ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ ПРИ ПОЛИВЕ РАССАДЫ И РУЧНОЙ ВЫСАДКЕ ОБРАБОТАННОЙ РАССАДЫ

К.О. Кузьмин, *мл. науч. сотр.*
Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Россия, г. Мытищи)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-6-2-171-175

Аннотация. *Представлены результаты натурных исследований по оценке профессионального риска при применении пестицида на основе тиаметоксама (норма расхода 1,0 л/га) при предпосевном поливе рассады и ручной высадке обработанного посадочного материала. Рассчитаны ингаляционные и дермальные коэффициенты безопасности, поглощённая экспозиционная доза. Установлено, что при соблюдении технологических регламентов риск для здоровья операторов находится в пределах допустимых значений. Обоснованы рекомендации по совершенствованию средств индивидуальной защиты и автоматизации производственных процессов.*

Ключевые слова: *тиаметоксам; неоникотиноиды; оценка риска; пестициды; средства индивидуальной защиты.*

В современных технологиях сельскохозяйственного производства широкое распространение получают химические средства защиты растений, применение которых позволяет снижать потери урожая от вредителей, болезней и сорной растительности. Вместе с тем использование таких препаратов сопровождается потенциальным риском для здоровья работников, особенно при выполнении операций, связанных с непосредственным контактом с обработанным растительным материалом. Одной из наиболее уязвимых технологических стадий является ручная высадка рассады, при которой работающий контактирует с растениями руками, а также подвергается возможному ингаляционному и дермальному воздействию остаточных количеств действующих веществ.

Особую актуальность данная проблема приобретает при выращивании капусты, поскольку ручная высадка рассады нередко проводится после предварительной обработки посадочного материала пестицидами. В этих условиях основной путь поступления действующих веществ в организм человека связан с кожным контактом, так как при посадке рассада удерживается и перемещается руками, а загрязнение кожных покровов может происходить как при непосредственном соприкосновении с поверхностью растений, так и при контакте с почвой и влагой, содержащими остатки препарата. Это создает предпосылки для формирования профессиональной экспозиции, которая может приводить к неблагоприятным последствиям для здоровья работающих.

Пестициды даже при соблюдении технологических регламентов и мер защиты могут оставлять потенциально опасный след на обработанном растительном материале, а контакт с ним рассматривается как один из значимых путей профессионального воздействия на работающих.

Изучение степени риска при ручной высадке обработанной капусты имеет важное гигиеническое значение, поскольку позволяет оценить условия труда работников, установить наиболее значимые пути воздействия пестицидов и обосновать меры профилактики. Полученные данные необходимы для совершенствования регламентов безопасного применения химических средств защиты растений, разработки рекомендаций по использованию средств индивидуальной защиты и снижения вероятности профессионального контакта с токсичными веществами [1].

Внедрение новых химических средств защиты растений в сельскохозяйственную практику допускается только после их комплексного токсиколого-гигиенического изучения, гигиенического нормирования и оценки риска для пользователя, что обеспечивает профилактику неблагоприятного воздействия препарата на здоровье работников и населения, а также на санитарное состояние окружающей среды [2].

В качестве одного из наиболее широко применяемых действующих веществ для защиты сельскохозяйственных культур используется тиаметоксам. Тиаметоксам проявляет инсектицидную биологическую активность. Его токсическое действие на насекомых носит контактно-кишечный характер, а также он способен легко перемещаться внутри растений. Тиаметоксам, в отличие от других неоникотиноидов, не является конкурентным агонистом никотин-ацетилхолиновых рецепторов. В организме насекомых и растений он биотрансформируется в клотианидин [3].

В рамках регистрационных испытаний ФБУН ФНЦГ Эрисмана были проведены исследования препарата, содержащего тиаметоксам, в качестве действующего вещества, для определения экспозиционных уровней тиаметоксама, в натурных пробах воздуха рабочей зоны, атмосферного воздуха в пределах санитарного разрыва, смывов с кожных покровов работающих и воздушных сносов, отобранных при поливе и высеве рассады в кассетах.

Цель исследования – определить уровни воздействия тиаметоксама на организм человека путем анализа натурных образцов, включающих: воздух рабочей зоны, атмосферный воздух в пределах санитарно-защитной зоны, смывы с кожных покровов лиц, профессионально контактирующих с этим действующим веществом, а также образцы воздушных сносов, отобранных при поливе и высеве рассады в кассетах.

Материалы и методы. Предпосевный полив рассады в кассетах препаратом проводился с помощью системы полива TAV-4. Норма расхода препарата – 1,0 л/га. Время работы машины – 60 мин.

Высадка обработанной рассады в грунт осуществлялася с использованием рассадочной машины Checchi & Magli Trium, агрегатированной с трактором Agrofarm 115G, в течение 60 минут.

Согласно принятой гигиенической классификации пестицидов по степени опасности для здоровья человека, тиаметоксам характеризуется следующими токсикологическими свойствами. Умеренной острой токсичностью: для крыс LD50 при пероральном введении составляет 1560 мг/кг, при дермальном воздействии – более 2000 мг/кг, а при ингаляционном поступлении – более 3720 мг/м³ воздуха. Лимитирующий показатель вредного действия – общетоксический эффект. Препарат не оказывает раздражающего действия на кожу и слизистую оболочку глаз кролика. Для рыб показатель LC50 превышает 100 мг/л при экспозиции 96 ч. Вместе с тем тиаметоксам представляет токсическую опасность для пчел, тогда как для птиц, дафний, земляных червей и почвенных микроорганизмов он считается малотоксичным. В Российской Федерации для тиаметоксама установлены гигиенические нормативы, включая ПДК в почве 0,2 мг/кг, ПДК в воде 0,01 мг/дм³, а также максимально допустимые уровни в пищевой продукции: для зерна хлебных злаков, клубней картофеля, огурцов и гороха – 0,05 мг/кг; для томатов, баклажанов и перца – 0,2 мг/кг; для плодовых семечковых культур – 0,1 мг/кг [4]. Установленные гигиенические нормативы для работы с тиаметоксамом включают в себя: предельно допустимая концентрация тиаметоксама в воздухе рабочей зоны – 0,5 мг/м^3, для атмосферного воздуха – 0,003 мг/м^3. Допустимая суточная доза для человека - 0,026 мг/кг м. т. Пестициды с действующим веществом тиаметоксам относятся к 2 и 3 классам для человека и 1 классу опасности для пчел. Эти характеристики отражают потенциальную опасность тиаметоксама при различных путях поступления в организм и являются основой для разработки мер по обеспечению безопасных условий труда и окружающей среды при его применении [5].

Пробоотбор воздуха рабочей зоны осуществляли в дыхательной зоне персонала, выполняющего работы с пестицидами, с применением аспирационных приборов ПУ-4Э и фильтрующих элементов. Смывы с типовых участков кожи оператора выполняли до начала и по завершении смены в соответствии с методическими указаниями МУК 4.1.3220-143 и МУ 1.2.3017-124. В качестве смывающей жидкости использовали этиловый спирт концентрации 95%.

Идентификацию тиаметоксама в пробах воздуха и смывов проводили в соответствии с МУК 4.1.1143-02 «Измерение концентраций Тиаметоксама методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе».

Расчетными методами, исходя из давления паров тиаметоксама – 6,6 x 10^{-6} мПа (при

25°С), ПДК тиаметоксама для воздуха рабочей зоны – 0,5 мг/м^3 и для атмосферного воздуха – 0,003 мг/м^3(с.-с.), молекулярной массы тиаметоксама – 291,7, установлены особенности агрегатного состояния веществ в воздухе.

На основе теоретических расчетов возможная концентрация парообразной фракции в воздушной среде, обусловленная естественной летучестью данного соединения, составляет 8,5·10-7 мг/м^3, что свидетельствует о гигиенической значимости присутствия действующего вещества в воздушной среде в виде аэрозоля.

Отбор проб воздушной среды для определения тиаметоксама осуществляли концентрированием аэрозоля на бумажный фильтр «синяя лента» со скоростью 4 дм^3/мин, 5 минут [6].

Перед началом работ операторы переоделись в чистую одежду: х/б футболка, костюм защитный (куртка, полукомбинезон), кепка; при работе использованы для защиты кожи рук – х/б и латексные перчатки, для защиты органов дыхания – респиратор 3М 9922.

Для удаления возможных загрязнений, мешающих в дальнейшем аналитическим исследованиям, перед началом работ кожа лица, шеи, кистей и предплечий рук, голеней, груди обработана ватным тампоном, смоченным 70% раствором этилового спирта.

Испытания осуществляли с соблюдением температурно-влажного режима, рекомендуемого для работы с пестицидами: в день обработки температура воздуха +20 °С, относительная влажность воздуха: 47%; В день высадки обработанной рассады: температура воздуха +24,2 °С, скорость ветра 0,5-1,5 м/с, относительная влажность воздуха – 42,0%

Исследование выполнено в соответствии с действующими методическими указаниями и гигиеническими рекомендациями, что обеспечивает репрезентативность и надёжность полученных данных. С учётом того, что пестициды могут проникать в организм работников одновременно различными путями (ингаляционным и дермальным), была проведена комплексная оценка уровня профессионального риска. Оценка соответствовала требованиям МУ 1.2.3017-12 «Оценка риска воздействия пестицидов на работающих».

В рамках оценки определяли показатели безопасностии (коэффициенты безопасности), сопоставляя их с величинами экспозиции в воздушной среде, на поверхности кожи и с рассчитанной поглощённой дозой. Совокупный риск при комплексном воздействии (КБсумм) определяли как сумму коэффициентов безопасности для ингаляционного (КБинг) и дермального (КБд) путей проникновения.

Ингаляционный риск рассчитывали путём сравнения средней концентрации вещества в воздухе с ориентировочным безопасным уровнем воздействия (ОБУВ). Дермальный риск оценивали посредством соотнесения фактической поверхности загрязнения кожи (Дф) с ориентировочным допустимым уровнем загрязнения кожных покровов (ОДУзкп), установленным на основе токсикологических данных. Риск, основанный на поглощённой дозе (КБп), вычисляли как отношение поглощённой экспозиционной дозы к допустимому суточному уровню экспозиции оператора (ДСУЭО). Значения ДСУЭО для каждого вещества определялись на основании исходно-безопасной (NOEL) величины, полученной в хронических токсикологических исследованиях.

Критерием приемлемости профессионального риска считали выполнение условий КБсумм ≤ 1 и КБп ≤ 1. Выполнение этих требований рассматривается как гарантия допустимого уровня риска для работников при выполнении профессиональных обязанностей, связанных с применением пестицидов [7].

Результаты исследования. В натурных условиях, в ходе обработки рассады пестицидом на основе тиаметоксама (норма применения 1,0 л/га), было установлено, что уровни концентраций действующего вещества (д.в.) в воздушной среде рабочей зоны в периоды заправки резервуаров и непосредственного внесения находились ниже предела количественного определения. Среднее содержание тиаметоксама в воздухе рабочей зоны (Iср) оператора (с учётом ½ нижнего предела количественного обнаружения д. в.) составило 0,0025 мг/м^3. ПДК – 0,5 мг/м^3. Риск ингаляционного воздействия тиаметоксама (КБинг) – 0,005.

Принимая во внимание фактическую продолжительность экспозиции (60 минут) и гигиенический норматив максимальной длительности работы с пестицидами в течение смены (6 часов), в соответствии с МУ 1.2.3017-12 была рассчитана фактическая кожная нагрузка (Дф), составившая 0,00000038 мг/см^2. Ориентировочно допустимый уровень для кожи

(ОДУзкп), базирующийся на показателе LD50 (2000 мг/кг), определен как 0,000434 мг/см², а коэффициент дермального риска (КБд) – 0,009.

Суммарный коэффициент безопасности по экспозиции (КБсумм) не превысил пороговых значений, составив 0,0059 (при нормативе ≤1). Оценка поглощённой экспозиционной дозы (Дп) показала результат 0,00034 мг/кг. В сопоставлении с хроническим порогом отсутствия наблюдаемого эффекта (NOELch = 2,6 мг/кг), допустимая суточная системная экспозиция (ДСУЭО) рассчитана на уровне 0,104 мг/кг. Следовательно, риск по поглощённой дозе (КБп) минимален и равен 0,0033 (норма ≤1).

При проведении работ по высадке обработанного посадочного материала в производственном процессе участвовали четыре работника (один механизатор и три сеяльщицы). Результаты дерматологического мониторинга выявили следовые количества тиаметоксама исключительно в единичных пробах: на кожных покровах кистей рук сеяльщицы №1 (0,05 мкг/смыв) и на коже лица и шейной области сеяльщицы №2 (0,045 мкг/смыв). Во всех остальных образцах смывов с кожного покрова, а также в пробах воздуха рабочей зоны, атмосферного воздуха (за границами санитарно-защитной зоны) и в пробах, отобранных для оценки сноса пестицида, следы д.в. не зафиксированы.

Показатели ингаляционного воздействия на данном этапе характеризовались следующими величинами: Iср = 0,005 мг/м³, КБинг = 0,05. Параметры кожной экспозиции варьировали в пределах: ДсрДср = 0,00004-0,00006 мкг/см², Дф = 0,00016-0,00038 мкг/см², при этом КБд составил 0,0004-0,0009. Суммарные коэффициенты безопасности (КБсумм) находились в диапазоне 0,0054-0,0059, что полностью укладывается в допустимые границы (≤1). Поглощённая экспозиционная доза (Дп) варьировалась от 0,00033 до 0,00034 мг/кг, а соответствующий ей риск по поглощённой дозе (КБп) составил 0,0032-0,0033 при регламентируемом ограничении ≤1.

Выводы. По результатам натурных исследований установлено, что при соблюдении утверждённых технологических регламентов применения препарата на основе тиаметоксама (норма расхода 1,0 л/га) при предпосевном поливе рассады в кассетах и ручной высадке обработанного посадочного материала в грунт фактические уровни поступления действующего вещества в организм операторов не превышают гигиенических нормативов. Вместе с тем, следует учитывать, что тиаметоксам, относящийся к классу неоникотиноидов, обладает способностью к кумуляции в организме и может оказывать отдалённые последствия для здоровья даже при хроническом воздействии субпороговых концентраций. В современной научной литературе накапливается всё больше данных о потенциальных нейротоксических, иммунологических и репродуктивных эффектах неоникотиноидов при длительном поступлении в организм в дозах, значительно ниже установленных ПДК и ОДУ [8]. В связи с выявленным фактом контаминации кожных покровов работников (сеяльщиц) следовыми количествами тиаметоксама даже при использовании штатных средств индивидуальной защиты, представляется целесообразным усилить требования к комплектации СИЗ для персонала, занятого на работах с обработанным посадочным материалом. В частности, рекомендуется предусмотреть применение защитных костюмов с повышенными барьерными свойствами, двойных перчаток с внутренним хлопчатобумажным и наружным непроницаемым слоем.

С гигиенической точки зрения наиболее эффективным путём снижения профессионального риска при ручной высадке обработанной рассады является максимальная автоматизация технологических процессов, исключающая непосредственный контакт работников с обработанным растительным материалом. Внедрение механизированных рассадосадочных машин с автоматизированной подачей посадочного материала.

Полученные данные обосновывают необходимость дальнейшего гигиенического мониторинга условий труда работников, контактирующих с пестицидами класса неоникотиноидов, с включением в программы периодических медицинских осмотров показателей, отражающих отдалённые последствия профессионального воздействия (иммунологические, нейротоксические и биохимические маркеры), а также разработки дополнительных мер профилактики с учётом кумулятивного характера поступления химических веществ в организм.

Библиографический список

1. Necessary safety measures in the use of pesticides in agriculture / L.I. Lipkina, A.V. Ilnitskaya, O.V. Artemova [et al.] // Public Health and Life Environment - PH&LE. – 2021. – Vol. 29, № 8. – P. 21-25. – DOI 10.35627/2219-5238/2021-29-8-21-25. – EDN WCBBPQ.
2. Потапов, А.И. Оценка риска при воздействии пестицидов на работающих / А.И. Потапов // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2005. – № 3. – С. 4-7. – EDN HRXEZN.
3. Козлов С.Н. Методы и средства защиты растений. Химические средства защиты овощных, плодовых и ягодных культур от вредителей: учебно-методическое пособие / С.Н. Козлов, В.Р. Кажарский; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Главное управление образования, науки и кадров, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – 309 с. – ISBN 978-985-467-914-3. – EDN EILPUS.
4. МУК 4.1.1142-02. Определение остаточных количеств Тиаметоксама и его метаболита (ЦГА 322704) в воде, почве, картофеле, зерне и соломе зерновых колосовых культур, яблоках, огурцах, томатах, перце, баклажанах, горохе и сахарной свекле методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М., 2003.
5. Санитарные правила и нормы 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
6. МУК 4.1.1143-02 «Измерение концентраций Тиаметоксама методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе»;
7. МУ 1.2.3017-12. Методические указания «Оценка риска воздействия пестицидов на работающих.
8. Non-acute exposure of neonicotinoids, health risk assessment, and evidence integration: a systematic review / I. Benchikh, K. Ziani, A. Gonzalez Mateos, B.M. Khaled // Critical Reviews in Toxicology. – 2024. – Vol. 54, № 3. – P. 194-213. – DOI 10.1080/10408444.2024.2310593. – EDN MDCMUL.

HYGIENIC ASSESSMENT OF CONDITIONS OF PESTICIDE APPLICATION DURING SEEDLING IRRIGATION AND MANUAL TRANSPLANTING OF TREATED SEEDLINGS

K.O. Kuzmin, *Junior Scientific Associate*
Federal Scientific Centre of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare (Russia, Mytishchi)

Abstract. *This paper presents the results of field studies assessing occupational risk during the application of a thiamethoxam-based pesticide (application rate of 1.0 L/ha) for pre-sowing seedling irrigation and manual transplanting of treated planting material. Inhalation and dermal safety coefficients, along with the absorbed exposure dose, were calculated. It was established that, provided technological regulations are followed, the health risk to operators remains within acceptable limits. Recommendations for improving personal protective equipment and automating production processes are substantiated.*

Keywords: *thiamethoxam; neonicotinoids; risk assessment; pesticides; personal protective equipment.*