

# Phân tích công nghệ và phương pháp tính toán định lượng nguyên liệu trong sản xuất phân bón NPK (15:15:15)

Khổng Quốc Anh, Vũ Hồng Thái\*

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài 6/5/2016, ngày chuyển phản biện 9/5/2016, ngày nhận phản biện 6/6/2016, ngày chấp nhận đăng 10/6/2016

Đối với ngành trồng trọt, phân bón đóng vai trò rất quan trọng, đặc biệt là các loại phân bón đa thành phần dinh dưỡng như NPK. Có nhiều phương pháp để sản xuất phân bón NPK, trong đó phương pháp hóa học cho sản phẩm NPK có chất lượng tốt nhất, với các tính chất vật lý tối ưu. Tuy nhiên phương pháp này rất phức tạp, đòi hỏi phải nắm vững về công nghệ sản xuất, vốn đầu tư cao và phải sản xuất với quy mô lớn mới có hiệu quả kinh tế. Nghiên cứu này sẽ phân tích công nghệ và trình bày phương pháp tính toán cân bằng vật chất của quá trình sản xuất phân bón NPK bằng phương pháp hóa học.

**Từ khóa:** bọc áo, chai đất, NPK, phân bón, phân phức hợp, thiết bị phản ứng ống.

**Chỉ số phân loại** 2.4

## Analysis of technology and computational methodology of material balance in the production of NPK fertilizer

Summary

Fertilizers play an important role in agriculture, especially multi-component fertilizers. One of important multi-component fertilizers is the so-called NPK fertilizers. There are many methods to manufacture NPK fertilizers. By using chemical methods, NPK fertilizers have the best quality with optimum physical properties. However, these methods are very complex, requires mastery of manufacturing technology and high investment, and are only profitable in large-scale production. In this contribution, the authors present the description of the technology and computational methodology required in the production of NPK fertilizers by using chemical methods.

**Keywords:** coating, complex fertilizers, depleted soils, fertilizer, NPK, pipe reactor.

**Classification number** 2.4

## Giới thiệu

Công nghệ sản xuất phân bón bằng phương pháp hóa học bản chất là phương pháp về viên tạo hạt có kèm theo các phản ứng hóa học (phân phức hợp). Đây là một trong những quy trình phức tạp nhưng cũng khá phổ biến để sản xuất các loại phân bón đa dinh dưỡng dạng hạt ngày nay. Phương pháp tạo hạt bằng hóa học có thể được áp dụng để sản xuất trực tiếp các loại phân phức hợp, các bậc sản phẩm phân NPK (thường được áp dụng ở Tây Âu), hoặc sản xuất các hợp chất trung gian mà sau đó sẽ tiếp tục được kết hợp qua các kênh phân phối để tạo thành các loại sản phẩm NPK (thường được áp dụng ở Mỹ). Phương pháp tạo hạt bằng con đường hóa học đã được bắt đầu áp dụng từ thập niên 30 của thế kỷ trước và đã phát triển như một phương pháp kết hợp hai hay nhiều chất dinh dưỡng vào một sản phẩm dễ thao tác, vận chuyển, với chất lượng và hàm lượng các chất dinh dưỡng ổn định [1]. Mục đích ban đầu của phương pháp này là ngăn ngừa sự đóng bánh của phân bón trong bao khi lưu kho hoặc vận chuyển, sao cho sản phẩm ở dạng thích hợp cho việc bón phân trên đồng ruộng khi đến tay nông dân. Ngày nay, hơn 80% phân bón dạng rắn được vận chuyển ở dạng hàng rời. Công nghệ tạo hạt bằng phương pháp hóa học đảm bảo cho sản phẩm không bị kết dính để có thể bốc xếp dễ dàng, giảm tỷ lệ vón cục trong quá trình vận chuyển và lưu kho xuống mức

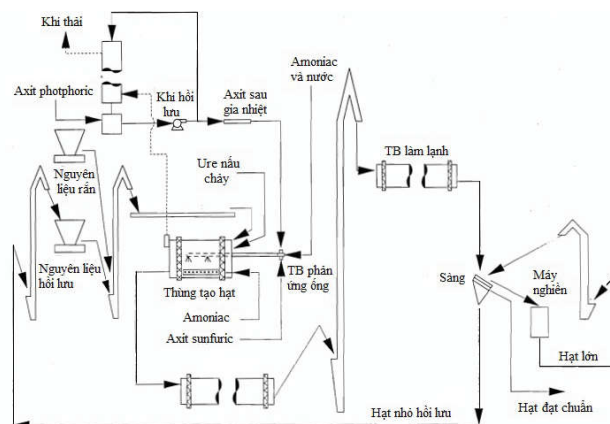
\*Tác giả liên hệ: Email: thaivuhong@gmail.com

tối thiểu, các hạt phân bón đủ chắc để có thể chịu được thao tác cơ học mà không bị vỡ. Tạo hạt bằng phương pháp hóa học được thực hiện bằng cách kết hợp các chất rắn, chất lỏng và chất khí để tạo ra các phản ứng hóa học nhằm đạt đến trạng thái kết tụ tương đối ổn định và tăng cỡ hạt trên cơ sở có kiểm soát. Lượng và kiểu của các loại chất rắn, chất lỏng và chất khí cũng như phạm vi của các phản ứng hóa học khác nhau tùy theo quy trình, nguyên liệu được sử dụng và yêu cầu về sản phẩm. Nhưng mục đích cuối cùng là tạo ra các hạt phân bón ổn định và hàm lượng dinh dưỡng đồng đều. Khi tạo hạt, nói chung các chất rắn, chất lỏng và chất khí cùng được đưa vào thiết bị phản ứng kiểu ống đặt bên trong thiết bị sấy thùng quay. Ngoài tác động sấy, bên trong máy sấy còn xảy ra các tác động kết tụ và hình thành các hạt. Sự bay hơi nước làm tăng cường liên kết trong các hạt phân bón. Sau đó, sản phẩm được sàng, làm nguội và đưa vào kho.

Phần lớn các phương pháp tạo hạt NPK tại Mỹ đều dựa trên hàm lượng chất rắn cao với một phần nguyên liệu dạng lỏng (thường là ammoniac -  $\text{NH}_3$ , dung dịch muối, axit và hơi nước). Các cơ sở, thiết bị lưu kho, thao tác về thiết bị và kỹ thuật không quá cao. Trình độ công nghệ thích hợp với những mà máy có công suất 100-200 nghìn tấn/năm. Các cơ sở tạo hạt tại châu Âu nhìn chung đã phát triển thành các nhà máy tổ hợp (kết hợp với sản xuất  $\text{NH}_3$  và axit photphoric -  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) công suất lớn. Các nhà máy này thường sản xuất phân NPK chất lượng cao. Trên toàn thế giới, các quá trình tạo hạt bằng phương pháp hóa học được áp dụng để sản xuất phần lớn các loại phân bón một thành phần hoặc hỗn hợp đa thành phần, như: ure, supephotphat, DAP và NPK. Nhìn từ góc độ kỹ thuật, phương pháp tạo hạt bằng con đường hóa học tạo ra các sản phẩm phân bón đa thành phần với chất lượng tốt nhất, vì vậy từng hạt là các hạt phân bón riêng rẽ đều chứa đầy đủ các chất dinh dưỡng theo tỷ lệ định trước. Đây là các hạt phân bón chất lượng cao, với những tính chất vật lý (cỡ hạt, độ cứng chịu nghiền, khả năng chảy tự do...) rất tốt. Những tính chất này có thể được kiểm soát bằng cách lựa chọn cẩn thận nguyên liệu đầu vào và các thao tác trong quá trình tạo hạt. Tất nhiên công nghệ này đòi hỏi các xưởng tạo hạt phải nằm trong những tổ hợp hóa chất lớn với chi phí đầu tư xây dựng cao. Các tổ hợp này phải nằm cạnh nguồn nguyên liệu để tăng hiệu quả và giảm chi phí [2-3].

## Mô tả công nghệ

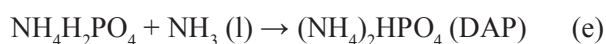
Công nghệ sản xuất phân bón NPK bằng phương pháp hóa học có thể phân loại thành hai phương pháp chính sau: phương pháp tổng hợp thông qua quá trình sơ chế quặng photpho thô và phương pháp tổng hợp dựa trên  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Trong giới hạn của bài báo sẽ trình bày về phương pháp thứ hai. Dây chuyền công nghệ của phương pháp này được mô tả trong hình 1.



Hình 1: dây chuyền công nghệ sản xuất phân bón NPK bằng phương pháp hóa học [4]

Phương pháp tổng hợp dựa trên  $\text{H}_3\text{PO}_4$  là công nghệ sử dụng trực tiếp  $\text{H}_3\text{PO}_4$  mà không qua giai đoạn chế biến photpho thô. Sự khác nhau chủ yếu của các công nghệ trong phân nhóm này là cách thức phối trộn các thành phần nguyên liệu và chuẩn bị sản phẩm trước khi đưa vào máy tạo hạt (hỗn hợp đặt sệt, dung dịch nóng chảy...). Trong phân nhóm này, công nghệ phối trộn bằng thiết bị phản ứng ống là công nghệ có nhiều cải tiến nhất. Nguyên liệu chính của quá trình:  $\text{NH}_3$  (dạng lỏng hoặc khí),  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , axit sunfuric -  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ure (dạng bột hoặc lỏng), muối kali. Phương pháp tạo hạt được thực hiện bằng cách kết hợp các chất rắn, chất lỏng, chất khí để tạo ra các phản ứng hóa học nhằm đến trạng thái kết dính tương đối ổn định và tăng kích thước hạt trên cơ sở có khả năng kiểm soát. Hàm lượng, tính chất của các loại chất rắn, chất lỏng và chất khí cũng như phạm vi của các phản ứng hóa học khác nhau tùy theo quy trình, nguyên liệu được sử dụng và yêu cầu của sản phẩm đầu ra. Mục đích cuối cùng là tạo ra sản phẩm phân bón có sự ổn định, đồng đều về kích thước cũng như hàm lượng chất dinh dưỡng. Có thể mô tả sơ lược quá trình như sau: hỗn hợp axit được

phản ứng với  $\text{NH}_3$ , phân bón kali rồi đưa vào máy tạo hạt. Sau đó, sản phẩm được làm khô, sàng lọc, làm nguội.



Phản ứng hóa học chính là sự trung hòa giữa  $\text{NH}_3$  với  $\text{H}_3\text{PO}_4$  và một lượng nhỏ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : phản ứng (a) có thể xảy ra trong máy tạo hạt và trong thiết bị phản ứng ống, phản ứng (b) chủ yếu xảy ra trong thùng phản ứng trung hòa và hệ thống rửa khí. Phản ứng (c) thường xảy ra trong thiết bị phản ứng ống, nhưng khi  $\text{NH}_3$  ở thể hơi thì phản ứng (d) xảy ra trong hệ thống rửa và thùng phản ứng trung hòa. Phản ứng (e) xuất hiện trong thiết bị phản ứng ống và máy tạo hạt thùng quay. Phản ứng (a) và (b) mạnh hơn các phản ứng khác, vì vậy  $\text{NH}_3$  sẽ có khuynh hướng phản ứng với  $\text{H}_2\text{SO}_4$  trước, sau đó sẽ xuất hiện phản ứng tiếp theo. Bên cạnh những phản ứng chính đã được nêu trên còn có những phản ứng khác xảy ra, chủ yếu là các phản ứng giữa  $\text{NH}_3$  với  $\text{H}_3\text{PO}_4$  và một số tạp chất của nó. Tuy nhiên, trong tính toán cân bằng vật chất cho quy mô sản xuất công nghiệp, tác giả đưa ra giả thiết quá trình sản xuất chỉ gồm 5 phản ứng trên để tính toán và được trình bày cụ thể trong phần sau.

Công nghệ sản xuất NPK bằng phương pháp hóa học phát triển khá mạnh ở châu Âu do có các ưu điểm: kích thước thiết bị nhỏ gọn, tận dụng được nhiệt do phản ứng sinh ra làm bay hơi nước có trong axit  $\text{H}_3\text{PO}_4$  mang đến và sản phẩm ra khỏi thiết bị khô hơn, tỷ lệ tuần hoàn bán sản phẩm ít, chi phí vận hành thấp (năng lượng sấy sản phẩm thấp, tiêu hao điện thấp, hiệu quả sử dụng  $\text{NH}_3$  cao), thích ứng với các loại axit  $\text{H}_3\text{PO}_4$  có nồng độ khác nhau, chế độ vận hành linh hoạt, có thể sản xuất nhiều loại sản phẩm.

### Quy cách sản phẩm

Tại Việt Nam hiện nay, công nghệ sản xuất phân bón NPK chủ yếu vẫn sử dụng phương pháp phối trộn, vì vậy chất lượng sản phẩm còn chưa đáp ứng được với nhu cầu sử dụng. So sánh về chất lượng thì sản phẩm sản xuất bằng phương pháp hóa học có những ưu việt

sau:

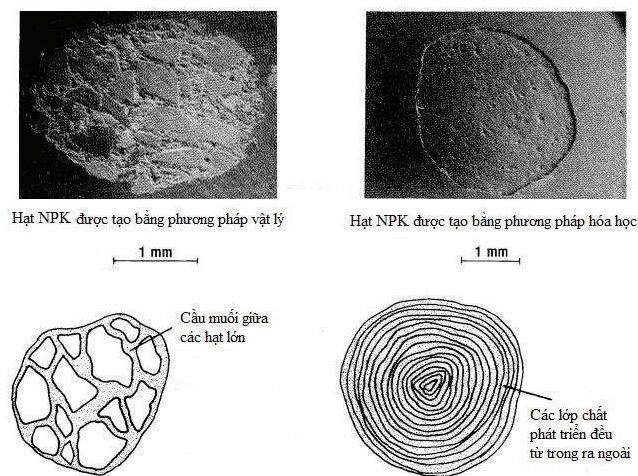
- Trong sản phẩm không có chứa các tạp chất như trong phân trộn nên không có chất thải ra môi trường, hơn nữa trong sản phẩm còn có thể bổ sung thêm nguyên tố Ca, vì Ca không chỉ là nguyên tố dinh dưỡng trung lượng rất cần cho cây mà nó còn là nguyên tố góp phần cân bằng môi trường của dung dịch đất - nâng cao pH của đất.

- Lượng  $\text{P}_2\text{O}_5$  không tan trong xytrat thấp, mỗi hạt phân NPK sản xuất theo phương pháp hóa học đều có chứa các thành phần giàu chất dinh dưỡng, dễ hòa tan trong đất, cây trồng dễ hấp thụ.

- Chất lượng sản phẩm: cường độ chịu nén của sản phẩm tạo thành cao ( $>30 \text{ N}$ ), hạt liên kết chặt chẽ, do vậy, không xảy ra hiện tượng kết khối khi lưu trữ và rất thuận lợi cho quá trình vận chuyển. Quy cách của sản phẩm NPK (15:15:15) như sau: N tổng: 15%;  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 15%;  $\text{K}_2\text{O}$ : 15%; độ ẩm: 1%; cỡ hạt 2-4 mm: 95% (tính theo trọng lượng); lực nén trung bình của hạt  $>30 \text{ N}$ ; dạng hạt: trong, nhẵn (phù hợp với Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5815: 2011 về phân hỗn hợp NPK).

- Về công nghệ, phân bón NPK sản xuất theo phương pháp hóa học sử dụng thiết bị phản ứng ống, là công nghệ tiên tiến có nhiều ưu điểm: kích thước thiết bị nhỏ gọn, tận dụng được nhiệt do phản ứng sinh ra để làm bay hơi nước có trong  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; tỷ lệ tuần hoàn bán sản phẩm thấp, chi phí vận hành thấp, ít gây ảnh hưởng đến môi trường.

Hình ảnh hạt NPK được tạo thành từ hai phương pháp vật lý và hóa học được mô tả trong hình 2. Tạo hạt bằng phương pháp hóa học có phản ứng xảy ra giữa các axit và một số muối ở dạng rắn. Trong khi đó, tạo hạt bằng phương pháp vật lý không có sự xảy ra phản ứng và các nguyên liệu đều ở thể rắn. Tạo hạt bằng phương pháp vật lý dựa theo nguyên tắc tích tụ, các lớp được gắn với nhau theo nguyên tắc dính ướt bề mặt. Sau khi được sấy, nước sẽ bay hơi để lại khối liên kết rắn chắc. Vì vậy, các lớp và các mao quản không được đồng đều. Ngược lại, tạo hạt bằng phương pháp hóa học cho chất lượng hạt đồng đều hơn nhiều do xảy ra phản ứng dị thể giữa các chất, hạt được hình thành theo nguyên tắc bồi tụ lớn dần theo từng lớp, vì vậy hạt tạo ra có kích thước đồng đều, liên kết chặt chẽ.



Hình 2: so sánh hai phương pháp tạo hạt: phương pháp vật lý và phương pháp hóa học [5]

## Tính toán cân bằng vật chất

Vấn đề cần tính toán: xác định khối lượng các nguyên liệu Ure (46% N), SA (21% N), KCl (60% K<sub>2</sub>O), NH<sub>3</sub> (99,8%); H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (50%); H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (98%) cần để cung cấp cho dây chuyền sản xuất phân bón phức hợp NPK tỷ lệ (15:15:15) tính cho một tấn sản phẩm bằng phương pháp hóa học, theo công nghệ trung hòa NH<sub>3</sub> và H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; trong thiết bị phản ứng ống, sau đó phối trộn với Ure, SA, KCl trong thiết bị tạo hạt theo những tỷ lệ nhất định để được sản phẩm NPK có [N]:[P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>]:[K<sub>2</sub>O] = 15:15:15.

Xác định lượng DAP, Ure, SA, KCl, tạo ra 100 kg NPK 15:15:15: DAP là bán thành phẩm tạo ra do phản ứng trung hòa giữa NH<sub>3</sub> và H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, do vậy muốn xác định lượng NH<sub>3</sub> và H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> phải xác định lượng để tạo ra 100 kg sản phẩm NPK có thành phần dinh dưỡng N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O là 15:15:15. Ta dùng phương pháp giải tích để tính toán, đặt các ẩn số khối lượng (kg) chứa trong 100 kg NPK như sau: gọi x, y, z, t lần lượt là khối lượng DAP, ure, SA và KCl. Gọi a, b, c lần lượt là hàm lượng N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O có trong sản phẩm NPK. Ta có hệ phương trình sau:

$$a = (a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3 \cdot z + a_4 \cdot t): 100 \quad (1)$$

$$b = (b_1 \cdot x + b_2 \cdot y + b_3 \cdot z + b_4 \cdot t): 100 \quad (2)$$

$$c = (c_1 \cdot x + c_2 \cdot y + c_3 \cdot z + c_4 \cdot t): 100 \quad (3)$$

$$a : b : c = 15 : 15 : 15 \quad (4)$$

Trong đó: a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>, a<sub>4</sub> là hàm lượng N có trong DAP, Ure, SA, KCl; b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub> là hàm lượng P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> có trong DAP, Ure, SA, KCl; c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>, c<sub>4</sub> là hàm lượng K<sub>2</sub>O có trong DAP, Ure, SA, KCl.

Theo thực tế tại Nhà máy sản xuất NPK của Công ty cổ phần Supe photphat và hóa chất Lâm Thao, trong 100 kg sản phẩm bao gồm: 2 kg là chất chống kết dính, chất chống vón cục và các phụ gia, 98 kg còn lại là khối lượng các chất dinh dưỡng. Tương tự, ta có hệ phương trình:

$$a = 0,16x + 0,46y + 0,21z + 0 \cdot t = 15 \quad (5)$$

$$b = 0,48x + 0 \cdot y + 0 \cdot z + 0 \cdot t = 15 \quad (6)$$

$$c = 0 \cdot x + 0 \cdot y + 0 \cdot z + 0,60t = 15 \quad (7)$$

$$x + y + z + t = 98 \quad (8)$$

Theo (7) ta có  $t = 15:0,60 = 25$

Theo (6) ta có  $x = 15:0,48 = 31,25$

Thay các kết quả vào (5) và (8), ta có hệ phương trình:

$$0,46y + 0,21z = 10 \quad (9)$$

$$y + z = 41,75 \quad (10)$$

Vậy  $y = 4,93$  và  $z = 36,82$ .

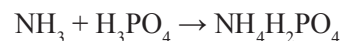
Kết quả tính toán:

DAP:  $x = 31,25$  kg; ure:  $y = 4,93$  kg; SA:  $z = 36,82$  kg; KCl:  $t = 25,0$  kg.

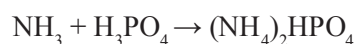
Xác định lượng NH<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tạo ra 100 kg NPK 15:15:15: DAP là bán thành phẩm tạo ra do phản ứng trung hòa giữa NH<sub>3</sub> và H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, phần tính toán trên đã cho ta kết quả cần 31,25 kg DAP 16% N, 48% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> để tạo ra 100 kg sản phẩm NPK có thành phần dinh dưỡng N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 15:15:15.

Xác định lượng H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: trong quá trình tạo DAP để tăng khả năng hòa tan của P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> và N đến tới hạn và rửa khí ở tháp cuối, ta đưa vào lượng H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> để điều chỉnh (theo thực tế tại Nhà máy DAP Đình Vũ, lượng axit này chiếm 10% lượng DAP tạo thành). Do vậy, lượng H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> cần thiết là 3,13kg.

Các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình tạo thành DAP:



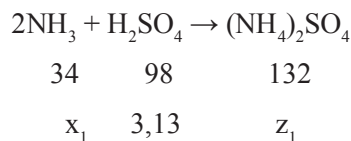
Cộng gộp 2 phản ứng trên ta có:



|    |    |       |
|----|----|-------|
| 34 | 98 | 132   |
| y  | z  | 31,25 |

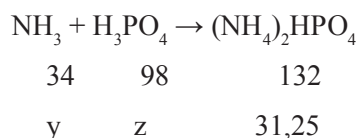
Suy ra:  $y = 8,05$ , khi tham gia phản ứng lượng dư  $\text{NH}_3$  là 15%, lượng  $\text{NH}_3$  cần là  $y' = 9,26$ . Lượng  $\text{NH}_3$  (99,8%) cần thiết là 9,28 kg.

Xác định lượng  $\text{NH}_3$  phản ứng với 3,13 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$  để rửa khí và điều chỉnh thành phần DAP. Ta có phản ứng:



Vậy  $x_1 = 1,09$ ;  $z_1 = 4,22$ . Lượng  $\text{NH}_3$  (99,8%): 1,09. Tổng lượng  $\text{NH}_3$  cần thiết là:  $9,28 + 1,09 = 10,37$  kg và lượng SA còn tương ứng là  $z_1 = 36,82 - 4,22 = 32,6$  kg.

Xác định lượng  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (50%): theo phương trình phản ứng:



Suy ra  $z = 23,2$ . Vậy lượng  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (50%) là 46,4 kg.

Các kết quả tính toán được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1: tiêu hao nguyên vật liệu cho 1 tấn sản phẩm NPK (15:15:15)

| Nguyên vật liệu                 | Tiêu hao (kg) |
|---------------------------------|---------------|
| $\text{NH}_3$ (99,8%)           | 103,7         |
| $\text{H}_3\text{PO}_4$ (50%)   | 464           |
| $\text{H}_2\text{SO}_4$ (98%)   | 31,3          |
| Ure (46% N)                     | 49,3          |
| SA (21% N)                      | 326           |
| KCl (60% $\text{K}_2\text{O}$ ) | 250           |

## Kết luận

Hiện nay, tại Việt Nam công nghệ sản xuất phân bón NPK vẫn chủ yếu sử dụng phương pháp phối trộn vật lý hoặc tiên tiến hơn là phương pháp ure nấu chảy, nhưng nhìn chung chất lượng sản phẩm chưa cao, chưa đáp ứng được nhu cầu lưu trữ và sử dụng. Do vậy, việc nghiên cứu quy trình công nghệ sản xuất phân bón đa thành phần dinh dưỡng nói chung và phân bón NPK nói riêng theo phương pháp hóa học là rất cần thiết nhằm đáp ứng nhu cầu cho sản xuất nông nghiệp. Trong giới hạn của nghiên cứu này, chúng tôi đã đưa ra mô hình dây chuyền công nghệ và tính toán cân bằng vật chất để sản xuất phân bón NPK (15:15:15).

## Tài liệu tham khảo

- [1] Vasant Gowariker, V.N. Krishnamurthy, Sudha Gowariker, Manik Dhanorkar, Kalyani Paranjape (2009), *The Fertilizer Encyclopaedias*, A John Wiley & Son, Inc., Publication, pp.250-255.
- [2] Margaret Ojone Ogundare, Labunmi Lajide (2013), "Physico-chemical and mineral analysis of composts fortified with NPK fertilizer, ammonium chloride and kaolin", *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, pp.27-33.
- [3] James J. Schultz (1989), *Production of Granular NPKs in Ammonium Phosphate Plants: Some Important Differences*, International Fertilizer Development Center, pp.2-20.
- [4] James J. Schultz, George Hoffmeister (1991), *Urea-Based NPK Plant Design and Operating Alternatives*, International Fertilizer Development Center, pp.51-60.
- [5] Phosphates 2014 Conference (2014), "NPK production processes", *Fertilizer International*, **Issue 459**, Southbank House, England., pp.13-31.