

# NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO PHÂN BÓN NPK-TE NHẢ CHẬM SỬ DỤNG HỖN HỢP CHẤT KẾT DÍNH TINH BỘT BIẾN TÍNH, TRO BAY VÀ ĐẤT SÉT

RESEARCH AND MANUFACTURE OF SLOW-RELEASE NPK-TE FERTILIZER  
USING A MIXTURE OF MODIFIED STARCH BINDER, FLY ASH, AND CLAY

Nguyễn Văn Mạnh<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Ngọc Thanh<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2025.337>

## TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, phân bón NPK(5-10-5)+TE được chế tạo từ các phân đơn chứa đạm, lân, kali theo quy trình phối trộn một cấp. Tinh bột sắn được biến tính bằng tác nhân *ortho* photphat tạo ra các liên kết ngang đóng vai trò là chất dính kết được thể hiện trong kết quả phân tích phổ hồng ngoại IR. Tinh bột photphat hóa kết hợp với đất sét cùng với tro bay tạo thành một mạng lưới giam hãm các thành phần dinh dưỡng có trong phân bón, làm giảm tốc độ phân rã của phân bón. Kết quả nghiên cứu SEM và EDS mẫu tro bay cho thấy các hạt hình cầu siêu mịn kích thước từ vài đến vài chục micromet chứa các nguyên tố Mg, Al, Si, K, S, Ca, Ti, Fe có lợi cho cây trồng, đặc biệt hàm lượng Silic hiệu quả cao. Kết quả nghiên cứu độ phân giải đạm của phân bón chỉ ra khi sử dụng 4% (khối lượng) tinh bột photphat hóa thì tỉ lệ tro bay/đất sét bằng 8:12,27 là tốt nhất, sau 28 ngày độ phân giải đạm là 20,17%.

**Từ khóa:** Tro bay, phân bón nhả chậm, tinh bột biến tính.

## ABSTRACT

In this study, the fertilizer NPK (5-10-5)+TE has made from single fertilizers containing nitrogen, phosphorus, and potassium according to a one-stage mixing process. Tapioca starch is modified with orthophosphate to create cross-links that act as binders shown in the (IR) test. Distarch phosphate has combined with clay and fly ash to form a confinement network of nutrient components in the fertilizer and has reduced the decomposition rate of the fertilizer. Research results of SEM and EDS of fly ash samples showed that the ultrafine spherical particles with sizes ranging from a few to several tens of micrometers containing Mg, Al, Si, K, S, Ca, Ti, and Fe elements are beneficial for plants. In particular, the effective silicon content is high. The research results on the solubility of nitrogen in fertilizers showed that when using 4% (wt%) of distarch phosphate, the ratio of fly ash/clay was 8:12,27 the best, with the nitrogen resolution at 20.17% after 28 days.

**Keywords:** Fly ash, slow-release fertilizer, modified starch.

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: [nguyenvanmanh@hauai.edu.vn](mailto:nguyenvanmanh@hauai.edu.vn)

Ngày nhận bài: 15/3/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/6/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/9/2025

## 1. MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây sản xuất phân bón nhả chậm luôn được các nhà khoa học đặc biệt quan tâm bởi hiệu quả sử dụng cao, giảm sự bay hơi, rửa trôi, giảm tác động tiêu cực đến môi trường và sức khỏe con người. Gần đây có nhiều công trình nghiên cứu tập trung nghiên cứu

phân bón nhả chậm như sử dụng các monome liên kết chéo từ các hóa chất như Thiol-ene click [1] tạo lớp phủ bọc ngoài phân bón nhằm kiểm soát tốc độ nhả chậm của phân bón, vật liệu poly (vinyl alcohol) chứa đầy tinh thể nano xenlulo làm vật liệu phủ trong nước của phân NPK với đặc tính giải phóng chậm và giữ nước [2], phân bón



Bảng 2. Bảng tổng hợp nguyên vật liệu cần cho sản xuất 100g phân bón NPK-TE tỷ lệ 5-10-5 với sự thay đổi về tỉ lệ tro bay/đất sét khác nhau khi các thành phần khác không đổi

STT mẫu	Kí hiệu mẫu	Ure, (g)	Supelân, (g)	KCl, (g)	Tinh bột, (g)	CuSO <sub>4</sub> , (g)	MgCl <sub>2</sub> , (g)	Đất sét, (g)	Tro bay, (g)	Tổng cộng, (g)
1	PB-Đ	10,87	55,56	8,3	4	0,5	0,5	20,27	0	100
2	PB-T	10,87	55,56	8,3	4	0,5	0,5	0	20,27	100
3	PB-2	10,87	55,56	8,3	4	0,5	0,5	18,27	2	100
4	PB-4	10,87	55,56	8,3	4	0,5	0,5	16,27	4	100
5	PB-6	10,87	55,56	8,3	4	0,5	0,5	14,27	6	100
6	PB-8	10,87	55,56	8,3	4	0,5	0,5	12,27	8	100
7	PB-10	10,87	55,56	8,3	4	0,5	0,5	10,27	10	100
8	PB-12	10,87	55,56	8,3	4	0,5	0,5	8,27	12	100
9	M0	10,87	55,56	8,3	0	0,5	0,5	16,27	8	100

**2.2. Phương pháp nghiên cứu**

**a) Chế tạo phân bón NPK-TE (5-10-5-TE) nhả chậm**

Thành phần nguyên liệu NPK-TE với hàm lượng dinh dưỡng N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O là 5-10-5 được cho trong bảng 2 là kết quả tính toán theo phương pháp lý thuyết dựa trên thành phần các nguyên liệu ban đầu với cách tính quy đổi như sau:

Số lượng phân Ure cần để cung cấp 5% N =  $(a \times 100)/b = (5 \times 100)/46 = 10,87$  (g)

Số lượng phân Supelân để cung cấp 10% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> =  $(a \times 100)/b = (10 \times 100)/16 = 55,56$  (g)

Số lượng phân Kali đỏ cần để cung cấp 5% K<sub>2</sub>O =  $(a \times 100)/b = (5 \times 100)/60 = 8,3$  (g)

Sơ đồ quy trình sản xuất phân bón nhả chậm NPK-TE như thể hiện trên hình 1.

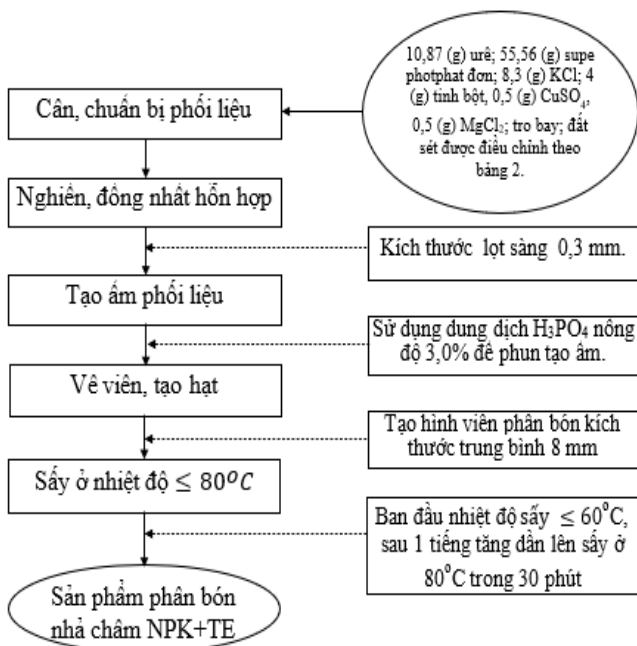
**b) Xác định các tính chất của tro bay và phân bón**

Các thiết bị phân tích bao gồm: Đặc trưng hình thái và thành phần hóa học mẫu phân bón, và mẫu tro bay được thực hiện trên kính hiển vi điện tử quét JSM-6510LV (Nhật Bản) và phổ kế tán xạ năng lượng tia X (EDS), Viện kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Các nhóm chức có trong mẫu phân bón được xác định qua phổ hồng ngoại IR được đo trên Máy quang phổ hồng ngoại Nicolet iS10 (Thermo Scientific - Mỹ), Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Kết quả phân tích độ nhả chậm NPK của mẫu phân bón được tiến hành theo các tiêu chuẩn: TCVN8557:2010 về phân bón - Phương pháp xác định ni tơ tổng số, TCVN 5815:2018 về phân tích phân hỗn hợp NPK. Quá trình ngâm mẫu và phân tích được thực hiện tại Phòng Vilas, Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

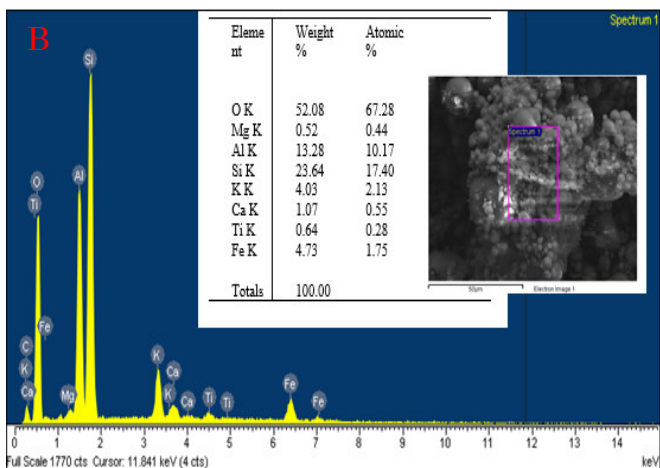
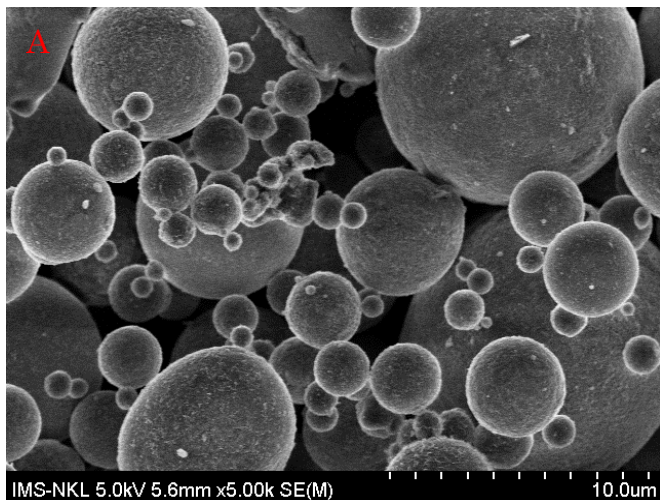
**3.1. Nghiên cứu đặc trưng tính chất của mẫu tro bay**

Kết quả ảnh SEM (hình 2A) cho thấy, mẫu tro bay là tập hợp của các hạt hình cầu kích thước cỡ từ vài mic đến vài chục mic. Sở dĩ tạo thành các hạt hình cầu có thể do sự kết dính của các thành phần có trong tro bay khi được đốt cháy ở nhiệt độ cao và luyện trong lò theo ống khói lò từ khoang đốt nhiên liệu đi ra khỏi lò. Từ kết quả phân tích EDS (hình 2B) cho thấy, mẫu tro bay chứa các nguyên tố O, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe. Ở điều kiện cháy của nhiên liệu 800 - 900°C trong lò đốt, than cháy gần như hoàn toàn, các kim loại bị oxi hóa tạo thành các oxit tương ứng. Thành phần tro bay cũng đã chỉ ra một số các nguyên tố trung vi lượng như Silic, Magiê, Canxi và sắt, ngoài ra còn



Hình 1. Sơ đồ quy trình sản xuất phân bón nhả chậm NPK-TE

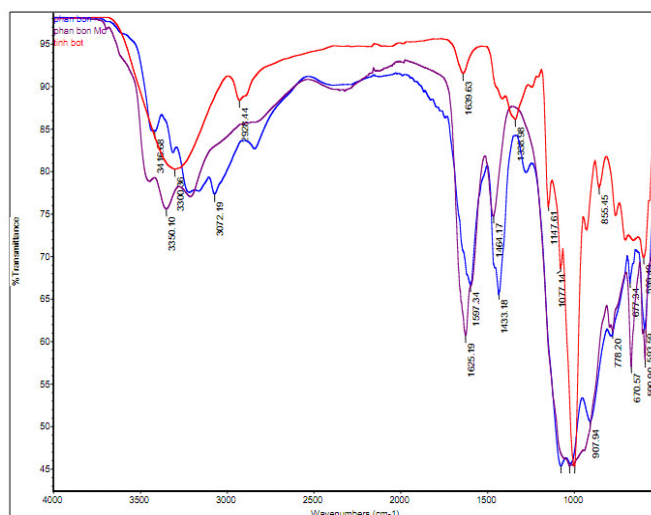
chứa cả nguyên tố đa lượng Kali. Đây đều là những thành phần có lợi cho cây trồng, nó mở ra khả năng cao về việc ứng dụng tro bay làm phụ gia cho phân bón.



Hình 2. (A) Ảnh SEM mẫu tro bay, (B) Phổ EDS mẫu tro bay

### 3.2. Phổ hồng ngoại

Từ kết quả phân tích phổ IR (hình 3) cho thấy, có sự dịch chuyển mạnh về tần số và cường độ các dải phổ đặc trưng, điều đó khẳng định sự có mặt của TBBT, tro bay và ure trong tổ hợp. Chẳng hạn, các vân phổ đặc trưng cho dao động hóa trị của liên kết N-H bị chuyển dịch mạnh từ 3436,54; 3350,1cm<sup>-1</sup> (m) xuống 3416,68; 3320,87cm<sup>-1</sup> (tb) khi thêm TBBT vào mẫu phân bón ban đầu. Nhóm cacbonyl trong urê bị chuyển dịch từ 1652,19cm<sup>-1</sup>(m) xuống 1597,34cm<sup>-1</sup> (tb) trong mẫu PB-8,... Sự dịch chuyển và thay đổi cường độ của các dải phổ này là do tương tác giữa nhóm chức phân cực như -OH của TBBT với các nhóm chức có trong cấu trúc của tro bay, đất sét và -NH<sub>2</sub> trong ure khi chúng trộn lẫn với nhau bằng các liên kết hiđro O...H và các liên kết lưỡng cực của các kim loại trong tro bay và nhóm cacbonyl giúp làm chậm quá trình giải phóng dưỡng chất có trong phân bón.



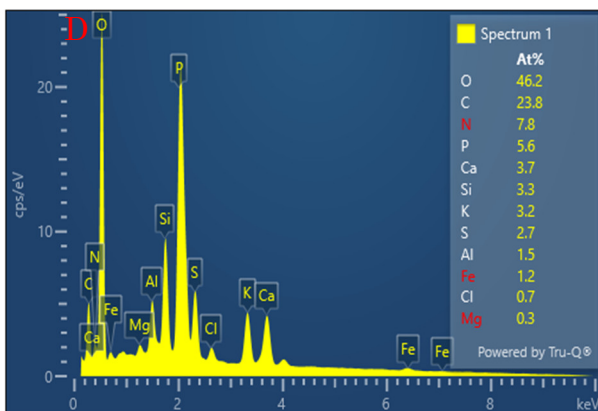
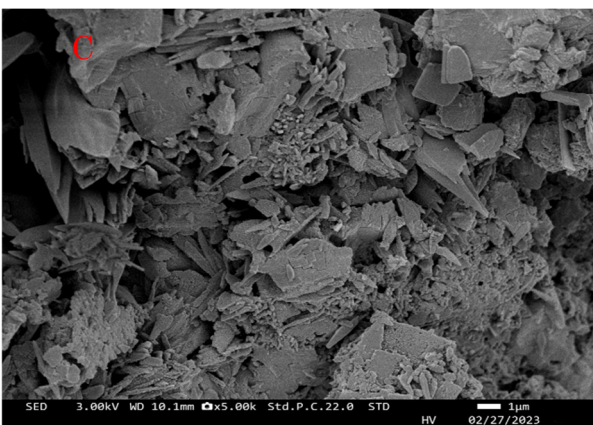
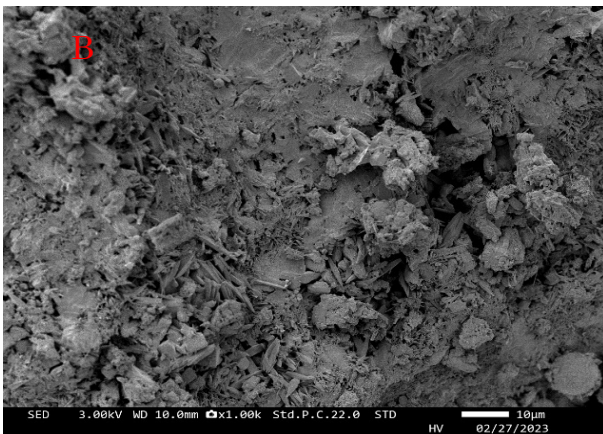
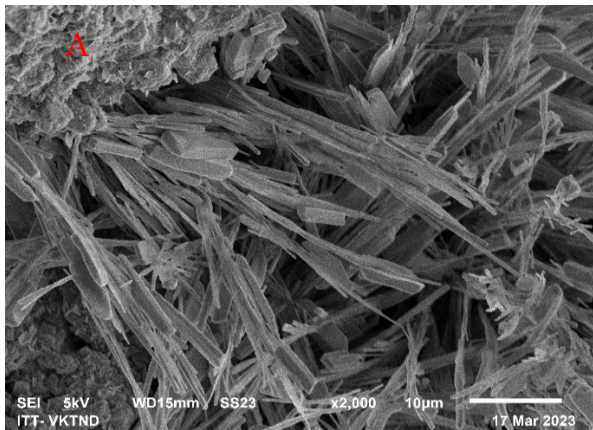
Hình 3. Phổ hồng ngoại của các mẫu TBBT, phân bón (M0) và phân bón (PB-8)

Bảng 3. Tần số dao động đặc trưng của tinh bột biến tính, phân bón NPK-Tro bay và NPK-TBBT-Tro bay

Tần số dao động	Tần số dao động, cm <sup>-1</sup>		
	TBBT	M0	PB-8
V <sub>OH</sub>	3300,36 (tù)	-	3320,87 (nhọn)
V <sub>NH2</sub>	-	3436,54; 3350,1 (m)	3416,68; 3320,87 (tb)
V <sub>CH</sub>	2928,44	-	3072,19
V <sub>C=O</sub>	1077,14	-	1078,65
V <sub>P-O-P</sub>	998,74	-	986,85
V <sub>C=O</sub>	-	1652,19(m)	1597,34(tb)

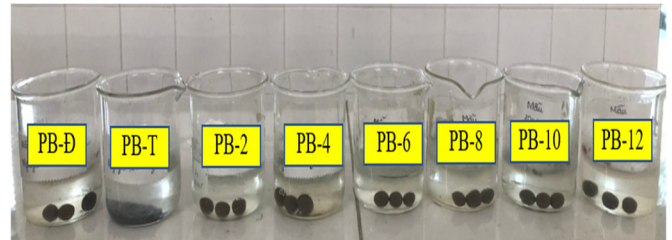
### 3.3. Đặc trưng hình thái tính chất của mẫu phân bón nhà chậm

Kết quả bề mặt ảnh SEM hình 4 (A) cho thấy, có nhiều hình dạng cấu trúc khác nhau của các thành phần có trong mẫu phân bón. Chúng nằm hỗn độn và xen lẫn vào nhau bề mặt rời rạc. Khác với mẫu phân bón không có TBBT, hình 4 (B, C) khi có TBBT các tinh thể các chất có trong phân bón chúng được gói gém với nhau thành từng đám. Đây là kết quả của việc sử dụng chất kết dính TBBT và tro bay, đất sét đóng vai trò là chất mang. Hình 4D là kết quả phổ tán xạ năng lượng (EDS) cho ta biết các thành phần nguyên tố có trong phân bón. Với việc bổ sung thêm thành phần tro bay vào phân bón, ngoài các nguyên tố dinh dưỡng đa lượng N-P-K được cung cấp từ phân urê, phân supephotphát, phân kali còn có các nguyên tố trung vi lượng như Si, Ca, S, Mg, Fe, Al. Nguyên tố vi lượng Cu được thêm vào trong quá trình sản xuất nhưng không thể hiện trên phổ này do có cùng với kim loại nền để đo mẫu.



Hình 4. Ảnh SEM (A) mẫu phân bón MO, (B,C) mẫu phân bón (PB-8) ở các độ phóng đại nhau, (D) Phổ EDS mẫu phân bón NPK (5-10-5)-TE (PB-8)

### 3.4. Ảnh hưởng của tỉ lệ tro bay/đất sét trong phân bón đến độ tan của các chất dinh dưỡng trong nước



Hình 5. Hình ảnh các mẫu phân bón ngâm liên tục 7 ngày trong nước

Các mẫu phân bón được chuẩn bị bằng cách ngâm 5g phân bón trong 100ml nước cất trong các cốc cùng thời điểm và được định vị yên một chỗ. Các mẫu được quan sát đánh giá cảm quan sau mỗi 12 giờ để xác định. Với mẫu phân bón PB-T chỉ sử dụng tinh bột, tro bay không có đất sét cho thấy với quá nhiều tro bay mẫu không tạo được độ dính kết tốt và bị tan ngay sau 24 tiếng. Các mẫu PB-D (không tro bay), PB-2 (2% tro bay) và PB-4 (4% tro bay) bị nứt vỡ bề mặt viên phân bón sau 7 ngày ngâm liên tục. Sau 28 ngày quan sát các mẫu PB-6, PB-8, PB-10 và PB-12 vẫn không tan, bề mặt mẫu vẫn ổn định không bị nứt, không vỡ và nước vẫn đục. Quá trình chế tạo các phân bón được làm lặp lại 5 lần và ngâm đều cho kết quả tương tự.

Bảng 4. Phụ thuộc độ tan của thành phần dinh dưỡng trong nước vào thời gian

		Độ tan đậm (%) tính theo chỉ tiêu phân tích NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/100mL)								
	Mẫu	NPK	PB-T	PB-D	PB-2	PB-4	PB-6	PB-8	PB-10	PB-12
Ngày	1	88,72	75,33	29,37	15,59	12,90	8,67	7,86	8,34	11,28
	7	100	100	56,25	22,73	17,66	12,29	9,08	14,16	11,86
	14	-	-	61,84	51,23	38,89	17,22	15,63	18,05	17,68
	28	-	-	73,67	63,15	62,46	23,12	20,17	25,37	23,13

Kết quả khảo sát độ tan của thành phần dinh dưỡng Nitơ trong mẫu phân bón NPK (không có tinh bột và các chất phụ gia) và các mẫu phân bón khi ngâm vào nước ở cùng điều kiện và thời gian sau 1 ngày, 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày được chỉ ra ở bảng 4 cho thấy với mẫu phân bón PB-8 khi sử dụng 4% tinh bột, ở tỉ lệ tro bay/đất sét bằng 8:12,27 cho hiệu quả nhả chậm là tốt nhất. Sau 28 ngày ngâm mẫu PB-8 lượng Nitơ trong phân bón phân giải vào nước bằng 20,17% thấp nhất trong các mẫu phân bón. Kết quả chỉ ra một công thức phối trộn (mẫu PB-8) thích hợp giữa các thành phần phụ gia tro bay, đất sét và phân hỗn hợp NPK có hàm lượng định sẵn (5-10-5) cho hiệu quả nhả chậm tốt nhất.

#### 4. KẾT LUẬN

Phân bón NPK-TE một hạt được sản xuất trên cơ sở sử dụng chất kết dính tinh bột biến tính cùng với chất mang đất sét và phụ gia tro bay. Quá trình biến tính tinh bột thu được tinh bột có khả năng kết dính tốt. Sự kết hợp giữa tinh bột phốt phát hóa cùng với đất sét và tro bay với tỉ lệ phần trăm trên tổng khối lượng phân bón bằng 4:12,27:8 cho khả năng lưu giữ chất dinh dưỡng tốt, sau 28 ngày phân giải 20,17%. Kết quả nghiên cứu giúp cho việc hoàn thiện một quy trình sản xuất phân bón NPK-TE nhỏ chậm. Mặt khác, đặc trưng hình thái và thành phần của tro bay cũng chỉ ra các thành phần có lợi cho cây trồng. Từ những kết quả nghiên cứu mở ra phạm vi ứng dụng của tro bay làm phụ gia trong lĩnh vực sản xuất phân bón nhỏ chậm. Sản phẩm này không những mang lại lợi ích kinh tế mà còn có ý nghĩa về mặt xử lý môi trường.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi đề tài nghiên cứu khoa học mã số 48-2022-RD/HĐ-ĐHCN, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Shan P., et al., "Thiol-ene Click Chemistry Using Triethylamine Gas as a Promoter to Make Coated Slow-release Fertilizer," *Chemical Engineering Journal Advances*, 8: 100189, 2021.
- [2]. Kassem I., et al., "Cellulose nanocrystals-filled poly (vinyl alcohol) nanocomposites as waterborne coating materials of NPK fertilizer with slow release and water retention properties," *International Journal of Biological Macromolecules*, 189: 1029-1042, 2021.
- [3]. Yan H., et al., "Porous geopolymer based eco-friendly multifunctional slow-release fertilizers for promoting plant growth," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 631: 127646, 2021.
- [4]. Dong D., et al., "Mitigation of methane emission in a rice paddy field amended with biochar-based slow-release fertilizer," *Science of The Total Environment*, 792: 148460, 2021.
- [5]. Salimi M., et al., "Synthesis of urea slow-release fertilizer using a novel starch-g-poly(styrene-co-butylacrylate) nanocomposite latex and its impact on a model crop production in greenhouse," *Journal of Cleaner Production*, 322: 129082, 2021.
- [6]. N. V. Khôi, *Polysacarit và ứng dụng các dẫn xuất tan của chúng trong thực phẩm*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
- [7]. Lê Văn Hoàng, Trương Thị Minh Hạnh, *Tinh bột khai thác và ứng dụng*. NXB Đại học Đà Nẵng, 2007.

[8]. Hoàng Kim Anh, Ngô Kế Sương, Nguyễn Xích Liên, *Tinh bột sắn và các sản phẩm từ tinh bột sắn*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, TP. HCM, 2005.

[9]. Friedemann Pieschel, Eckehard Lange, Juan Camacho, *Starch phosphate method for the production thereof and their use*. U.S 6,703,496. 2004.

[10]. Lars Passauer, Hans Bender, Steffen Fischer, "Synthesis and characterization of starchphosphates," *Carbohydrate Polymers*, 82, 809, 2010.

[11]. N. V. Mạnh, "Nghiên cứu chế tạo phân bón nhỏ chậm trên cơ sở khoáng sét và tinh bột biến tính," *Vietnam J. Sci. Technol.*, 52, 6, 735-742, 2015.

[12]. Trần Văn Quy, Nguyễn Xuân Huân, Hoàng Đức Thắng, Đinh Tạ Tuấn Linh, Đào Quốc Hùng, Nguyễn Văn Thanh, Ngô Anh Dũng, Nguyễn Mạnh Khải, "Chế tạo và ứng dụng tinh bột phốt phát làm chất kết dính trong sản xuất sắt xốp," *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, 32, 15, 309-314, 2016.

[13]. Hermida L., Agustian J., "Slow release urea fertilizer synthesized through recrystallization of urea incorporating natural bentonite using various binders," *Environ. Technol. Inno*, 13, 113-121, 2019.

#### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Van Manh, Nguyen Ngoc Thanh**

Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam