*Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Science of The Earth & Environment 2024, 8(2):1011-1019*

*Bài nghiên cứu*

Open Access Full Text Article

# Đánh giá khả năng phân hủy chất chlorpyrifos ethyl trong đất trồng chè ở Bảo Lộc, Lâm Đồng bằng mô hình ủ hỗn hợp sinh học biomix có bổ sung nấm *Penicillium chrysogenum* $N_2$

**Trần Minh Bảo[1,*], Lê Đức Trung[1], Trần Thị Hằng[2], Phạm Quốc Cường[2], Nguyễn Dương Tâm Anh[2], Phạm Hoàng Thương[1]**

**TÓM TẮT**

Nghiên cứu này đánh giá khả năng xử lý chlorpyrifos ethyl (CE) – một chất bảo vệ thực vật phổ biến – bằng mô hình ủ hỗn hợp sinh học (biomix) trong đất trồng chè tại Bảo Lộc, Lâm Đồng, Việt Nam. Lâm Đồng có diện tích trồng chè lớn nhất cả nước, với 23.000 ha, cung cấp 71.000 tấn chè mỗi năm, nhưng việc lạm dụng hóa chất bảo vệ thực vật, đặc biệt là CE, đã dẫn đến ô nhiễm đất nghiêm trọng. Chlorpyrifos ethyl là một chất độc thần kinh mạnh, tồn lưu lâu trong đất và phân hủy chậm. Hỗn hợp biomix gồm đất trồng chè, rơm, than bùn và nấm phân hủy lignin được chuẩn bị với các chỉ tiêu ban đầu: độ ẩm 60%, pH 6,95, cacbon hữu cơ 21,03%, nitơ tổng 1,29%, tỷ lệ C/N 16,30. Chủng nấm Penicillium chrysogenum $N_2$ có hoạt tính phân hủy lignin 173,2 U/kg được bổ sung vào biomix với tỷ lệ 5% để tăng cường khả năng phân hủy CE. Kết quả cho thấy hiệu quả phân hủy CE đạt từ 96% đến 99% sau 30 ngày ủ, với nồng độ CE từ 10ppm đến 150ppm, trong điều kiện tối ưu là độ ẩm 60%, nhiệt độ 37°C và pH 6. Nghiên cứu cũng theo dõi sự biến động của các thông số hóa lý của biomix, cho thấy sự thay đổi nhiệt độ, độ ẩm và pH phù hợp cho sự phát triển của vi sinh vật và phân hủy CE. Kết quả này khẳng định tiềm năng ứng dụng thực tiễn của hố ủ vi sinh trong xử lý ô nhiễm từ thuốc bảo vệ thực vật, góp phần bảo vệ môi trường và phát triển nông nghiệp bền vững.

**Từ khoá:** : ủ hỗn hợp vi sinh, biomix, chlorpyrifos ethyl, Penicillium chrysogenum

[1]*Viện Môi Trường và Tài Nguyên, Đại học Quốc gia TPHCM, Việt Nam*

[2]*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TPHCM, Việt Nam*

**Liên hệ**

**Trần Minh Bảo**, Viện Môi Trường và Tài Nguyên, Đại học Quốc gia TPHCM, Việt Nam

Email: minhbao@hcmier.edu.vn

**Lịch sử**

- Ngày nhận: 29-6-2024
- Ngày sửa đổi: 29-8-2024
- Ngày chấp nhận: 25-12-2024
- Ngày đăng:

**DOI :**

**https://doi.org/10.32508/stdjsee.v8i2.779**

Check for updates

**Bản quyền**

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNUHCM PRESS

## MỞ ĐẦU

Sản xuất chè tại Việt Nam đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế quốc gia, đặc biệt là tại tỉnh Lâm Đồng. Hiện nay, Lâm Đồng là tỉnh có diện tích trồng chè lớn nhất cả nước với 23.000 ha, cung cấp 71.000 tấn chè, chiếm 13% sản lượng chè toàn quốc[1]. Để nâng cao năng suất và ngăn ngừa sâu bệnh, người dân ngày càng lạm dụng hóa chất bảo vệ thực vật, đặc biệt là chlorpyrifos ethyl (O, O-diethyl O-3,5,6-trichloropyridin-2-yl phosphorothioate), một hợp chất lân hữu cơ được sử dụng rộng rãi.

Chlorpyrifos ethyl (CE) là một chất độc thần kinh mạnh với khả năng hấp phụ cao vào đất, hệ số $K_{oc}$ dao động từ 652 đến 30.381 L/kg tùy theo loại đất[2]. Trong đất, chu kỳ bán rã của chlorpyrifos từ 10 đến 120 ngày và khả năng hòa tan trong nước tương đối thấp (2 mg/L)[3]. Chlorpyrifos ức chế enzyme acetylcholinesterase, ngăn chặn enzyme này phân giải acetylcholine, làm rối loạn truyền tín hiệu thần kinh ở côn trùng và dẫn đến cái chết của chúng[4]. Việc lạm dụng chlorpyrifos dẫn đến lượng lớn hóa chất tồn lưu trong đất, nước và nông sản, gây hại cho các sinh vật khác và sức khỏe cộng đồng.

Các thí nghiệm trên động vật cho thấy liều gây chết trung bình (LD50) của chlorpyrifos qua đường miệng ở lợn guinea là 500 mg/kg, ở thỏ là 1000 mg/kg, ở chuột là 135-163 mg/kg, ở gà là 32 mg/kg và ở cừu là 800 mg/kg[5]. Trong đất, chlorpyrifos ethyl có thể bị phân hủy qua các con đường hóa học, vật lý và sinh học. Để giảm dư lượng thuốc bảo vệ thực vật một cách hiệu quả, bền vững và thân thiện với môi trường, phương pháp phân hủy sinh học bằng hố ủ vi sinh được ưu tiên hơn cả. Vi sinh vật có thể phân hủy chlorpyrifos thành các sản phẩm trung gian như 3,5,6-trichloro-2-pyridinol (TCP), diethylthiophosphoric acid (DETP), và một số vi sinh vật còn có thể tiếp tục chuyển hóa các sản phẩm trung gian này[6,7].

Chlorpyrifos Ethyl (CE) là một loại thuốc trừ sâu phổ biến, và việc phân hủy nó đòi hỏi các phương pháp hiệu quả và an toàn. Phương pháp Hóa Học: Phương pháp hóa học sử dụng các chất oxy hóa mạnh như kali permanganat, ozon hoặc peroxit để phá vỡ cấu trúc hóa học của CE. Phương pháp này phân hủy nhanh

**Trích dẫn bài báo này:** Bảo T M, Trung L D, Hằng T T, Cường P Q, Anh N D T, Thương P H. **Đánh giá khả năng phân hủy chất chlorpyrifos ethyl trong đất trồng chè ở Bảo Lộc, Lâm Đồng bằng mô hình ủ hỗn hợp sinh học biomix có bổ sung nấm *Penicillium chrysogenum* $N_2$** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ. 2024, 8(2):1011-1019.*

chóng và có thể áp dụng trên diện rộng, nhưng có thể gây ô nhiễm thứ cấp và tạo ra các sản phẩm phân hủy độc hại, đồng thời chi phí hóa chất cao và yêu cầu quản lý an toàn cẩn thận. Phương pháp Vật Lý: Phương pháp vật lý như đốt cháy hoặc xử lý nhiệt không sử dụng hóa chất nên giảm nguy cơ ô nhiễm hóa học và có thể tiêu hủy hoàn toàn các chất độc hại. Tuy nhiên, quá trình này tạo ra khí thải và có thể góp phần vào hiệu ứng nhà kính, đồng thời chi phí cao và yêu cầu thiết bị đặc biệt. Phương pháp Phân Hủy Sinh Học: Phương pháp phân hủy sinh học sử dụng vi sinh vật để phân hủy CE một cách tự nhiên, không tạo ra các sản phẩm phụ độc hại và thân thiện với môi trường. Phương pháp này có chi phí thấp, sử dụng nguyên liệu sẵn có như rơm, đất và than bùn, giảm thiểu chi phí xử lý và không tạo ra ô nhiễm thứ cấp. Ngoài ra, phương pháp sinh học có thể áp dụng cho nhiều loại chất thải hữu cơ khác nhau và không cần nhiều công nghệ phức tạp.[8]

Mô hình ủ hỗn hợp sinh học biomix với thành phần chính gồm rơm, đất và than bùn, có chức năng làm nguồn cơ chất, ổn định môi trường và phân hủy thuốc bảo vệ thực vật nhờ hoạt động của vi sinh vật. Lớp cỏ giúp điều chỉnh độ ẩm và giữ lại 98% thuốc bảo vệ thực vật không bị mưa rửa trôi. Phía trên hố, người dân có thể thao tác, sử dụng và pha chế thuốc bảo vệ thực vật, dư lượng thuốc sau đó được hố ủ vi sinh tiếp nhận và phân hủy. Trong hố ủ vi sinh, thuốc bảo vệ thực vật bị phân hủy nhờ quá trình sinh trưởng và phát triển của hệ vi sinh, đặc biệt là hệ vi nấm. Dư lượng thuốc bảo vệ thực vật trong môi trường bị phân hủy bởi tia UV từ ánh sáng mặt trời, các phản ứng hóa học và sinh học, cũng như các phản ứng có xúc tác của các enzyme do vi sinh vật tạo ra hoặc có sẵn trong chúng[1,2,5,9].

Việc áp dụng phương pháp ủ biomix không chỉ giúp giảm thiểu ô nhiễm môi trường mà còn mang lại giải pháp bền vững và kinh tế cho người nông dân trong việc xử lý dư lượng thuốc bảo vệ thực vật, góp phần bảo vệ sức khỏe cộng đồng và hệ sinh thái.

## VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### Vật liệu nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, 75 mẫu đất đơn (200g mỗi mẫu) từ các khu vực trồng chè ở Thôn 4, Lộc Tân, Bảo Lâm, Lâm Đồng được thu thập theo phương pháp lưới ô vuông ở độ sâu 0-30 cm. Các mẫu đất đơn trong cùng một khu vực khoảng 1ha được trộn lại thành một mẫu tổ hợp, kết quả là 5 mẫu đất tổ hợp từ khu vực nghiên cứu rộng khoảng 5 ha. Mẫu đất được cho vào túi PE kèm theo nhãn ghi tên mẫu, vị trí, ngày lấy, độ sâu lấy mẫu và được bảo quản ở nhiệt độ dưới 4°C trong thùng lạnh. Sau đó, các mẫu đất hỗn hợp được để khô tự nhiên ở nhiệt độ phòng, đồng nhất bằng rây 3mm, và bảo quản trong túi sạch ở nhiệt độ 4-10°C.

Chủng nấm *Penicillium chrysogenum* có khả năng phân hủy lignin được phân lập từ rơm, nuôi cấy trong phòng thí nghiệm của Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. Chủng nấm này được nuôi lắc 120 vòng/phút trong môi trường thích hợp trong vòng 6-7 ngày ở nhiệt độ 30°C. Môi trường nuôi cấy cho *Penicillium chrysogenum* bao gồm các thành phần dinh dưỡng cần thiết để hỗ trợ sự phát triển và hoạt động sinh học của vi sinh vật này. Một công thức môi trường nuôi cấy thông thường bao gồm: Nguồn cacbon: Glucose hoặc sucrose (20 g/L) được sử dụng như nguồn năng lượng chính. Nguồn nitơ: Peptone (10 g/L) hoặc yeast extract (5 g/L) cung cấp nitơ cần thiết cho sự tổng hợp protein. Muối khoáng: NaCl (2 g/L) giúp duy trì áp suất thẩm thấu, $KH_2PO_4$ (2 g/L) cung cấp phốt pho và giúp điều chỉnh pH, $MgSO_4.7H_2O$ (0.5-1 g/L) cung cấp magiê, cần thiết cho hoạt động enzyme. Vi lượng: $ZnSO_4.7H_2O$, $FeSO_4.7H_2O$, $CuSO_4.5H_2O$, $MnSO_4.H_2O$ (mỗi loại ở nồng độ 0.05 g/L) cung cấp các yếu tố vi lượng cần thiết. Nước: Nước cất hoặc nước khử ion để pha chế các thành phần. pH: Môi trường được điều chỉnh đến pH 6.0 trước khi khử trùng.

Chlorpyrifos ethyl được sử dụng từ mẫu thuốc bảo vệ thực vật hiệu Barsudin 10 GR, với hàm lượng hoạt chất là 10%. Để đạt được liều lượng 10 ppm, cần pha 1 gram Barsudin 10 GR trong mỗi lít nước.

Rơm được thu thập từ đồng ruộng ở huyện Đức trọng Lâm Đồng, để khô, xử lý sơ bộ để loại bỏ tạp chất và sau đó cắt thành đoạn ngắn kích thước 2-3cm. Than bùn được bảo quản trong túi nylon sạch, bao kín và để trong tủ ẩm ở nhiệt độ 4 -10°C cho đến khi sử dụng.

Khối ủ biomix được chuẩn bị trong thùng xốp kích thước 60 x 45 x 38,5 cm và có nắp đậy. Nắp thùng có lỗ để tạo không khí cho biomix cũng như tạo điều kiện cho vi sinh vật hiếu khí phát triển. Đáy thùng cũng có lỗ để thoát nước. (Hình 1).

Quy trình tạo và ủ biomix bao gồm phối trộn các thành phần đất trồng chè, rơm, và than bùn theo tỷ lệ 1:2:1, bổ sung 5% dung dịch nuôi cấy dich huyền phù chủng nấm *Penicillium chrysogenum* phân hủy lignin[10,11]. Khối ủ được làm ẩm bằng cách phun sương đến độ ẩm 60%, đây là điều kiện tối ưu cho các quy trình sinh học và phân hủy thuốc bảo vệ thực vật.

**Hình 1**: Mô hình thực nghiệm thùng ủ

### Phương pháp phân tích

Xác định chỉ tiêu hóa lý: Các chỉ tiêu hóa lý như pH, độ ẩm, và nhiệt độ được theo dõi và đo đạc vào các thời điểm 0, 15, và 30 ngày tại ba vị trí khác nhau trong thùng ủ. Sau đó, các mẫu được trộn đều và mang đi phân tích. pH được đo theo phương pháp Standard Method 2005; Độ ẩm của Biomix được xác định theo phương pháp khối lượng của TCVN 6648:2000; Hàm lượng cacbon hữu cơ (Chc) được xác định theo phương pháp Walkley-Black; Hàm lượng nitơ tổng được xác định theo TCVN 6498-1999 (Chất lượng đất – Xác định Nitơ tổng – Phương pháp Kjeldahl). Các phân tích được lặp 3 lần để lấy giá trị trung bình.

Xác định chỉ tiêu sinh học: Phương pháp xác định hoạt tính enzyme phân hủy lignin bằng cách hoạt tính enzyme được xác định dựa vào sự oxy hóa cặp đôi MBTH và DMAB, hệ enzyme phân hủy lignin xúc tác thành hợp chất có màu tím đậm với mật độ hấp thu cực đại tại bước sóng 590 nm trong sự hiện diện của MBTH, DMAB, và MnSO4. Hoạt độ enzyme được đánh giá sau thời gian ủ 0 ngày, 15 ngày, và 30 ngày.

Phương pháp chiết và định lượng chlorpyrifos ethyl (CE) trong mẫu đất: Xử lý sơ bộ và chiết mẫu bằng cách mẫu sau khi lấy về được xử lý sơ bộ và chiết bằng dung môi Aceton tỷ lệ 2:1 và tiến hành làm sạch trên cột sắc ký có chứa Florisil. Cuối cùng, mẫu được định lượng bằng GC/MS, sử dụng máy GC/MS model 7890B của Agilent Technologies. Cột GC-MS dùng là cột DB-1, có kích thước tiêu chuẩn là 30 m chiều dài, đường kính trong là 0.25 mm, và độ dày màng lớp pha tĩnh là 0.25 $\mu$m. Khí mang là khí heli được sử dụng làm khí mang với tốc độ dòng chảy tối ưu để đảm bảo độ phân giải cao và thời gian phân tích nhanh. Nhiệt độ mẫu phân tích 150°C, và Thời gian tổng thể cho một lần chạy phân tích thường là 60 phút.

### Thí nghiệm

Thí nghiệm 1: Đánh giá hiệu quả phân hủy CE của Biomix: Cân khoảng 10g hỗn hợp Biomix (độ ẩm 60%, sau thời gian ủ tối ưu) cho vào túi zip, không điều chỉnh pH. Tiến hành phun CE với nồng độ 10 ppm. Mẫu được để ở nhiệt độ phòng (25°C) và nhiệt độ trong tủ sấy (37°C). Lấy mẫu sau khi ủ CE vào ngày thứ 15 và 30 để đánh giá.

Thí nghiệm 2: Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ CE, pH và nhiệt độ đến hiệu quả phân hủy của Biomix. Hỗn hợp sau khi ủ đến thời điểm có hoạt tính sinh học cao nhất (15 ngày) được chia làm hai đợt phun với nồng độ CE là 50 ppm và 150 ppm. Theo dõi sự rò rỉ của nước khỏi thùng ủ và biến động các thông số hóa lý như nhiệt độ, độ ẩm, pH của Biomix trong suốt quá trình phân hủy. Lấy mẫu vào ngày 30 và 75 để đánh giá hiệu quả phân hủy CE trong mô hình thùng ủ. Các mẫu được cân khoảng 10g hỗn hợp biomix, cho vào túi zip, điều chỉnh pH = 6 và pH = 8, để ở nhiệt độ phòng (25°C) và nhiệt độ 37°C.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Kết quả đánh giá dư lượng chlorpyrifos ethyl (CE) trong đất trồng chè tại khu vực nghiên cứu ở Bảo Lộc, Lâm Đồng.

Dư lượng chlorpyrifos ethyl (CE) trong đất tại các khu vực khảo sát ở Thôn 4, Lộc Tân, Bảo Lâm, Lâm Đồng dao động từ 3 đến 26 ppm (Bảng 1). Sự khác biệt này xuất phát từ vị trí lấy mẫu, đặc biệt ở những khu vực địa hình dốc, nơi CE dễ bị rửa trôi hơn. Những khu vực có địa hình bằng phẳng và độ che phủ thảm thực vật dày đặc thường có xu hướng giữ lại nhiều hơn lượng CE trong đất. Bên cạnh đó, việc sử dụng lượng thuốc trừ sâu khác nhau ở mỗi khu vực cũng góp phần tạo nên sự khác biệt về dư lượng CE. Những khu vực canh tác lâu năm và sử dụng liên tục các loại hóa chất bảo vệ thực vật thường có mức dư lượng CE cao hơn.

### Đặc tính hóa lý của Biomix

Các đặc tính hóa lý của biomix ảnh hưởng quan trọng đến hoạt động của vi sinh vật, tốc độ và hiệu suất phân hủy chất hữu cơ. Mẫu biomix được thu thập từ ba vị trí khác nhau sau các giai đoạn ủ tại thời điểm 0, 15, và 30 ngày, sau đó trộn đều và phân tích để xác định độ ẩm, pH, hàm lượng cacbon hữu cơ ($C_{hc}$), hàm lượng nitơ tổng ($N_t$), và tỷ lệ C/N. Kết quả cho thấy độ ẩm: 60%; pH: 6,95; $C_{hc}$: 21,03%; $N_t$: 1.29%; tỷ lệ C/N: 16,30.

Các đặc tính này tạo môi trường lý tưởng cho vi sinh vật phát triển và phân hủy chất hữu cơ hiệu quả. (Bảng 2) Độ ẩm 60% duy trì môi trường thuận lợi cho vi sinh vật. pH 6,95 là môi trường hơi acid, phù hợp

**Bảng 1: Kết quả phân tích dư lượng Chlorpyrifos Ethyl trong đất tại khu vực khảo sát**

| STT | Mã hóa mẫu - Tọa độ vị trí lấy mẫu | Dư lượng chlorpyrifos ethyl (ppm) |
|---|---|---|
| 1 | BL1-11.637382 107.741925 | 25,95 ± 0,02 |
| 2 | BL2-11.595078 107.742761 | 7,63 ± 0,01 |
| 3 | BL3-11.594289 107.744920 | 2,15 ± 0,03 |
| 4 | BL4-11.597971 107.745201 | 18,44 ± 0,01 |
| 5 | BL5-11.594060 107.739715 | 3,06 ± 0,02 |

**Bảng 2: Đặc tính lý hóa ban đầu của biomix**

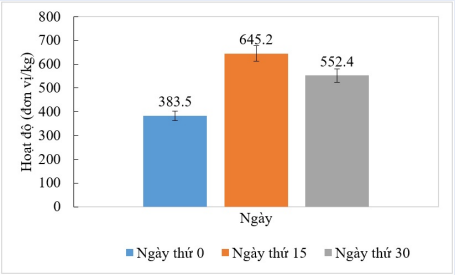
| Chỉ tiêu | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|
| Độ ẩm | % | 60 ± 1,05 |
| pH | - | 6,95 ± 0,05 |
| *HC | %C | 21,03 ± 0,02 |
| *Nts | % | 1,29 ± 0,02 |
| *Tỉ lệ C/N | - | 16,30 |

cho nhiều loại vi sinh vật. Hàm lượng cacbon hữu cơ 21,03% cung cấp năng lượng, và hàm lượng nitơ tổng 1,29% đảm bảo dinh dưỡng cần thiết. Tỷ lệ C/N 16,30 là lý tưởng cho quá trình phân hủy, đảm bảo sự cân bằng giữa nguồn cacbon và nitơ. Những điều kiện lý hóa này không chỉ hỗ trợ cho sự phát triển của vi sinh vật mà còn tối ưu hóa quá trình phân hủy chất hữu cơ và chất bảo vệ thực vật, đảm bảo hiệu suất cao và an toàn sinh học cho môi trường.

## Đặc tính sinh học của biomix

Hệ enzyme laccase, lignin peroxidase và mangan peroxidase (Hình 2) không chỉ phân hủy lignin mà còn xử lý các hợp chất ngoại lai như thuốc bảo vệ thực vật (TBVTV). Vì vậy, xác định hoạt độ enzyme phân hủy lignin trong biomix giúp đánh giá khả năng phân hủy TBVTV của nó. Để tăng cường hiệu suất phân hủy, biomix được bổ sung nấm mốc *Penicillium chrysogenum* $N_2$ .

Kết quả phân tích hoạt độ enzyme tại các thời điểm ủ 0, 15 và 30 ngày lần lượt là 383,5; 645,2; và 552,4 UI/kg, đạt đỉnh vào ngày 15 với 645,2 UI/kg. Điều này cho thấy, việc bổ sung nấm mốc đã tăng cường đáng kể khả năng phân hủy lignin và TBVTV của Biomix, đạt hiệu quả tối ưu vào ngày thứ 15 [3,12].



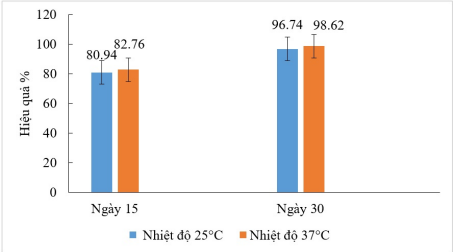

**Hình 2**: Hoạt độ enzyme phân hủy lignin ở các thời gian ủ ban đầu của biomix

## Ảnh hưởng của pH, nồng độ CE và nhiệt độ đến hiệu quả phân hủy CE trong biomix.

### *Đánh giá hiệu quả phân hủy CE trong biomix*

(Hình 3) cho thấy thí nghiệm đánh giá hiệu quả phân hủy 10ppm CE được thực hiện ở hai điều kiện nhiệt độ 25°C và 37°C vào các thời điểm ngày ủ thứ 15 và 30. Kết quả phân tích cho thấy tốc độ phân hủy CE diễn ra nhanh chóng, với hàm lượng CE trong mẫu giảm nhanh theo thời gian, đạt hiệu quả trên 80%. Đáng chú ý, hiệu quả phân hủy CE ở nhiệt độ 37°C cao hơn so với nhiệt độ thường 25°C. Cụ thể, ở nhiệt độ 37°C, hiệu quả phân hủy đạt cao nhất sau 30 ngày ủ, lên đến 98,62% [6,7].

Nhiệt độ 37°C đã tạo điều kiện lý tưởng cho sự sinh trưởng và phát triển của vi sinh vật, thúc đẩy các phản ứng sinh hóa và quá trình phân hủy TBVTV. Điều này cho thấy, nhiệt độ cao hơn không chỉ kích thích hoạt động của vi sinh vật mà còn đặc biệt hiệu quả với các nấm phân giải lignin. Kết quả này khẳng định tầm quan trọng của việc duy trì nhiệt độ phù hợp để tối ưu hóa hiệu suất phân hủy trong các ứng dụng thực tiễn [13,14].




**Hình 3**: Biểu đồ đánh giá hiệu quả phân hủy 10ppm CE của Biomix ở điều kiện nghiên cứu

### *Ảnh hưởng của pH, nồng độ CE, và nhiệt độ đến hiệu quả phân hủy CE của Biomix*

Các điều kiện pH, nồng độ CE, và nhiệt độ đóng vai trò quyết định trong quá trình ủ Biomix và hiệu quả phân hủy của vi sinh vật. Việc xác định các điều kiện lý tưởng này là vô cùng quan trọng để đạt hiệu quả tối ưu.

Theo (Bảng 3), kết quả cho thấy hiệu quả phân hủy CE trong tất cả các nghiệm thức đều đạt trên 99%. Cụ thể, dưới cùng các điều kiện nhiệt độ, nồng độ CE, và thời gian phân hủy, biomix tại pH = 6 cho hiệu quả phân hủy cao hơn so với pH = 8. Tương tự, nhiệt độ 37°C cho kết quả phân hủy CE cao hơn so với 25°C.

Những phát hiện này chứng tỏ rằng pH = 6 và nhiệt độ 37°C là điều kiện lý tưởng cho sự phát triển của vi sinh vật phân hủy lignin, giúp tăng cường khả năng phân hủy CE. Đặc biệt, hiệu quả phân hủy cao là nhờ vào việc bổ sung nấm mốc *Penicillium chrysogenum*, một yếu tố quan trọng trong việc tối ưu hóa quá trình phân hủy trong biomix.

Ảnh hưởng của nồng độ đến khả năng phân hủy CE: Nghiên cứu cho thấy hiệu quả phân hủy CE đạt trên 96% ở các nồng độ khác nhau, từ 10 đến 150 ppm. Điều này chứng minh khả năng xử lý CE của biomix khá đa dạng và mạnh mẽ. CE bị phân hủy trong hệ vi sinh thông qua sự sinh trưởng và phát triển của các vi sinh vật, đặc biệt là vi nấm. Vi sinh vật tham gia vào quá trình phân giải CE bằng hai cơ chế: trực tiếp và gián tiếp (Hình 4).

Phân hủy trực tiếp: Vi sinh vật sử dụng CE làm nguồn cung cấp cacbon cho quá trình sinh trưởng. Trong quá trình này, vi sinh vật tiết ra các chất oxy hóa, sử dụng các electron để tạo ra các gốc khử tự do, biến đổi TBVTV và các hydrocacbon thơm TNT. CE có thể bị phân hủy không hoàn toàn bởi một loài vi sinh và sản phẩm phân hủy này lại làm cơ chất cho loài vi sinh khác, cho đến khi mạch carbon của CE bị cắt nhỏ tới $CO_2$.

Phân hủy gián tiếp: Sau quá trình sinh trưởng, vi sinh vật tiết ra các enzyme ngoài tế bào, các enzyme này xúc tác cho quá trình phân hủy CE.

Nhờ vào hai cơ chế này, hệ vi sinh trong biomix không chỉ phân hủy CE một cách hiệu quả mà còn tận dụng tối đa nguồn năng lượng từ CE, đảm bảo quá trình xử lý diễn ra liên tục và hiệu quả. Điều này khẳng định vai trò quan trọng của hệ vi sinh vật, đặc biệt là vi nấm, trong việc tối ưu hóa khả năng phân hủy CE của biomix.

### Sự biến động các thông số hóa lý và hiệu quả xử lý CE của mô hình hố ủ biomix trong phòng thí nghiệm

Kết quả khảo sát sự biến đổi của các thông số độ ẩm, nhiệt độ, pH và hiệu quả xử lý CE của mô hình ủ biomix được thể hiện ở (Hình 5).

*Sự rò rỉ nước từ biomix trong thùng ủ vi sinh:* Lượng nước trong thùng ủ chủ yếu do phun vào Biomix đến khi đạt độ ẩm 60%, sau đó phun TBVTV chlorpyrifos ethyl một lần trong suốt quá trình ủ. Nước bổ sung vào thùng là 200 ml mỗi 3 ngày để duy trì độ ẩm cho lớp cỏ phía trên. Thùng ủ được đặt ở nơi có mái che để tránh tác động của nước mưa. Kết quả cho thấy không có hiện tượng rò rỉ nước từ thùng ủ ra ngoài.

*Sự biến động về nhiệt độ của biomix:* Sau 15 ngày ủ, nhiệt độ của biomix tăng lên 35°C do quá trình phân hủy chất hữu cơ mạnh mẽ của vi sinh vật ưa nhiệt. Khi phun CE vào, nhiệt độ tăng lên 35,1°C, duy trì trong 12 giờ, và sau 24 giờ trở về 35°C. Trong tuần đầu sau khi phun CE, nhiệt độ của biomix tương đương với nhiệt độ môi trường là 32°C. Từ ngày thứ 15 trở đi, nhiệt độ ổn định ở mức 30°C, có thể do sự suy giảm nguồn cơ chất, dẫn đến tốc độ phân hủy chậm lại và nhiệt lượng giảm.

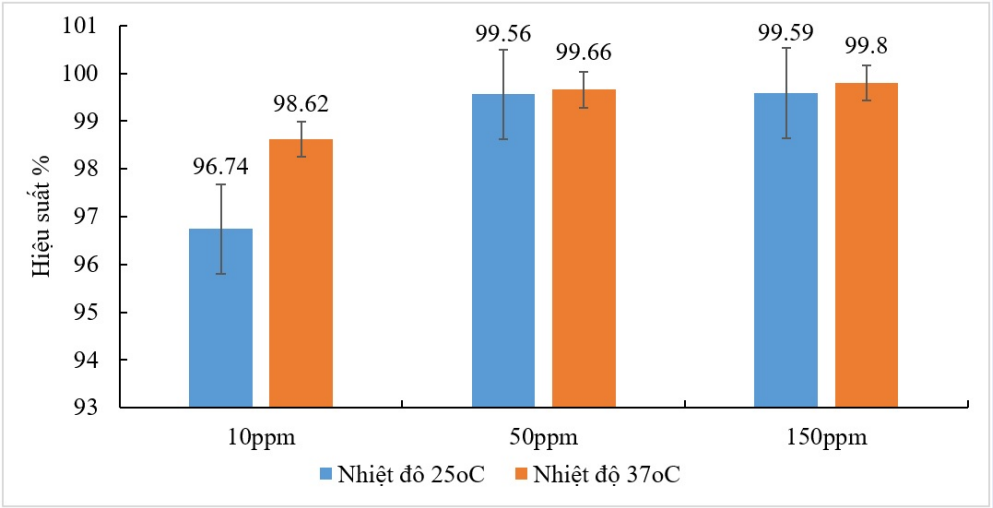
*Sự biến động về pH của biomix:* Trong quá trình phân hủy CE, giá trị pH thay đổi lớn. Ban đầu, pH của Biomix là 7,85, sau đó giảm xuống 6,6 do sản sinh axit hữu cơ từ phân hủy chất hữu cơ. Sau khi các axit hữu cơ tiếp tục phân hủy và bay hơi, pH tăng trở lại.

*Sự biến động về độ ẩm của biomix:* Độ ẩm ban đầu của biomix là 60%. Sau 15 ngày ủ, độ ẩm tăng lên 72% do nước hình thành từ các phản ứng oxy hóa chất hữu cơ. Sau khi phun CE vào, độ ẩm trở lại 60% sau 15 ngày, thuận lợi cho hoạt động của vi sinh vật phân hủy lignin và CE.

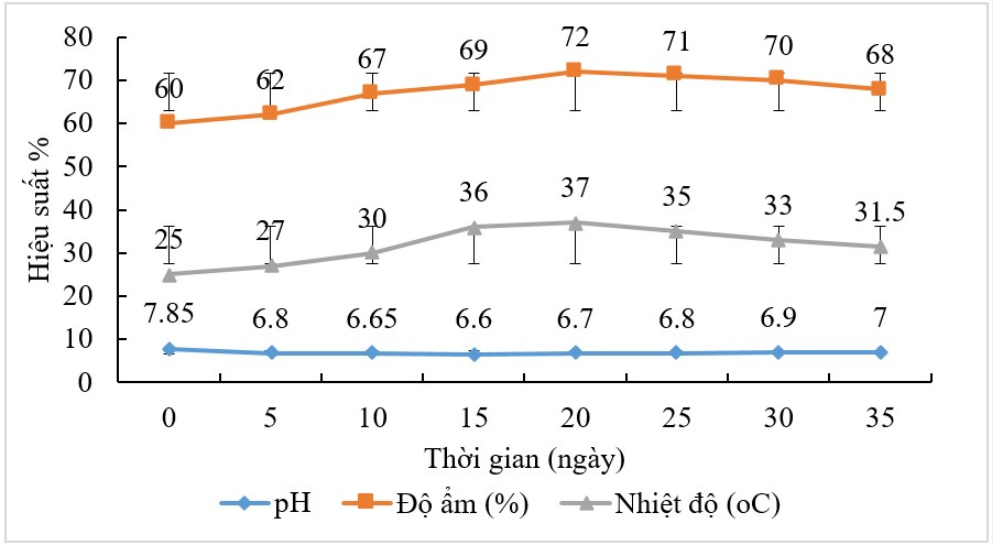
*Hiệu quả phân hủy CE:* Trong thực tế, nồng độ CE khi phun lên cây trồng là 120-150 ppm. Nghiên cứu thử nghiệm với nồng độ 150 ppm cho thấy, trong điều kiện phòng thí nghiệm ổn định về nhiệt độ và độ ẩm, pH nằm trong khoảng 6-8 tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển mạnh mẽ của nấm và vi khuẩn. Các vi

**Bảng 3: Hiệu quả phân hủy CE tại các điều kiện nhiệt độ, pH, nồng độ khác nhau (Đơn vị: %)**

| Thông số | pH=6 | | pH=8 | |
|---|---|---|---|---|
| Nồng độ | T=25$^o$C | T=37$^o$C | T=25$^o$C | T=37$^o$C |
| Hiệu quả tại 50 ppm sau 30 ngày ủ | 99,56 | 99,66 | 99,32 | 99,64 |
| Hiệu quả tại 150 ppm sau 75 ngày ủ | 99,59 | 99,80 | 99,48 | 99,68 |




**Hình 4**: Biểu đồ đánh giá hiệu quả khả năng phân hủy của Biomix tại các nồng độ khác nhau




**Hình 5**: Biểu đồ sự biến động các thông số hóa lý của mô hình hố ủ vi sinh trong phòng thí nghiệm

sinh vật này tiết ra enzyme lignin peroxidase, manganese peroxidase và laccase, giúp phân hủy CE hiệu quả.

## KẾT LUẬN

Nghiên cứu này, đã chứng minh hiệu quả của việc phân hủy chlorpyrifos ethyl (CE) bằng mô hình ủ biomix. Kết quả cho thấy đây là một giải pháp hiệu quả, đơn giản và kinh tế, phù hợp với một quốc gia đang phát triển như Việt Nam trong việc giải quyết ô nhiễm từ thuốc bảo vệ thực vật (TBVTV).

Thực nghiệm mô hình ủ biomix: Thí nghiệm được thực hiện trong phòng thí nghiệm bằng thùng xốp, với biomix gồm đất trồng chè, rơm, than bùn và chủng nấm *Penicillium chrysogenum* $N_2$, có khả năng phân hủy lignin và CE cao. 2 kg biomix với các điều kiện lý hóa ban đầu thuận lợi cho vi sinh vật phát triển: độ ẩm 60%, pH 6,95, cacbon hữu cơ 21,03%, nitơ tổng 1,29%, và tỷ lệ C/N 16,30. Hoạt tính enzyme phân hủy lignin cao nhất đạt 645,2 đơn vị/kg sau 15 ngày ủ.

Điều kiện Tối Ưu: Điều kiện tối ưu cho sự phân hủy CE là: độ ẩm 60%, nhiệt độ 37°C và pH 6 sau 15 ngày ủ. Kết quả phân hủy CE cho thấy hiệu quả từ 96% đến 99% sau 30 ngày ủ, với nồng độ CE từ 10ppm đến 150 ppm, phù hợp cho xử lý dư lượng TBVTV trong đất trồng chè tại Bảo Lộc, Lâm Đồng.

Biến Động Thông Số Hóa Lý: Các thông số hóa lý của quá trình ủ vi sinh được theo dõi chặt chẽ. Nhiệt độ ban đầu 25°C, tăng lên 35°C sau 15 ngày ủ và ổn định ở 30°C. Giá trị pH ban đầu 7.85 giảm xuống 6.6 sau 15 ngày ủ do sản sinh axit hữu cơ, sau đó tăng trở lại pH 7. Độ ẩm tăng từ 60% lên 72% do phản ứng oxy hóa chất hữu cơ, sau đó giảm về mức ban đầu.

Công Thức Phối Trộn: Công thức phối trộn 2 kg biomix trong hố ủ vi sinh là: 0,5kg đất, 1kg rơm, 0,5 kg than bùn và 125 ml dịch huyền phù chủng nấm *Penicillium chrysogenum* $N_2$.

Kết Luận Tổng Quan: Nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng thực tiễn của ủ biomix trong việc xử lý ô nhiễm TBVTV. Điều này không chỉ góp phần bảo vệ môi trường mà còn tận dụng hiệu quả các nguyên liệu thải từ nông nghiệp, phù hợp với mục tiêu phát triển bền vững.

## LỜI CÁM ƠN

Nghiên cứu này, được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số C2022-24-02.

## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

BL: Bảo Lộc
C/N : Tỷ số Cacbon/Nito.
CE: Chlorpyrifos Ethyl
GI: Hệ số nảy mầm.
HC: Hợp chất hữu cơ.
TBVTV: Thuốc bảo vệ thực vật
TCVN: Tiêu chuẩn Việt Nam

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả cam kết không có xung đột lợi ích nào liên quan đến nghiên cứu này.

## ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Trần Minh Bảo thiết kế và giám sát nghiên cứu. Lê Đức Trung thực hiện thu thập và phân tích dữ liệu. Trần Thị Hằng, Phạm Quốc Cường, và Nguyễn Dương Tâm Anh tham gia thực hiện các thí nghiệm. Phạm Hoàng Thương cung cấp hỗ trợ kỹ thuật và tham gia vào quá trình chuẩn bị bản thảo. Tất cả các tác giả đã xem xét và phê duyệt bản thảo cuối cùng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Desiante WL, Minas NS, Fenner K. Micropollutant biotransformation and bioaccumulation in natural stream biofilms. Water Res. 2021;193:116846;Available from: https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116846.
2. Fernández-Alberti S, Garelick H, Whelan M, Tindall K. Chlorpyrifos degradation in a Biomix: Effect of pre-incubation and water holding capacity. J Soil Sci Plant Nutr. 2012;12(4):785-799;Available from: https://doi.org/10.4067/s0718-95162012005000032.
3. Kidd HD, James DR. The Agrochemicals Handbook. 3rd ed. Cambridge (UK): Royal Society of Chemistry Information Service; 1992. p. 5-14;.
4. Ishag AESA, Mustafa AME, Ahmed MA, Abdelgadir M, Bakhiet SE, Mustafa AM. Biodegradation of chlorpyrifos, malathion, and dimethoate by three strains of bacteria isolated from pesticide-polluted soils in Sudan. J Agric Food Chem. 2016;64(45):8491-8498;Available from: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03334.s001.
5. Gebremariam SY, Beutel MW, Ghosh RS, Long SC, Fischer A. Adsorption and desorption of chlorpyrifos to soils and sediments. Rev Environ Contam Toxicol. 2012;201:123-175;.
6. Ghanem I, Orfi M, Shamma M. Biodegradation of chlorpyrifos by Klebsiella sp. isolated from an activated sludge sample of the wastewater treatment plant in Damascus. Folia Microbiol (Praha). 2007;52(5):423-427;Available from: https://doi.org/10.1007/bf02932098.
7. Hammershøj R, Jensen PR, Bester K. Mixture effects on biodegradation kinetics of hydrocarbons in surface water: increasing concentrations inhibited degradation whereas multiple substrates did not. Environ Sci Technol. 2019;53(6):3087-3094;Available from: https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00638.
8. Hammershøj R, Jensen PR, Bester K. Mixture effects on biodegradation kinetics of hydrocarbons in surface water: increasing concentrations inhibited degradation whereas multiple substrates did not. Environ Sci Technol. 2019;53(6):3087-3094;Available from: https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00638.
9. Fernández-Alberti S, Garelick H, Whelan M, Tindall K. Chlorpyrifos degradation in a Biomix: Effect of pre-incubation and water holding capacity. J Soil Sci Plant Nutr. 2012;12(4):785-799;Available from: https://doi.org/10.4067/s0718-95162012005000032.
10. Krampe J, Eisele T, Niemann HH, Nelles M. Design of a bioreactor for aerobic biodegradation of biowaste based on insight into its composition and estimated process parameters. Environ Eng Sci. 2013;30(10):594-601;Available from: https://doi.org/10.3390/pr12030545.

11. Leahy JG, Colwell RR. Biodegradation of chemicals tested in mixtures and individually: mixture effects on biodegradation kinetics and microbial composition. Microbiol Rev. 1990;54(3):305-315 ;Available from: https://doi.org/10.1007/s10532-022-10009-y.
12. Singh BK, Walker A. Microbial degradation of organophosphorus compounds. FEMS Microbiol Rev. 2006;30(3):428-471;Available from: https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2006.00018.x.
13. Tougu V. Acetylcholinesterase: mechanism of catalysis and inhibition. Curr Med Chem CNS Agents. 2001;1(2):155-170;.
14. Zhang Q, Yang M, Wang J, Hou Y, Li Y, Lin H. Plasmid-mediated bioaugmentation for the degradation of chlorpyrifos in soil. J Hazard Mater. 2012;221:178-184;.

*Science & Technology Development Journal – Science of The Earth & Environment 2024, 8(2):1011-1019*

Open Access Full Text Article

***Research Article***

# Evaluation of Chlorpyrifos Ethyl Degradation in Tea-Planting Soil in Bao Loc, Lam Dong using Biomix Biodegradation Model Supplemented with *Penicillium chrysogenum* $N_2$

**Trần Minh Bảo[1,*], Trung Le Duc[1], Hang Tran Thi[2], Cuong Pham Quoc[2], Anh Nguyen Duong Tam[2], Thuong Pham Hoang[1]**

**ABSTRACT**

This study investigates the capability of treating chlorpyrifos ethyl (CE) – a common pesticide – using a biomix composting model in tea-growing soil in Bảo Lộc, Lâm Đồng, Vietnam. Lâm Đồng, with the largest tea cultivation area in the country, spanning 23,000 hectares and producing 71,000 tons of tea annually, faces significant soil pollution due to excessive pesticide use, particularly CE. Chlorpyrifos ethyl is a potent neurotoxin with high persistence in soil and slow degradation. The biomix compost, consisting of tea soil, straw, peat, and lignin-degrading fungi, was prepared with initial parameters: 60% moisture, pH 6.95, 21.03% organic carbon, 1.29% total nitrogen, and a carbon-to-nitrogen ratio (C/N) of 16.30. Penicillium chrysogenum $N_2$, a lignin-degrading fungus with 173.2 U/kg activity, was added to the biomix at a 5% ratio to enhance CE degradation. Results showed that CE degradation efficiency ranged from 96% to 99% after 30 days, with CE concentrations from 10ppm to 150ppm, under optimal conditions of 60% moisture, 37°C temperature, and pH 6. The study also monitored the changes in the physicochemical properties of the biomix, indicating that temperature, moisture, and pH variations were conducive to microbial growth and CE degradation. These findings underscore the practical potential of microbial composting in treating pesticide pollution, contributing to environmental protection and sustainable agricultural development.

**Key words:** microbial composting, biomix, chlorpyrifos ethyl, Penicillium chrysogenum

[1]*Institute for Environment and Resources, Vietnam National University, Ho Chi Minh City*

[2]*University of Science, Vietnam National University, Ho Chi Minh City*

**Correspondence**

**Trần Minh Bảo**, Institute for Environment and Resources, Vietnam National University, Ho Chi Minh City

Email: minhbao@hcmier.edu.vn

**History**

- Received: 29-6-2024
- Revised: 29-8-2024
- Accepted: 25-12-2024
- Published Online: 31-12-2-24

**DOI :**https://doi.org/10.32508/stdjsee.v8i2.779

Check for updates

**Copyright**

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNUHCM PRESS

**Cite this article :** Bảo T M, Duc T L, Thi H T, Quoc C P, Tam A N D, Hoang T P. **Evaluation of Chlorpyrifos Ethyl Degradation in Tea-Planting Soil in Bao Loc, Lam Dong using Biomix Biodegradation Model Supplemented with *Penicillium chrysogenum* $N_2$**. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2024, 8(2):1011-1019.