

# ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC THẢI SẢN XUẤT THUỐC BẢO VỆ THỰC VẬT BẰNG QUÁ TRÌNH XÂM THỰC THỦY ĐỘNG LỰC HỌC KẾT HỢP VỚI FENTON

LÊ ĐỨC HÙNG<sup>1</sup>, ĐOÀN THỊ MỸ DUNG<sup>2</sup>, NGÔ THUY PHƯƠNG HIẾU<sup>3</sup>, NGUYỄN VĂN PHƯỚC<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Viện Môi trường và Tài nguyên Đại học Quốc gia - Hồ Chí Minh;

<sup>2</sup>Trường Đại học Phú Yên

<sup>3</sup>Hội Nước và Môi trường TP. Hồ Chí Minh

## Tóm tắt:

Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát hiệu quả xử lý COD trong nước thải sản xuất thuốc bảo vệ thực vật (TBVTV) trên mô hình xâm thực thủy động lực học (HC) với các loại thiết bị tạo xâm thực khác nhau gồm tấm đục lỗ: 1 lỗ, 3 lỗ và 5 lỗ. Kết quả cho thấy, hiệu quả xử lý COD cao nhất đạt được ở tấm lỗ số 2 (3 lỗ) với pH = 2,5; áp suất đầu vào 8 kg/cm<sup>2</sup>; áp suất đầu ra 1 kg/cm<sup>2</sup> và thời gian vận hành 30 phút. Tiếp theo, các thí nghiệm được tiến hành trên mô hình H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> độc lập, Fenton độc lập, HC độc lập, HC + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HC + Fenton (HC + Fe<sub>2</sub>+/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Kết quả nghiên cứu cho thấy, hệ HC kết hợp Fenton cho hiệu suất xử lý cao nhất, với hiệu suất xử lý BOD, COD đạt 91%, tổng N đạt 63,2% và TBVTV đạt 83,8%. Các số liệu thực nghiệm cũng chỉ ra hiệu quả xử lý 15 loại TBVTV gốc clo trong nước thải đạt 72 - 99%

Từ khóa: Xâm thực thủy động lực học (HC), nước thải, TBVTV.

Ngày nhận bài: 6/6/2023. Ngày sửa chữa: 15/6/2023. Ngày duyệt đăng: 22/6/2023.

## Evaluation of wastewater treatment for pesticide production using the electrokinetic-fenton process

### Abstract:

This study was conducted to investigate the efficiency of COD treatment in wastewater due to the production of pesticides on a hydrodynamic (HC) model of cavitation with different types of cavitation devices, including hole plates: 1 hole, 3 holes, and 5 holes. The results showed that the highest COD removal efficiency was achieved in hole plate No. 2 (03 holes) with pH = 2.5; inlet pressure 8 kg/cm<sup>2</sup>; outlet pressure = 1 kg/cm<sup>2</sup> and operating time = 30 minutes. The independent H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> model, independent Fenton model and independent HC model, HC + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> model, HC + Fenton model (HC + Fe<sub>2</sub>+/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) were tested. The results of the HC system combined with Fenton gave the highest treatment efficiency, with BOD and COD removal efficiency reaching 91%, total N reaching 63.2%, and plant protection reaching 83.8%. The study also presented that the treatment efficiency of 15 types of chlorine-based pesticides in wastewater reached 72%-99%.

Keywords: Hydrodynamic cavitation (HC), wastewater, pesticides

JEL Classifications: Q51, Q52, Q53, Q57.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, TBVTV rất đa dạng và phong phú, được sử dụng trong nông nghiệp, lâm nghiệp nhằm mục đích ngăn ngừa, phòng trừ và tiêu diệt các đối tượng gây hại cho cây trồng, nông lâm sản, giúp điều hòa, kích thích sinh trưởng cho cây trồng. Các nhà máy sản xuất TBVTV chủ yếu là sản xuất thuốc trừ sâu, trừ cỏ, trừ nấm bệnh...[1]

Đặc trưng của nước thải sản xuất TBVTV là chứa nhiều hợp chất hữu cơ mạch vòng khó phân hủy [1], nếu không được xử lý triệt để thì về lâu dài, lượng nước thải này sẽ tích tụ, xâm nhập vào nguồn nước mặt, ngấm vào đất, gây ô nhiễm nghiêm trọng đến nguồn nước ngầm, làm suy thoái hệ sinh thái tự nhiên và ảnh hưởng đến sức

khỏe của con người. Do đó, nhiều phương pháp xử lý nước thải TBVTV đã được áp dụng như xử lý hóa lý kết hợp sinh học, hóa học kết hợp sinh học...

Quá trình xâm thực là một trong những quá trình oxy hóa tiên tiến, có khả năng phân hủy các hợp chất hữu cơ bền trong nước thải TBVTV, đặc biệt mang lại hiệu quả cao khi kết hợp với các chất oxy hóa như O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Fenton [2, 3, 4, 5], tuy nhiên, hiện nay chưa được nghiên cứu nhiều ở Việt Nam. Do đó, nghiên cứu quá trình xâm thực thủy động lực học (HC) kết hợp với H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hoặc Fenton để phân hủy TBVTV gốc clo hữu cơ là một trong những công nghệ hứa hẹn đầy tiềm năng và hữu ích trong xử lý nước thải TBVTV, cũng như các hợp chất hữu cơ khó phân hủy sinh học, bền nhiệt khác.



## 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

**Đối tượng nghiên cứu:** Nước thải TBVTV được lấy ở bể chứa nước thải sản xuất của Công ty TNHH Tấn Hưng Việt Nam, nước thải chứa dư lượng các hợp chất clo hữu cơ từ quá trình vệ sinh thiết bị sản xuất TBVTV, thuốc diệt côn trùng;

Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu gồm NaOH 20%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 50%, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 98%.

**Phương pháp phân tích mẫu:** Phân tích COD theo SMEWW 5220B:2017; BOD theo TCVN 6001-1:2008, tổng Nitơ theo TCVN 6638:2000; tổng photpho theo SMEWW 4500-P.B&D: 2017; Cl<sup>-</sup> theo SMEWW 4500-Cl-B: 2017; các hợp chất BVTV gốc clo hữu cơ theo US EPA Method 3520C, US EPA Method 3630C, US EPA Method 8270D và đo pH theo TCVN 6492:2011.

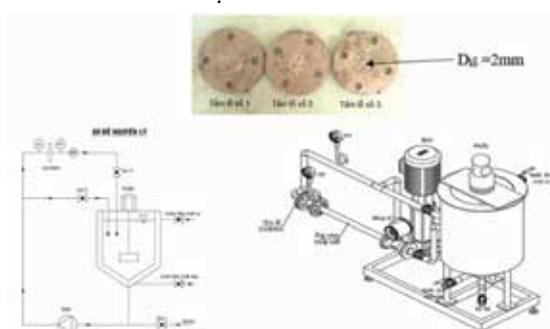
### Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

Quá trình HC là quá trình hình thành các bọt khí trong dòng chất lỏng, các bọt khí có thể liên kết với nhau, hoặc bị phá vỡ phụ thuộc vào áp suất và vận tốc dòng chảy.

Thí nghiệm được tiến hành với 3 dạng tấm lỗ, tấm lỗ số 1 (1 lỗ), tấm lỗ số 2 (3 lỗ) và tấm lỗ số 3 (5 lỗ); đường kính lỗ 2mm và độ dày tấm lỗ 10 mm với các thông số hoạt động gồm áp suất đầu vào (P1) từ 2 ÷ 10 kg/cm<sup>2</sup>, áp suất đầu ra (P2) từ 1 ÷ 3 kg/cm<sup>2</sup>, pH từ 2 ÷ 8, thời gian vận hành từ 15 - 60 phút. Đồng thời, sử dụng phần mềm Design Expert 11, thiết kế quy hoạch thực nghiệm để tối ưu hóa quá trình HC.

Trên cơ sở số liệu tối ưu hóa thực nghiệm, tiến hành các thí nghiệm ở các nồng độ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> và tỷ lệ Fe<sub>2</sub><sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> khác nhau để thu được hiệu quả xử lý cao nhất. Từ đó, so sánh kết quả xử lý dư lượng TBVTV trong nước thải bằng mô hình HC kết hợp H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hoặc HC kết hợp Fenton với mô hình xử lý độc lập (chỉ xử lý H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; Fenton; HC).

### Mô hình thiết bị



▲ Hình 1 - Mô hình hệ thống thí nghiệm

Mô hình thí nghiệm gồm có một bể chứa thể tích 50 l (có hệ thống tuần hoàn nước làm mát để ổn định nhiệt độ), một máy bơm áp cao có công suất 1,5 kW; 3 van điều khiển (V1, V2 và V3) và 2 đồng hồ đo áp suất (P1 và P2) để kiểm soát tốc độ dòng chảy và áp suất chất lỏng. Dòng hút của máy bơm được kết nối với đáy bể cấp liệu và chất lỏng khi ra khỏi đầu đẩy máy bơm được phân thành hai dòng: Dòng chính qua thiết bị xâm thực Cavitation dạng tấm lỗ và dòng phụ (đường bypass) để kiểm soát dòng chảy. Khi nước thải theo dòng chính qua tấm đục lỗ, van V3 mở, van điều khiển V2 được đóng lại để đảm bảo không có dòng

chảy phụ. Van V1 được bố trí phục vụ công tác thu mẫu và xả nước thải sau thí nghiệm. Toàn bộ thí nghiệm được thiết lập nhằm giúp tạo thành các bọt khí trong chất lỏng do sự thay đổi áp suất của chất lỏng trong thời gian ngắn, dưới áp lực cao, các bọt khí sẽ nổ tung và tạo ra sóng xung kích cực mạnh.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Xác định thông số vận hành tối ưu của mô hình HC

Với áp suất đầu vào 5 kg/cm<sup>2</sup>, nhiệt độ dung dịch 30 ± 5°C, pH = 7,0 và thời gian vận hành 60 phút cho thấy, khi tăng số lượng lỗ, vận tốc dòng chảy qua lỗ giảm từ 79,6 m/s (tấm lỗ số 1); 25,6 m/s (tấm lỗ số 2) và 11,32 m/s (tấm lỗ số 3), nhưng tổng lưu lượng dòng chảy qua tấm lỗ tăng, nên hệ số xâm thực tăng với k = 0,02 (tấm lỗ số 1); 0,29 (tấm lỗ số 2); 1,47 (tấm lỗ số 3) và sau quá trình xử lý dư lượng Cl<sup>-</sup>, COD trong nước thải giảm. Tuy nhiên, khi gia tăng số lượng lỗ cao (5 lỗ), áp lực dòng chảy giảm 86%, thời gian chu kỳ xử lý dài, nên hiệu suất phân hủy COD, Cl<sup>-</sup> giảm (Hình 2). Do vậy, hiệu quả phân hủy COD, Cl<sup>-</sup> cao nhất trong thí nghiệm ứng với tấm lỗ số 2. Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của P. Thanekar và P.Gogate (2018) về ảnh hưởng của vận tốc dòng chảy qua tấm lỗ đến hiệu quả quá trình xâm thực [13], được tính toán như sau:

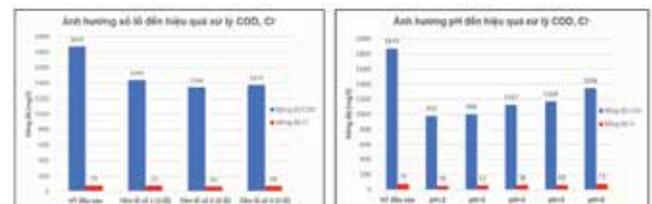
$$+ \text{Vận tốc dòng chảy qua tấm lỗ: } v \text{ (m/s)} \quad v = \frac{Q}{A_0} \text{ (m/s)}$$

Trong đó: Q = lưu lượng dòng chảy qua lỗ (m<sup>3</sup>/s); A<sub>0</sub> = tiết diện lỗ (m<sup>2</sup>)

$$+ \text{Hệ số xâm thực } k: \quad k = \frac{P_2 - P_v}{\frac{1}{2} * \rho * v^2}$$

Trong đó: p<sub>2</sub> = áp suất dòng chảy sau khi qua tấm lỗ (Pa); p<sub>v</sub> = áp suất bay hơi của chất lỏng (Pa); ρ = khối lượng riêng của chất lỏng (kg/m<sup>3</sup>); v = vận tốc dòng chảy tại vị trí lỗ (m/s).

Các khảo sát thay đổi pH từ 2 đến 8 đã được tiến hành để đánh giá hiệu quả xử lý COD, Cl<sup>-</sup> của hệ HC. Các kết quả nghiên cứu nhận được cho thấy, pH càng thấp thì hiệu quả xử lý COD, Cl<sup>-</sup> càng cao và đạt tối ưu ở pH khoảng 2 ÷ 3 (Hình 3). Điều này có thể giải thích là do trong môi trường axit gốc hydroxyl có khả năng oxy hóa mạnh hơn. Các số liệu trong nghiên cứu này cũng phù hợp với nghiên cứu của Ravi. K. Joshi, P. R. Gogate (2012) về sự phân hủy dichlorvos đạt hiệu quả cao ở pH thấp [6].



Hình 2: Ảnh hưởng số lỗ trên tấm lỗ đến hiệu quả xử lý COD, Cl<sup>-</sup>

Hình 3: Ảnh hưởng pH đến hiệu quả xử lý COD, Cl<sup>-</sup>

Thay đổi thời gian phản ứng, kết quả cho thấy, thời gian vận hành càng dài khả năng phân hủy COD, TBVTV gốc Clo càng cao. Đặc biệt, trong 30 phút đầu, tốc độ phản ứng phân hủy khá nhanh và đạt hiệu quả tối ưu từ 30 - 45 phút, sau đó tốc độ phản ứng giảm dần và tăng không đáng kể.

Từ các khảo sát bên trên, thông số vận hành tối ưu của mô hình HC được xác định như sau: Tắm lỗ số 2 (-3 lỗ), pH trong khoảng 2 - 3, P1 = 8kg/cm<sup>2</sup>, thời gian từ 30 ÷ 60 phút;

### Sự phù hợp của mô hình thực nghiệm

Nghiên cứu này sử dụng phần mềm Design Expert 11, quy hoạch thực nghiệm với 17 thí nghiệm để khảo sát ảnh hưởng của thông số pH từ 2 ÷ 4, áp suất P1 từ 2 - 8 kg/cm<sup>2</sup>, thời gian từ 15 - 45 phút nhằm tối ưu hóa mô hình HC với 2 biến COD, Cl<sup>-</sup>. Sự phù hợp và có ý nghĩa của mô hình thực nghiệm được đánh giá qua phân tích ANOVA và chỉ số tương quan R<sup>2</sup> của phương trình hồi quy tuyến tính.

Kết quả phân tích ANOVA tại Bảng 1 cho thấy, sự tương thích của mô hình với thực nghiệm qua giá trị F = 69,52; độ tin cậy trên 99% (p < 0,0001); hệ số R<sup>2</sup> = 0,9889 trong phương trình hồi quy tuyến tính Y1COD = 60,42-9,73A + 15,5B + 12,76C - 8,74AB - 8AC + 8,59BC - 11,42A<sup>2</sup> - 11,38B<sup>2</sup> - 11,16C<sup>2</sup>;

Kết quả phân tích ANOVA tại Bảng 2 cho thấy, sự tương thích của mô hình với thực nghiệm qua giá trị F = 58,95; độ tin cậy trên 99% (p < 0,0001); hệ số R<sup>2</sup> = 0,987 trong phương trình hồi quy tuyến tính Y2Cl<sup>-</sup> = 62,22 - 16,63A + 16B + 13,39C - 10,21AB - 8,75AC + 8,96BC - 16,95A<sup>2</sup> - 11,56B<sup>2</sup> - 9,87C<sup>2</sup>;

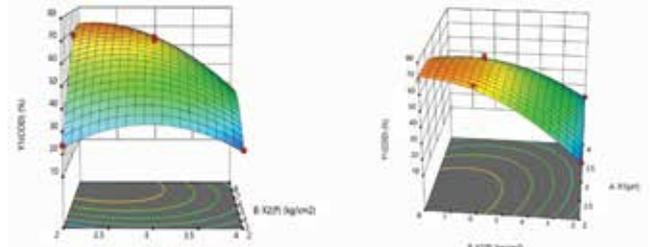
**Bảng 1: Kết quả phân tích ANOVA về hiệu suất xử lý COD trong nước thải TBVTV**

Source	Tổng bình phương (Sum of Squares)	Bậc tự do (df)	Trung bình bình phương (Mean Square)	Giá trị F (F-value)	Giá trị p (p-value)	
Mô hình (Model)	7484,27	9	831,59	69,52	< 0,0001	Tin cậy
A-X1(pH)	777,93	1	777,93	65,04	< 0,0001	
B-X2(P)	1922	1	1922,00	160,68	< 0,0001	
C-X3 (thời gian)	1339,33	1	1339,33	111,97	< 0,0001	
AB	324,17	1	324,17	27,1	0,0012	
AC	256	1	256,00	21,4	0,0024	
BC	312,79	1	312,79	26,15	0,0014	
A <sup>2</sup>	526,37	1	526,37	44,01	0,0003	
B <sup>2</sup>	401,39	1	401,39	33,56	0,0007	
C <sup>2</sup>	503,35	1	503,35	42,08	0,0003	
Phần dư (Residual)	83,73	7	11,96			
Không tương thích (Lack of Fit)	71,06	5	14,21	2,24	0,3364	Không tin cậy

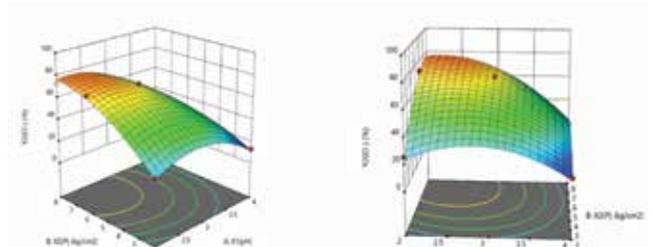
**Bảng 2: Kết quả phân tích ANOVA về hiệu suất xử lý Cl<sup>-</sup> trong nước thải TBVTV**

Source	Tổng bình phương (Sum of Squares)	Bậc tự do (df)	Trung bình bình phương (Mean Square)	Giá trị F (F-value)	Giá trị p (p-value)	
Mô hình (Model)	10271,43	9	1141,3	58,95	< 0,0001	Tin cậy
A-X1(pH)	2274,54	1	2274,5	117,49	< 0,0001	
B-X2(P)	2048	1	2048	105,79	< 0,0001	
C-X3 (thời gian)	1473,62	1	1473,6	76,12	< 0,0001	
AB	442,2	1	442,2	22,84	0,002	
AC	306,25	1	306,25	15,82	0,0053	
BC	340,69	1	340,69	17,6	0,0041	
A <sup>2</sup>	1160,22	1	1160,2	59,93	0,0001	
B <sup>2</sup>	414,5	1	414,5	21,41	0,0024	
C <sup>2</sup>	393,3	1	393,3	20,32	0,0028	
Phần dư (Residual)	135,51	7	19,36			
Không tương thích (Lack of Fit)	124,85	5	24,97	4,68	0,1853	Không tin cậy

Ngoài ra, mối tương quan giữa hiệu suất xử lý COD, Cl<sup>-</sup> với các yếu tố pH, áp suất, thời gian còn được thể hiện qua các biểu đồ bề mặt đáp ứng tại Hình 6 và Hình 7; hiệu suất phân hủy COD, Cl<sup>-</sup> đạt tối đa khi pH= 2÷3, P1= 6÷8 kg/cm<sup>2</sup>, thời gian vận hành 30 phút.



▲ Hình 6: Biểu đồ bề mặt 3D cho quá trình xử lý COD



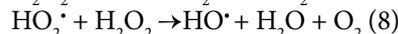
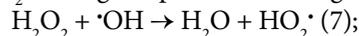
▲ Hình 7: Biểu đồ bề mặt 3D cho quá trình xử lý Cl<sup>-</sup>

### Tối ưu hóa hiệu suất phân hủy COD, Cl<sup>-</sup> từ quá trình thực nghiệm

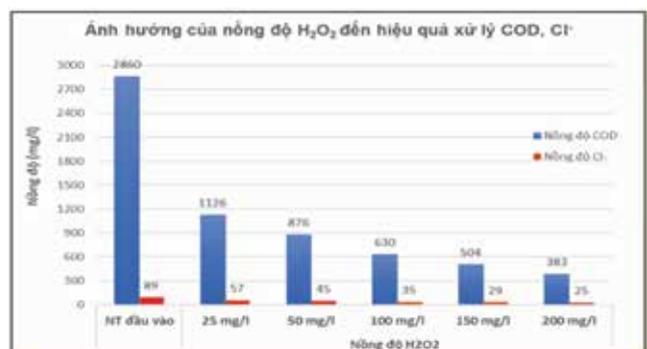
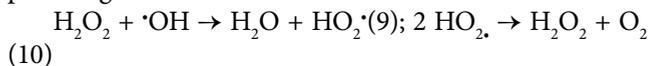
Quá trình phân hủy COD, Cl<sup>-</sup> đạt hiệu suất tối ưu ở điều kiện vận hành như sau: pH= 2,5; áp suất P1= 8kg/cm<sup>2</sup>, thời gian 30 phút.

### 3.2. Xác định nồng độ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tối ưu cho xử lý nước thải TBVTV kết hợp HC

Thực hiện thí nghiệm với các nồng độ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> khác nhau; sử dụng tắm lỗ số 2, P1 = 8,0 kg/cm<sup>2</sup>, P2 = 1 kg/cm<sup>2</sup>, thời gian 30 phút. Kết quả cho thấy, khi tăng nồng độ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, hàm lượng COD, Cl<sup>-</sup> trong nước thải giảm, hiệu quả xử lý tăng phù hợp với phương trình phản ứng (7) và (8) khi có H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sẽ là nguồn phát sinh thêm gốc hydroxyl:



Tuy nhiên, khi nồng độ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> vượt qua giá trị tối ưu (trên 100mg/l) thì mức độ phân hủy tăng không đáng kể (< 10%); khi đó, gốc  $\cdot OH$  sẽ phản ứng với các gốc tự do được tạo ra từ quá trình cắt mạch phân tử hữu cơ do sự hình thành và phân hủy HO<sub>2</sub> $\cdot$  [8, 10, 11], theo phương trình phản ứng sau:

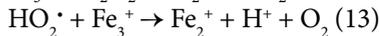
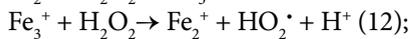
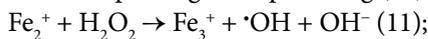


▲ Hình 8: Hiệu quả xử lý COD, Cl<sup>-</sup> trong mô hình HC kết hợp H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

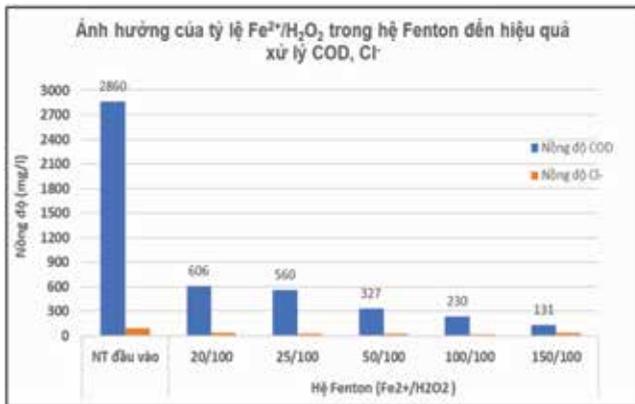


**3.3. Xác định tỷ lệ Fe<sub>2</sub><sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Fenton) tối ưu cho xử lý nước thải TBVTV kết hợp HC**

Thực hiện thí nghiệm với nồng độ Fe<sub>2</sub><sup>+</sup> lần lượt là 20, 25, 50, 100, 150mg/l, cố định nồng độ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 100mg/l; tấmlỗ số 2, P1 = 8 kg/cm<sup>2</sup>, P2 = 1,5 kg/cm<sup>2</sup> và thời gian 30 phút. Kết quả cho thấy, khi tăng tỷ lệ Fe<sub>2</sub><sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> thì khả năng phân hủy COD, Cl<sup>-</sup> trong nước thải gia tăng là do tăng liều lượng Fe<sub>2</sub><sup>+</sup>. Nghiên cứu của P.N. Patil et.al. [12] cũng cho thấy, quá trình HC kết hợp Fenton (HC+ Fe<sub>2</sub><sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) mang hiệu quả hơn do sự tái tạo của Fe<sub>2</sub><sup>+</sup> làm gia tăng sự hình thành gốc <sup>•</sup>OH phục vụ quá trình oxy hóa chất ô nhiễm theo phương trình phản ứng (11), (12), (13).



Tuy nhiên, để nước thải đáp ứng yêu cầu theo QCVN40:2011/BTNMT, cột B đối với COD, tỉ lệ Fe<sub>2</sub><sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 1,5 :1 là cần thiết.

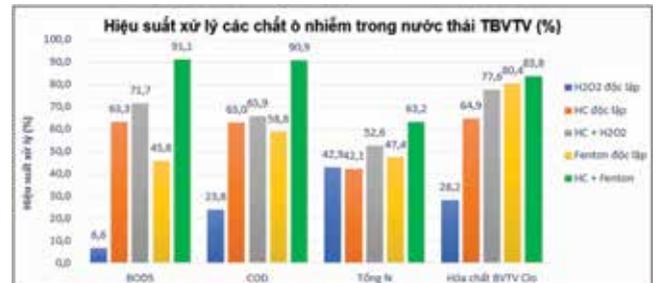


▲ Hình 9: Ảnh hưởng của Fenton (tỷ lệ Fe<sub>2</sub><sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) đến hiệu quả phân hủy COD, Cl<sup>-</sup> trong mô hình HC kết hợp Fenton

**3.4. Đánh giá hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải TBVTV**

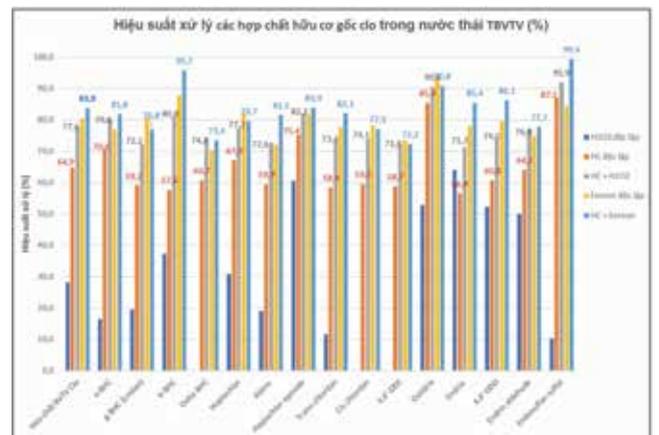
Các thí nghiệm xử lý nước thải TBVTV bằng mô hình H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> độc lập, Fenton độc lập, HC độc lập, HC + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HC + Fenton đã được thực hiện để đánh giá hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải. Kết quả thí nghiệm cho thấy, mô hình HC độc lập cho hiệu quả xử lý COD, BOD đạt 63%, tổng N đạt 42%, TBVTV đạt 65%; khi sử dụng HC kết hợp H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, hiệu suất xử lý gia tăng với BOD đạt 71,1%, COD đạt 65,9%, tổng N đạt 52,6%, TBVTV đạt 77,6%; hệ HC kết hợp Fenton cho hiệu suất xử lý cao nhất, với hiệu suất xử lý BOD, COD đạt 91%, tổng N đạt 63,2% và TBVTV đạt 83,8% (Hình 10). Điều này cũng phù hợp với các nghiên cứu của Sunita Raut-Jadhav và các cộng sự về khả năng phân hủy thuốc trừ sâu và nước thải sản xuất thuốc trừ sâu bằng công nghệ HC kết hợp với các tác nhân tăng cường như H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Fenton, với hiệu suất xử lý COD khi sử dụng HC kết hợp H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tăng gấp 5 lần so với HC độc lập; hiệu suất xử lý methomyl khi sử dụng HC kết hợp H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Fenton lần lượt là 5,8% và 13,4% [4, 5]; nghiên cứu của

Ravi. K. Joshi về khả năng phân hủy Dichlorvos đạt 91,5% khi sử dụng HC kết hợp Fenton với tỷ lệ FeSO<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 3:1 so với HC độc lập [6]



▲ Hình 10: Hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải TBVTV ứng với các mô hình thí nghiệm khác nhau

Nghiên cứu khả năng phân hủy của 15 hợp chất hữu cơ gốc clo trong TBVTV theo các quy trình xử lý khác nhau (Hình 11). Mô hình HC độc lập đạt hiệu quả xử lý từ 56 ÷ 87%; mô hình HC kết hợp H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> đạt 71 - 92% , mô hình HC kết hợp Fenton đạt hiệu quả xử lý từ 72 - 99%, trong đó, α-BHC, β-BHC, Aldrin, Heptachlor epoxide, trans-chlordan, Dieldrin, Endrin, 4,4'-DDD, Endosulfan sulfat được xử lý trên 80%; Lindan, delta-BHC, Heptachlor, cis-chlordan, 4,4'-DDE, Endrin aldehyde được xử lý trên 72%.



▲ Hình 11: Hiệu quả xử lý các hợp chất hữu cơ gốc clo trong nước thải TBVTV

**4. KẾT LUẬN**

Công nghệ xâm thực thủy động lực học (HC) đóng vai trò quan trọng trong xử lý thuốc BVTV, quá trình HC kết hợp Fenton (HC kết hợp Fe<sub>2</sub><sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) là kỹ thuật tiên tiến và mang lại hiệu quả cao trong việc phân hủy các hợp chất hữu cơ gốc clo so với các kỹ thuật khác. Khi sử dụng mô hình HC độc lập, hiệu quả xử lý COD, BOD đạt 63%, Nitơ đạt 42% và TBVTV đạt 65%. Kết hợp mô hình HC với H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hoặc Fenton cho hiệu suất xử lý BOD tăng 1,1 ÷ 1,4 lần; COD tăng 1,05 ÷ 1,44 lần; tổng Nitơ tăng 1,3 ÷ 1,5 lần và TBVTV tăng 1,2 ÷ 1,3lần.

Đối với TBVTV gốc clo hữu cơ, nghiên cứu đã sử dụng mô hình HC độc lập để đánh giá khả năng phân hủy của 15

hợp chất gốc clo với hiệu quả xử lý đạt 56% - 87%; khi kết hợp HC với Fenton thì hiệu quả xử lý tăng rõ rệt và đạt hiệu suất xử lý từ 72% - 99%.

Như vậy, công nghệ xâm thực thủy động lực có khả năng đóng vai trò xử lý các chất hữu cơ độc hại, khó phân hủy sinh học, hỗ trợ (tiền xử lý) cho các quá trình sinh học trong xử lý nước thải.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Lê Thanh Phong, Trần Anh Thông (2020), "Tổng quan về TBVTV độc hại ở Việt Nam, Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Nông thôn - Đại học An Giang, Viện Nghiên cứu Súc khô và Chính sách Nông nghiệp - Đại học Kinh tế TP. Hồ Chí Minh, International Pollutants Elimination Network.
- Rajendrasinh R. Gaekwad (2015), "Pesticide wastewater treatment by hydrodynamic cavitation process", *International Journal of Advance Research In Engineering, Science & Technology*.
- Debabrata Panda Sivakumar Manickam (2019), "Hydrodynamic cavitation assisted degradation of persistent endocrine-disrupting organochlorine pesticide Dicofof: Optimization of operating parameters and investigations on the mechanism of intensification", *Ultrasonics Sonochemistry* 51.
- Sunita Raut-Jadhav (2016), "Treatment of the pesticide industry effluent using hydrodynamic cavitation and its combination with process intensifying additives (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and ozone)", *Chemical Engineering Journal* 295.
- Sunita Raut-Jadhav (2016), "Effect of process intensifying parameters on the hydrodynamic cavitation based

*degradation of commercial pesticide (methomyl) in the aqueous solution*", *Ultrasonics Sonochemistry* 28.

6. Ravi. K. Joshi (2012), "Degradation of dichlorvos using hydrodynamic cavitation based treatment strategies", *Ultrasonics Sonochemistry* 19, 532 - 539

7. Bagal, M.V. (2014), "Degradation of diclofenac sodium using combined processes based on hydrodynamic cavitation and heterogeneous photocatalysis", *Ultrasonics Sonochemistry* 21, 1035 - 1043

8. Pavel Krystynik (2021), "Advanced Oxidation Processes (AOPs) - Utilization of Hydroxyl Radical and Singlet Oxygen", *Intechopen*.

9. Sin-Yi Liou (2021), "Evaluation of hydroxyl radical and reactive chlorine species generation from the superoxide/hypochlorous acid reaction as the basis for a novel advanced oxidation process", *Science Direct, Vol 200*, 117 - 142.

10. Saharan, V.K. (2012), "Hydrodynamic cavitation as an advanced oxidation technique for the degradation of Acid Red 88 dye". *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1981 - 1989.

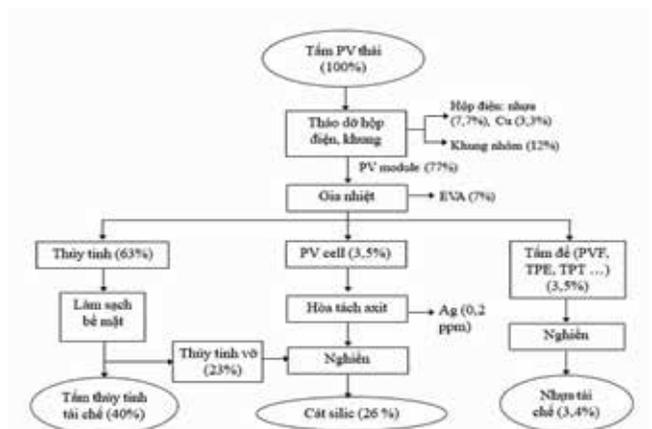
11. Teo, K.C. (2001), "Sono chemical degradation for toxic halogenated organic compounds", *Ultrasonics Sonochemistry*, 8 - 241.

12. P.N. Patil (2014), "Degradation of imidacloprid using combined advanced oxidation processes based on hydrodynamic cavitation", *Ultrasonics Sonochemistry*, 1770 - 1777.

13. P. Thanekar, P. Gogate (2018), "Application of hydrodynamic cavitation reactors for treatment of wastewater containing organic pollutants: Intensification using hybrid approaches", *Fluids*, 3, 98.

## Pin năng lượng mặt trời thải...

(Tiếp theo trang 5)



▲ Hình 1. Sơ đồ đề xuất công nghệ tái chế pin mặt trời

### 4. KẾT LUẬN

Thành phần chính của tấm PV thải bao gồm thủy tinh (61 - 63%); hợp kim nhôm (11 - 13%); hộp nối, dây dẫn điện (10 - 13%); EVA (6 - 8%), nhựa nền (xấp xỉ 3%) và tế bào quang điện (3 - 4%). Thành phần các thông số nguy hại theo QCVN 07:2009/BTNMT nhỏ hơn các ngưỡng

cho phép nhiều lần. PV thải được coi là chất thải rắn thông thường có khả năng tái chế thu hồi vật liệu có giá trị. Đã đề xuất công nghệ tái chế tấm PV thải có tính khả thi và khả năng thu hồi được vật liệu có thể tái chế, tái sử dụng theo mô hình kinh tế tuần hoàn, đáp ứng yêu cầu xử lý lượng tấm PV thải phát sinh ngày càng gia tăng.

### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ TN&MT đã hỗ trợ tài chính cho nghiên cứu trong khuôn khổ đề tài: "Nghiên cứu đề xuất giải pháp quản lý, xử lý pin năng lượng mặt trời thải" mã số: TNMT.2021.05.01.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Mạnh Đức. Vì sao nguồn thì thừa, điện vẫn thiếu. *Tạp chí điện tử Vn Economy* ngày 11/6/2021 (<https://vneconomy.vn/vi-sao-nguon-thi-thua-dien-van-thieu.htm>, truy cập ngày 7/6/2023).
- Quyết định số 500/QĐ-TTg ngày 15/5/2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.
- QCVN 07:2009/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về ngưỡng CTNH.