

**Ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ phân hủy thuốc trừ sâu Fipronil trong đất**

**Lê Thị Mỹ Diệu, Hồ Xuân Anh Vũ, Trịnh Ngọc Băng Thanh, Huỳnh Thị Túy Ngọc,
Nguyễn Đăng Giảng Châu**

Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình xử lý:

Ngày nhận bài: 10/11/2025

Ngày nhận bản chỉnh sửa: 27/12/2025

Ngày nhận đăng: 29/12/2025

Ngày xuất bản: 20/4/2026

Từ khóa:

Fipronil;

Tốc độ phân hủy trong đất;

Thời gian bán hủy;

Năng lượng hoạt hóa.

TÓM TẮT

Sự tồn lưu của các HCBVTV trong môi trường đất đã và đang trở thành mối quan tâm lớn đối với cộng đồng khoa học và các nhà quản lý môi trường. Nghiên cứu này tập trung tìm hiểu vai trò của nhiệt độ đối với tốc độ phân hủy của thuốc trừ sâu fipronil trong môi trường đất. Một hệ thí nghiệm đã được thiết kế theo hướng dẫn của EFSA (Cơ quan an toàn thực phẩm Châu Âu). Ba mức nhiệt độ khảo sát gồm 30 °C, 40 °C, 50 °C. Phương trình động học phân hủy của fipronil trong các điều kiện nhiệt độ khác nhau đã được xác định và tuân theo động học biểu kiến bậc 1 với hệ số xác định $R^2 > 0.7$. Thời gian bán hủy của fipronil trong đất ứng với 3 mức nhiệt độ khảo sát lần lượt là: 26,3 ngày, 17,9 ngày, 2,3 ngày, chứng minh ảnh hưởng lớn của nhiệt độ đến quá trình phân hủy. Việc nghiên cứu động học phân hủy các HCBVTV trong đất đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá chu trình tồn tại của chúng trong môi trường tự nhiên, xác định khả năng phân hủy hóa học, từ đó hỗ trợ việc dự báo nguy cơ ô nhiễm, hướng dẫn sử dụng an toàn và xây dựng các chính sách quản lý phù hợp.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc sử dụng hóa chất bảo vệ thực vật (HCBVTV) ngày càng phổ biến nhằm kiểm soát dịch hại, nâng cao năng suất và đảm bảo chất lượng nông sản. Tuy nhiên, cùng với lợi ích về kinh tế, sự tích tụ và tồn lưu của các HCBVTV trong môi trường đất đã và đang trở thành mối quan tâm lớn đối với cộng đồng khoa học và các nhà quản lý môi trường. Sau khi được phun, các hoạt chất này có thể hấp phụ lên bề mặt đất, di chuyển vào tầng đất sâu hoặc rửa trôi ra môi trường nước, phụ thuộc vào đặc tính hóa lý của hợp chất và điều kiện đất – nước cụ thể (Laabs et al., 2007). Việc nghiên cứu động học phân hủy các HCBVTV trong đất đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá chu trình tồn tại của chúng trong môi trường tự nhiên, xác định khả năng và tốc độ phân hủy sinh học hoặc phân hủy hóa học, từ đó hỗ trợ việc dự báo nguy cơ ô nhiễm, hướng dẫn sử dụng an toàn và xây dựng các chính sách quản lý phù hợp (Beulke et al., 2000).

EFSA (Cơ quan an toàn thực phẩm Châu Âu) (2010), OECD (Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế) (OECD, 2002; 2016) (đã có những văn bản hướng dẫn cụ thể về việc xây dựng, quy hoạch các thí nghiệm để xác định quá trình phân hủy của HCBVTV trong điều kiện phòng thí nghiệm và ở ngoài thực địa. Nhìn chung các hệ thí nghiệm bố trí trong phòng (OECD, 2002) sẽ cho ra các kết quả bước đầu để xác định các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phân hủy, đường cong phân hủy (phương trình động học phân hủy), chất chuyển hóa thứ cấp (nếu có), và thời gian bán hủy của một HCBVTV.

Fipronil là thuốc trừ sâu phân cực không ion hóa thuộc họ phenylpyrazole, có độ hòa tan trong nước thấp (3,78 mg/L ở 20 °C) và có xu hướng hấp phụ cao vào đất và trầm tích ($K_{oc} = 825$) (EPA, 2006). Cơ chế phân hủy bao gồm cả các quá trình sinh học do vi sinh vật đất và phản ứng phi sinh học (oxi-khử, thủy phân, ánh sáng), dẫn tới các chất chuyển hóa độc tính như fipronil-sulfide, fipronil-sulfone, fipronil-desulfinyl và fipronil-amide (Tomazini et al., 2021); sự có mặt của cộng đồng vi sinh làm tăng tốc phân hủy so với đất tiệt

Tác giả liên hệ: Nguyễn Đăng Giảng Châu;

Địa chỉ e-mail: chaundg@hueuni.edu.vn;

DOI: <https://doi.org/10.26459/jse.052.2026>.

trùng (Singh et al., 2021). Fipronil thể hiện mức độ phân hủy rất biến thiên trong đất—từ vài ngày đến vài tháng—phụ thuộc mạnh vào điều kiện môi trường (nhiệt độ, ẩm độ), đặc tính đất (kết cấu, hàm lượng hữu cơ) và xử lý tiết trùng hay không; các nghiên cứu thời gian bán hủy ($t_{1/2}$) trong đất thay đổi rộng (ít nhất ~3 ngày đến vài trăm ngày) tùy điều kiện thí nghiệm và hiện trường (El-Aswad et al., 2024).

Nghiên cứu này tập trung tìm hiểu vai trò của nhiệt độ đối với tốc độ phân hủy của thuốc trừ sâu fipronil trong môi trường đất, từ đó xác định mô hình và các đại lượng động học liên quan.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất và thiết bị

Các hóa chất sử dụng bao gồm dung môi toluene và acetonitrile loại dùng cho phân tích sắc ký của hãng J.T. Baker (USA), các chất hấp phụ PSA, C18 của Sigma Aldrich (USA). Các hóa chất MgSO_4 , $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ loại tinh khiết dùng cho phân tích.

Các chất chuẩn được cấp chứng chỉ từ Sigma Aldrich gồm: fipronil, nội chuẩn TPP, chất đồng hành δ -HCH. Các dung dịch chuẩn làm việc được pha chế bằng cách pha loãng dung dịch chuẩn gốc trong dung môi toluene. Dung dịch chuẩn gốc được bảo quản trong điều kiện tối, ở nhiệt độ -20°C và sử dụng trong vòng 6 tháng. Các dung dịch chuẩn làm việc cũng được bảo quản tương tự, nhưng thời hạn sử dụng không vượt quá 2 tháng.

Các thiết bị chính được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm hệ thống sắc ký khí ghép nối hai lần khối phổ 3 tứ cực GC-MS TQ8040 (Shimadzu, Nhật Bản), sử dụng cột mao quản DB5-MS UI (kích thước $60\text{ m} \times 0,25\text{ mm} \times 0,25\text{ }\mu\text{m}$, Agilent, Hoa Kỳ) và khí mang helium có độ tinh khiết 99,9995 %.

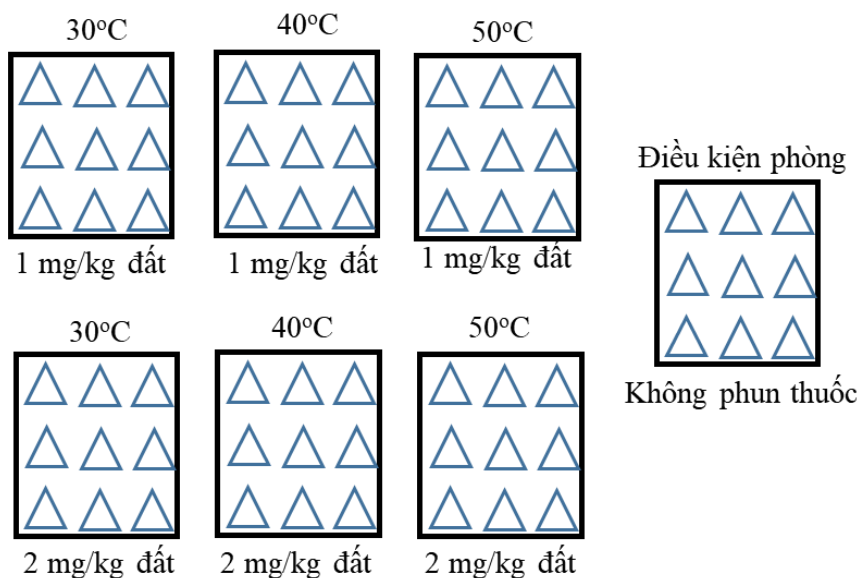
2.2. Thiết kế hệ thí nghiệm

Các hệ thí nghiệm được thiết kế theo hướng dẫn của OECD (2002), mô tả ở hình 1.

Phương pháp xây dựng các hệ thí nghiệm: 9 hệ thí nghiệm sẽ được xây dựng, bao gồm: 04 hệ phun fipronil theo liều khuyến cáo, 04 hệ phun fipronil gấp đôi liều khuyến cáo, toàn bộ giữ trong tối ở 30°C , 40°C và 50°C , 01 hệ kiểm soát không phun thuốc, để ở điều kiện phòng. Mỗi hệ là 1 thùng xốp kích cỡ $40 \times 60 \times 80\text{ cm}$ được thiết kế kèm bộ kiểm soát nhiệt độ (hạ nhiệt hoặc gia nhiệt theo cài đặt). Độ ẩm của đất được bổ sung bằng nước cất hằng ngày.

Đất nghiên cứu sau khi đã phân tích các thông số tính chất đất cơ bản được xử lý làm sạch vật chất thô, nghiền mịn, cân 100 g cho vào các bình tam giác dung tích 250 mL và thêm fipronil ở 2 mức: một mức theo khuyến cáo, và một mức gấp đôi khuyến cáo.

Phương pháp lấy mẫu: mỗi mẫu chứa trong bình tam giác được lấy lần lượt theo lịch thu mẫu, dự định vào các ngày 0 (ngay sau khi thêm HCBVTV vào đất), 1, 3, 7, 14, 21, 35, 56, 90. Như vậy, mỗi hệ gồm 9 bình. Sau đó tiến hành phân tích nồng độ fipronil trong đất theo thời gian.



Hình 1. Mô tả hệ thí nghiệm xác định động học phân hủy fipronil trong đất.

2.3. Phương pháp phân tích

Nghiên cứu này áp dụng quy trình phân tích đồng thời HCBVTV trong đất với kỹ thuật chuẩn bị mẫu

QuEChERS theo đề xuất của AOAC 2007.1 (Lehotay, 2007), có thể mô tả ngắn gọn như sau: khoảng 10 g đất khô được cân chính xác, cho vào ống ly tâm, thêm 15 mL dung môi chiết acetonitrile, lắc mạnh trong vài phút. Sau đó bổ sung hỗn hợp muối khan MgSO_4 để tách pha. 4 mL ở pha acetonitril được hút ra, cho vào ống ly tâm dung tích 15 mL, lắc và ly tâm, sau đó làm sạch bằng chiết phân tán với MgSO_4 và chất hấp phụ PSA nhằm loại bỏ các tạp chất. 2 mL dịch trong sau chiết được thổi khô bằng khí N_2 , thêm 10 μg nội chuẩn TPP, định mức về 1 mL bằng toluene và phân tích bằng GC-MS để định lượng fipronil.

2.4. Phương pháp đánh giá

Để đánh giá độ tuyến tính, xây dựng đường chuẩn (7 mức nồng độ từ 10 đến 1000 ppb). Nồng độ fipronil được định lượng bằng phương pháp đường chuẩn sử dụng chất nội chuẩn. Phương trình đường chuẩn có dạng: $y = ax + b$; trong đó $y = S_A/S_{IS}$; $x = C_A$. Với: C_A là nồng độ fipronil A; S_A/S_{IS} là tỉ lệ diện tích peak fipronil/ diện tích peak chất nội chuẩn.

Giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ) của phương pháp được xác định dựa trên 7 lần bơm lặp lại dung dịch có nồng độ nhỏ nhất của chất phân tích mà thiết bị còn cho tín hiệu lớn hơn giá trị $3S/N$. LOD và LOQ được tính theo công thức: $\text{LOD} = 3SD$ (ppb); $\text{LOQ} = 10SD$ (ppb). Độ đúng và độ lặp lại của phương pháp được thực hiện qua việc phân tích mẫu trắng (mẫu đất sạch không phun fipronil) thêm chuẩn lặp lại 3 lần ở 2 mức nồng độ 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ và 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Độ đúng được đánh giá qua độ thu hồi. Độ lặp lại được đánh giá qua độ lệch chuẩn tương đối (RSD). Tiêu chuẩn AOAC (2016) được sử dụng để đánh giá, trong đó yêu cầu độ thu hồi nằm trong khoảng 80-120 %, độ lệch chuẩn tương đối $< 15 \%$ ở 3 mức nồng độ khảo sát.

2.5. Phương pháp xác định động học phản ứng:

Về lý thuyết, các phản ứng phân hủy HCBVTV thường tuân theo động học bậc 1.

Phản ứng Bậc 1 có dạng $C_t = C_0 \cdot e^{-k \cdot t}$ hay $\ln C_t = \ln C_0 - k \cdot t$

Tiến hành vẽ đồ thị $\ln C$ theo t , sau đó tính hệ số xác định R^2 và p-value cho từng phương trình.

Xác định thời gian bán hủy ($t_{1/2}$) là: thời gian cần thiết để giảm nồng độ về một nửa so với nồng độ ban đầu.

Các so sánh, đánh giá thống kê được tiến hành trên phần mềm Sigma Plot 14 và Excel 2019.

3. KẾT QUẢ

3.1. Các thông số tính chất đất nghiên cứu

Đất nghiên cứu được phân tích các tính chất hóa lý cơ bản bao gồm: pH, nhiệt độ, độ ẩm, khả năng trao đổi cation (CEC), tổng carbon hữu cơ (TOC), sa cấu đất. Kết quả được trình bày ở bảng 1 cho thấy đất có môi trường acid nhẹ (5.3), độ ẩm trung bình (21%), khả năng trao đổi cation tốt (22 cmol/kg), hàm lượng hữu cơ vừa phải (2 %), đất thuộc dạng phù sa cát pha limon.

Bảng 1. Các thông số tính chất đất cơ bản của đất nghiên cứu

Thông số		Giá trị	Phương pháp phân tích
pH	(n = 3)	5.3 ± 0.5	TCVN 5979:2021
Độ ẩm	(%), (n = 3)	21.3 ± 0.2	TCVN 4048:2011
CEC	(cmol/kg), (n = 3)	22.1 ± 0.7	TCVN 8568:2010
TOC	(%), (n = 3)	2.1 ± 0.3	TCVN 8941:2011
Sa cấu	Cát (0,05 – 2 mm)	41	TCVN 6862:2012
	Limon (0,002 – 0,05 mm)	34	
	Sét ($< 0,002$ mm)	25	

3.2. Hiệu lực hóa phương pháp phân tích fipronil trong đất

Đường chuẩn được xây dựng từ 7 điểm chuẩn từ 10 đến 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ có dạng như sau:

$$y = 0,005x - 0,1364 \quad (R^2 = 0,9984)$$

Giới hạn phát hiện của phương pháp xác định theo tỉ lệ S/N đạt được là: $\text{LOD} = 6 \mu\text{g}/\text{kg}$.

Giới hạn định lượng của phương pháp xác định được là: $\text{LOQ} = 18 \mu\text{g}/\text{kg}$

Độ đúng và độ lặp lại của phương pháp được đánh giá dựa trên độ thu hồi của 3 mẫu thêm chuẩn lặp lại ở 2 mức nồng độ 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ và 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Kết quả được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Độ đúng và độ lặp lại của phương pháp

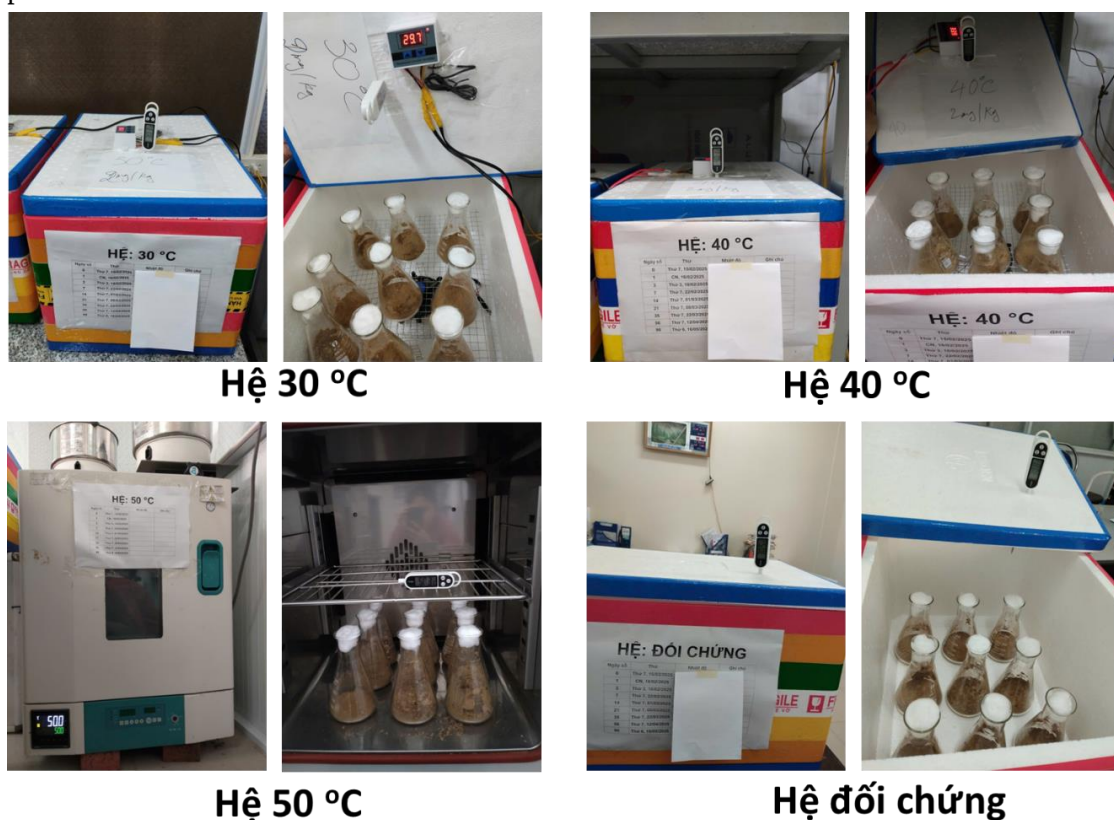
STT	Chất phân tích	Nồng độ thu hồi trung bình (µg/kg)			Rev%			Trung bình (%)	RSD (%)
Thêm chuẩn 25 µg/kg									
1	δ-HCH (*)	18,9	22,1	20,9	75,6	88,4	83,6	82,5	6,5
4	Fipronil	28,3	30,2	26,3	113,3	120,8	105,3	113,2	7,8
Thêm chuẩn 200 µg/kg									
1	δ-HCH (*)	159,1	171,2	185,4	79,5	85,6	92,7	85,9	6,6
4	Fipronil	192,8	184,6	216,8	96,4	92,3	108,4	99,0	8,4

* δ -HCH: chất đồng hành

Kết quả ở **bảng 2** cho thấy phương pháp có độ thu hồi từ 82 % -113 % đối với hai mức thêm chuẩn, và RSD < 8,4 %, đạt yêu cầu của AOAC (2016).

3.3. Hệ thí nghiệm xác định ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ phân hủy fipronil trong đất

Hình 2 là hình ảnh thực tế các hệ thí nghiệm được xây dựng gồm 2 hệ 30 °C (liều phun 1 mg/kg và 2 mg/kg), 2 hệ 40 °C, 2 hệ 50 °C được đặt trong tủ sấy, và một hệ đối chứng đặt ở điều kiện thường và không phun fipronil.

**Hình 2.** Hình ảnh thực tế các hệ thí nghiệm được xây dựng.

Nhiệt độ được kiểm soát thường xuyên và dao động không quá 0,3 °C trong suốt 90 ngày thí nghiệm.

3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ đến tốc độ phân hủy fipronil trong đất ở quy mô phòng thí nghiệm

Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong bảng 3.

Dữ liệu phân tích động học phân hủy cho thấy fipronil trong đất tuân theo mô hình bậc một với hệ số tương quan hiệu chỉnh ($\text{Adj. } R^2$) dao động từ 0,70 đến 0,95. Điều này chứng tỏ mô hình động học bậc một mô tả tương đối tốt quá trình phân hủy của fipronil trong các điều kiện nhiệt độ và nồng độ khác nhau.

Kết quả ở nồng độ 1 ppm cho thấy khi nhiệt độ tăng từ 30 °C $\rightarrow$ 40 °C $\rightarrow$ 50 °C thì hệ số tốc độ phản ứng (k) tăng từ **0,0263 ngày⁻¹** $\rightarrow$ **0,0387 ngày⁻¹** $\rightarrow$ **0,2988 ngày⁻¹**, tương ứng với thời gian bán phân hủy (DT_{50}) giảm mạnh từ **26,36 ngày** $\rightarrow$ **17,91 ngày** $\rightarrow$ **2,32 ngày**.

Tương tự, ở nồng độ 2 ppm, khi nhiệt độ tăng từ 30 °C $\rightarrow$ 40 °C $\rightarrow$ 50 °C, hệ số k thay đổi từ **0,015 ngày⁻¹** $\rightarrow$ **0,0409 ngày⁻¹** $\rightarrow$ **0,0716 ngày⁻¹**, với DT_{50} giảm từ **46,21 ngày** $\rightarrow$ **16,95 ngày** $\rightarrow$ **9,68 ngày**.

Điều đó chứng tỏ nhiệt độ là yếu tố quan trọng thúc đẩy sự phân hủy fipronil trong đất.

Bảng 3 thể hiện các giá trị nồng độ Fipronil ($\mu\text{g/kg}$) còn lại sau thời gian 0, 1, 3, 7,... ngày trong các hệ thí nghiệm.

Bảng 3. Phụ thuộc của nhiệt độ và nồng độ phun đến quá trình phân hủy Fipronil

Ngày	Nồng độ fipronil ($\mu\text{g/kg}$) trong đất xác định được theo ngày					
	Các hệ phun fipronil mức 1 mg/kg			Các hệ phun fipronil mức 2 mg/kg		
	30 °C	40 °C	50 °C	30 °C	40 °C	50 °C
0	471.6	747.3	621.9	1102.4	1102.446	833.6
1	607.6	703.1	589.5	789.0	788.971	-
3	488.9	742.5	207.2	658.2	658.227	-
7	322.4	432.4	-	647.4	647.371	663.8
14	-	-	45.8	542.7	542.669	302.6
21	418.3	-	26.4	468.5	468.515	123.2
31	181.6	-	34.3	-	-	105.5
36	191.0	233.8	13.5	215.3	215.305	37.6
42	252.2	-	8.8	151.8	151.778	27.7
66	< LOD	-	8.6	< LOD	< LOD	< LOD
R²	0.7762	0.8294	0.9584	0.7045	0.9051	0.9569
Co	524.5	735.5	666.6	910.5	910.4	884.7
K	0.0263	0.0387	0.2988	0.015	0.0409	0.0716
DT₅₀	26.4	17.9	2.3	46.2	16.9	9.7

“-”: không có số liệu

3.5. Năng lượng hoạt hóa của phản ứng phân hủy fipronil trong đất

Áp dụng phương trình Arrhenius:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Trong đó:

k : hằng số tốc độ (thu được từ mô hình động học ở từng nhiệt độ),

A : yếu tố tiền-exponential (pre-exponential factor),

E_a : năng lượng hoạt hoá (J/mol),

R : hằng số khí lý tưởng (8.314 J/mol·K),

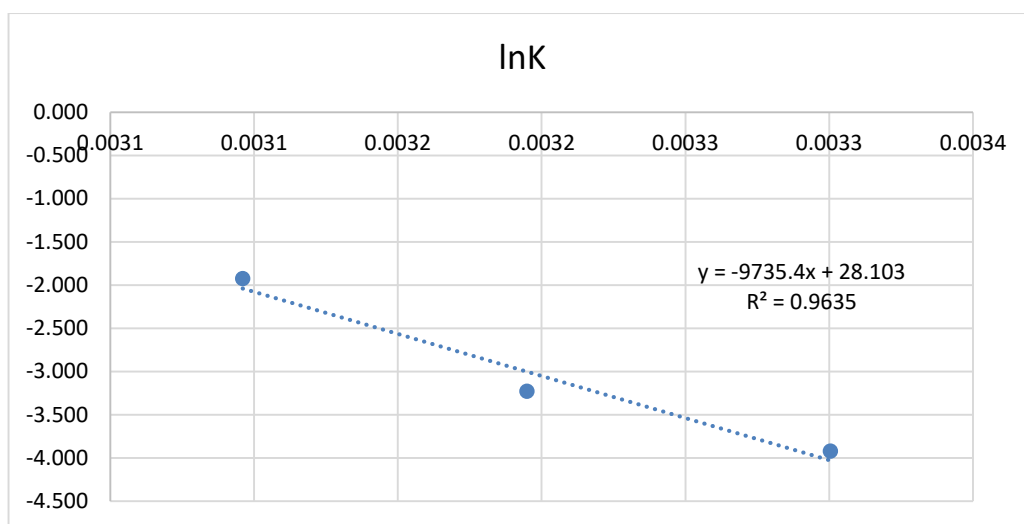
T : nhiệt độ tuyệt đối (Kelvin, K).

Tiến hành vẽ đồ thị $1/T$ theo $\ln K$, trong đó các giá trị $1/T$ và $\ln K$ tương ứng như bảng 4.

Bảng 4. Các giá trị $1/T$ và $\ln K$ ở hai mức nồng độ khác nhau

	Nhiệt độ	1/T	lnK
1ppm	30	0.0033	-3.638
	40	0.0032	-3.252
	50	0.0031	-1.208
2ppm	30	0.0033	-4.200
	40	0.0032	-3.197
	50	0.0031	-2.637
Trung bình	30	0.0033	-3.919
	40	0.0032	-3.224
	50	0.0031	-1.922

Vẽ đồ thị $1/T$ theo $\ln K$ ở hình 3, ta có hệ số góc là $-E_a/R = -9735.4$



Hình 3. Đồ thị $1/T$ theo $\ln K$ từ phương trình Arrhenius.

Từ đó, tính ra được giá trị $E_a = 80940.1 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)} = 80.9 \text{ KJ/mol}$

Ta thấy, năng lượng hoạt hóa E_a ở **mức cao** chứng tỏ phản ứng xảy ra chậm ở nhiệt độ thấp, nhưng nếu tăng nhiệt độ lên cao thì tốc độ phản ứng tăng nhanh khi vượt qua được rào cản thế năng E_a này. Từ bảng 3 ta thấy được khi tăng nhiệt độ lên cao (50 °C) tốc độ phản ứng tăng mạnh.

Từ phương trình Arrhenius, ta tính được Hệ số pre-exponential (A) như bảng 5.

Bảng 5. Hệ số pre-exponential (A)

	Nhiệt độ (°C)	k (s ⁻¹)	A (s ⁻¹)
1ppm	30	0.0263	2.3651×10^{12}
	40	0.0387	1.2468×10^{12}
	50	0.2988	3.675×10^{12}
2ppm	30	0.015	1.3489×10^{12}
	40	0.0409	1.3177×10^{12}
	50	0.0716	0.88062×10^{12}

Kết quả cho thấy: Hầu hết ở tất cả các nhiệt độ với nồng độ tương ứng có A rất lớn cho ta thấy được rằng phản ứng có nhiều va chạm hiệu quả, chỉ cần vượt qua E_a là phản ứng sẽ xảy ra rất nhanh.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã thành công trong việc thiết kế và thực hiện các hệ thí nghiệm theo hướng dẫn của OECD để đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ phân hủy của thuốc trừ sâu fipronil trong môi trường đất. Kết quả cho thấy quá trình phân hủy fipronil tuân theo động học biểu kiến bậc 1, với hệ số xác định (R^2) dao động từ 0,7045 đến 0,9584, chứng tỏ mô hình này mô tả tốt sự biến đổi nồng độ theo thời gian.

Nhiệt độ được xác định là yếu tố quan trọng thúc đẩy quá trình phân hủy, với thời gian bán hủy (DT_{50}) giảm đáng kể khi nhiệt độ tăng từ 30°C lên 50°C. Cụ thể, ở nồng độ 1 ppm, DT_{50} lần lượt là 26,36 ngày (30 °C), 17,91 ngày (40 °C) và 2,32 ngày (50 °C); ở nồng độ 2 ppm, các giá trị tương ứng là 46,21 ngày, 16,95 ngày và 9,68 ngày.

Áp dụng phương trình Arrhenius, năng lượng hoạt hóa (E_a) được tính là 80,9 kJ/mol, cho thấy phản ứng phân hủy nhạy cảm với nhiệt độ và diễn ra chậm ở điều kiện nhiệt độ thấp nhưng tăng tốc mạnh mẽ khi vượt qua rào cản năng lượng. Hệ số tiền mũ (A) lớn ở tất cả các điều kiện nhiệt độ và nồng độ khảo sát, phản ánh tần số va chạm hiệu quả cao giữa các phân tử, góp phần giải thích tốc độ phân hủy nhanh chóng khi nhiệt độ tăng.

Nghiên cứu gợi ý hướng tiếp theo là mở rộng khảo sát ở điều kiện thực địa, xem xét sự kết hợp giữa nhiệt độ với các yếu tố khác (như ẩm độ hoặc vi sinh vật đất), và đánh giá độc tính của các chất chuyển hóa thứ cấp từ fipronil để hỗ trợ xây dựng chính sách quản lý môi trường bền vững.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đề tài cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo với Mã số: **B2025-DHH-05**. Nhóm tác giả chân thành cảm ơn một phần đóng góp của Đề tài sinh viên nghiên cứu khoa học Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế với Mã số đề tài: **ĐHKH2025B-24**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- AOAC International. (2016). *Appendix F: Guidelines for standard method performance requirements*. In *Official Methods of Analysis of AOAC International*.
- Beulke, S., Dubus, I. G., Brown, C. D., & Gottesbüren, B. (2000). *Simulation of pesticide persistence in the field on the basis of laboratory data: A review*. *Journal of Environmental Quality*, 29(5), 1371–1379.
- El-Aswad, A. F., Mohamed, A. E., & Fouad, M. R. (2024). *Investigation of dissipation kinetics and half-lives of fipronil and thiamethoxam in soil under various conditions using experimental modeling design by Minitab software*. *Scientific Reports*, 14, 13275.
- European Food Safety Authority. (2010). *Guidance for evaluating laboratory and field dissipation studies to obtain DegT50 values of plant protection products in soil*. *EFSA Journal*, 8(12), 1936.
- Laabs, V., Wehrhan, A., Pinto, A., Dores, E. F. G. C., & Amelung, W. (2007). *Pesticide fate in tropical wetlands of Brazil: An aquatic microcosm study under semi-field conditions*. *Chemosphere*, 67(5), 975–989.
- Lehotay, S. J. (2007). *Official Method 2007.01: Pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate*. *Journal of AOAC International*, 90(2), 485–520.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2002). *Test No. 307: Aerobic and anaerobic transformation in soil (OECD Guidelines for the Testing of Chemicals)*. OECD Publishing.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2016). *Guidance document for conducting pesticide terrestrial field dissipation studies*. OECD Publishing.
- Singh, N. S., Sharma, R., Singh, S. K., & Singh, D. K. (2021). *A comprehensive review of environmental fate and degradation of fipronil and its toxic metabolites*. *Environmental Research*, 199, 111316.
- Tomazini, R., Saia, F. T., van der Zaan, B., Grosseli, G. M., Moreira, J. C., & Oliveira, R. T. D. (2021). *Biodegradation of fipronil: Transformation products, microbial characterisation and toxicity assessment*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232, 302.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2006). *Data evaluation report: Modeling fate and transport from turf (MRID No. 46936103)*.

Effect of temperature on the degradation rate of fipronil in soil

**Le Thi My Dieu, Ho Xuan Anh Vu, Trinh Ngoc Bang Thanh, Huynh Thi Tuy Ngoc,
Nguyen Dang Giang Chau**

Faculty of Chemistry, University of Sciences, Hue University

ARTICLE INFO*Article history:**Received: 10 November 2025**Received in revised form: 27 December 2025**Accepted: 29 December 2025**Published: 20 April 2026**Keywords:**Fipronil;**Degradation rate in soil;**Half-life time;**Activation energy.**Corresponding author:**Nguyen Dang Giang Chau**E-mail address:**chaundg@hueuni.edu.vn***ABSTRACT**

Pesticide residue in soil is a major concern for the scientific community and environmental managers. This study aims to figure out how temperature affects the degradation rate of fipronil in soil under laboratory experiment. Experimental systems were designed according to EFSA guidelines (European Food Safety Authority). Three tested temperature included: 30°C, 40°C and 50°C. Dissipation models of fipronil were identified, which followed pseudo first-order kinetics with $R^2 > 0.7$. Half-life times of fipronil in soil at 30°C, 40°C and 50°C were 26.3, 17.9, and 2.3 days, respectively. These results demonstrated the significant influence of temperature on the degradation process. Degradation kinetics of pesticides in soil plays a crucial role in assessing their life cycle in the natural environment, determining their chemical degradation potential, supporting risk forecasting, safe use guidance, and the development of appropriate management policies.