



Giám sát và Hạn chế tình trạng kháng thuốc trừ cỏ

Ủy Ban Hành Động về Kháng Thuốc Trừ Cỏ

John K. Soteris (chuyên gia tư vấn độc lập) và Mark Peterson (Dow AgroSciences)

Cộng sự: C. Ball (Syngenta), R. Beffa (Bayer Crop Sciences), A. Cotie (Bayer Crop Sciences), R. Evans (BASF Corporation), L. Glasgow (Syngenta), G. Goupil (Syngenta), M. Horak (Monsanto Company), R. Masters (Dow AgroSciences), T. Obrigawitch (DuPont), D. Refsell (Valent), S. Sharma (FMC), H. Streck (Bayer Crop Sciences)

Nội dung chính

- I. Tóm tắt
 - II. Giới thiệu
 - III. Theo dõi phát triển tính kháng đối với thuốc trừ cỏ
 - IV. Đối chiếu với quá trình theo dõi tính kháng trên thuốc trừ sâu và thuốc trừ bệnh
 - V. Hạn chế tính kháng đối với thuốc trừ cỏ
 - VI. Kết luận
 - VII. Tài liệu được trích dẫn
- 2) Tiến hành nghiên cứu thị trường đối với nông dân và chuyên gia quản lý cỏ dại, và Q
 - 3) Theo dõi tiến độ canh tác để tiếp tục kiểm tra và đưa ra đánh giá thực địa phù hợp.

Phương pháp giám sát phổ biến nhất là tiến hành khảo sát đồng ruộng, thiết kế để đánh giá hiện trạng kháng về định tính (tức là xác định xem mức độ kháng thuốc là cao, trung bình hay thấp) hoặc định lượng (tức là xác định khu vực có quần thể kháng thuốc). Phương pháp chính để phát hiện tính kháng ở các loài mới và ở các vùng địa lý mới là theo dõi tiến độ và hiệu quả canh tác.

Sau khi phát hiện thấy tính kháng, có thể thực hiện các biện pháp để giảm thiểu tác động của dịch hại. Một khía cạnh quan trọng để giảm thiểu là áp dụng các Phương thức Thực hành Tốt nhất (Best Management Practices - BMP) được triển khai thông qua những chương trình tập huấn và truyền thông hiệu quả. Hoạt động tập huấn bằng có thể được nâng cao chất lượng bằng việc cung cấp thông tin thu nhận được từ các nghiên cứu giám sát; và việc phát hiện sớm quần thể dịch hại sử dụng phương pháp theo dõi phù hợp có thể cải thiện hiệu quả của các nỗ lực giảm thiểu tác hại sau đó.

Dưới đây là nội dung tóm tắt quan điểm của HRAC về các mục tiêu và phương pháp quản lý cũng như hạn chế tình trạng kháng thuốc trừ cỏ:

I. Tóm tắt Dự án

Quản lý tình trạng kháng thuốc trừ cỏ (Herbicide Resistance - Kháng thuốc trừ cỏ) là lĩnh vực mang tính chiến lược với những công ty phát triển thuốc trừ cỏ hàng đầu và cũng là trọng tâm hoạt động của Ủy Ban Hành Động về Kháng Thuốc Trừ Cỏ toàn cầu (Herbicide Resistance Action Committee - HRAC) với sự tham gia của 8 tập đoàn lớn thuộc tổ chức CropLife Quốc tế. Phát hiện sớm tình trạng kháng thuốc trừ cỏ, hiểu rõ phạm vi kháng tại từng khu vực nhất định và giảm thiểu tình trạng này thông qua nỗ lực hạn chế lây lan là những khía cạnh quan trọng của việc quản lý tính kháng thuốc trừ cỏ. Các nhà thực vật học từ cả đơn vị công và nư nhân đều tiến hành theo dõi quần thể kháng để vừa có thể phát hiện sớm và xác định rõ phạm vi kháng thuốc. Các phương pháp chính được sử dụng để theo dõi bao gồm:

- 1) Tiến hành khảo sát đồng ruộng bằng việc thu thập hạt giống từ những cây (cỏ) được giả định có tính kháng và kiểm nghiệm trong điều kiện kiểm soát sử dụng quy trình xét nghiệm sinh học

- 1) Theo dõi tình trạng kháng thuốc trừ cỏ với cách tiếp cận định tính, chẳng hạn như tiến hành khảo sát, một phương pháp dễ hiểu và hiệu quả để nâng cao nhận thức về phạm vi của vấn đề và cải thiện việc Thực hành Quản lý Tính Kháng tốt nhất (BMP).
- 2) Theo dõi tình trạng kháng thuốc trừ cỏ với phương pháp định lượng vừa không phải là một phương pháp tiết kiệm trong các tình huống hạn chế nguồn lực, vừa không cần thiết để hướng đến được mục tiêu chính là khuyến khích nông dân áp dụng BMP nhiều hơn.

- 3) Việc giám sát định kỳ thường xuyên những loại cỏ dại kháng thuốc đã biết chỉ có giá trị hạn chế và không phải là cách phương pháp tiết kiệm khi chi phí bị hạn chế. Các nghiên cứu theo dõi tính kháng cần chính đáng và trong khuôn khổ nguồn lực cho phép cho từng trường hợp cụ thể để giải quyết những yêu cầu cụ thể.
- 4) Chủ động tiến hành khảo sát tính kháng thuốc trừ cỏ (hoặc là trực tiếp tại điểm phát hiện tính kháng trên một loài mới hoặc là đối với các loài có tính kháng đã được biết tới tại khu vực địa lý mới) rất tốn nguồn lực và có ít khả năng thành công.
- 5) Theo dõi hiệu quả thuốc trừ cỏ cho một số trường hợp cỏ có thể đã kháng thuốc có thể là một phương pháp hiệu quả để phát hiện tính kháng. Tuy nhiên, phương pháp này mang tính chủ quan và ban đầu có thể bị đánh giá quá mức ngay từ đầu.
- 6) Để tiến hành trao đổi thông tin từ sớm giữa các đơn vị sản xuất thuốc trừ cỏ, học giả, chuyên gia tư vấn và nông dân về các trường hợp kháng thuốc, cần phát triển quy trình làm việc hiệu quả hơn. Tuy nhiên, cần tính đến việc cân bằng với nhu cầu về độ chính xác.
- 7) Mục tiêu chính của các chương trình giảm thiểu tình trạng kháng thuốc trừ cỏ là ngăn chặn hoặc làm chậm sự lây lan của các quần thể kháng. Chỉ trong một số trường hợp hiếm nhất định thì mục tiêu chính mới là loại trừ những quần thể dịch hại này. Hoạt động hạn chế tính kháng sẽ hiệu quả hơn nếu được triển khai cùng hoạt động nâng cao nhận thức của nông dân và áp dụng phương pháp thực hành quản lý tính kháng tốt nhất (BMP).
- 8) Dựa trên đánh giá kỹ lưỡng, các trường hợp kháng thuốc ở một loài mới có thể yêu cầu tiến hành biện pháp hạn chế đặc biệt khi mức độ kháng không kiểm chế được sẽ tác động đáng kể và tiêu cực đến sản xuất nông nghiệp.
- 9) Các quy trình theo dõi tình trạng kháng thuốc trừ cỏ về cơ bản khác với các quy trình áp dụng đối với kháng thuốc trừ sâu và trừ bệnh. Những phương pháp như nghiên cứu cơ bản để áp dụng cho các loại dịch hại đó không dễ dàng áp dụng cho cỏ dại.
- 10) Tất cả các bên liên quan trong hoạt động quản lý cỏ dại đều có trách nhiệm phát hiện

sớm, giám sát và giảm thiểu tình trạng kháng thuốc trừ cỏ. HRAC khuyến cáo những hướng dẫn dưới đây có thể được áp dụng để phân định trách nhiệm chính đối với nhiều hoạt động khác nhau:

- a) Cá nhân người đăng ký hoạt chất phải chịu trách nhiệm chính trong việc thu thập, xử lý và trao đổi kịp thời về hiệu quả thuốc trừ cỏ đang được theo dõi và những hoạt chất được xác nhận là có tính kháng
- b) Hoạt động theo dõi tính kháng nên là trách nhiệm chung của người đăng ký hoạt chất chính và những chuyên gia quản lý cỏ dại ở địa phương. Chương trình quản lý sản phẩm đã được đăng ký có thể đưa ra những hướng dẫn chung về việc phát triển kế hoạch hạn chế tính kháng một cách cụ thể.
- c) Những tổ chức khoa học về cỏ dại (ví dụ như Hiệp hội Khoa học Cỏ dại Hoa Kỳ - Weed Science Society of America) cần đảm bảo sự phối hợp trong mạng lưới các tổ chức hỗ trợ kỹ thuật cho nông dân.
- d) Những nhà khoa học về cỏ dại thuộc đơn vị công hoặc tư nhân cần tiếp tục đề xuất và triển khai những chương trình theo dõi tính kháng để xác định phạm vi và sự lan rộng của tính kháng thuốc theo từng trường hợp cụ thể với nguồn lực hỗ trợ từ khu vực công và tư nhân tương ứng.

II. Giới thiệu

Thuốc trừ cỏ là một công cụ chính để kiểm soát cỏ dại trong sản xuất nông nghiệp hiện đại, giúp người nông dân đạt được năng suất cây trồng tối ưu trong khi vẫn có thể áp dụng các phương pháp canh tác thân thiện với môi trường như bảo tồn đất trồng. Ở hầu hết các khu vực sản xuất nông nghiệp lớn trên thế giới, sự phát triển của các quần thể cỏ dại có khả năng kháng với một hoặc nhiều loại thuốc trừ cỏ là một vấn đề nghiêm trọng. Tình trạng kháng thuốc trừ cỏ được Hiệp hội Khoa học Cỏ dại Hoa Kỳ (WSSA) định nghĩa là khả năng sống sót của một quần thể cỏ dại trước một loại thuốc trừ cỏ mà trước đây được biết đến là có khả năng kiểm soát được quần thể cỏ dại đó (www.WSSA.net). Kháng thuốc trừ cỏ còn là phản ứng tự nhiên của một số loài cỏ dại trước thuốc trừ cỏ và có thể được giảm thiểu bằng quy trình Thực hành Quản lý Tốt nhất (BMP).

Theo dõi và kiểm nghiệm đồng ruộng đối với tình trạng kháng thuốc trừ cỏ là một trong những quy trình trong BMP (Norsworthy và cộng sự, 2012). Ngoài ra, việc quản

lý chặt chẽ quần thể cỏ dại và phát hiện sớm tính kháng cũng rất quan trọng để có thể ngăn ngừa những thiệt hại về kinh tế (Burgos và cộng sự, 2013). Phát hiện sớm tính kháng thuốc và mức độ lây lan trong những khu vực địa lý xác định là mục tiêu của nhiều chương trình theo dõi kháng thuốc trừ cỏ tại Hoa Kỳ, Canada, Úc và Châu Âu. Rất nhiều thông tin đã thu nhận được qua cách thiết kế và giá trị mang lại của những nghiên cứu này. Thêm vào đó, các nhà khoa học tiếp tục sử dụng chúng để đánh giá sự lây lan của tính kháng trong từng mô hình canh tác cụ thể. Kiến thức từ những nghiên cứu này có thể áp dụng để hỗ trợ và nâng cao chất lượng cho hoạt động tập huấn nông dân về tính kháng.

Các cơ quan quản lý trên toàn thế giới đang xem xét đưa yêu cầu về việc giám sát và kiểm tra tính kháng như một phần trong quy trình phê duyệt đăng ký đối với thuốc trừ cỏ. Mặt khác, họ đang nỗ lực áp dụng các mô hình đã phát triển cho kháng thuốc trừ bệnh và thuốc trừ sâu cho thuốc trừ cỏ. Tuy nhiên, tính kháng thuốc trừ cỏ về cơ bản là khác và cần có cách thức xử lý chuyên biệt – một số lý do sẽ được thảo luận ở phần sau.

Cục Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (US-EPA) đã bổ sung yêu cầu về báo cáo các sự cố nghi ngờ kháng thuốc được phát hiện thông qua điều tra các khiếu nại về hiệu suất của sản phẩm trong việc phê duyệt đăng ký. Sau khi phát hiện tính kháng, người đăng ký phải làm việc với nông dân bị ảnh hưởng để có kế hoạch giảm thiểu phù hợp. Một số nhận định cho rằng cần áp dụng yêu cầu tương tự đối với những đơn vị đăng ký sản phẩm mới, gia hạn sản phẩm đã được phê duyệt hoặc thay đổi cách sử dụng các hoạt chất hiện có. Ngoài ra, EPA cũng yêu cầu Hiệp hội Khoa học Cỏ dại Hoa Kỳ WSSA cung cấp thông tin về cách thức đưa ra thông tin hữu hiệu để từ đó có thể đánh giá một cách định tính về phạm vi và vị trí cỏ dại kháng thuốc, cơ chế tác động khiến tính kháng lan rộng.

Tại Liên minh Châu Âu, các cuộc thảo luận tập trung vào đánh giá rủi ro (và các yêu cầu dữ liệu liên quan) mô tả khả năng phát triển tiềm ẩn các quần thể kháng khi phản ứng với một loại thuốc trừ cỏ nhất định trong rất nhiều chiến lược quản lý rủi ro. Những cuộc thảo luận kéo dài này cũng tập trung vào việc tạo ra dữ liệu để chứng minh độ nhạy của một loài đối với một hoạt chất trước và sau khi phát triển tính kháng.

Mục đích của tài liệu này là xem xét những tài liệu nghiên cứu liên quan tới việc theo dõi, hạn chế, kiểm tra độ miễn cảm/so sánh, cũng như thảo luận về hiệu quả của những phương pháp khác nhau và trình bày quan điểm của HRAC về chủ đề này.

III. Dữ liệu xác nhận khả năng kháng thuốc

Theo dõi tình trạng kháng thuốc trừ cỏ được định nghĩa chung là những hành động được thiết kế để xác định sự vắng mặt hoặc hiện diện của tính kháng trên các khu vực địa lý trong một thời điểm nhất định hoặc qua nhiều năm. Cho đến nay, việc theo dõi kháng thuốc trừ cỏ chủ

yếu được tiến hành để xác định phạm vi và sự lan rộng của tình trạng kháng thuốc trừ cỏ trên một vùng, tỉnh, bang hoặc khu vực địa phương xác định (Baumgartner và cộng sự, 1999; Beckie và cộng sự, 1999; Beckie và cộng sự, 2001; Beckie và cộng sự, 2008; Beckie và cộng sự, 2013; Davis và cộng sự, 2008; Falk và cộng sự, 2005; Kruger và cộng sự, 2009; Legleiter và Bradley, 2008; Lewellyn và Powles, 2001, Tucker và cộng sự., 2006, Owen và cộng sự., 2007, Henriot và Marechal, 2009). Hoạt động này đôi khi cũng đo lường tính kháng liên quan đến các thay đổi trong sản lượng nông nghiệp để có thêm kiến thức về quy trình thực hành canh tác liên quan đến sự phát triển tính kháng (Hanson và cộng sự, 2009; Legere và cộng sự, 2008). Một số nghiên cứu tập trung vào các chất ức chế men tổng hợp Acetolactate (ALS) và Acetyl CoA Carboxylase (ACCCase) với mục tiêu tìm hiểu mức độ phong phú tương đối của cơ chế kháng thuốc đã biết.

Có rất nhiều phương pháp và thiết kế khảo sát đã được sử dụng trong các chương trình theo dõi tính kháng (Burgos và cộng sự, 2013; Beckie và cộng sự, 2000). *Việc phát triển một chương trình giám sát/ theo dõi và lựa chọn ý phương pháp khảo sát phụ thuộc vào mục tiêu giám sát, nguồn lực sẵn có và độ tin cậy của các phương pháp hiện có.* Quả thực, điều quan trọng là cần phải hiểu rõ mục tiêu của chương trình và độ tin cậy của các công cụ để đáp ứng mục tiêu đó trước khi một chương trình có thể được chấp thuận và được bố trí chi phí, nguồn lực.

Mục tiêu giám sát: Nhìn chung, hoạt động theo dõi có thể được tiến hành một cách chủ động hoặc bị động, mỗi cách đều có những mục tiêu và khó khăn khác nhau.

Giám sát bị động là trường hợp hoạt động theo dõi được tiến hành với mục đích ghi chép lại các sự cố và sự lan rộng của quần thể cỏ dại mang tính kháng hiện có. *Cho đến thời điểm hiện tại thì phương pháp này đang là phương pháp theo dõi phổ biến nhất.* Phương pháp này có thể hữu ích trong việc giúp nông dân hiểu về quy mô và mức độ của vấn đề với mục đích khuyến khích họ áp dụng BMP. Phương pháp này cũng có thể được sử dụng để liên kết tính kháng thuốc trừ cỏ với chương trình quản lý cỏ dại và hoạt động canh tác thông thường từ đó hỗ trợ phát triển các BMP phù hợp với các vùng địa lý cụ thể và/hoặc các trường hợp cỏ kháng thuốc.

Giám sát bị động, khi được tiến hành một cách rộng rãi, có thể hữu hiệu trong việc định lượng mức độ kháng thuốc (tức là số mẫu ước tính kháng/ha) nếu các chủng kháng đang hiện diện ở mức đủ cao tương đối và các biện pháp khảo sát ngẫu nhiên được sử dụng. Giám sát bị động theo từng vùng cũng có thể hiệu quả trong việc xác định sự lan rộng của tính kháng nếu cường độ lấy mẫu đủ cao để phát hiện những cá thể hiếm kháng thuốc. Nói chung, phương pháp lấy mẫu và yêu cầu về nguồn lực cần thiết để đạt được mục tiêu sẽ phụ thuộc vào các mục tiêu theo dõi cụ thể và độ chính xác mong muốn đạt được. Bởi vì triển khai chương trình giám sát bị động thường rất tốn kém, do đó cần phải đánh giá một cách kỹ lưỡng tương quan giữa chi phí/ lợi ích của phương pháp này với nhiều phương pháp thay thế khác nhau.

Nhìn chung, phương pháp giám sát bị động để ước lượng định tính mức độ kháng thuốc trừ cỏ (tức mức thấp, trung bình, cao); những thay đổi tương đối của tính kháng có thể tiết kiệm chi phí hơn và do đó có thể dễ dàng điều chỉnh hơn so với việc dùng phương pháp này để định lượng tính kháng theo vùng bị nhiễm (tức là theo mẫu Anh hoặc ha). Ngoài ra, sử dụng phương pháp này để định lượng khu vực bị nhiễm không mang lại lợi ích nào đáng kể hơn so với việc sử dụng nó để nắm được thông tin định tính về tính kháng ở một vùng địa lý cụ thể.

Đánh giá các nghiên cứu giám sát bị động. Kinh nghiệm có được từ các nghiên cứu giám sát bị động đã mang lại hiểu biết sâu rộng hơn về hậu cần, chi phí cũng như độ tin cậy của việc giám sát tính kháng thuốc. Nghiên cứu giám sát bị động về tính kháng phản ứng với cả quy mô lớn (trong toàn bộ khu vực) và quy mô nhỏ (trong một tiểu bang hoặc tỉnh) đều đã được tiến hành. Chương trình giám sát quy mô lớn nhất được tiến hành tại khu vực Bắc Mỹ đã được triển khai bởi các nhà nghiên cứu cỏ dại ở Canada. Theo dõi định kỳ đã được triển khai trên khu vực thảo nguyên rộng lớn ở Canada từ đầu những năm 1990 đến năm 2009 với mục đích ghi chép lại sự hiện diện và thay đổi về quần thể kháng đối với thuốc trừ cỏ ức chế ACCase và ALS theo thời gian (Beckie và cộng sự, 1999; Beckie và cộng sự, 2001; Beckie và cộng sự, 2008; Beckie và cộng sự, 2013). Mặc dù các cuộc khảo sát diện rộng đã bị ngừng sau năm 2009 nhưng các tác giả nghiên cứu chỉ ra rằng việc giám sát với quy mô nhỏ hơn vẫn có thể được tiến hành cho một số tình huống chọn lọc nếu cần (Beckie và cộng sự, 2013). Lợi ích của các cuộc khảo sát này đó là giúp xác định phương pháp canh tác nào liên quan nhất với tỷ lệ kháng thuốc (Legere và cộng sự, 2000). Tương tự, ở Tây Úc, một nghiên cứu quy mô lớn để theo dõi tính kháng ngẫu nhiên đã được tiến hành trong vòng 5 tuần, năm 2003 nhằm mục đích tìm hiểu sự lây lan tính kháng đối với loại cỏ *Lolium rigidum* của 1 hoặc nhiều loại thuốc trừ cỏ khác nhau (Owen và cộng sự, 2007). Một vài chương trình giám sát với quy mô trung bình (ví dụ toàn tiểu bang) đã được thực hiện ở một vài tiểu bang tại Hoa Kỳ (Baumgartner và cộng sự, 1999; Davis và cộng sự, 2008; Falk và cộng sự, 2005; Kruger và cộng sự, 2009; Tucker cộng sự, 2006). Một ví dụ ở bang Indiana, các nhà khoa học đã theo dõi sự hiện diện tính kháng của cỏ *Conyza* spp với thuốc glyphosate trên khu vực rộng lớn của bang (Kruger và cộng sự, 2009). Nhiều khảo sát đã được thực hiện tại 978 cánh đồng đậu tương ở bang Indiana trong ba năm, sử dụng phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên và không ngẫu nhiên để ước tính diện tích canh tác bị nhiễm (mẫu Anh) và sự phân bố của loại cỏ *Conyza* spp có tính kháng. Dự án khảo sát này đã được cho thấy tính đúng đắn dẫn trong việc điều chỉnh các hoạt động tập huấn cho nông dân cũng như đóng vai trò như một hệ thống cảnh báo sớm ở những khu vực chưa có báo cáo về các quần thể mang tính kháng. Với thực tế là chưa có thêm cuộc khảo sát tương tự được tiến hành ở Indiana kể từ khi công bố các nghiên cứu đầu tiên vào năm 2008 đã cho thấy những nỗ lực này rất khó để có thể duy trì.

Nhiều nghiên cứu giám sát tính kháng ở quy mô trung bình tập trung vào sự phân bố của các loài chọn lọc đã được hoàn thành tại nhiều nơi trên thế giới. Hai ví dụ là tính kháng của cỏ đen (*Alopecurus myosuroides*) đối với chất ức chế men Acetyl CoA Carboxylase (ACCCase) và chất ức chế men tổng hợp Acetolactate (ALS) ở Châu Âu (Delye và cộng sự, 2006; Henriot và Mareschal, 2009) và tính kháng của cỏ *Raphanus repaphistrum* đối với chất ức chế ALS và auxin ở Úc (Walsh và cộng sự, 2007)

Các nghiên cứu giám sát cũng đã được sử dụng để tìm hiểu sự phân bố của các cơ chế kháng thuốc. Đã có một nghiên cứu tại Đức nhằm mục tiêu vào việc xác định tỷ lệ giữa khả năng trao đổi chất với tính kháng ức chế men ACCCase ở cỏ đen (Drobny và cộng sự, 2006). Kết quả của nghiên cứu này đã được sử dụng để cải tiến BMP đối với loài cỏ dại này. Giám sát bị động ở mô hạn chế cũng đã được thực hiện để ghi lại sự lây lan tính kháng từ một cánh đồng duy nhất. Một số ví dụ bao gồm một nghiên cứu kéo dài ba năm ở bang Arkansas với mục đích xác định sự phân bố của loại cỏ Johnsongrass (*Sorghum halapense*) có tính kháng glyphosate xung quanh một cánh đồng có tính kháng đã được ghi nhận (Riar và cộng sự, 2011) và một cuộc khảo sát vào năm 2011 ở phía nam bang Alberta để xác định sự lây lan của quần thể kochia (*Kiochia scoparia*) có tính kháng glyphosate được phát hiện lần đầu vào mùa hè năm 2011 (Beckie và cộng sự, 2013). Tuy nhiên, với phương pháp giám sát này, kết quả có thể không chỉ ra rõ ligen tính kháng được lan truyền từ một nguồn duy nhất. Một nghiên cứu đang diễn ra về sự phân bố của cỏ đen có tính kháng ALS và ACCCase trong các khu vực nhỏ ở Đức đã cho thấy các cánh đồng ở gần nhau (thậm chí cả các cánh đồng liền kề) có thể triển những đặc điểm kháng thuốc trừ cỏ rất khác nhau (dựa trên sự đột biến ở các vùng mục tiêu và sự xuất hiện của tính kháng ở những vùng không phải mục tiêu). Điều này cho thấy rằng sự hình thành độc lập của tính kháng (Hess và cộng sự, 2012; Hermann và cộng sự, 2014). Theo một nghiên cứu khác tiến hành tại 100 cánh đồng ở bang Illinois với loại cỏ waterhemp (*Amaranthus* spp.) kháng glyphosate, tình trạng kháng thuốc của những cánh đồng này không liên quan đến những cánh đồng có tính kháng ở gần mà lại có liên quan nhiều hơn đến việc sử dụng thuốc với cơ chế tác động hàng năm (Evans và cộng sự, 2015). Các nghiên cứu sau này chứng minh rằng chương trình quản lý cỏ dại ở các mối cánh đồng ảnh hưởng đến tính kháng của chính cánh đồng đó nhiều hơn là tại khoảng cách đến các cánh đồng mang tính kháng khác. Do đó, có thể sự “bùng phát” của tính kháng trong một khu vực địa lý có liên quan đến việc sử dụng đồng nhất các phương pháp kiểm soát cỏ dại tương tự hoặc giống hệt nhau mà thiếu tính đa dạng hơn là từ quá trình trôi gen khi di chuyển hạt giống hoặc phấn hoa.

Giám sát chủ động. Giám sát chủ động được định nghĩa là một phương thức để phát hiện sự phát triển tính kháng trước khi nó trở nên nghiêm trọng hơn trên đồng ruộng hoặc lây lan ra cả một khu vực địa lý. Về lý thuyết, kiểu giám sát này có thể có giá trị trong việc làm chậm sự phát triển và lây lan của tính kháng. Tuy nhiên, mức độ tiện lợi

để tiến hành phương pháp giám sát chủ động phụ thuộc vào hai câu hỏi chính: 1) Kế hoạch lấy mẫu thực tế có đảm bảo xác suất hợp lý trong việc phát hiện các cá thể kháng thuốc trừ cỏ hiếm thấy; và 2) Các chương trình thử nghiệm có thực sự phát hiện được các loài có tính kháng thuốc tại thời điểm trước khi việc kháng thuốc lây lan rộng rãi không?

Để có được những ước lượng chính xác về tính kháng, đòi hỏi thử mẫu tại nhiều địa điểm và với số lượng mẫu lớn – đây là điều đôi khi không thực tế. Nhu cầu cần số lượng mẫu lớn (địa điểm và loại cây) là do các alen kháng thuốc xuất hiện ở tần số ước tính từ khoảng 10^{-4} đến 10^{-12} hoặc thấp hơn đối với cơ chế tác động của một số loại thuốc trừ cỏ (Powles và cộng sự, 1997; Jander và cộng sự, 2003; Duke and Powles 2009; Neve và cộng sự, 2011). Nói tóm lại, việc này như 'mò kim đáy bể' khi nó đòi hỏi phải lấy mẫu thử với số lượng lớn và thử nghiệm rộng rãi, trong khi với rất nhiều loài cỏ, có một lượng lớn biến thể di truyền giữa và trong các quần thể. Đồng thời, trong những trường hợp tính kháng là đa gen, việc phát hiện tính kháng tại thời điểm bắt đầu phương pháp giám sát chủ động sẽ khó khăn hơn.

Việc quản lý một cách chủ động rất khó để có thể thực hiện do có nhiều khó khăn và khả năng thành công thấp. Không có nghiên cứu nào tiến hành khảo sát ngẫu nhiên được công bố, ghi nhận kết quả phát hiện thành công về tính kháng chưa được biết tới trước khi nó lan rộng..

Ước tính số lượng mẫu cần thiết để tìm một cá thể kháng thuốc đơn lẻ: Nếu giả sử tần số gen kháng là 1×10^{-8} , thì tỷ lệ gen mang tính kháng sẽ xuất hiện ở 1 trong 100,000,000 cây. Giả sử mật độ cỏ dại ban đầu (ngân hàng hạt giống x % sự xuất hiện) của khoảng 25 cây trên một mét vuông của một loại cỏ nhất định và 90% đối chứng (dẫn đến trung bình 2,5 cây sống sót trên một mét vuông), thì tiến hành 1 khảo sát cuối vụ sẽ phải lấy mẫu ở 4,000 héc ta (khoảng 10,000 mẫu Anh) để có thể tìm ra cá thể mang tính kháng thuốc của một loài duy nhất. Nỗ lực này cũng yêu cầu thử nghiệm trong nhà kính đối với các đời cá thể con cháu từ 100,000,000 cây mỗi giống. Ngay cả ở các giai đoạn phát triển tính kháng sau này, vẫn cần phải lấy mẫu và kiểm tra hàng trăm đến hàng ngàn cá thể để tìm ra cá thể kháng thuốc hoàn toàn thông qua lấy mẫu ngẫu nhiên. Ví dụ này đã giả định việc lấy mẫu và thu thập các cá thể đại diện diễn ra một cách hoàn hảo. Trên thực tế, số lượng mẫu thực tế cần lấy có thể sẽ còn lớn hơn nhiều để bù đắp cho những mẫu lấy chưa hoàn hảo.

Phương pháp lấy mẫu và thử nghiệm. Các phương pháp được dùng để quản lý tính kháng có thể bao gồm: 1) thu thập (ngẫu nhiên hoặc không ngẫu nhiên) và tiến hành thử nghiệm hạt giống sử dụng các xét nghiệm sinh học, 2) khảo sát nông dân hoặc chuyên gia kỹ thuật, và 3) đánh giá hiệu quả của sản phẩm.

Thu thập và xét nghiệm hạt giống. Các điểm lấy mẫu có thể được phân chia ngẫu nhiên (các vị trí và/hoặc các loại cỏ được chọn một cách ngẫu nhiên) và không ngẫu

nhien (các vị trí và các loại cỏ được chọn dựa trên các tiêu chí đã được xác định trước). Việc lấy mẫu ngẫu nhiên đòi hỏi việc thu thập mẫu từ nhiều khu vực cạnh tác khác nhau và nhiều cá thể trong mỗi khu vực để có thể có định lượng mức độ kháng thuốc trừ cỏ hiện có. Lấy mẫu không ngẫu nhiên thích hợp hơn trong việc xác định (và định tính) sự hiện diện của sự kháng thuốc trừ cỏ hiện với mức độ xuất hiện tương đối cao (Beckie và cộng sự, 2000; Davis, 2008). Số lượng địa điểm cần thiết trong một khảo nghiệm đồng ruộng để đáp ứng mục tiêu giám sát cụ thể đã đề ra cũng liên quan đến những đặc tính sinh học của cỏ dại. Những loại biểu hiện sự biến đổi kiểu hình ở mức độ lớn để phản ứng lại với thuốc trừ cỏ sẽ luôn yêu cầu nhiều địa điểm và nhiều mẫu hơn. Phương pháp xét nghiệm sinh học cổ điển trong nhà kính tiêu tốn nhiều nhân công và tài nguyên - theo ghi nhận của Burgos và cộng sự (2013) - thường là không thực tế để sử dụng trong các hoạt động thử nghiệm 'quy mô lớn'. Các xét nghiệm phân tích để phát hiện các tính kháng đột biến cụ thể ngày càng trở nên nhanh hơn nhưng thường không có sẵn cho các dạng kháng mới hoặc phức tạp hơn. (Lưu ý: Burgos và cộng sự (2013) đã cung cấp đánh giá kỹ lưỡng đối với các thử nghiệm nhanh được phát triển để phát hiện khả năng kháng các loại thuốc trừ cỏ khác nhau.)

Nghiên cứu thị trường. Các nghiên cứu thị trường, khảo sát với nông dân yêu cầu ít nguồn lực hơn so với phương pháp thu thập và xét nghiệm hạt giống và tương đối dễ thực hiện. Tuy nhiên mức độ đáng tin cậy của họ trong việc đáp ứng các mục tiêu giám sát còn hạn chế. Ví dụ, trong một nghiên cứu thị trường năm 2007 của công ty Monsanto, nông dân trồng ngô ở khu vực Bắc Trung Bộ, Hoa Kỳ đã được hỏi loại cỏ dại nào có tính kháng đối với glyphosate (Bảng 1). Kết quả khảo sát cho thấy mức độ kháng thuốc cao hơn nhiều so với thực tế vào thời điểm đó. Hơn nữa, nông dân còn chỉ ra tính kháng trên quần thể rau muống (*Chenopodium album*), các cây họ cà (*Solanum spp.*) và cây rau muống (*Ipomea spp.*) trong khi khả năng kháng glyphosate chưa được xác nhận ở những loài nêu trên.

Một ví dụ khác về những thách thức gặp phải trong việc thu thập dữ liệu có độ tin cậy cao từ việc nghiên cứu thị trường thể hiện qua một bài báo đăng trên The Western Producer (Amason., 2013) về loài kochia có khả năng kháng glyphosate (GR) ở vùng Thảo Nguyên Canada (The Western Producer, 13/5/2013 bởi Robert Amason). Theo bài báo, một nghiên cứu khảo sát nông dân do Stratus Agri-Marketing tiến hành đã ước tính có khoảng 651,000 mẫu Anh các loại kochia kháng glyphosate trong khu vực. Tuy nhiên dữ liệu khảo sát và kiểm tra đồng ruộng từ tiến sĩ Hugh Beckie và các nhà nghiên cứu cỏ dại của Bộ Nông Nghiệp Canada cho thấy sự xâm nhập của loài kháng này là khoảng 8000 mẫu Anh. Người phát ngôn của Stratus thừa nhận rằng số liệu họ đưa ra là quá cao bởi vì sự nhầm lẫn của nông dân về nguyên nhân dẫn đến hiệu suất kém của thuốc (tác dụng kém của glyphosate trên kochia thường liên quan đến giai đoạn phát triển của cỏ dại tại thời điểm sử dụng thuốc). Trong bài báo, Tiến sĩ Beckie chỉ ra rằng số liệu ước tính của ông có thể quá

thấp vì kế hoạch lấy mẫu bị hạn chế. Cho dù vậy, bất luận con số ước tính là bao nhiêu, thì các nghiên cứu thực tế vẫn cho thấy rằng cỏ kochia kháng glyphosate vẫn đang lan rộng và là một vấn đề cần nhận được sự quan tâm kịp thời. Điều này nhìn chung đã đưa ra thông tin định tính về vấn đề kháng thuốc và đã thúc đẩy ngành thuốc BVTV và Bộ Nông Nghiệp Canada hợp tác với nhau trong việc tập huấn, đào tạo và tạo ra các chương trình khuyến khích để giúp đỡ nông dân giải quyết vấn đề.

Những nghiên cứu khảo sát đối với nông dân có thể đáng tin cậy hơn và mang lại nhiều giá trị hơn trong việc tìm hiểu về tình trạng kháng thuốc trừ cỏ, khi được triển khai tại thời điểm mà sự kháng thuốc trừ cỏ đang lan ra rộng rãi và nông dân dễ dàng nhận biết; ngược lại với những tình huống mà tình trạng kháng chưa rõ ràng hoặc chưa được nhận diện, mức độ tin cậy của việc tiến hành nghiên cứu này sẽ bị hạn chế. Ví dụ, Stratus Ag Research đã công bố kết quả của một nghiên cứu khảo sát với nông dân Hoa Kỳ năm 2012 ước tính rằng số mẫu đất bị nhiễm cỏ dại kháng glyphosate là 61,2 triệu mẫu Anh ở Hoa Kỳ (www.stratusresearch.com, 25/1/2013). Thông tin này đã cho thấy tầm quan trọng của vấn đề và giúp định hình các cuộc thảo luận về khả năng kháng glyphosate, bất kể độ chính xác tuyệt đối về diện tích kháng thuốc (mẫu Anh).

Bảng 1: Khảo sát nông dân về Những Loại Cỏ Dại Có Khả Năng Kháng Thuốc Trừ Cỏ, Tháng 6 Năm 2017 do công ty Monsanto tài trợ

Nông dân trả lời nông dân cho câu hỏi: “Loại cỏ dại nào đã phát triển khả năng kháng (thuốc trừ cỏ)?”

	Glyphosate		Roundup	
	Tổng (n=27)	Tổng (n=118)	Miền Bắc – Trung	Miền Nam
Marestail (cỏ đuôi ngựa)	65%	37%	31%	64%
Pigweed (rau dền)	21%	12%	6%	35%
Lamb's Quarter (rau muống)	19%	27%	32%	3%
Nightshade (rau họ cà)	17%	-	2%	6%
Water Hemp (cỏ gai lá rộng)	12%	38%	46%	5%
Ragweed (cỏ phấn hương)	5%	19%	23%	4%
Morning Glory (rau muống)	5%	-	2%	4%
Other (Loại khác)	18%	19%	18%	22%

Lưu ý: 'Glyphosates' đề cập đến bất kỳ sản phẩm thương mại có chứa glyphosate. "n" là tổng số nông dân ở mỗi vùng (miền Bắc – Trung, miền Nam) hoặc tổng cộng ('Tổng') nông dân đã trả lời câu hỏi.

Tiến hành các khảo sát với những nhà nghiên cứu cỏ dại hoặc các nhà nông học công và/hoặc tư nhân cũng có thể hữu ích bên cạnh khảo sát với nông dân (Riar và cộng sự., 2013; Culpepper., 2006). Các chuyên gia này tương tác với một mạng lưới rộng lớn, bao gồm nông dân, nhà bán lẻ, đại lý, đại diện công ty thuốc trừ cỏ, v.v. Họ cũng có thể thu thập và phân tích những thông tin từ địa phương. Tuy nhiên, cũng có những vấn đề xảy ra

liên quan tới độ tin cậy của những thông tin đó. Ví dụ, các chuyên gia kỹ thuật thường được mời để tư vấn, giúp đỡ trong các tình huống nghiêm trọng và hiếm khi được được yêu cầu tham gia khi chương trình quản lý cỏ dại đang hoạt động tốt. Điều này đôi khi có thể làm sai lệch quan điểm của họ và dẫn đến việc ước tính sự kháng thuốc trừ cỏ nhiều hơn so với thực tế.

Ngoài ra, một số kinh nghiệm trước đây của chuyên gia về một loại tính kháng cụ thể có thể đã bị lỗi thời hoặc bị hạn chế, trong trường hợp đó, họ có thể có xu hướng đánh giá quá thấp hoặc đánh giá quá cao mức độ của tính kháng hiện tại. Một ví dụ về việc này là nghiên cứu ở bang Arkansas được công bố vào năm 2014 đã chỉ ra sự phân bố của giống cỏ Johnsongrass có tính kháng thuốc trừ cỏ (Johnson và cộng sự, 2014). Các quần thể của cây Johnsongrass ở 14 quận dọc theo sông Mississippi đã được lấy mẫu và thử nghiệm về khả năng kháng thuốc trừ cỏ glyphosate, thuốc ức chế men tổng hợp ACCase và men ALS. Trong khi khả năng kháng ACCase được nhiều người cho là rất phổ biến ở khu vực này trước khi những loại kháng glyphosate được đưa vào trồng, không có giống cây nào trong số 141 giống được thử nghiệm là kháng ACCase và chỉ có một loại tham gia là kháng ALS.

Giám sát điều tra hiệu suất. Điều tra hiệu suất là một quá trình đánh giá khả năng kháng thuốc trừ cỏ được thực hiện trong quy trình quản lý của một công ty. Các công ty sẽ tìm hiểu vấn đề này khi tiếp xúc trực tiếp với nông dân, hoặc thường xuyên hơn thông qua hệ thống các đơn vị tư vấn, bán lẻ, đại lý hoặc chuyên gia khuyến nông nhà nước. Hỗ trợ nông dân thường là nỗ lực phối hợp chung của công ty và (các) bên khác có liên quan.

Việc dựa vào điều tra hiệu suất làm phương pháp xác định tính kháng thuốc trừ cỏ có thể có xác suất thành công cao hơn và lợi tức đầu tư tốt hơn các phương án giám sát khác mặc dù vẫn có những thách thức trong việc sử dụng phương pháp này để xác định tính kháng ở giai đoạn sớm.

Giám sát điều tra hiệu suất đã là một phương pháp chính để xác định tính kháng ở một giống mới hoặc ở một khu vực địa lý mới. Quá trình này cũng là một bước đi quan trọng để các nhà nghiên cứu có thể nắm bắt thông tin định tính về cường độ và sự phân bố của tính kháng trong khu vực địa lý của họ. Gần đây, EPA Hoa Kỳ đã đưa ra yêu cầu đăng ký đối với thuốc trừ cỏ Enlist Duo™ của công ty Dow AgroSciences, trong đó nhấn mạnh tầm quan trọng vào việc điều tra tính kháng và báo cáo về những khiếu nại về hiệu lực của thuốc có thể liên quan tới tính kháng.

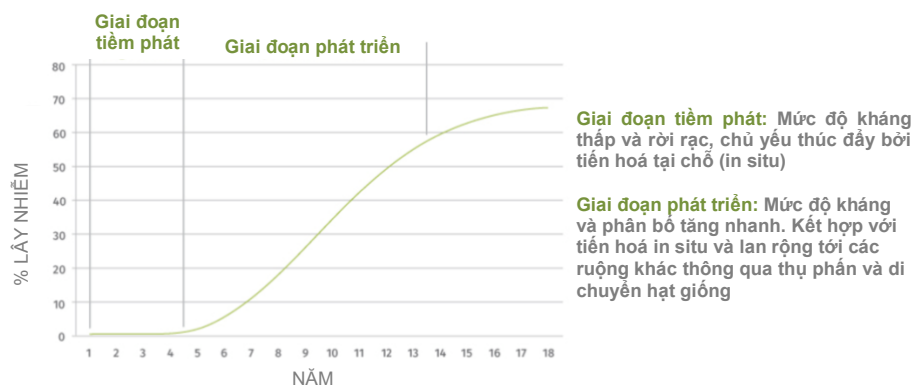
Mặc dù điều tra hiệu suất có thể là một phương pháp khả thi để thu thập các dấu hiệu của sự kháng thuốc, vẫn có những khó khăn trong việc sử dụng phương pháp này để phát hiện “sớm” các quần thể cỏ dại có thể kháng thuốc. Đối với thuốc trừ cỏ, thường nguyên nhân liên quan tới hiệu suất thường không chắc chắn. Hiệu suất thuốc trừ cỏ thường bị ảnh hưởng bởi các nguyên nhân như thời tiết và cách sử dụng. Trước khi có sự xuất hiện rộng rãi của một giống cỏ có tính kháng thuốc mới, hầu hết các báo cáo về

thất bại trong hiệu suất với giống cỏ dại đó không liên quan đến sự kháng thuốc trừ cỏ mà liên quan đến các tập quán canh tác nông nghiệp.

Việc phân biệt giữa các nguyên nhân do tính kháng, do thời tiết, hoặc do sử dụng thuốc sai cách đòi hỏi cần nhiều kinh nghiệm. Điều này đặc biệt đúng khi không có tính kháng đã được biết đến hiện diện ở một loài hoặc ở một khu vực địa lý. Trong các trường hợp tính kháng mới mới, đánh giá ban đầu là cần phải xác nhận có tính kháng thông qua việc xét nghiệm, mà điều này có thể tốn đến vài tháng.

Xem xét ví dụ lý thuyết được minh họa trong *hình 1*. Sự phát triển tính kháng bắt đầu từ những cá thể hiếm có thể chống chịu được tác dụng của thuốc trừ cỏ. Các mô hình về sự phát triển tính kháng thường dự đoán rằng tỷ lệ cá thể mang tính kháng trên một cánh đồng sẽ thấp hơn 10% trong 4-6 năm đầu tiên khi chịu áp lực chọn lọc liên tục khi cho tần số gen mang tính kháng ban đầu rơi vào khoảng 10^{-8} (Neve và cộng sự, 2011; Maxwell và cộng sự, 1990). Trong khoảng thời gian này, nông dân thường không lo lắng khi hiệu suất thuốc trừ cỏ giảm và do đó việc lấy mẫu không thể dựa vào các ghi nhận của nông dân tại các vùng mà thuốc không hiệu quả. Ngoài ra, việc chủ động lấy mẫu ngẫu nhiên sẽ khó để có thể phát hiện ra các cá thể có tính kháng thuốc trong những năm đầu của giai đoạn chậm này. Nói chung, nông dân sẽ không báo cáo vấn đề về hiệu suất của thuốc cho đến khi điều này ảnh hưởng đáng kể tới nông trại của họ. Kinh nghiệm cho thấy, không có hành động nào được triển khai cho đến khi có ít nhất 20% đến 30% diện tích cánh đồng bị ảnh hưởng. Nói tóm lại, những đám cỏ dại nhỏ không bị kiểm soát bởi thuốc trừ cỏ chưa trở thành một trong những vấn đề đáng lo ngại với những người nông dân. Sự thay đổi hàng năm về hiệu suất thuốc trừ cỏ có thể luôn là một vấn đề và khiến những thất thoát này chỉ được coi là do thời tiết hay lỗi trong quá trình sử dụng. Do đó, thời gian trì hoãn có thể kéo dài 3 năm hoặc nhiều hơn, phụ thuộc vào từng giống cây, từ lựa chọn tính kháng lần đầu trên đồng ruộng cho đến khi cần tiến hành điều tra về hiệu suất và tiếp tục trì hoãn trước khi tính kháng được xác nhận và thông báo rộng rãi.

Hình 1: Sơ đồ lý thuyết về sự phát triển kháng thuốc trừ cỏ sau khi xuất hiện tính kháng



Những chương trình giám sát xác định các tình huống “có khả năng mang tính kháng”. Các hoạt động đăng ký gần đây của US-EPA yêu cầu người đăng ký phải đánh giá các khiếu nại về hiệu lực sản phẩm từ của nông dân đối với những trường hợp ‘có khả năng mang tính kháng’. Việc xác định này dựa trên các tiêu chí theo dõi trực quan thể hiện khả năng mang tính kháng, nhưng trước khi được xác thực qua các kiểm định phòng thí nghiệm hoặc nhà kính. Các tiêu chí trực quan được đề xuất bao gồm: 1) thất bại trong việc kiểm soát một loại cỏ dại vốn dễ dàng bị kiểm soát với liều lượng thuốc trừ cỏ đã định, đặc biệt là thuốc vẫn đang kiểm soát được trên các loại cỏ dại liền kề; 2) một đám cỏ lây lan của một loại cỏ cụ thể không được kiểm soát đang lây lan, và 3) các loại cỏ vẫn có thể sống sót tồn tại lẫn với những cá thể được kiểm soát thuộc cùng một loại (Norsworthy và cộng sự, 2012).

Dù các tiêu chí này có thể giúp cho các chuyên gia và người nông dân nhận ra dấu hiệu về khả năng xuất hiện tính kháng, tuy nhiên đây chỉ là những đánh giá chủ quan và cần phải được thử nghiệm để xác nhận. Tóm lại, đến cuối cùng, thường chỉ có một phần nhỏ trong những quần thể cỏ dại có thể quan sát được về thất bại trong hiệu lực thuốc được chứng minh là có tính kháng. Do đó, quá trình quan sát này có thể đang ước tính số lượng xuất hiện của tính kháng cao hơn so với thực tế.

Một ví dụ để minh họa luận điểm này như sau: Trong vài năm đầu sau khi bắt kỳ sản phẩm trừ cỏ mới nào, hoặc cách sử dụng mới của một loại sản phẩm thuốc trừ cỏ nào được tung ra thị trường (ví dụ: 2,4-D và hợp chất dicamba được sử dụng trên cây đậu tương và cây bông có khả năng chống chịu tương ứng) thường sẽ gặp những câu hỏi về hiệu lực khi mà nông dân dần trở nên quen thuộc hơn với việc sử dụng công nghệ. Đối với các auxin, nông dân sẽ cần phải nắm bắt được các mức giới hạn trong giai đoạn tăng trưởng để có thể kiểm soát hiệu quả cỏ dại. Trong trường hợp này, rất có thể sẽ có một số yêu cầu về hiệu lực đáp ứng được một hoặc nhiều tiêu chí đã được đề cập ở trên, nhưng không hẳn là liên quan đến sự kháng thuốc. Ví dụ *hình dưới 2 dưới đây* là bức ảnh của một ô nghiên cứu sớm 2,4-D với biến đổi chứng được quan sát là một chức năng trong quá trình sinh trưởng của cây cỏ ngựa. Sử dụng những tiêu chí được đề cập ở trên, đây cũng có thể là một trường hợp mang tính kháng. Trong ví dụ này, và đối với các trường hợp khác liên quan đến hoạt chất trừ cỏ mới hoặc những mô hình sử dụng mới, sự kháng thuốc trừ cỏ là điều không thể xảy ra trong vòng vài năm đầu sau khi thuốc được giới thiệu do cần có thời gian để quần thể kháng thuốc tiến hoá.

Mặc dù có vẻ như các tiêu chí trực quan có tác dụng trong việc xác định sớm sự kháng thuốc, nhưng ví dụ ở trên đã giúp chúng ta khẳng định rằng các tiêu chí này không nên trở thành cơ sở duy nhất cho bất kì quyết định pháp lý nào.

Hình 2. Hình ảnh đồng ruộng cho thấy biến đổi chứng của của kiểu sinh học loại cỏ ngựa sau khi sử dụng 2,4-D cộng với glyphosate phun lên cỏ dại giai đoạn sinh trưởng được khuyến nghị.



Những yếu tố khác cũng cần phải được xem xét trong quá trình điều tra đồng ruộng về khả năng mang tính kháng. Các trường hợp nghi ngờ có tính kháng cần được kiểm tra trong các mô hình đồng ruộng đã được nghiên cứu trước đó (số lần phun một loại trừ cỏ cụ thể và mức độ đa dạng của những phương pháp quản lý cỏ dại) cũng như sự xuất hiện của tính kháng trong các đồng ruộng gần đó.

Bản tóm tắt giám sát. Với nhiều mục tiêu được đưa ra, kết hợp với tính đa dạng sinh học của cỏ dại cùng với những khác biệt trong các phương thức canh tác, việc theo dõi khả năng mang tính kháng sẽ tùy vào từng trường hợp. Đánh giá những báo cáo về tình trạng hiệu suất kém đối với khả năng mang tính kháng có thể là phương pháp thực tế nhất (mặc dù không hoàn hảo) để cung cấp những dấu hiệu nhận biết sớm về các vấn đề liên quan đến tính kháng đối với một thành phần hoạt chất nhất định. Để đạt được những hiểu biết hợp lý và chất lượng về tính kháng đối với thuốc trừ cỏ, cần áp dụng những phương pháp khác như khảo sát thị trường, thu thập mẫu hạt giống, hoặc kết hợp nhiều phương pháp với nhau. Quản lý tính kháng có thể được tận dụng một cách tốt nhất khi được ứng dụng để thúc đẩy cho các chương trình tập huấn và đào tạo nông dân đồng thời cải tạo BMP. Những nghiên cứu định tính được thiết kế để nắm được tương đối mức độ tính kháng sẽ là phương pháp bổ sung để đạt được mục tiêu giám sát.

Trao đổi kết quả của hoạt động giám sát. Trao đổi các kết quả hoạt động giám sát là hoạt động quan trọng khi việc thông tin kịp thời về sự phát hiện tính kháng tới người nông dân và chuyên gia nông nghiệp sẽ tạo điều kiện cho việc áp dụng tốt hơn các phương pháp phòng trừ BMP, đồng thời cũng cho phép đưa ra những giải pháp hữu hiệu trong việc giảm thiểu tình trạng kháng thuốc cụ thể và cảnh giác hơn với tính kháng khác.

Tính kháng ở một loài mới hoặc ở một loài hiện có tại một vùng địa lý mới thường không được thông báo một cách công khai cho đến khi các thí nghiệm xác nhận về tính kháng hoàn thành. Quá trình thông tin rộng rãi thường bắt đầu với một thông báo công khai từ một nghiên cứu ở trường đại học và/ hoặc từ đơn vị đăng ký. Thêm vào đó, phát hiện tính kháng với những loài cỏ và tại khu vực địa lý mới thường được đăng lên trên cơ sở dữ liệu International Survey of Herbicide-Resistant Weeds, một trang web quốc tế tại www.weedscience.com.

Tuy nhiên, thông tin về các trường hợp mang tính kháng có thể không được thông báo kịp thời để phục vụ cho các nỗ lực giảm thiểu tác hại sớm. Điều này không có gì lạ bởi thời gian tính từ khi bắt đầu tiến hành điều tra về khiêu nại liên quan đến hiệu lực thuốc ở một cánh đồng cụ thể cho đến lúc tính kháng đó được chính thức xác nhận và đăng lên cơ sở dữ liệu Resistant Weeds có thể kéo dài đến một năm hoặc hơn (Ian Heap, trao đổi trực tiếp). Sự chậm trễ này cộng với thực tế là tính kháng có thể đã tồn tại từ trước đó 3 năm hoặc lâu hơn trên đồng ruộng trước khi tiến hành điều tra có nghĩa là tình trạng kháng đã lây lan rộng trước khi nó được thông báo một cách công khai.

Thu hẹp khoảng cách và độ trễ trong giao tiếp từ những nhà nghiên cứu đến nông dân cũng như cộng đồng nghiên cứu/ kỹ thuật đòi hỏi nhiều nỗ lực lớn. Tuy nhiên, nhu cầu tăng tốc quá trình trao đổi cũng cần phải đảm bảo được độ chính xác cao nhất của các thông tin đưa ra. Đồng thời cũng có những vấn đề về quyền riêng tư và quyền được giữ bí mật liên quan đến người nông dân, nhà nghiên cứu và các công ty cần được giải quyết khi tiến hành đánh giá theo quy trình mới.

IV. Đối chiếu với quá trình giám sát tính kháng của thuốc trừ sâu & thuốc trừ bệnh

Trong một vài trường hợp, các cơ quan quản lý đã cố gắng sử dụng các chương trình giám sát đang áp dụng cho thuốc trừ sâu và thuốc trừ bệnh để làm tiền đề phát triển các chương trình giám sát cho thuốc trừ cỏ. Một cuộc thảo luận giữa các cơ quan quản lý và cộng đồng các nhà khoa học về cỏ dại (bao gồm chuyên gia trong ngành thuốc và học giả) ở Châu Âu đã tập trung vào việc phát triển (các) kế hoạch xét nghiệm có thể xác định mức độ nhạy cảm của cây cỏ dại với một thành phần hoạt chất. Ưu điểm của việc này là nó sẽ cung cấp các phương thức để đo mức độ nhạy cảm ban đầu trước khi loại cỏ dại này được tiếp xúc với các thành phần hoạt chất (trong trường hợp này đây sẽ được coi là dữ liệu cơ sở) với mục đích xác định các loài và quần thể mang tính kháng trong các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, và cũng đồng thời theo dõi bất kì sự thay đổi khi sử dụng rộng rãi (Tổ chức bảo vệ thực vật Châu Âu và Địa Trung Hải, PP1 / 213 (3) <http://pp1.eppo.int/getnorme.php?id=260>)

Những phương pháp được đề xuất để kiểm soát sự nhạy cảm hoặc các dữ liệu cơ sở bao gồm việc thu thập các mẫu hạt giống trước khi một thành phần hoạt chất được tung ra thị trường hoặc thu hồi những hạt giống chưa từng tiếp xúc với các hoạt chất từ ngân hàng hạt giống và đánh giá độ nhạy cảm của hạt giống đó bằng các quy trình xét nghiệm sinh học trong một môi trường được kiểm soát.

Mặc dù mục tiêu giám sát tính kháng thuốc trừ cỏ, thuốc trừ sâu và thuốc trừ bệnh khá tương tự nhau (cùng là phát hiện sớm khả năng phát triển và mức độ tính kháng) nhưng các phương thức hiệu quả nhất, tiết kiệm nhất và khả thi nhất được sử dụng để giám sát ba loại thuốc này là khác nhau. Yếu tố sinh học chính góp phần vào sự khác biệt giữa ba loại thuốc là sự di động (sâu bọ), sự di truyền của (các) gen mang tính kháng (trội hoặc lặn) và thời gian giữa các thế hệ đối với cả sâu và bệnh (nhiều thế hệ trong một khoảng thời gian ngắn). Việc quản lý tính kháng thuốc trừ sâu thường được thực hiện bằng cách thu thập sâu bọ để lấy mẫu ở các địa điểm khác nhau sau khi một sản phẩm thuốc được giới thiệu và sau đó so sánh độ nhạy cảm của chúng với quần thể tham chiếu được thu thập và lưu trữ trong phòng thí nghiệm trước khi loại thuốc trừ sâu đó được sử dụng rộng rãi. Bản chất di động của các loài sâu, côn trùng giúp việc lấy mẫu tham chiếu ban đầu và lấy mẫu lúc sau từ quần thể kiểm nghiệm có tính đại diện tương đối chính xác cho độ nhạy cảm của toàn bộ loài này. Việc giám sát tính kháng thuốc trừ bệnh cũng tương tự ở chỗ các mầm bệnh có thể được phát tán trên các vùng địa lý rộng.

Ngược lại, các quần thể cỏ dại thuộc cùng một giống nhất định sẽ tiến hóa và thích nghi để phù hợp với điều kiện môi trường sống tại địa phương. Điều này dẫn đến một lượng lớn sự đa dạng di truyền có thể tạo ra các phản ứng khác nhau đối với thuốc trừ cỏ. Do đó, quần thể tham chiếu được sử dụng để xác định tính kháng phải đến từ một nguồn càng gần vị trí mẫu được coi là mang tính kháng càng tốt. Không như sâu bọ hoặc nấm gây bệnh, việc thiết lập các quần thể "mẫu" được nuôi cấy trong phòng thí nghiệm cho mục đích so sánh với các quần thể hoang dã là khá thiếu thực tế đối với cỏ dại.

Cần nhắc lựa chọn quần thể và tỷ lệ tham chiếu để xét nghiệm là vô cùng quan trọng để đánh giá những loại cỏ dại được cho là có tính kháng. Tính kháng theo định nghĩa của WSSA là sự thất bại của một loại thuốc trừ cỏ trong việc kiểm soát một quần thể của một loài cỏ dại mà trước đó loài này đã được kiểm soát khi phun thuốc ở tỷ lệ nhất định. Tỷ lệ phun tham chiếu này thường là tỷ lệ đã được cấp phép thương mại sau khi được xác định từ nhiều thử nghiệm đồng ruộng qua nhiều năm và tại nhiều loại môi trường khác nhau. Bằng cách nào và khi nào các quần thể cỏ tham chiếu được chọn là một chủ đề tranh luận trong cộng đồng kỹ thuật. Burgos và cộng sự (2013) đã xuất bản một báo cáo nổi bật về vấn đề này. Trong đó, các tác giả đã chỉ ra rằng nên đánh giá nhiều quần thể "nhạy cảm" để tạo ra dữ liệu so sánh về độ miễn cảm với thuốc trừ cỏ, đồng thời cho ra dấu hiệu về sự thay đổi tự nhiên trong cùng loài.

Cuối cùng, việc phát triển các cơ sở dữ liệu có thể được sử dụng rộng rãi để đo sự nhạy cảm cho các giống cỏ dại mang tính kháng sẽ rất khó khăn. Đây là điểm khác biệt quan trọng nhất giữa việc xét nghiệm tính kháng cho thuốc trừ cỏ và các xét nghiệm thường được dùng cho thuốc trừ sâu hay thuốc trừ bệnh.

V. Hạn chế tính kháng đối với thuốc trừ cỏ

Theo nghĩa rộng nhất, hạn chế được định nghĩa là hành động làm giảm mức độ nghiêm trọng, nguy hại hoặc thiệt hại của một thứ gì đó. Đặt trong bối cảnh của những quần thể cỏ có khả năng kháng lại thuốc, hạn chế có thể bao gồm một loạt các hành động nhằm mục đích ngăn chặn hoặc làm chậm sự lây lan của các cá thể mang tính kháng. Ví dụ, việc phát hiện sớm một bụi cỏ dại nhỏ vẫn sống sót sau lần phun thuốc trừ cỏ trước có thể giúp người trồng sử dụng thuốc trừ cỏ với cơ chế tác động khác cho lần phun tiếp theo để loại bỏ, trước khi đám cỏ này tạo ra hạt giống và lây lan. Việc phát hiện này cũng giúp nông dân điều chỉnh hoặc thay đổi phương thức quản lý cỏ dại hiện tại để ngăn chặn sự lây lan và phát triển thêm tính kháng.

Sự hạn chế có thể đối lập với "sự khắc phục", thứ mà đôi khi được đánh đồng với "sự loại bỏ" các cá thể mang tính kháng trong các khu vực đã phát hiện có sự xuất hiện tính kháng. Với sự biến động của ngân hàng hạt giống cỏ dại và khả năng ngủ đông của hạt, các nhà khoa học về cỏ dại đồng ý rằng việc loại bỏ là bất khả thi đối với hầu hết các loại cỏ.

Những yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hạn chế tính kháng. Khả năng để thực hiện một chương trình hạn chế hiệu quả phụ thuộc vào việc xác định sớm tính kháng và sử dụng các công cụ và chiến lược với chi phí hợp lý nhằm mục đích quản lý, ngăn chặn hoặc (trong các trường hợp hiếm) loại bỏ quần thể kháng thuốc trước khi chúng lây lan. Khả năng này cũng bị ảnh hưởng bởi: 1) số lượng người đã được huấn luyện để quản lý tính kháng; 2) các đặc tính sinh học (sự sinh sản, tuổi thọ của hạt giống, v.v.) của giống cỏ; và 3) thời điểm phát hiện và xác nhận ra một quần thể mang tính kháng có đủ nhanh hay không.

Một số loài sẽ cực kỳ khó ngăn chặn vì đặc tính sinh sản của chúng. Đối với cây đèn gai (*Amaranthus palmeri*) và giống cây đèn gai thông thường (*Amaranthus rudis*), các gen mang tính kháng được lan truyền rất xa qua phấn hoa - một quá trình rất khó để ngăn chặn. Tương tự như vậy, rất khó để ngăn chặn các loại cỏ có hạt di chuyển theo gió (ví dụ *Conyza* spp.) hoặc được phân tán thông qua chuyển động của cây (ví dụ cỏ *kochia* hoặc cây cỏ lẩn).

Thời gian ngủ của hạt và tuổi thọ của chúng cũng có thể ảnh hưởng đáng kể tới khả năng hạn chế các tình huống kháng xảy ra. Đối với một số loại cỏ có tuổi thọ hạt tương đối ngắn (từ 3 đến 5 năm), việc hạn chế tính kháng có thể khả thi trong trường hợp ngừng đưa thêm hạt giống cỏ kháng vào đất. Tuy nhiên, đối với các loại cỏ dại khác có hạt với tuổi thọ có thể kéo dài nhiều năm, khả năng giảm thiểu chúng sẽ thấp. Một yếu tố sinh học quan trọng khác bao gồm các hạn chế về thể lực của (các) gen mang tính kháng. Khi thể lực của các gen mang tính kháng bị hạn chế, khả năng giảm thiểu tính kháng sẽ cao hơn.

Phát hiện sớm tính kháng. Một yếu tố khác tác động đáng kể đến nỗ lực hạn chế kháng thuốc là khả năng phát hiện sớm tính kháng trước khi nó lây lan. Như đã thảo luận ở phần trước, việc có thể phát hiện sớm hay không bị ảnh hưởng bởi những hoạt động hoặc phản ứng của nông dân đối với các vấn đề liên quan tới hiệu lực của loại thuốc trừ

cỏ được sử dụng. Kinh nghiệm cho thấy rằng nông dân thường không nhận ra những cá thể cây cỏ có vấn đề về nông học (và có khả năng đang mang tính kháng) cho đến một hoặc hai năm sau khi xuất hiện một vài cá thể (ít hơn 10-30% số cá thể trong quần thể) không thể bị kiểm soát một cách hiệu quả bởi thuốc trừ cỏ (Gressel và Segel, 1990). Tuy nhiên, sự chậm trễ trong việc phát hiện này không gây khó khăn trong việc thực hiện hiệu quả các biện pháp hạn chế. Đối với một số giống cỏ dại mà khả năng lai xa, phát tán phấn hoa hoặc phát tán hạt bị giới hạn, việc kiểm soát tính kháng của chúng có thể có hiệu quả ngay sau vài năm kể từ khi nó xuất hiện lần đầu trên cánh đồng. Ví dụ, cỏ Johnsongrass có khả năng lai xa trong loài hạn chế và hạt giống của loại cỏ này không dễ dàng phát tán qua các yếu tố tự nhiên như gió (Paterson và cộng sự, 1995). Vì vậy, nó chỉ đại diện tính kháng trên 1 loài và do đó có thể áp dụng những phương pháp hạn chế tính kháng.

Các nỗ lực hạn chế. Chúng ta chưa thấy có bất cứ nghiên cứu nào được công bố tập trung vào các phương pháp hạn chế tính kháng, tuy nhiên các nhà sản xuất thuốc trừ cỏ và các cơ quan nhà nước thường hợp tác để thực hiện một số nỗ lực nhằm ngăn chặn tính kháng. Những nỗ lực này đã mang tới những kết quả khác nhau, chủ yếu là do các thuộc tính sinh học khác nhau của các giống cỏ hoặc cũng có thể là do thiếu những hoạt động có tổ chức để giải quyết vấn đề trên khu vực rộng hơn thay vì chỉ tập trung vào một cánh đồng cụ thể. Các ví dụ về hạn chế hai trường hợp liên quan đến tính kháng glyphosate được miêu tả ngắn gọn dưới đây:

- 1) Trường hợp đầu tiên ghi nhận trường hợp về khả năng kháng glyphosate của cây cỏ Johnsongrass đã được xác nhận ở một cánh đồng đậu tương bị cô lập ở vùng Đông Bắc Arkansas. Các giáo sư nghiên cứu về cỏ của Trường Đại Học Arkansas đã được mời để điều tra nghiên cứu vào mùa thu năm 2007 (Riar và cộng sự, 2013). Từ năm 2008 đến năm 2010, Trường Đại Học Arkansas và công ty Monsanto đã có những nỗ lực hợp tác nhằm ngăn chặn quần thể kháng này. Một khảo sát về tính kháng ở khu vực xung quanh được bắt đầu vào năm 2008 và tiếp tục cho đến năm 2009 và 2010 (Johnson và cộng sự, 2014). Việc lây lan diện rộng của cỏ Johnsongrass mang tính kháng đã không được xác nhận khi chỉ có 1 trong tổng số 141 quần thể cỏ biểu hiện tính kháng đối với glyphosate. Điều này cho thấy rằng các hoạt động hạn chế từ ruộng khởi nguồn đã giúp giảm sự lây lan của những chủng sinh học mang tính kháng.
- 2) Ngược lại với ví dụ đầu tiên, cỏ Kochia được phát hiện kháng glyphosate lần đầu vào năm 2011 ở bang Alberta, năm 2013 ở bang Saskatchewan và năm 2014 ở Manitoba. Việc kháng glyphosate của cây cỏ Kochia đã được báo cáo ở Hoa Kỳ trước

khi chúng xuất hiện ở Canada. Cỏ Kochia là một loại cỏ dại có thể phát tán hạt giống thông qua chuyển động trong gió. Các tỉnh ở Canada, Hội Nông Nghiệp Canada và các nhà khoa học về cỏ của công ty Monsanto đã cùng hợp tác để khảo sát xác định xem tính kháng đã có thể lan bao xa (Beckie và cộng sự, 2013; Blackshaw và cộng sự, 2013). Cùng lúc đó, Monsanto cũng kết hợp với BASF để phát triển và đưa ra các chương trình khuyến khích nông dân áp dụng nhiều chương trình quản lý cỏ dại đa dạng hơn. Mặc dù những tổ chức ngành và cộng đồng đã phản ứng nhanh chóng, nhưng mức độ kháng đã lan rộng ra ngoài cánh đồng được xác nhận kháng đầu tiên. Như vậy, bất kể những nỗ lực đối phó nhanh chóng từ các chuyên gia trong ngành và địa phương, việc ngăn chặn tính kháng trên giống cỏ đã không thể thực hiện thành công. Tuy vậy, những nỗ lực đó vẫn tạo ra rất nhiều tác động tích cực bởi nó đã giúp nâng cao nhận thức và khuyến khích những chương trình hành động để quản lý vấn đề cỏ kháng thuốc.

Trong khi sẽ có một vài yếu tố cần được cân nhắc trước khi tiến hành các hoạt động để hạn chế các trường hợp kháng một cách thích hợp, thì khả năng hạn chế nên được cân nhắc đầu tiên trong mọi tình huống kháng lần đầu (nghĩa là kháng trên các loài mới hoặc tại các vùng địa lý mới). Hoạt động can thiệp sớm sẽ được đảm bảo khi cơ hội thành công là hợp lý và/hoặc khi có sự ảnh hưởng của những loại cỏ mang tính kháng, chưa được kiểm soát có tác động đáng kể lên canh tác nông nghiệp.

VI. Kết luận

Tất cả các bên liên quan đến quản lý cỏ dại có trách nhiệm phát hiện sớm, giám sát và hạn chế tình trạng kháng thuốc trừ cỏ. Đơn vị đăng ký hoạt chất thuốc trừ cỏ phải chịu trách nhiệm chính trong việc thu thập, xử lý và thông báo kịp thời các vấn đề liên quan tới hiệu lực sản phẩm đang được điều tra và những trường hợp mang tính kháng đã được xác nhận.

Các đơn vị công và tư nhân cũng như nhà khoa học nên tiếp tục đề xuất tiến hành các chương trình giám sát xác định phạm vi và sự lây lan của tính kháng, theo từng trường hợp, và hoạt động này cần được tài trợ nguồn lực thông qua chương trình tài trợ của nhà nước và tư nhân.

Những chương trình hạn chế tính kháng với những mục tiêu thực tế cũng là trách nhiệm thuộc về đơn vị đăng ký và các chuyên gia quản lý cỏ dại, khuyến nông ở địa phương. Chương trình quản lý sản phẩm được đăng ký có thể cung cấp những hướng dẫn chung cho việc phát triển kế hoạch hạn chế tính kháng cụ thể.

Sự phối hợp giữa các bên liên quan có thể được thúc đẩy thông qua những tổ chức khoa học về cỏ dại chuyên nghiệp (Ví dụ: WSSA), thúc đẩy mục tiêu tổng thể về quản lý cỏ dại bền vững.

VII. Tài liệu được trích dẫn

- Amason, R. 2013. Data on glyphosate resistant kochia surprises experts. The Western Producer <http://www.producer.com/2013/05/data-onglyphosate-resistant-kochia-surprises-experts/> (accessed January, 2015)
- Baumgartner, J. R., K. Al-Khatib, and R. S. Currie. 1999. Survey of common sunflower (*Helianthus annuus*) resistance to imazethapyr and chlorimuron in northeast Kansas. *Weed Technology*. 13:510–514.
- Beckie, H. J., A. G. Thomas, and A. Le'ge're. 1999. Nature, occurrence, and cost of herbicide-resistant green foxtail (*Setaria viridis*) across Saskatchewan ecoregions. *Weed Technology*. 13:626–631.
- Beckie, H. J., I. M. Heap, R. J. Smeda, and L. M. Hall. 2000. Screening for herbicide resistance in weeds. *Weed Technology*. 14:428–445.
- Amason, R. 2013. Data on glyphosate resistant kochia surprises experts. The Western Producer <http://www.producer.com/2013/05/data-onglyphosate-resistant-kochia-surprises-experts/> (accessed January, 2015)
- Baumgartner, J. R., K. Al-Khatib, and R. S. Currie. 1999. Survey of common sunflower (*Helianthus annuus*) resistance to imazethapyr and chlorimuron in northeast Kansas. *Weed Technology*. 13:510–514.
- Beckie, H. J., A. G. Thomas, and A. Le'ge're. 1999. Nature, occurrence, and cost of herbicide-resistant green foxtail (*Setaria viridis*) across Saskatchewan ecoregions. *Weed Technology*. 13:626–631.
- Beckie, H. J., I. M. Heap, R. J. Smeda, and L. M. Hall. 2000. Screening for herbicide resistance in weeds. *Weed Technology*. 14:428–445.
- Falk, J. S., D. E. Shoup, K. Al-Khatib, and D. E. Peterson. 2005. Survey of common waterhemp (*Amaranthus rudis*) response to protox- and ALS-inhibiting herbicides in northeast Kansas. *Weed Technology*. 19:838–846.
- Gressel, J. and L. A. Segel. 1990. Modelling the effectiveness of herbicide rotations and mixtures as strategies to delay or preclude resistance. *Weed Technology*. 4:186–198.
- Hanson, B. D., A. Shrestha, and D. L. Shaner. 2009. Distribution of Glyphosate-Resistant Horseweed (*Conyza canadensis*) and Relationship to Cropping Systems in the Central Valley of California. *Weed Science* 57:48–53.
- Henriet, F. and P.Y. Marechal. 2009. Black-Grass Resistance to Herbicides: Three years of Monitoring in Belgium. *Comm. Appl. Biol. Sci. Ghent University* 74/2:1-8.
- Hermann, J., M. Hess, T. Schubel, H. Streck, O. Richter and R. Beffa, 2014. Spatial and temporal development of ACCase and ALS resistant black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) populations in neighboring fields in Germany. *Julius-Kühn-Archiv* 443:274-279 DOI: <http://dx.doi.org/10.5073/jka.2014.443.034>
- Hess, M., R. Beffa, J. Kaiser, B. Laber, H. Menne and H. Streck. 2012. Status and development of ACCase and ALS Inhibitor resistant black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) in neighboring fields in Germany. *Julius-Kühn Archive* 434:163-170. DOI: <http://dx.doi.org/10.5073/jka.2012.434.019>
- Jander, G., S. R. Baerson, J. A. Hudak, K. A. Gonzalez, K. J. Gruys, and R. L. Last. 2003. Ethylmethanesulfonate Saturation Mutagenesis in *Arabidopsis* to Determine Frequency of Herbicide Resistance. *Plant Physiology* Vol. 131, pp. 139–146.
- Johnson, D. B., J. K. Norsworthy, and R. C. Scott. 2014. Distribution of Herbicide-Resistant Johnsongrass (*Sorghum halepense*) in Arkansas. *Weed Technology* 28:111-121.
- Kruger, G. R., V. M. Davis, S. C. Weller, J. M. Stachler, M. M. Loux, and W. G. Johnson. 2009. Frequency, Distribution, and Characterization of Horseweed (*Conyza canadensis*) Biotypes with Resistance to Glyphosate and ALS-Inhibiting Herbicides. *Weed Science* 57:652–659.
- Legleiter, T. R. and K. W. Bradley. 2008. Glyphosate and multiple herbicide resistance in common waterhemp (*Amaranthus rudis*) populations from Missouri. *Weed Science*. 56:582–587.
- Legere, A., H. J. Beckie, F. C. Stevenson, and A. G. Thomas. 2000. Survey of management practices affecting the occurrence of wild oat (*Avena fatua*) resistance to acetyl- CoA carboxylase inhibitors. *Weed Technology*. 14:366–376.
- Llewellyn, R. S. and S. B. Powles. 2001. High levels of herbicide resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in the wheatbelt of Western Australia. *Weed Technology*. 15:242– 248.
- Maxwell, B. D., M. L. Rousch, and S. R. Radosevich. 1990. Predicting the evolution and dynamics of herbicide resistance in weed populations. *Weed Technology*. 4:2-13.
- Neve, P., J. K. Norsworthy, K. L. Smith, and I. A. Zelaya. 2011a. Modelling evolution and management of glyphosate resistance in *Amaranthus palmeri*. *Weed Research*. 51:99– 112.
- Norsworthy, J. K., S. M. Ward, D. R. Shaw, R. S. Llewellyn, R. L. Nichols, T. M. Webster, K. W. Bradley, G. Frisvold, S. B. Powles, N. R. Burgos, W. W. Witt, and M. Barrett. 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science*. Special Issue. Pp. 31–62.
- Owen, M. J. and S. B. Powles. 2010. Glyphosate Resistant Rigid Ryegrass (*Lolium rigidum*) Populations in the Western Australian Grain Belt. *Weed Technology: February-April, Vol. 24, No. 1*, pp. 44-49.
- Owen, M. J., M. J. Walsh, R. S. Llewellyn, and S. B. Powles. 2007. Widespread occurrence of multiple herbicide resistance in Western Australian annual ryegrass (*Lolium rigidum*) populations. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58:711-718.
- Paterson, A. H.T., K. F. Schertz T, Y. Lin, S. Liu, And Y. Chang. 1995. The weediness of wild plants: Molecular analysis of genes influencing dispersal and persistence of Johnsongrass, *Sorghum halepense* (L.) Pers. *Proc. Natl. Acad. Sci USA* Vol 92, ppl 6127-6131.
- Powles, S. B., C. Preston, I. B. Bryan, and A. R. Jutsum. 1997. Herbicide resistance: impact and management. *Advances in Agronomy*, Volume 58, Copyright 1997 by Academic Press. Inc.
- Riar, D. S., J. K. Norsworthy, D. B. Johnson, R. C. Scott, and M. Bagavathiannan. 2011. Glyphosate Resistance in a Johnsongrass (*Sorghum halepense*) Biotype from Arkansas. *Weed Science* 59:299-304.
- Riar, D. S., J. K. Norsworthy, L. E. Steckel, D. O. Stephenson, IV, T. W. Eubank, and R. C. Scott. 2013. Assessment of Weed Management Practices and Problem Weeds in the Midsouth

United States— Soybean: A Consultant's Perspective. Weed Technology, 27(3):612-622.

Tucker, K. P., G. D. Morgan, S. A. Senseman, T. D. Miller, and P. A. Bauman. 2006. Identification, distribution, and control of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) ecotypes with varying levels of sensitivity to triasulfuron in Texas. Weed Technology. 20:745–750.

Walsh, M.J., M.J. Owen, S.B. Powles. 2007. Frequency and distribution of herbicide resistance in *Raphanus raphanistrum* population randomly collected across the Western Australian wheatbelt. Weed Research 47:542- 550.

Westhoven, A. M., V. M. Davis, K. D. Gibson, S. C. Weller, and W. G. Johnson. 2008. Field Presence of Glyphosate- Resistant Horseweed (*Conyza canadensis*), Common Lamb's Quarters (*Chenopodium album*), and Giant Ragweed (*Ambrosia trifida*) Biotypes with Elevated Tolerance to Glyphosate. Weed Technology 22:544-548.

Tài liệu này có thể truy cập ở website của HRAC toàn cầu:
<http://www.hracglobal.com>

***** Tuyên bố miễn trừ trách nhiệm:**

Mặc dù CropLife Việt Nam và các tổ công tác IRAC/HRAC/FRAC đã nỗ lực hết sức để trình bày những thông tin trên một cách chính xác và đáng tin cậy nhất có thể, chúng tôi sẽ không đảm bảo tính toàn vẹn, hiệu quả, kịp thời hoặc trình tự chính xác của những thông tin này. Trước khi áp dụng, mỗi người cần cân nhắc các quy định về việc sử dụng sản phẩm tại quốc gia sở tại và tuyệt đối tuân theo hướng dẫn được công nhận tại quốc gia đó. CropLife International và IRAC/HRAC/FRAC không chịu trách nhiệm và từ chối mọi liên đới trách nhiệm đối với các thiệt hại dưới bất kỳ hình thức nào phát sinh từ việc sử dụng, tham chiếu đến hoặc dựa trên những thông tin được cung cấp.