

Пестициды: нужны ли химикаты, чтобы выжить?

Д.А. Линдквист*

Пестициды представляют собой химические вещества, используемые для борьбы с такими сельскохозяйственными вредителями, как насекомые, сорняки, заболевания растений, нематоды и грызуны. Начавшееся с 1945 года усиленное использование пестицидов в значительной мере способствовало увеличению производства сельскохозяйственных культур, защите домашнего скота от таких заболеваний, как трипаносомоз, защите человека от таких заболеваний, как малярия и филяриазис, снижению потерь хранимого зерна, а также повышению общего благосостояния человека. Общее количество используемых во всем мире пестицидов, вероятно, превышает 2 миллиона тонн [1]. Большая часть пестицидов производится в развитых странах, а ежегодное производство этих веществ оценивается более чем в 10 млрд. долл. США [2]. Использование пестицидов во всем мире постоянно увеличивается и будет расти до конца текущего столетия, пока сохраняется разрыв между производством пищевых продуктов и ростом населения. Однако использование пестицидов связано с определенными проблемами.

Потребность в пестицидах

Подсчитано, что в середине 60-х годов доход сельского хозяйства составил приблизительно 4 долл. на каждый доллар, затраченный на пестициды [3]. Более сложно подсчитать выгоду, которую получило здравоохранение, однако она, безусловно, значительна.

По имеющимся сообщениям, вредители уничтожают в среднем 35% выращиваемых во всем мире основных продовольственных культур [4]. В некоторых местах потери значительно превышают эту цифру. Проведенные в Соединенном Королевстве исследования показывают, что без применения пестицидов потери урожая злаковых культур в первый год составили бы 24%, однако на третий год они достигли бы 45% [5]. В Соединенных Штатах Америки после 1945 года применение пестицидов позволило увеличить выпуск сельскохозяйственной продукции на 20% [4].

Использование методов производства сельскохозяйственной продукции без обработки почвы (производство сельскохозяйственных культур практически без вспашки и культивации почвы), приобретающее все большую популярность при предотвращении эрозии и снижении потребности в энергии, требует эффективной борьбы с сорняками. Этот факт, а также наличие эффективных гербицидов привели к колоссальному росту использования гербицидов в течение последних нескольких лет и такой рост будет продолжаться. В целом в мировом мас-

штабе гербицидов используется больше, чем инсектицидов, хотя в развивающихся странах гербициды используются не так широко, как в развитых. Завоевание сорняками и без того ограниченных запасов почвы, потребление ими влаги и питательных веществ очень часто приводит к колоссальным потерям возделываемых культур. Нередко такие потери составляют от 50 до 70% [6,7]. В связи с этим борьба с сорняками имеет большое значение для развивающихся стран.

Борьба с заболеваниями человека и животных, переносимыми векторами, в значительной степени основана на борьбе с насекомыми-вредителями в силу того, что против этих заболеваний имеется совсем немного вакцин [8]. Таким образом, инсектициды играют основную роль в борьбе с малярией, филяриазисом, лихорадкой денге и многими другими заболеваниями.

Проблемы, связанные с использованием пестицидов

Несмотря на значительные выгоды, получаемые от применения пестицидов, использование этих химикатов связано с определенными проблемами. Многие пестициды токсичны для живых организмов и воздействуют на определенные биохимические системы. Поскольку все живые организмы имеют аналогичные биохимические системы, вполне логично предположить, что химическое вещество, убивающее муху, может убить и собаку. Таким образом, тот факт, что химическое вещество может быть токсично для организмов, для которых оно не предназначается, следует учитывать не только при разработке пестицидов, но и при их использовании.

Широкое и в некоторых случаях неправильное применение пестицидов привело к возникновению линий насекомых, заболеваний растений, сорняков и грызунов, стойких к определенным видам пестицидов. Для борьбы с такими вредителями необходимо разрабатывать новые пестициды. Возросшая стоимость разработки пестицидов (в настоящее время стоимость разработки 1 пестицида оценивается в 15-20 миллионов долл. США в течение периода от шести до десяти лет) привела к тому, что в последние годы создается все меньше и меньше этих химических веществ [9].

Остатки пестицидов в пищевых продуктах представляют собой потенциальную опасность, которой на протяжении последних 20 лет уделялось много внимания. Для решения проблемы остатков пестицидов в пищевых продуктах в развитых странах были созданы многочисленные регулирующие органы. Во многих развивающихся странах пока не установлено приемлемое количество остатков пестицидов в пищевых продуктах (допустимое количество), однако руководящие принципы, разработанные ФАО

* Руководитель Секции агрохимикатов и остатков Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ.

и ВОЗ, в целом соблюдаются. В силу того, что в пищевых продуктах допускается содержание крайне малых количеств пестицидов, необходимо разрабатывать сложные аналитические процедуры. При использовании некоторых пестицидов растение превращает исходное химическое вещество в еще более токсичное, и это необходимо учитывать при проведении анализов химических остатков. Некоторые пестициды относительно устойчивы и поскольку значительное количество используемых пестицидов довольно часто остается в почве, существует вероятность их накопления. Затем в результате вымывания эти химические вещества могут попасть в подземные водоемы или реки и озера, и в некоторых случаях могут накопиться в таких количествах, которые вызывают гибель рыб или птиц. Бионакопление происходит обычно в тех случаях, когда пестицид является стойким в окружающей среде; большинство новых видов инсектицидов не обладают достаточной устойчивостью для того, чтобы вызывать такого рода проблемы.

Для исследования метаболизма, превращений и остатков какого-либо пестицида в пищевом продукте необходимо иметь возможность измерять незначительные количества химического вещества. Остатки пестицидов обычно выражают в частях на миллион (ppm), что означает количество пестицида в миллионе частей продукта питания. Один ppm можно представить как один сантиметр в миллионе сантиметров или как один сантиметр в 10 километрах, либо как одну минуту в двух годах, или один грамм масла в тысяче килограммов хлеба. Для измерения таких малых количеств пестицида довольно часто приходится использовать химические вещества, меченные радиоактивными изотопами, в частности для измерения изменений в химической структуре пестицидов, перемещения пестицидов в почве, растениях или организме животных, а также количеств проходящих через различные этапы обработки пищевых продуктов и т.д.

В настоящее время большое внимание уделяется методам применения пестицидов и их химическому составу. Цель этих исследований заключается в том, чтобы применять пестициды по мере возможности по назначению и снизить количества тех химических веществ, которые не достигают цели и попадают в почву, воду или в культуры, для которых они не предназначены. Уточнение химического состава пестицидов, применяемых в почве или на ее поверхности, дает возможность увеличить продолжительность их эффективного действия, снизить количество требуемых пестицидов, а также уменьшить их возможные остатки в защищаемых культурах.

Растительные и мясные продукты питания, экспортируемые из развивающихся стран, должны соответствовать стандартам импортирующей страны. Эти стандарты определяют приемлемое количество остатков пестицидов. Таким образом, развивающиеся страны должны обеспечить функционирование исследовательских учреждений и регулирующих органов для обеспечения приемлемого содержания остатков пестицидов в экспортируемых продуктах. Исследования, направленные на решение проблем,

связанных с применением пестицидов, часто требуют использования химических веществ, меченных радиоактивными изотопами.

Радиоизотопы и пестициды

При разработке нового пестицида и до его промышленного применения соответствующие исследования и разработки обычно включают синтез меченого радиоактивными изотопами продукта. Затем меченный радиоактивными изотопами материал используется для ряда исследований, включая изучение метаболизма пестицида в каждом сорте культур, для которых он предназначен, изучение метаболизма у жвачных животных, цыплят и в яйцах, в почве (как аэробного, так и анаэробного), а также, возможно, изучение выщелачивания и поглощения в почве, гидролиза, биоконцентрации и фотодегградации. После исследований метаболизма определяется токсичность всех основных метаболитов. На основе полученных результатов разрабатывается аналитическая процедура, которую можно использовать применительно ко всем культурам, для которых предназначается данный пестицид, а также для мяса, молока и яиц. В некоторых случаях исследования метаболизма позволяют найти пути создания других экспериментальных пестицидов. Почти все такие исследования проводятся учеными в развитых странах на культурах умеренной полосы. Поиски решения некоторых специфических проблем, связанных с применением пестицидов в развивающихся странах, ведутся с помощью Секции сельскохозяйственных химикатов Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ.

Устойчивость пестицидов в окружающей среде. Данные об устойчивости пестицидов в окружающей среде в настоящее время получают главным образом в результате исследований, проводимых в развитых странах в умеренной полосе. Однако в большинстве развивающихся стран температура, влажность и другие экологические факторы, оказывающие влияние на устойчивость пестицидов, совершенно различны. Правила, касающиеся использования пестицидов, в значительной степени зависят от устойчивости этих химических веществ (например ДДТ). Исследования устойчивости пестицидов в тропическом климате получают поддержку через программу координированных исследований взаимодействия пестицидов в почвах. Данные, получаемые в результате этих исследований с помощью меченных радиоизотопами пестицидов, помогут развивающимся странам разработать правила, касающиеся использования определенных пестицидов.

Связанные остатки. После применения пестицидов в почве или на растениях некоторые из них или какой-либо из продуктов их распада могут быть настолько сильно связаны с почвой или растением, что их невозможно извлечь обычным образом с помощью органических растворителей. В рамках программы координированных исследований ведутся работы по идентификации таких связанных остатков и определению их возможной опасности для здоровья. Исследования с помощью меченных радиоизотопами пестицидов являются единственным обоснованным подходом к решению множества проблем,

касающихся связанных остатков. Накопление связанных остатков в почве в результате неоднократного применения пестицидов может привести к нежелательным эффектам, если такие связанные остатки окажутся токсичными и позже попадут в иные сельскохозяйственные культуры или системы полеводства. Выяснение особой физико-химической природы связывания остатков может привести к усовершенствованию химического состава пестицидов.

Воздействие пестицидов на микробы. Основным механизмом разложения пестицидов в почве на нетоксичные химические вещества является микробная деградация. Темп и объем микробной деградации влияют не только на остатки, но также и на эффективность пестицида. В большинстве развивающихся стран не имеется данных о микробной деградации пестицидов в тропических почвах. Объединенный отдел ФАО/МАГАТЭ оказывает поддержку проведению исследований по этой теме с помощью пестицидов, меченных радиоизотопами.

Информация о микробной деградации пестицидов необходима при разработке процедур контроля и химических составов пестицидов, позволяющих избежать их быстрой микробной деградации. С другой стороны, воздействие пестицидов на микрофлору почвы имеет очень большое значение особенно при интенсивном возделывании культур, при котором пестициды применяются неоднократно. Для получения таких данных большую ценность имеют методы применения субстратов, меченных радиоактивными изотопами. Объединенный отдел ФАО/МАГАТЭ оказывает поддержку работам в этой области.

Активность системы. Поглощение и перемещение пестицида в растении называется активностью системы. Наиболее эффективные измерения темпов поглощения и перемещения пестицидов в растении можно провести с помощью пестицидов, меченных радиоизотопами. Действие гербицидов, вносимых в почву для борьбы с сорняками, прежде всего зависит от активности системы. Движение гербицидов в почве, а также их поглощение и перемещение в растении при различных условиях окружающей среды, влажности и питательной среды растений можно очень точно измерить с помощью гербицидов, меченных радиоизотопами.

Остатки пестицидов. В развивающихся странах выращивается много сельскохозяйственных культур, которые не распространены в развитых странах и для которых отсутствуют данные об остатках. Тем не менее регулирующие органы в развивающихся странах должны иметь информацию, исходя из которой они могли бы устанавливать допустимое количество остатков для конкретных сельскохозяйственных культур и пестицидов. Некоторые необходимые данные можно экстраполировать на основе результатов других исследований, однако очень часто возникает необходимость в проведении исследований по конкретным культурам в местных климатических условиях применительно к конкретному пестициду. В качестве примеров можно назвать исследование эффективности удаления хлорированных гидрокарбонатных пестицидов при переработке се-

мян масличных культур для получения масла, изучение накопления пестицидов в рыбе, разводимой на затопляемых рисовых полях, на которые вносятся целый ряд различных пестицидов; исследование вымывания почвенных инсектицидов в тропических почвах в период обильных дождей; изучение остатков инсектицидов в мясе и молоке коров и коз, проходящих дезинсекцию от тропических насекомых-вредителей; изучение перемещения инсектицидов, наносимых на овощи, которые употребляются в пищу в сыром виде. Все эти вопросы изучались или будут изучаться в рамках либо программ координированных исследований, либо проектов технической помощи Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ. Некоторые из этих проблем можно полностью или частично решить с помощью обычных пестицидов. Однако довольно часто возникает потребность в более точных данных, и в этом случае средством получения необходимой информации является использование пестицидов, меченных радиоизотопами.

Изобилие продуктов и чистая окружающая среда

Пестициды необходимы для улучшения условий жизни человека. Количество применяемых во всем мире пестицидов будет по-прежнему возрастать. Для сведения к минимуму нежелательных эффектов от применения пестицидов и достижения вместе с тем их максимальной эффективности при изучении метаболизма пестицидов, их перемещения, остатков и химического состава необходимо использовать меченные радиоизотопами пестициды. Экономичная борьба с вредителями при минимальном воздействии пестицидов на организмы, для которых они не предназначены, позволит добиться эффективного производства пищевых продуктов и обеспечить чистоту окружающей среды. Проблемы, связанные с применением пестицидов, будут изучаться частично с помощью ядерных методов при поддержке Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ.

Список литературы:

- [1] J.F. Copplestone, *A global view of pesticide safety* In: Pesticide Management and Insecticide Resistance, Eds. D.L. Watson and A.W.A. Brown, Academic Press, New York (1977).
- [2] GIFAP Bulletin 6 (2) p.1 (April/May 1980).
- [3] J.C. Headley, *Estimating the productivity of agricultural pesticides* Am J. Agric. Econ. 50:13 (1968).
- [4] *Biological resources* In: Agricultural Production: Research and Development Strategies for the 1980s, Proc. Conf. Bonn, FRG, 8–12 Oct. 1979, p.38 (1980).
- [5] Royal Commission on Environmental Pollution, Seventh Report: *Agriculture and Pollution: Chapter 3, Pesticides*, HMSO, London, UK (1979).
- [6] P.J. Van Rijn, *Weed control in the tropics* Proc. Symp. Weed Research in Sudan, pp. 68–78 (1979).
- [7] H.M. Ishag, *Weeds: a factor limiting crop production in Sudan* Proc. Symp. Weed Research in Sudan, pp. 9–14 (1979).
- [8] *Pest control: an assessment of present and alternative technologies* Vol. V, Pest control and public health, US National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 11–17 (1976).
- [9] C.A.I. Goring, *The costs of commercializing pesticides* In: Pesticide management and insecticide resistance, Eds. D.L. Watson and A.W.A. Brown. Academic Press, New York (1977).