



Thiết bị cảm biến điện hóa (sensor điện hóa) tiên tiến có khả năng phát hiện dư lượng thuốc diệt cỏ phổ biến như glyphosate (Gly) với độ nhạy cao. Ảnh: ST.

CẢM BIẾN GIÚP PHÁT HIỆN NHANH THUỐC DIỆT CỎ ĐỘC HẠI

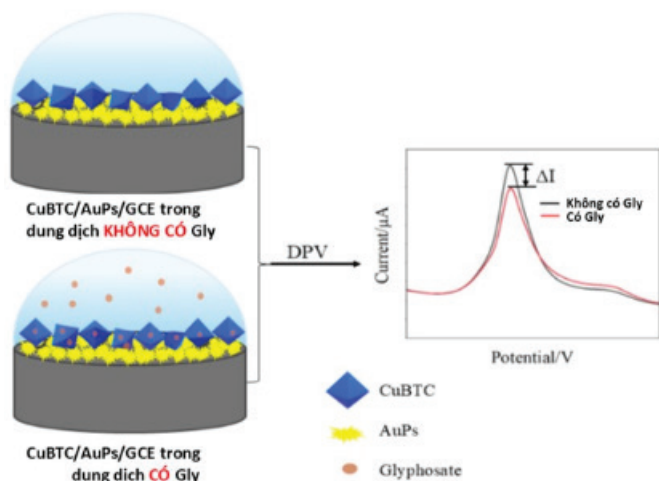
“

Mới đây, nhóm nghiên cứu Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã phát triển thành công thiết bị cảm biến điện hóa (sensor điện hóa) tiên tiến có khả năng phát hiện dư lượng thuốc diệt cỏ phổ biến như glyphosate (Gly) với độ nhạy cao. Công nghệ mới đã bắt kịp xu hướng quốc tế, mở ra hướng ứng dụng thiết thực trong giám sát môi trường và an toàn nông nghiệp.

”

Công cụ hữu ích giúp kiểm soát dư lượng thuốc bảo vệ thực vật

Glyphosate là một trong những loại thuốc diệt cỏ được sử dụng phổ biến nhất trên thế giới từ năm 1974 đến nay. Với liên kết trực tiếp giữa carbon và phospho rất bền trong phân tử, chất này khó bị phân hủy trong tự nhiên, khiến nó có thể tồn dư lâu dài trong đất và nước. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra glyphosate có thể gây hại cho sức khỏe con người, như sảy thai, dị tật bẩm sinh và biến đổi gen nếu tiếp xúc lâu dài. Ngoài ra, khi nồng độ vượt ngưỡng cho phép, glyphosate còn có thể gây độc cho động vật thủy sinh, làm ô nhiễm nguồn nước và ảnh hưởng đến đa dạng sinh học.



Sơ đồ quá trình biến tính và nguyên lý làm việc của sensor khi cài thêm hạt vàng.

Việc phát hiện và giám sát dư lượng glyphosate trong môi trường đã trở thành ưu tiên cấp thiết trong quản lý nông nghiệp và bảo vệ sức khỏe cộng đồng. Tuy nhiên, các phương pháp xác định hiện nay như sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC), sắc ký khí (GC) hay điện di mao quản dù có độ chính xác cao nhưng lại yêu cầu về thiết bị và quy trình xử lý mẫu phức tạp, khó triển khai đại trà.

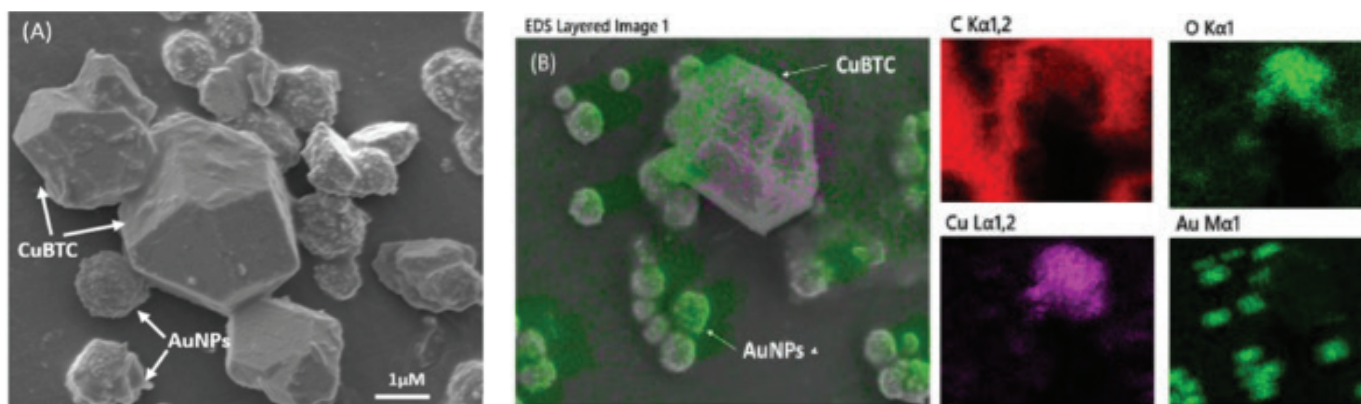
Để giải quyết bài toán này, nhóm nghiên cứu do PGS.TS. Vũ Thị Thu Hà chủ trì, đã phát triển thành công giải pháp mới: Sensor điện hóa sử dụng vật liệu khung cơ kim (MOF) cải tiến, có khả năng phát hiện lượng vết glyphosate nhanh chóng, chính xác và chi phí thấp hơn nhiều so với các phương pháp truyền thống. Đây là kết quả của đề tài cấp Viện Hàn lâm

Khoa học và Công nghệ Việt Nam về: “Chế tạo vật liệu khung cơ kim (MOF) có khả năng hấp phụ Gly hiệu quả và sử dụng chúng để phát triển sensor điện hóa nhằm phát hiện lượng vết Gly trong môi trường”.

Cảm biến điện hóa này được chế tạo từ 2 loại vật liệu chính: CuBTC và Zr-CuBTC. Trong đó, Zr-CuBTC là loại vật liệu kết hợp giữa 2 kim loại được lựa chọn nhờ khả năng “bắt giữ” glyphosate vượt trội. Việc thay thế một phần đồng (Cu) bằng zirconium (Zr) đã giúp mở rộng cấu trúc lỗ rỗng, tạo điều kiện cho phân tử glyphosate dễ dàng thâm nhập và bám vào bề mặt cảm biến. Đặc biệt, vật liệu mới còn cải thiện rõ rệt khả năng dẫn điện, khi chỉ số điện trở truyền điện giảm mạnh từ 2464 Ω (với CuBTC) xuống còn 703,3 Ω, cho thấy khả năng dẫn điện được cải thiện rõ rệt.

Cảm biến Zr-CuBTC trên điện cực GCE đạt giới hạn phát hiện chỉ $9,0 \times 10^{-13}$ M, đủ nhạy để nhận biết glyphosate ở nồng độ cực thấp trong nước. Dù một số nghiên cứu quốc tế có ngưỡng phát hiện thấp hơn, sensor mới của nhóm nổi bật ở hiệu suất tổng thể, độ ổn định và khả năng ứng dụng trong môi trường thực tế. Các thử nghiệm cho thấy, thời gian đáp ứng nhanh (chỉ 4,8 giây), độ lặp lại tốt, khả năng chọn lọc cao và không bị nhiễu bởi các hợp chất khác thường gặp trong mẫu nước.

Các nhà nghiên cứu đã tìm cách khắc phục nhược điểm về khả năng dẫn điện thấp của vật liệu MOF bằng cách kết hợp MOF CuBTC với các hạt nano vàng (AuPs) (sơ đồ như trên). Việc tích hợp hạt vàng không chỉ giúp tăng khả năng dẫn điện mà còn cải



(A) Ảnh hiển vi điện tử vật liệu (SEM), (B) ảnh thể hiện các hạt nano vàng phân bố đều trong cảm biến.

thiện hoạt tính xúc tác điện hóa của cảm biến. Nhờ đó, nhóm đã phát triển thành công phiên bản thứ 2 là cảm biến CuBTC/AuPs có tín hiệu dòng đo mạnh hơn rõ rệt, giúp phát hiện glyphosate ở nồng độ rất thấp (chỉ $4,4 \times 10^{-11}$ M).

Khả năng áp dụng thực tế cao

Theo PGS.TS. Vũ Thị Thu Hà: Ngưỡng phát hiện này không chỉ thấp hơn nhiều so với giới hạn phát hiện của một số cảm biến điện hóa đã được công bố (thường ở mức 10^{-9} - 10^{-8} M) mà còn tiệm cận với các hệ cảm biến tiên tiến được công bố trên các tạp chí quốc tế uy tín. Thiết bị cũng cho thấy khả năng hoạt động ổn định, có độ nhạy cao và kết quả lặp lại tốt trong điều kiện đo thực tế.

Một trong những điểm đáng chú ý của nghiên cứu là khả năng áp dụng thực tế cao. Hai loại sensor sau khi chế tạo đã được kiểm nghiệm trực tiếp trên mẫu nước sông Hồng và cho kết quả phù hợp với kết quả phân tích bằng LC-MS/MS (phương pháp hiện đại có độ chính xác cao). Điều này chứng minh, thiết bị cảm biến điện hóa có thể trở thành công cụ thay thế đáng tin cậy với lợi thế rõ rệt về chi phí và tính cơ động.

PGS.TS. Vũ Thị Thu Hà cho biết: Nhóm đã cải tiến vật liệu MOF bằng cách tích hợp với hạt nano vàng để tăng độ dẫn điện, từ đó tạo ra cảm biến điện hóa siêu nhạy phát hiện glyphosate với độ chính xác cao và giới hạn phát hiện thấp. Cảm biến có thể bảo quản tới 24 giờ trong điều kiện hút ẩm trước khi sử dụng mà vẫn giữ được hiệu suất đo, phù hợp cho khảo sát trực tiếp tại hiện trường mà không cần máy móc cồng kềnh hay kỹ thuật viên chuyên môn. Nhờ chi phí thấp, thao tác đơn giản và khả năng sử dụng ngay tại nơi lấy mẫu, thiết bị giúp cán bộ môi trường địa phương dễ dàng áp dụng, đồng thời giảm tải áp lực cho các phòng thí nghiệm môi trường và đơn vị kiểm soát nông nghiệp.

Kết quả của đề tài đã được công bố trên những tạp chí khoa học quốc tế uy tín thuộc danh mục SCIE và Scopus. Trong đó, năm 2024, nhóm đã phát triển thành công cảm biến điện hóa siêu nhạy phát hiện glyphosate và công bố trên tạp chí Analytical Letters.

Cùng năm, nghiên cứu về cảm biến tích hợp hạt nano vàng cũng đã được đăng trên Vietnam Journal of Chemistry, góp phần mở ra hướng ứng dụng mới trong giám sát chất lượng nước.



Nghiên cứu góp phần giải quyết bài toán dư lượng thuốc bảo vệ thực vật. Ảnh: ST.

Thiết bị cảm biến điện hóa phát hiện glyphosate do nhóm phát triển không chỉ góp phần giải quyết bài toán dư lượng thuốc bảo vệ thực vật mà còn khẳng định năng lực làm chủ công nghệ tiên tiến của các nhà khoa học Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Theo PGS.TS. Vũ Thị Thu Hà: Dù glyphosate đã chính thức bị loại khỏi danh mục thuốc bảo vệ thực vật được phép sử dụng tại Việt Nam theo Quyết định 1186/QĐ-BNN-BVTV ngày 10/4/2019 nhưng do hiệu quả mạnh trong diệt cỏ, hóa chất này vẫn được sử dụng trái phép tại nhiều địa phương. Vì vậy, thiết bị cảm biến phát hiện tồn dư glyphosate trong môi trường khi được triển khai sẽ là công cụ đắc lực cung cấp bằng chứng khoa học rõ ràng, giúp cơ quan quản lý siết chặt kiểm soát và thực thi nghiêm quy định pháp luật.

Phát huy kết quả tích cực ban đầu, nhóm nghiên cứu mong muốn sẽ tiếp tục tối ưu hóa cảm biến để tăng độ bền, kéo dài thời gian bảo quản và phù hợp hơn với điều kiện thực địa. Đồng thời, việc mở rộng nền tảng vật liệu MOF và công nghệ cảm biến sang các tác nhân ô nhiễm khác như thuốc trừ sâu, kim loại nặng hay vi chất từ rác thải cũng đang được định hướng nghiên cứu trong giai đoạn tiếp theo.

Lê Hạnh