

УДК 633.1:631.563:632.934.2

Особенности режимов фумигации против наиболее распространенных вредителей хлебных запасов

Д. П. Середняк, аспирант,
В. П. Федоренко, доктор биологических наук
Институт защиты растений НААН Украины

(Дата поступления статьи в редакцию 25.01.2017 г.)

Исследованы режимы фумигации против основных видов вредителей хлебных запасов. Определены необходимые летальные нормы фумигации фосфином против наиболее распространенных вредителей хлебных запасов. Исследованы показатели динамики концентрации фосфина при применении различных режимов.

Введение

Фумиганты проникают в организм насекомых в газообразном состоянии, главным образом через трахейную систему в процессе дыхания. Неблагоприятные условия газовой среды обычно вызывают у насекомых защитную реакцию. При наличии фумиганта в воздухе насекомые закрывают дыхальца и прекращают газообмен с окружающей средой и могут прожить некоторое время за счет кислорода воздуха, который находится в трахейной системе.

После потери кислорода и при насыщении трахейной системы углекислым газом насекомые вынуждены открывать дыхальца и тем самым дать доступ фумиганту к трахейной системе. Наличие такой защитной реакции у насекомых в некоторой степени обусловлена необходимостью сохранения в воздухе определенной концентрации в течение длительного времени для достижения летального эффекта. Попав в трахейную систему, фумигант диффундирует дальше сквозь стенки трахей и трахеол, поступает в гемолимфу, с которой распространяется по телу насекомого, достигает жизненно важных органов и отравляет организм.

На чувствительность насекомых к фумигантам, а в конечном итоге и на эффективность фумигации влияют несколько основных факторов. В первую очередь это те факторы или параметры, которые можно контролировать, а затем учитывать при создании определенных режимов фумигации. Такими факторами могут быть температура, влажность, концентрация фумиганта, экспозиция, вид и стадия насекомых.

Проведение карантинных мероприятий при фумигации хлебных запасов против основных видов предполагает, прежде всего, использование режимов фумигации против различных стадий их развития. Режимы фумигации разрабатываются отдельно для всех стадий развития насекомых, так как они существенно отличаются между собой по основным параметрам. Активные стадии развития насекомых более чувствительны к фумигантам, чем пассивные. Они также могут отличаться, если насекомые находятся в состоянии диапаузы. Как правило, при выявлении скрытых стадий развития насекомых режимы фумигации определяются против наиболее устойчивой к фумиганту стадии. Однако любые режимы должны четко контролироваться с целью эффективности фумигации и предотвращения накопления остаточных количеств фумигантных пестицидов и их метаболитов в продукции хлебных запасов.

На сегодняшний день наиболее эффективным способом борьбы против вредителей хлебных запасов остается фумигация, учитывая относительную короткую экспозицию и основные диффузные свойства фумигантов. Однако, в связи с необходимостью замены наиболее распространенного фумиганта в мире – бромистого метила, возни-

Modes of fumigation against major pests of grain stocks. The necessary rules lethal phosphine fumigation against the most common pests of grain stocks. Determined insect fumigant sensitivity depending on their species composition.

кает острая необходимость в поиске и более детальном исследовании альтернативных фумигантных пестицидов. Согласно решению участников IV конференции Монреальского Протокола, бромистый метил был запрещен во многих странах мира [1].

Единственным альтернативным фумигантом, который официально зарегистрирован и достаточно массово используется против вредителей хлебных запасов, является фосфин. Большинство препаратов на основе фосфина содержат компоненты в сочетании фосфора и магния или фосфора и алюминия, которые, вступая в химическую реакцию с влагой воздуха, выделяют фосфористый водород. Однако на сегодняшний день недостаточно изучены вопросы экологической безопасности его использования, в частности аспектов фитотоксичности, остаточного количества фосфина и его метаболитов в продукции хлебных запасов в зависимости от режимов использования. Он имеет более высокие диффузные свойства и является более эффективным «пенетратором» чем бромметил, поэтому так широко используется в обеззараживании зерна от вредителей, в том числе и карантинных [2].

При проведении фумигационных работ особое внимание обращают на показатели температуры и влажности среды использования фумиганта, однако более важным и необходимым является определение летальных норм в ПСКВ (произведение средней концентрации препарата на время). Очень важным является также определение летальных норм, когда насекомые находятся в состоянии диапаузы. В таком случае необходимое количество этих норм может быть увеличено в несколько раз [3].

При благоприятных для вредителей условиях развития летальные нормы фумигации зависят преимущественно от температуры и экспозиции. Эффективность фумигации достигается при меньшей экспозиции при условии соблюдения необходимых температурных показателей и влажности воздуха рабочей зоны [4].

Следует отметить, что токсическое действие фумигантов на вредные организмы исследовали благодаря процессу их смешивания с другими действующими веществами для достижения синергетического эффекта. Преимущественно такие исследования проводились с использованием смесей фосфина с углекислым газом и бромметилом [5].

Основная цель таких исследований была направлена на дальнейшее использование фумигантов против карантинных вредителей. Например, в 1987 г. в ФРГ были проведены опыты с комбинированным использованием бромметила и фосфина. Обеззараживанию подлежал жмых в количестве 140 т при температуре груза 26,5–31°C при норме внесения бромметила 56 г/м³. Одновременно добавляли фосфин (препарат таблетированный – «Фостоксин») из расчета 40 г препарата на 3 м³. Экспозиция обез-

зараживания – 72 часа. Эффективность фумигации составляла 100 %. В продукцию были расставлены 24 садка с 50 личинками капрового жука (*Trogoderma granarium* Everts.). Опыты проводили при атмосферном давлении, влажности воздуха 70 % и температуре 0°C, 12°C и 25°C в малогабаритных камерах объемом 0,5 и 2,5 м³.

Фосфин генерировали гидролитическим методом из стандартной таблетированной формы фостоксина. Для личинок ЛД₅₀ при 0 °С, 12 °С и 25 °С и концентрации РН₃ – 500 мг/л экспозиция составила 80, 20 и 15 ч, для куколок – 25, 16 и 12 ч соответственно. Токсичность возрастала с повышением температуры и концентрации. Для обеспечения эффективности 99,9 % гибели личинок и куколок при 0°C и концентрации фосфина 500 мг/л была необходима экспозиция соответственно 390±60 и 150±204 ч [6].

Однако наиболее перспективными были выявлены смеси фумигантов с инертными газообразными веществами, прежде всего с углекислотой. Высокая эффективность была получена при использовании смеси против активных фаз насекомых. Пассивные личинки капрового жука менее заметно реагировали на присутствие СО₂. При этом добавление 2–6 % СО₂ по объему (больше количество при низких температурах) позволяло уменьшать летальные нормы бромметила на 40–50 %, одновременно существенно уменьшалось и остаточное количество фумиганта в продукции [7].

Итак, главной целью вышеуказанных исследований, кроме определения ПСКВ, было определение возможного снижения пестицидной нагрузки, так как остатки фумигантов, особенно метаболитов бромметила и фосфина, были достаточно высокими, учитывая дозировки фумигантов 40 г препарата на 3 м³ фосфина и 56 г/м³ бромметила соответственно.

На сегодняшний день, практически 30 лет спустя, действующие нормы использования препаратов на основе фосфина были изменены. В частности, дозировка фумиганта снижена почти в десять раз – от 3 до 12 г/м³. Однако рекомендуемые нормы и экспозиция обеззараживания при различных температурных условиях воздуха рабочей зоны, как было установлено в соответствии с нашими исследованиями, значительно завышены. Следует отметить, что увеличение экспозиции при благоприятных условиях фумигации только увеличивает эффективность фумигационных работ. Чего нельзя утверждать при применении завышенных норм фумиганта. При отсутствии надлежащей герметичности, даже при благоприятных температурных условиях воздуха рабочей зоны, превышение норм фумиганта не влияет на эффективность при кратном уменьшении экспозиции. Это связано и с остаточным количеством фумиганта в продукции. При наличии и использовании современного оборудования для контроля фумигационных работ было установлено, что существующие рекомендованные нормы могут быть изменены, в частности в сторону уменьшения дозировки фумиганта и экспозиции обеззараживания. Данные нормы могут быть изменены при условии соблюдения технологии обеззараживания и применения фосфина против определенного видового состава вредных организмов, а также стадий их развития.

Несмотря на высокую токсичность других пестицидов к вредителям хлебных запасов, только достижения необходимого ПСКВ гарантирует полную гибель вредителей при обеззараживании хлебных запасов. Экспорт зерновых занимает важное значение для экономики многих стран мира. Однако миллионы тонн зерновых остаются для продовольственных и других потребностей, которые в большинстве хранятся именно в элеваторах и складах напольного хранения и обеззараживаются методом фумигации.

Учитывая этот факт, в течение последних лет мы изучали возможность применения препаратов на основе

фосфина для обеззараживания преимущественно зерна и зернопродуктов с целью достижения необходимых показателей ПСКВ. При использовании современного оборудования для контроля фумигационных работ и определения остаточного количества фумиганта в продукции после обеззараживания с учетом различных показателей суммарного произведения концентрации на время (ПСКВ). Технологический процесс фумигационных работ предусматривает использование специализированного оборудования с целью достижения необходимой эффективности. Это глубинные детекторные телескопические зонды для отбора газовой смеси в разных слоях зерновой массы, сенсорные газоанализаторы с широким диапазоном измерения концентраций фосфина, ручные и электрические насосы для отбора воздуха рабочей зоны, сенсорные термогигрометры, герметики и др. Это использование также современных средств индивидуальной защиты от опасных концентраций фосфина, которые позволяют специалистам более детально контролировать ход фумигационных работ, особенно при тяжелых условиях фумигации.

Объекты и методика исследований

Применение фумиганта осуществляли в соответствии с методикой использования и применения пестицидов [8]. Определение видового состава вредителей и степени зараженности зерна проводили в соответствии с методикой исследования и выявления вредителей хлебных запасов и определения степени зараженности зерна [9].

Пробы анализировали на наличие вредных организмов, их видовой состав и степень зараженности. В опытах использовали наиболее распространенные некарантинные виды вредителей хлебных запасов, в частности: рисовый (*Sitophilus oryzae* L.), и амбарный (*Sitophilus granarius* L.) долгоносики, малый мучной хрущак (*Tribolium confusum* Duv.). Вышеуказанные вредные организмы являются одними из самых распространенных вредителей хлебных запасов при хранении зерна, поэтому данный биоматериал был взят за основу исследований. Среди препаратов на основе фосфина использовали фостоксин (фосфид алюминия), производитель формы препарата ф. Дегеш Дегеш ГмбХ, Германия. Повторность опытов трехкратная, в каждом повторении использовали по 30 насекомых. Контролем были нефумигированные биоиндикаторы, которые хранили в тех же условиях.

Режимы обеззараживания использовали в соответствии с требованиями заключения государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы на препарат, а также в соответствии с рекомендованными нормами расхода препарата по действующему перечню пестицидов и агрохимикатов. С целью определения эффективных летальных норм и особенностей токсического действия фосфина против основных (доминантных) видов вредных насекомых мы использовали режимы с различными температурными параметрами и экспозицией. Температурные интервалы: № 1 – 8–11°C; № 2 – 12–15°C; № 3 – 16–20°C.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных исследований было установлено, что показатели динамики концентрации фосфина были различны в зависимости от температурных режимов фумигации. Летальные нормы в одинаковых условиях применения также были различными при достижении определенных показателей произведения средней концентрации на время (ПСКВ), по видовому составу вредителей. Также мы определили зависимость концентрации от экспозиции при соответствующих температурных условиях и влажности воздуха рабочей зоны. Было установлено, что суммарная величина ПСКВ_Σ имеет различ-

ные показатели в зависимости от температурных показателей и влажности воздуха в емкостях, а также культуры зерновых, которая подлежит фумигации за определенный интервал экспозиции. При проведении фумигации по режиму № 1 в карантинном обеззараживании, как правило, используют длительные экспозиции, в частности от 96 до 144 суток. Герметичность помещений или емкостей существенно отличается между собой, поэтому контроль показателей концентрации фосфина является очень важным.

Для складских помещений напольного хранения по режиму № 1 показатели концентрации фосфина были как показано на рисунке 1. Было установлено, что суммарная величина ПСКВ_Σ после 96 часов экспозиции достигла 69,77 часограммов. Наибольший показатель концентрации был определен на четвертом интервале экспозиции, который составлял 650 ррм или 910 мл/м³. Следует отметить, что при таком температурном режиме в складских помещениях относительная влажность воздуха может иметь высокие показатели – более 70–85 %, что существенно влияет на динамику концентрации фосфина. В некоторой степени такая влажность непосредственно влияет на быстрое разложение таблетированной формы фумиганта, что необходимо учитывать в карантинном обеззараживании.

Таким образом, в первом интервале экспозиции при концентрации в 280 ррм или 392 мл/м³ суммарная величина ПСКВ_Σ составила 2,3 ч-г/м³. В течение второго и третьего интервалов экспозиции суммарный показатель ПСКВ_Σ составлял 31 ч-г/м³. В последнем интервале экспозиции суммарная величина произведения концентрации на время ПСКВ_Σ составляла уже более 69,7 ч-г/м³, однако динамика концентрации фосфина на данном ин-

тервале экспозиции существенно менялась. При достижении суммарной величины ПСКВ_Σ с показателем более 30 ч-г/м³ эффективность фумигации по интервалам 12, 24, 48, 72, 96 часов имела показатели, приведенные на рисунке 2. Динамика концентрации в соответствии с каждым интервалом экспозиции по режиму № 2 представлена на рисунке 3.

Суммарная величина ПСКВ_Σ после 72 часов экспозиции достигла 28,2 ч-г/м³. Пик концентрации был определен на втором интервале, показатель которой составлял 450 ррм или 630 мл/м³. Следует отметить, что типичные склады напольного хранения имеют различное состояние герметичности, особенно учитывая наличие транспортной ленты, через которую происходит утечка газа. Данный аспект также необходимо учитывать в карантинном обеззараживании, особенно при достижении летальных норм.

На первом интервале экспозиции при концентрации в 200 ррм или 280 мл/м³ суммарная величина ПСКВ_Σ составляла 1,7 ч-г/м³. В течение второго и третьего интервалов экспозиции суммарный показатель ПСКВ_Σ составлял 19,8 ч-г/м³. На заключительном интервале экспозиции суммарная величина произведения концентрации на время составляла уже более 28 ч-г/м³. Дополнительные измерения концентрации фосфина позволили определить потери вещества именно на участках размещения транспортной ленты под основанием пола, что обусловило существенные потери концентрации уже на третьем интервале экспозиции.

Учитывая факт наличия насекомых в живом состоянии при достижении 19,8 часограммов, с целью более детального изучения необходимых летальных норм по действующему веществу РН₃, мы проводили дальнейший

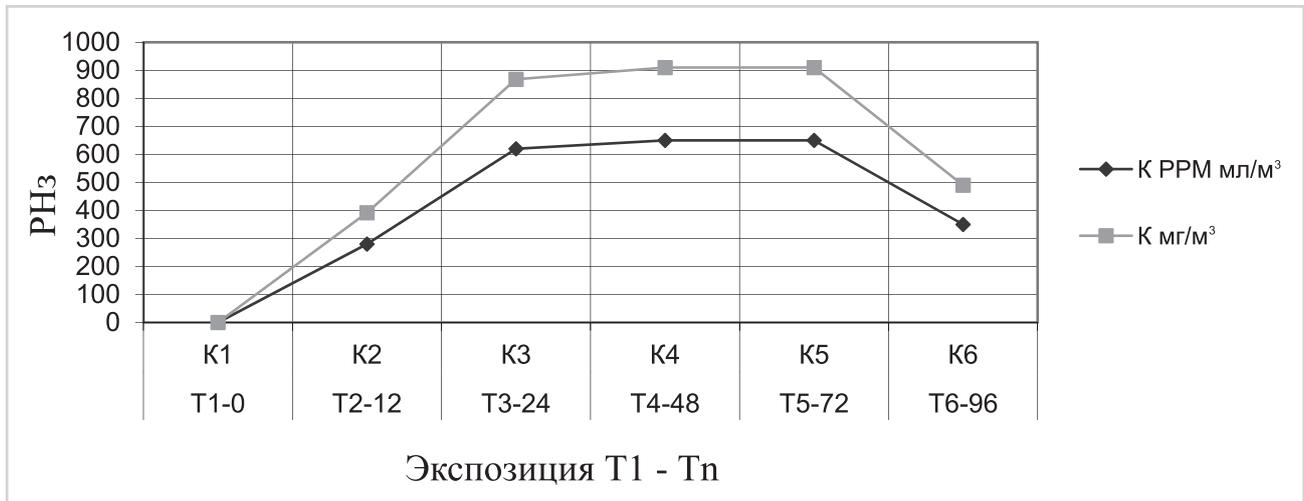


Рисунок 1 – Показатели динамики концентрации фосфина по режиму № 1

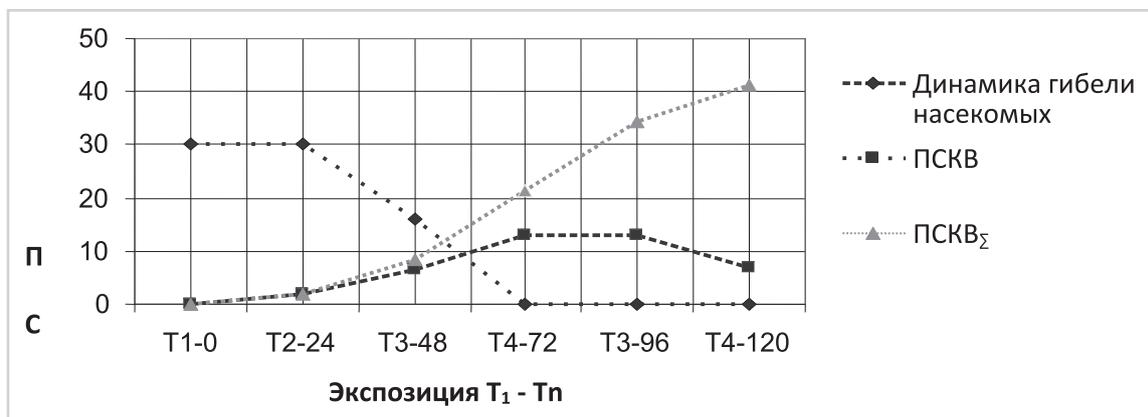


Рисунок 2 – Необходимые летальные нормы ПСКВ по режиму № 1

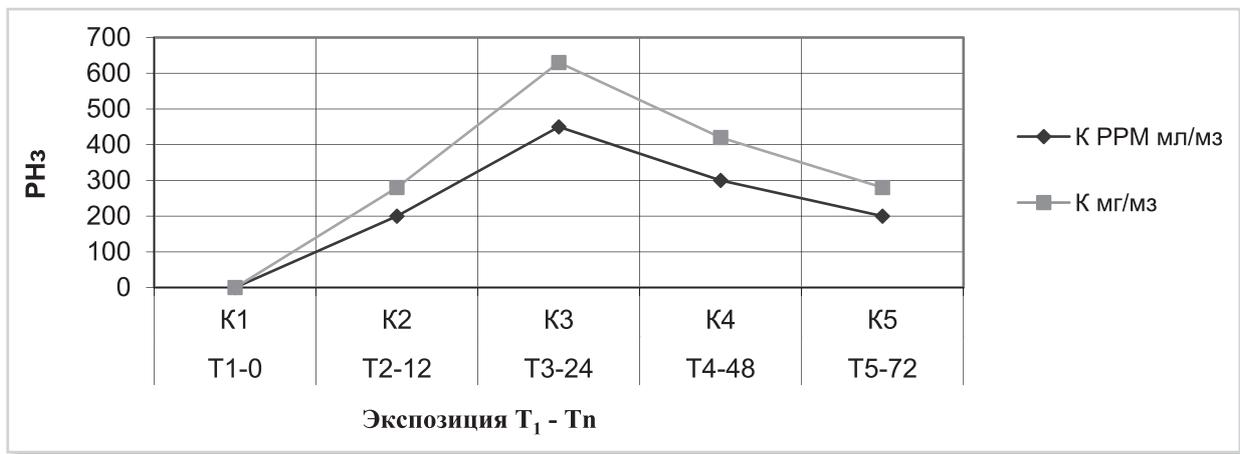


Рисунок 3 – Показатели динамики концентрации фосфина по режиму № 2

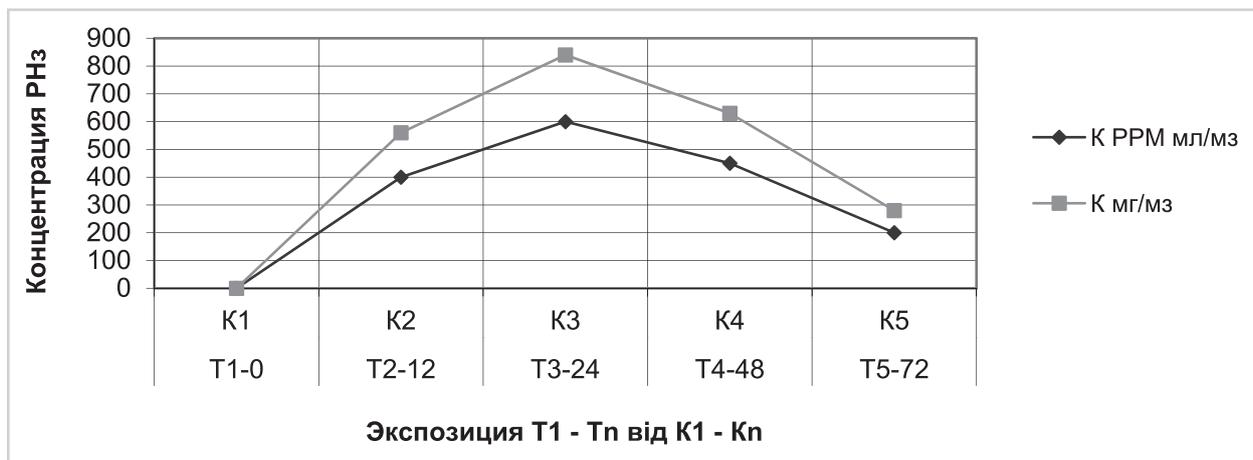


Рисунок 4 – Показатели динамики концентрации фосфина по режиму № 3

осмотр садков с данными биоиндикаторами на предмет их наличия в живом состоянии с интервалом в 60 мин.

На первом интервале экспозиции при достижении ПСКВ_Σ более 1,7 ч-г/м³, количество вредителей в живом состоянии было неизменным. Однако на втором интервале экспозиции при увеличении показателей до 7,2 ч-г/м³ количество вредителей составило 29 особей. На четвертом интервале экспозиции при достижении 56 часов и суммарном ПСКВ_Σ более 21 ч-г/м³ эффективность составила 100 %. В результате, необходимой летальной нормой по данному режиму явился показатель суммарного ПСКВ_Σ, равный 21 ч-г/м³ при экспозиции более 56 часов.

Динамика концентрации в соответствии с каждым интервалом экспозиции по режиму № 3 составила показатели, представленные на рисунке 4. Суммарная величина ПСКВ_Σ после 72 часов экспозиции достигла 40,2 ч-г/м³. Пик концентрации был определен на втором интервале, показатель которой составлял 600 ррм или 840 мл/м³. При использовании режима № 3 температурные показатели с разницей в 4 °С существенно повлияли на динамику концентрации.

На первом интервале экспозиции при концентрации в 400 ррм или 560 мл/м³ суммарная величина ПСКВ_Σ составила более 3,5 ч-г/м³. В течение второго и третьего интервалов экспозиции суммарный показатель ПСКВ_Σ составлял 29,3 ч-г/м³. На последнем интервале экспозиции суммарная величина произведения концентрации на время составляла уже более 40 ч-г/м³.

Следует отметить, что очень важным является определение промежуточного ПСКВ в различных условиях использования фосфина, так как согласно проведенным исследованиям динамика концентрации существенно отли-

чается при изменении воздуха рабочей зоны, в частности: малогабаритных камер, складских помещений, контейнеров, силосов элеваторов различных типов конструкции и трюмов судов речного и морского назначения.

Показатели концентрации фосфина могут также существенно меняться при фумигации различной массы зерновых. Таким образом, анализ динамики концентрации дает возможность определить сорбционные свойства и токсическое действие фосфина против основных вредителей хлебных запасов. Установлено, что предложенные нормы для препаратов на основе фосфина в соответствии с перечнем пестицидов и агрохимикатов, а также заключений государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы, предлагаются только на основе дозирования по массе фумиганта на определенный объем или массу продукции. Однако в результате наших исследований было установлено, что этих данных недостаточно для эффективного проведения обеззараживания методом фумигации.

Существует много факторов, которые могут изменить показатели концентрации фосфина, влияющей на эффективность. Основными были выявлены температура, влажность воздуха рабочей зоны, сорбция газа продукцией и постепенные потери действующего вещества при отсутствии надлежащей герметичности. То есть, эффективность токсического действия зависела от количества газообразного вещества, которое влияло на насекомых за определенный период экспозиции. Токсическое действие фосфина для каждого из объектов исследований оказалось разным с учетом вышеупомянутых факторов. Особенно это зависело от стадий их развития, которым были присущи определенные показатели ПСКВ.

Выводы

1. Установлено, что динамика концентрации фосфина и его сорбция продукцией при применении различных температурных режимов существенно отличаются. При применении режима № 1 суммарная величина ПСКВ_Σ после 96 часов экспозиции достигла 69,77 ч-г/м³. Максимальный показатель концентрации был определен на четвертом интервале экспозиции, который составлял 650 ppm или 910 мл/м³. По режиму № 2 суммарная величина ПСКВ_Σ после 72 часов экспозиции достигла 28,2 ч-г/м³. Однако уже на втором интервале экспозиции концентрация достигла показателя в 450 ppm или 630 мл/м³. При использовании режима № 3 суммарная величина ПСКВ_Σ после 72 часов экспозиции достигла 40,2 ч-г/м³. Пик концентрации был определен также на втором интервале экспозиции, показатель которой составлял 600 ppm или 840 мл/м³.

2. Установлено, что при уменьшении норм использования фумиганта в зависимости от режимов применения (температура, влажность, экспозиция) были достигнуты необходимые летальные нормы ПСКВ для объектов исследования за счет незначительного увеличения условной экспозиции.

3. Летальные нормы часограммов для каждого из объектов исследований оказались разными с учетом изменения температуры. Эти нормы были различными и для разных стадий развития насекомых, которые определя-

лись при соответствующих температурных показателях. При увеличении температуры суммарные показатели ПСКВ снижались. Кроме того, пассивные стадии насекомых, в частности яйца и куколки, проявили большую устойчивость к фумиганту в отличие от личинок и имаго.

Литература

1. Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer// Ozone Secretariat United Nations Environment Programme. – 2000. –16 p.
2. Мамонтов, В. А. Застосування фосфіну в карантинному знезараженні, проблеми та перспективи / В. А. Мамонтов // Інтегрований захист рослин на початку XXI століття. – Київ, 2004. – С. 560.
3. Bell, C. H. Toxicity of PH₃ to the diapausing stages of *Ephesia elutella*, *Plodia interpunctella* and other Lepidoptera / C. H. Bell // Journal of Stored Products Research. – 1977. – Volume 13, Issue 4. – P. 150–157.
4. Nayak, M. K. Influence of concentration, temperature and humidity on the toxicity of phosphine to the strongly phosphine-resistant psocid *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae) / M. K. Nayak, P. J. Collins // Pest Management Science. – 2008. – Volume 64, Issue 9. – P. 972–975.
5. Kashi, K. The toxic action of phosphine: role of carbon dioxide on the toxicity of phosphine to *Sitophilus granarius* (L.) and (*Tribolium confusum* Duv.) / K. Kashi, E. Bond // Journal of Stored Products Research. – 1975. – Volume 11, Issue 1. – P. 9–17.
6. El-Lakwah, F. Untersuchungen zur Wirkung von Phosphorwasserstoff gegen *Khaprakafe* (*Trogoderma granarium* Everts.) // Nachrichtenb. Dtsch. Pflanzenschutzdienst. – 1987. – Bd. 30, N 11. – S. 161–163.
7. Карантин растений в СССР / Л. В. Воронкова [и др.]. – М.: Агропромиздат. 1986. – 256 с.
8. Методики випробування і застосування пестицидів // С.О. Трибель [та ін.]. – К.:Світ. – 2001. – 235 с.
9. Методичні рекомендації з виявлення, обліку шкідливих комах і кліщів та заходи захисту зернових запасів. – К., 2007. – 3 с.

УДК 632.5:632.954:633.18(833)

Устойчивость сорняков к гербицидам в посевах риса в Украине

Т. В. Дудченко, кандидат с.-х. наук,
Л. Н. Целинко, младший научный сотрудник
Институт риса НААН Украины

(Дата поступления статьи в редакцию 02.08.2016 г.)

*Длительное применение гербицидов одного механизма действия приводит к снижению эффективности препарата и системы в целом. Результаты исследований подтвердили присутствие на рисовых полях Украины популяций куриного проса (*Echinochloa crus-galli* L.), не чувствительных к действию гербицидов – ингибиторов ацетолактатсинтазы (АЛС). Проблема резистентности в посевах сельскохозяйственных культур на сегодняшний день является очень актуальной, рассмотрены основные причины возникновения и предложены мероприятия, направленные на её предупреждение.*

Введение

Сорняки – это растения продуценты, которые засоряют посевы и насаждения сельскохозяйственных культур и экологически приспособились к совместному произрастанию. Они являются конкурентами с культурными растениями за свет, воду, пространство, питательные вещества, способствуют распространению болезней, являются их источниками, важным звеном в трофической цепи вредителей, усложняют обработку почвы, уход за посевами, уборку урожая, снижают его качество. Несмотря на интенсивную борьбу с сорняками, потери от них превышают 10 % и более [1, 2].

Вегетируя в посевах сельскохозяйственных культур и подвергаясь постоянному уничтожению, сорняки выработали ряд уникальных приспособлений, обеспечивающих их выживание:

*The prolonged usage of herbicides with the same mechanism of action reduces the effectiveness of the drug and the system altogether. The results of the research confirmed the presence on the rice fields of Ukraine manifold populations of the barnyard grass (*Echinochloa crus-galli* L.), that are not sensitive to the action of herbicides, inhibitors of acetolactate synthase (ALS). Nowadays, the problem of resistance on sowings of agricultural crops is very acute. Therefore, its main causes were thoroughly investigated and actions aimed at the prevention of it were put forward.*

- чрезвычайно высокую семенную продуктивность;
- сохраняют продолжительную жизнеспособность семян и других органов размножения (просо куриное до 23 лет);
- растянутость периода прорастания семян, что позволяет им выживать при любых условиях;
- способность ускорять или замедлять темпы прохождения фенофаз;
- значительно большую приспособленность к экстремальным условиям, чем культурные растения (засухи, высокие температуры, морозы и др.);
- приспосабливаться к технологиям возделывания культуры;
- формировать резистентные биотипы, что является наиболее болезненной проблемой современного контолирования с помощью химических средств.