и сорную растительность. Наиболее значительный ущерб посевам наносят сосущие вредители, повреждающие вегетативные органы растений, нарушающие процессы фотосинтеза и способствующие развитию вторичных

инфекций. Поражение посевов вредителями приводит к снижению урожайности, ухудшению качества зерна и экономическим потерям.

Для защиты риса широко применяются химические средства защиты растений, среди которых важное место занимают системные инсектициды.

Пиметрозин [4,5-дигидро-6-метил-4-[(3-пиридилметил)амино]-1,2,4-триазин-3(2H)-он] – инсектицид системного действия, широко используется в борьбе с цикадами на рисе [2] в качестве замены высокотоксичным фосфорорганическим пестицидам [3]. Действующее вещество проникает в ткань растения и системно распределяется по растению через его сок (ксилему). Оно проникает в ткани листьев и сохраняет эффективность при нанесении как на листву, так и на почву и не влияет на процессы роста растений даже при нанесении на листья. В результате трансламинарной активности надежно контролируются скрытые насекомые-вредители, которые могут оставаться живыми в первые дни после обработки, но размножения и распространения популяций больше не происходит. Благодаря уникальному механизму действия на вредные объекты риск возникновения перекрестной резистентности отсутствует.

В условиях крупных хозяйств по выращиванию риса особое значение приобретает авиационный способ обработки пестицидами. Авиаобработка позволяет оперативно обрабатывать значительные площади посевов в оптимальные агротехнические сроки, обеспечивает равномерное распределение препарата и снижает механическое воздействие техники на переувлажненные рисовые поля. Кроме того, применение авиации особенно эффективно в условиях ограниченной проходимости полей и при необходимости быстрого реагирования на массовое распространение вредителей. Вместе с тем авиационное внесение пестицидов требует строгого контроля условий применения, поскольку сопровождается риском воздушного сноса препарата, загрязнения объектов окружающей среды и возможного воздействия на персонал.

Хотя пиметрозин зарегистрирован для использования в различных сельскохозяйственных культурах и овощах из-за его широкого спектра действия, Агентство по охране окружающей среды США (EPA) считает его «вероятным» канцерогеном для человека и обладает

слабой или умеренной токсичностью для водных беспозвоночных [4]. Следовательно, остатки пиметрозина могут привести к потенциальному вреду для здоровья.

В связи с этим особую актуальность приобретает аналитический контроль содержания пиметрозина в объектах окружающей среды и сельскохозяйственной продукции. Для обеспечения санитарно-гигиенической безопасности необходимы чувствительные и селективные методы определения ОК ДВ в растительном сырье, а также оценка экспозиционных уровней при проведении авиационных обработок.

В рамках настоящего исследования проведено определение экспозиционных уровней пиметрозина в натурных пробах воздушной среды, смывах с кожных покровов работающих при авиаобработке посевов риса. Кроме того, разработан и валидирован метод определения ОК пиметрозина в зерновых и зернобобовых культурах, а также изучена динамика ОК ДВ в рисе.

В качестве аналитического стандарта использован аналитический стандартный образец пиметрозина фирмы «Syngenta» (Cas.Reg.No. 123312-89-0), с содержанием основного компонента 99,5%. Испытуемый стандартный объект (вещество) хранился в контролируемых условиях, при отсутствии существенного колебания температуры – холодильная камера + (2-6 °C), что соответствует рекомендации сертификата – не выше 30 °C.

Для оценки риска ингаляционного воздействия при работе с препаратами на основе пиметрозина были валидированы методические указания «Измерение концентраций пиметрозина в атмосферном воздухе населенных мест методом капиллярной газожидкостной хроматографии» [5] и «Измерение концентраций пиметрозина в воздухе рабочей зоны и смывах с кожных покровов операторов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» [6] с последующей идентификацией ГХ-МС.

Хромато-масс-спектрометрию осуществляли в режиме электронной ионизации (энергия электронов 70 эВ) при температуре ионного источника – 230 °C, квадруполя – 150 °C, переходной камеры – 280 °C. Для идентификации пиметрозина был использован режим регистрации выбранных ионов (SIM), ионы с m/z (отношение: масса/заряд): 98 (количественный расчет), 112, 113 (рис. 1).

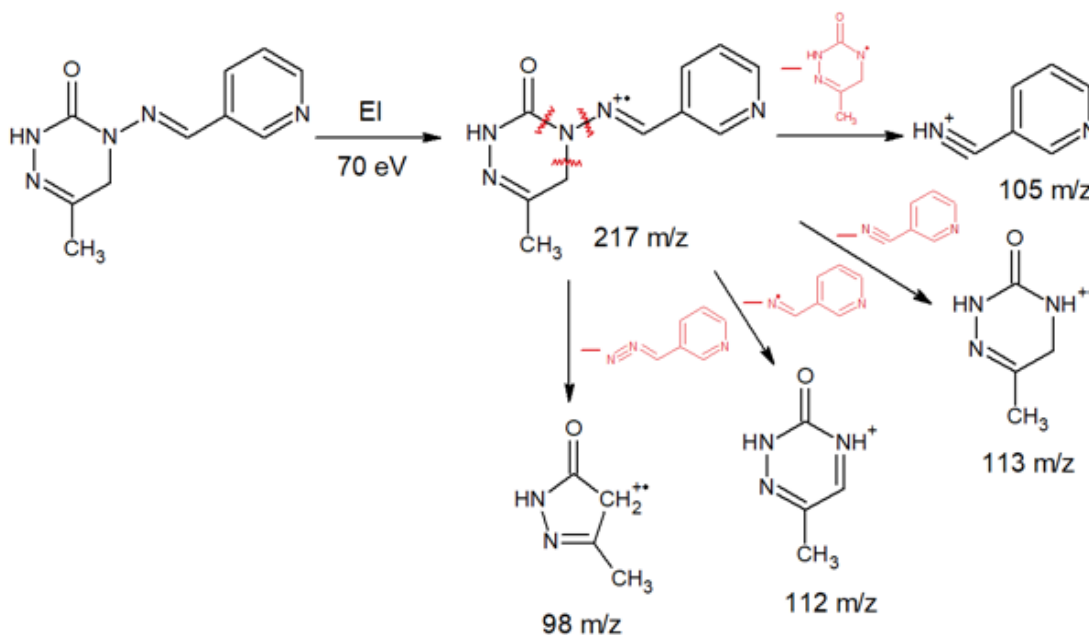


Рис. 1. Фрагменты ионов д.в. пиметрозина при электронной ионизации

Теоретические расчёты агрегатного состояния пиметрозина в воздушной среде выполняли на основании его физико-химических характеристик, включая давление насыщенного пара ($4,2 \times 10^{-3}$ мПа при 25 °C), молекулярную массу (217,2) и расчетную летучесть ($0,4 \times 10^{-3}$ мг/м³). Проведенные расчеты показали, что в условиях воздуха рабочей зоны (ВРЗ) ДВ преимущественно присутствует в аэрозольной фазе, тогда как в атмосферном воздухе (АВ) – в виде паров и аэрозоля.

Для оценки метрологических характеристик методики контроля пиметрозина в воздушной среде были проведены модельные эксперименты с внесением аналита на бумажные фильтры и сорбционные трубки в диапазоне концентраций 0,01-0,1 мкг/см³, используя раствор пиметрозина в ацетоне с концентрацией 1,0 мкг/см³ при варьировании наносимой аликвоты и аспирации воздуха.

Отбор проб для последующего анализа осуществляли путем концентрирования аэрозольной фракции на бумажных фильтрах высокой плотности «синяя лента», паров и аэрозоля – на сорбционных трубках ORBO-44. Аспирацию воздушной среды проводили со скоростью 1-2 дм³/мин в течение 5-32 мин в зависимости от типа исследуемой среды и необходимого объема отбираемой пробы.

Гигиеническая оценка результатов выполнялась с учетом установленных

ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ) пиметрозина, составляющих 1,0 мг/м³ для ВРЗ и 0,001 мг/м³ для АВ [7].

Валидированные методики обеспечили достижение пределов количественного определения на уровне 0,02 мг/м³ для ВРЗ (объем аспирации 5 дм³) и 0,0008 мг/м³ для АВ (объем аспирации 64 дм³), что существенно ниже установленных нормативных значений. Применение ацетона в качестве экстрагента позволило обеспечить эффективное извлечение вещества из фильтров и сорбционных трубок на уровнях 92,9% и 87,5%, соответственно, при среднеквадратичном отклонении повторяемости 4,9-5,1%.

Дополнительно была проведена оценка возможного загрязнения кожных покровов персонала, участвующего в авиационной обработке посевов риса. Смывы отбирали у заправщика, пилота воздушного судна и сигнальщика до начала работ, после выполнения операций по заправке воздушного судна рабочим раствором препарата и после завершения авиационной обработки. Контролю подвергались наиболее вероятные участки контакта с препаратом: лицо и шея, кисти рук, предплечья, грудная клетка и голени.

В смывах с кожных покровов операторов пиметрозин не выявлен на уровне установленного нижнего предела количественного определения – 0,05 мкг/смыв. Отсутствие

загрязнения кожных покровов операторов свидетельствует о низком уровне потенциального дермального воздействия пиметрозина при соблюдении регламентов авиационного применения препарата и использовании штатных средств индивидуальной защиты.

Полученные данные согласуются с результатами контроля воздушной среды, в которой пиметрозин также не был обнаружен на уровне пределов количественного определения. Совокупность полученных результатов свидетельствует о низких уровнях профессиональной экспозиции персонала при авиационном способе применения препарата на посевах риса.

Использование масс-спектрометрического детектирования в режиме регистрации выбранных ионов исключило мешающее влияние других веществ. Пики коэкстрактивных веществ, обусловленные потенциальными источниками влияния (сорбирующий материал, салфетка для выполнения смыва, растворители, примеси в аналитических стандартах) не мешали измерению исследуемого аналита в экстрактах с фильтров «синяя лента» и сорбционных трубок «ORBO-44», смывах с кожных покровов лиц, не имевших контакта с веществами.

Валидированные методики были апробированы при проведении гигиенических исследований в Абинском районе Краснодарского края в период регистрационных испытаний для оценки экспозиционных уровней в пробах воздушной среды, отобранных при авиаобработке посевов риса площадью 24 га препаратом на основе пиметрозина (содержание действующего вещества 500 кг/га) с нормой расхода 0,3 кг/га.

В результате анализа в пробах воздушной среды пиметрозин не был обнаружен при нижнем пределе количественного определения: 0,02 мг/м³ при аспирации 5 дм³ ВРЗ, 0,0008 мг/м³ при аспирации 64 дм³ АВ и 0,001 мг/м² в воздушных сносах (контроль за содержанием препарата, унесенного воздушными потоками за 1 и 2 км от обрабатываемых площадей).

ОК пестицидов, применяемых в сельском хозяйстве, могут сохраняться в растениях до момента сбора урожая. Их количественный анализ имеет ключевое значение для оценки качества пищевых продуктов и позволяет определить потенциальный риск для здоровья

человека. Надежная оценка безопасности применения инсектицидов на рисовых полях невозможна без применения методов контроля их следовых концентраций в растительной пище.

Анализ литературных данных [8-10] показывает, что основное внимание при разработке методов определения ОК пиметрозина в рисе уделяется выбору эффективной схемы пробоподготовки. Для экстракции аналита из рисовой матрицы чаще всего используют полярные органические растворители, преимущественно метанол или ацетонитрил, нередко после предварительного увлажнения образца водой. В качестве очистки экстрактов наиболее широко применяется дисперсионная твердофазная экстракция (d-SPE) с использованием первично-вторичного амина (PSA) и безводного сульфата магния (MgSO₄), позволяющих удалять органические кислоты, сахара, пигменты и остаточную влагу. В ряде работ для дополнительной очистки используют картриджи для твердофазной экстракции (SPE), обеспечивающие снижение содержания сопутствующих компонентов матрицы перед хроматографическим анализом. Однако даже применение многостадийной очистки не всегда позволяет полностью устранить влияние сопутствующих компонентов матрицы рисового зерна на аналитический сигнал, что обуславливает необходимость дальнейшей оптимизации процедур пробоподготовки.

Рис относится к сложным матрицам с высоким содержанием крахмала и белка и низким содержанием воды и жира [11]. Значительное количество полисахаридов, белков, липидов и низкомолекулярных компонентов совместно экстрагируется с аналитом, вызывая выраженные матричные эффекты (МЭ), которые могут подавлять или усиливать сигнал при ГХ-МС-анализе. Для пиметрозина, характеризующегося высокой полярностью ($\log K_{ow} \approx -0,2$) и термической нестабильностью, стандартная пробоподготовка по схеме QuEChERS оказалась недостаточно эффективной: коэкстрактивные вещества плохо удалялись PSA и MgSO₄, что снижало точность количественного определения и потребовало разработки альтернативного подхода к экстракции.

Пробоподготовка образцов риса включала экстракцию пиметрозина метанолом в присутствии гидроксида натрия после

предварительного увлажнения образца ледяной деионизированной водой. Полученный экстракт подвергали замораживанию, центрифугированию и концентрированию. Очистку проводили перераспределением в системе несмешивающихся растворителей с последовательной промывкой гексаном и экстракцией дихлорметаном. После упаривания органической фазы дополнительную очистку осуществляли на концентрирующем картридже на основе силикагеля с элюированием пиметрозина этилацетатом. Очищенный экстракт концентрировали, растворяли в ацетоне и анализировали методом ГХ-МС.

Несмотря на применение разработанной схемы пробоподготовки, полностью исключить влияние матрицы не удалось. Сопоставление откликов стандартного раствора пиметрозина с концентрацией 0,01 мкг/см³ (уровень LOQ), приготовленного в растворителе, и стандарта на основе матрицы (рис) аналогичной концентрации показало наличие выраженного МЭ, величина которого составила 45,9%, что существенно превысило допустимый уровень 20%.

В качестве растворителя для приготовления основного стандартного раствора пиметрозина с концентрацией 100 мкг/см³ и раствора для внесения в модельные образцы с концентрацией 10,0 мкг/см³ использовали ацетон. С учетом выявленного МЭ градуировочные растворы готовили на основе экстракта холостого образца риса, не содержащего исследуемого соединения. Исходный матрично-согласованный градуировочный раствор с концентрацией 0,10 мкг/см³ получали внесением стандартного раствора пиметрозина (10,0 мкг/см³) в экстракт холостого образца. Рабочие градуировочные растворы с концентрациями 0,01-0,08 мкг/см³ готовили последовательным разбавлением исходного раствора тем же экстрактом матрицы.

В связи с этим количественное определение проводили методом внешнего стандарта с использованием градуировочной характеристики, построенной по серии матрично-согласованных градуировочных растворов в диапазоне 0,01-0,10 мкг/см³, приготовленных на основе экстрактов контрольных образцов риса. Такой подход позволил компенсировать остаточное влияние матричных компонентов и обеспечить достоверность результатов анализа.

В качестве контрольных образцов, а также матричной основы для приготовления градуировочных растворов и модельных образцов были использованы образцы риса, реализуемые на потребительском рынке в Московской области.

Достигнутый диапазон определения в образцах зерновых культур: 0,01-0,1 мг/кг – без учета разбавления, 0,01-5,0 мг/кг – с учетом разбавления.

Для оценки безопасности применения пиметрозина на рисе наряду с изучением экспозиционных уровней при авиационной обработке была исследована динамика ОК ДВ в надземных растениях, зерне и соломе риса сорта «Кубань 3» в условиях полевого опыта, проведенного в Астраханской области в 2025 году.

Изучение динамики ОК пиметрозина в рисе проводили после двукратной обработки посевов препаратом на основе пиметрозина, с содержанием ДВ 500 г/кг, с нормой расхода 0,3 кг/га. Результаты исследований показали, что ДВ обнаруживалось в надземной части растений риса в течение первых трех недель после последней обработки. В день последней обработки содержание пиметрозина составляло 0,297 мг/кг, через 7 суток снижалось до 0,108 мг/кг, через 14 суток — до 0,051 мг/кг (рис. 2).

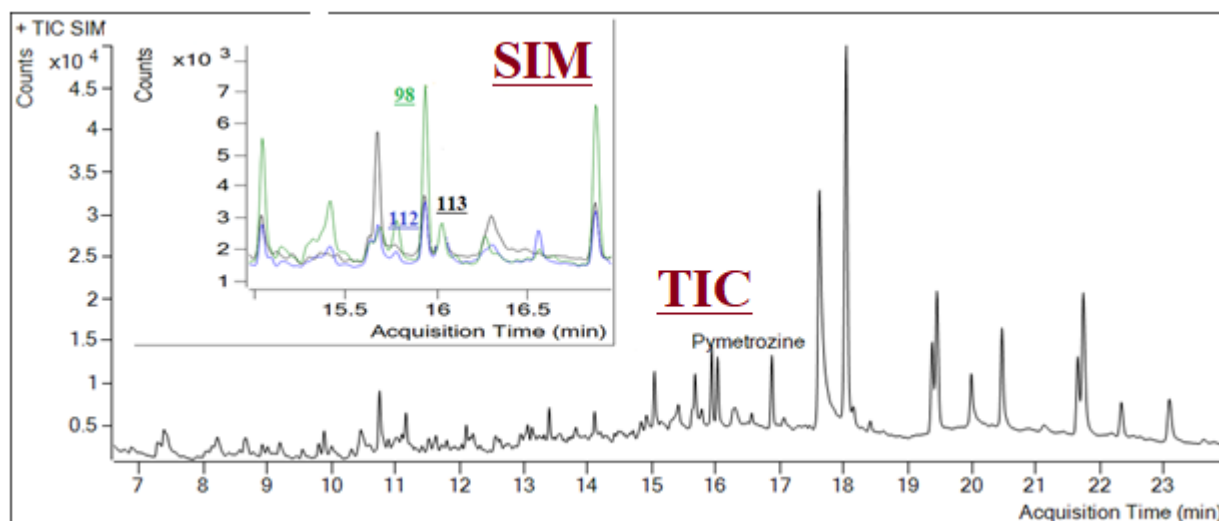


Рис. 2. Хроматограмма образца надземной части растений риса на содержание пиметрозина (Астраханская область, отбор через 14 дней после последней обработки)

На 21-е сутки концентрация оставалась на близком уровне — 0,0507 мг/кг, что свидетельствует о замедлении скорости снижения ОК в надземной вегетативной массе на поздних сроках наблюдения.

Наиболее интенсивное уменьшение содержания пиметрозина происходило в первые 7 суток после обработки: концентрация снизилась приблизительно в 2,7 раза по сравнению с исходным уровнем (рис. 3).

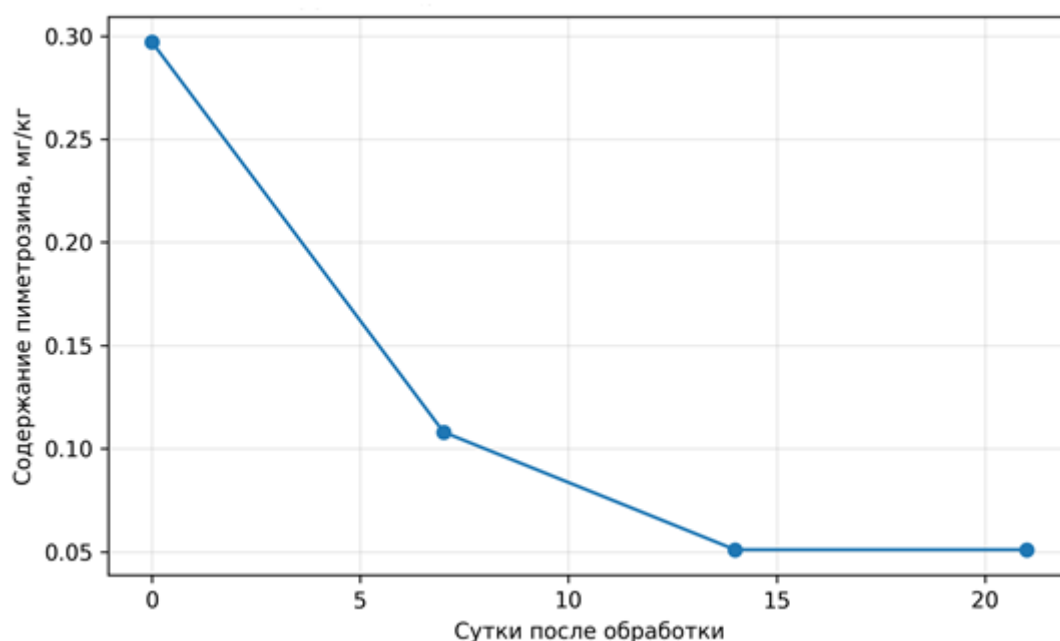


Рис. 3. Динамика содержания пиметрозина в надземной части растениях риса

К 14-м суткам снижение составило в 5,8 раза от первоначального содержания. В дальнейшем, в интервале между 14 и 21 сутками, существенного уменьшения концентрации не наблюдалось, что может быть связано с особенностями распределения ДВ в тканях растений риса, физиологическим состоянием

культуры в фазу выметывания и влиянием условий выращивания.

Максимально допустимый уровень (МДУ) пиметрозина в рисе в РФ не установлен. MRL (maximum residue limit) пиметрозина в рисе, установленный в Европейском Союзе (ЕС) — 0,05 мг/кг [12].

При этом в зерне риса, отобранном через 30 суток после последней обработки, пиметрозин не был обнаружен на уровне нижнего предела количественного определения 0,01 мг/кг. В соломе риса ОК также находились ниже предела количественного определения метода (менее 0,02 мг/кг). Полученные данные свидетельствуют о том, что, несмотря на выявление пиметрозина в надземной части растений в течение 21 суток после обработки, к моменту уборки урожая ДВ не накапливалось в зерне риса.

Таким образом, результаты полевого опыта подтверждают постепенное снижение содержания пиметрозина в вегетативной массе риса после обработки и отсутствие определяемых ОК ДВ в товарной продукции к моменту уборки урожая. Это имеет важное значение для оценки безопасности применения препарата на рисовых полях, особенно с учетом предварительно полученных данных об отсутствии пиметрозина в пробах воздушной среды и воздушных сносах при авиационной обработке посевов.

Заключение.

Проведенные исследования позволили выполнить комплексную гигиеническую оценку применения пиметрозина на посевах риса. Валидированные аналитические методы обеспечили надежный контроль содержания ДВ в объектах производственной и окружающей среды, а также в растительной продукции.

Установлено, что при авиационной обработке посевов риса препаратом на основе

пиметрозина, содержание ДВ в воздушной среде находилось ниже пределов количественного определения методов анализа. Пиметрозин в смывах с кожных покровов заправщика, пилота и сигнальщика не обнаружен на уровне нижнего предела количественного определения метода (0,05 мкг/смыв), что свидетельствует об отсутствии загрязнения кожных покровов работающих и низкой вероятности профессионального воздействия препарата при соблюдении регламентов его применения. Разработанный метод определения ОК пиметрозина в рисе позволил обеспечить нижний предел количественного определения 0,01 мг/кг и компенсировать влияние МЭ за счет использования матрично-согласованной градуировки. Исследование динамики ОК показало постепенное снижение содержания пиметрозина в надземной части растений риса после обработки. При этом в зерне и соломе, отобранных к моменту уборки урожая, ОК ДВ не выявлены.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение препаратов на основе пиметрозина на посевах риса при соблюдении установленных регламентов не приводит к загрязнению объектов производственной и окружающей среды на уровнях, превышающих пределы количественного определения используемых методов, и не сопровождается накоплением ОК ДВ в зерне риса к моменту уборки урожая.

Библиографический список

1. Багиров В.А., Балясный И.В., Белоусов И.Е. и др. Система рисоводства Российской Федерации: монография. – Краснодар: ФГБНУ «ФНЦ риса»; Просвещение-Юг, 2022. – 368 с.
2. Xu W.M., Zhang M., Wei K., Chen Y., Liu Q., Xue W., Jin L.H., He M., Chen Z., Zeng S. Development and evaluation of pymetrozine controlled-release formulation to control paddy planthopper. 8(40): 22687-22693. – DOI: 10.1039/c8ra03516d.
3. Choudhary S, Choudhary S, Sharma M, Kumawat KC, Meena RK. Bioefficacy of novel insecticide molecules against sucking insect pests of Indian bean // The Pharma Innovation Journal. 2022; SP-11(5): 833-838.
4. Cho Y., Jeon H.J., Kim K., Kim C., Lee S.E. Developmental toxicity of a pymetrozine photo-metabolite, 3-pyridinecarboxaldehyde, in zebrafish (*Danio rerio*) embryos: Abnormal cardiac development and occurrence of heart dysfunction via differential expression of heart formation-related genes. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2023 Mar 15;253:114654. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2023.114654. Epub 2023 Feb 15. PMID: 36801540.
5. МУК 4.1.3355-16 Измерение концентраций пиметрозина в атмосферном воздухе населенных мест методом капиллярной газожидкостной хроматографии.

6. МУК 4.1.3124-13 Измерение концентраций пиметрозина в воздухе рабочей зоны и смывах с кожных покровов операторов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Сборник методических указаний по методам контроля. Измерение концентраций химических соединений в воздухе рабочей зоны и смывах с кожных покровов операторов. – М., 2014. – С. 39-54.

7. Изменение СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202504090006>.

8. Muyesaier Tudi, Albert Atabila, Huada Daniel Ruan, et al. Natural dynamics and residues of pymetrozine for typical rice-growing areas of China// Ecotoxicology and Environmental Safety. 232 (2022) 113230. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113230>.

9. Saraswati M., Harischandra Naik R., Pallavi M.S., et al. LC–MS/MS and GC–MS/MS quantification of pesticide residues in paddy grains and processed rice and dietary risk assessment// Microchemical Journal. 212 (2025) 113391. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2025.113391>.

10. Devaki Kayam, Paramasiva I., Sreelakshmi C.H., MuraliKrishna T., et al. Development of ultra HPLC analytical method for pymetrozine residues in rice // J Anal Bioanal Chem 8(1): 001-006. – DOI: <https://dx.doi.org/10.17352/ojabc.000030>.

11. EU Pesticides Database. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/mrl>.

12. EC № SANTE/11312/2021 v2026 «Analytical quality control and method validation procedures for pesticides residues analysis in food and feed» – Implemented by 01/01/2026. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://food.ec.europa.eu/system/files/202311/pesticides_mrl_guidelines_wrk-doc_2021-11312.pdf.

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE USE OF THE INSECTICIDE PYMETROZINE IN RICE CROPS

O.E. Egorchenkova, *Researcher*

Federal Scientific Center of Hygiene named after F. Erisman, Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare
(Russia, Mytishchi)

Abstract. This study presents a hygienic assessment of the use of the insecticide pymetrozine in rice cultivation based on the determination of exposure levels of the active ingredient (a.i.) in occupational and environmental media, as well as on the investigation of the dynamics of its residues in rice plants and grain. Validated chromatographic methods with subsequent confirmation by gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) were used to monitor pymetrozine concentrations in air samples and skin wipe samples collected from operators. For the determination of pymetrozine residues in rice, a GC–MS method was developed and validated using a multistage sample preparation procedure involving methanol extraction, liquid–liquid partitioning in immiscible solvent systems, and solid-phase cleanup on silica gel cartridges. It was established that following aerial application of a pymetrozine-based insecticide to rice fields, the active ingredient was not detected in air samples or operator skin wipes at the limits of quantification of the analytical methods employed. In the field experiment, pymetrozine concentrations in the aboveground parts of rice plants decreased from 0,297 to 0,051 mg/kg within 14 days after treatment. By harvest time, pymetrozine residues in rice grain and straw were below the limits of quantification. The results indicate low occupational and environmental exposure levels under the recommended conditions of pesticide use and confirm the safety of pymetrozine application in rice cultivation.

Keywords: pymetrozine; rice; aerial application; pesticide residues; matrix effect; GC–MS; food safety.