

NGHIÊN CỨU TẠO KIT TEST PHÂN TÍCH BÁN ĐỊNH LƯỢNG URE TRONG MẪU PHÂN BÓN

NGUYỄN HỮU TRUNG¹ - NGUYỄN NGỌC ĐAN THANH²
- NGUYỄN THỊ MỸ CHÂU¹ - NGUYỄN QUỐC THẮNG^{1*}

¹Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Industrial University of Ho Chi Minh City

²Trường THCS-THPT Hoà Bình, Vĩnh Long

Hoa Binh Secondary and High School

Ngày nhận bài: 22/7/2026

Ngày sửa bài: 10/8/2026

Ngày duyệt đăng bài: 25/8/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu này tập trung vào khảo sát điều kiện phân tích, xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp phân tích và chế tạo kit test bán định lượng ure trong mẫu phân bón chứa ure, đánh giá tính xanh của quy trình phân tích. Kết quả cho thấy, hợp chất màu giữa ure và 4-dimethyl-amino-benzaldehyde được tạo thành ở môi trường acid mạnh HCl, ổn định sau 5 phút phản ứng và bền màu đến 40 phút. Hợp chất màu tạo thành hấp thụ ở bước sóng cực đại 420 nm. Phương pháp phân tích có khoảng tuyến tính từ 5 đến 700 mg/L, giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng ure lần lượt là 0,5 mg/L và là 1,6 mg/L, độ lặp %RSD là 0,741 và hiệu suất thu hồi (%H) trong khoảng 99% - 102%. Kit test được tạo thành ứng với các nồng độ ure từ 80 mg/L đến 700 mg/L. Quy trình phân tích có độ tin cậy cao, đáp ứng yêu cầu bán định lượng ure, có tính xanh khá tốt thông qua đánh giá 12 tiêu chí của Hoá học Phân tích xanh.

Từ khóa: Ure, kit test, điều kiện phân tích, phân bón ure

Research on developing a semi-quantitative test kit for urea analysis in fertilizer samples

Abstract:

This study aimed to optimize analytical conditions, validate the analytical method, develop a semi-quantitative test kit for urea in urea-containing fertilizers, and assess the "greenness" of the analytical procedure. The results indicated that the colored compound formed between urea and 4-dimethylaminobenzaldehyde in a strongly acidic HCl medium stabilized after 5 minutes of reaction and retained its color for up to 40 minutes. This colored compound displayed maximum absorbance at a wavelength of 420 nm. The analytical method demonstrated a linear range of 5 - 700 mg/L, with a limit of detection (LOD) of 0.5 mg/L and a limit of quantification (LOQ) of 1.6 mg/L; the repeatability (%RSD) was 0.741%, and the recovery rate (%H) varied from 99% to 102%. The developed test kit accommodates urea concentrations ranging from 80 mg/L to 700 mg/L. The analytical procedure is highly reliable, fulfills the requirements for semi-quantitative urea analysis, and shows a favorable green profile based on an assessment against the 12 principles of Green Analytical Chemistry.

Keywords: urea, kit test, analysis conditions, urea fertilizer

1. Đặt vấn đề

Nitrogen là 1 trong 3 nguyên tố đa lượng rất cần thiết cho cây trồng, tham gia cấu tạo nên các phân tử protein, enzyme, coenzyme, nucleic acid, diệp lục tố [1, 2]. Nitrogen đóng vai trò quyết định trong nhiều quá trình sinh lý của cây, là thành phần cấu tạo của ADN, RNA, các chất cần thiết cho sự phân chia và sinh trưởng tế bào [3]. Ngoài ra, nitrogen còn tham gia vào cấu trúc của phytochrome, một sắc tố quang cảm thụ giúp cây điều chỉnh quá trình sinh trưởng và phát triển dựa trên ánh sáng [4]. Phytochrome có vai trò trong các quá trình như phản ứng quang chu kỳ, sự nảy mầm và tính hướng quang. Do vai trò quan trọng này, cây trồng rất nhạy cảm với nitrogen trong đất. Sự thiếu hụt hoặc dư thừa nitrogen đều có thể ảnh hưởng đến năng suất cây trồng [2, 5].

Do nhu cầu sử dụng nitrogen cho cây trồng, nhiều loại phân bón chứa nitrogen đã được sản xuất. Trong đó, thị trường phân bón ure giao dịch ở mức xấp xỉ 132,54 tỷ USD trong năm 2025, và dự đoán giá tăng lên 208,80 tỷ USD vào năm 2035 [6]. Chính nhu cầu sử dụng phân bón ure ngày càng cao, tiềm ẩn nguy cơ sản xuất phân bón giả, phân bón kém chất lượng.

Hiện tại, có nhiều phương pháp phân tích định lượng ure trong mẫu phân bón như phương pháp sắc ký ion, đầu dò độ dẫn [7], phương pháp điện hoá [8], phương pháp hồng ngoại [9], phương pháp quang phổ UV Vis [10, 11],... Các phương pháp định lượng này đòi hỏi phải có thiết bị phân tích đắt tiền, và phải tiến hành tại phòng thí nghiệm nên gây khó khăn cho việc kiểm tra chất lượng phân bón ure nhanh tại hiện trường. Do đó, việc nghiên cứu tạo kit test để bán định lượng nhanh hàm lượng ure trong phân ure là vô cùng cần thiết nhằm bước đầu tầm soát chất lượng phân bón ure trên thị trường.

Ngoài ra, xu hướng phát triển phương pháp phân tích hiện nay còn chú trọng đến Hóa học Phân tích xanh. Một phương pháp phân tích hiện đại không chỉ yêu cầu độ chính xác và độ nhạy cao, mà còn cần giảm thiểu lượng mẫu, hạn chế hóa chất độc hại, giảm thiểu chất thải, rút ngắn thời gian phân tích và tối ưu hóa hiệu quả sử dụng thiết bị. Trong bối cảnh đó, việc đánh giá mức độ bền vững của phương pháp thông qua các công cụ như AGREE cung cấp cái nhìn bổ sung về tính bền vững của quy trình phân tích.

Nghiên cứu này nhằm khảo sát điều kiện phân tích bán định lượng ure trong phân bón nhằm tìm một phương pháp xanh hơn, thân thiện môi trường hơn thông qua xem xét đến các tiêu chí của Hóa học Phân tích xanh.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất và thiết bị

- Urê (NH_2CONH_2) 99%, Trung Quốc.
- 4-dimethyl-amino-benzaldehyde (4-DMAB), Merck.
- Ethanol, Trung Quốc.
- Clohydric acid, Trung Quốc.
- Máy quang phổ UV VIS, hãng Agilent - Mỹ.
- Máy đo màu quang phổ CM-5, Konika, Jappan.

2.2. Khảo sát điều kiện tạo hợp chất màu giữa ure và 4-dimethyl-amino-benzaldehyde

Điều kiện tạo phức giữa ure và 4-dimethyl-amino-benzaldehyde (4-DMAB) bao gồm: Bước sóng hấp thu, thời gian tạo màu và thời gian bền của hợp chất màu được khảo sát.

Khảo sát bước sóng hấp thu

Tiến hành đo bước sóng hấp thu của các dung dịch màu tạo bởi ure và 4-DMAB ở các nồng độ ure lần lượt là 20; 40; 60; 80; 100 mg/L trong khoảng bước sóng từ 400 đến 800 nm trên máy quang phổ UV-VIS. Ghi nhận bước sóng hấp thu của hợp chất màu để xác định bước sóng hấp thu tối ưu.

Khảo sát thời gian tạo màu và thời gian bền của hợp chất màu

Thời gian tạo màu và thời gian bền của hợp chất màu được khảo sát trong khoảng thời gian từ 5 phút đến 40 phút ứng với khoảng nồng độ ure 100; 300; 500 mg/L. Ghi nhận cường độ hấp thu của hợp chất màu để xác định thời gian tạo màu và thời gian bền màu.

2.3. Đánh giá hiệu năng của phương pháp

Khoảng tuyến tính, đường chuẩn của phương pháp

Khoảng tuyến tính được xác định bằng cách phân tích dãy dung dịch chất màu ứng với nồng độ ure từ 5 đến 800 mg/L, tiến hành đo lặp lại 3 lần đối với các mức nồng độ, sau đó xác định hệ số tương quan giữa nồng độ ure và độ hấp thụ. Đường chuẩn được khảo sát ở mức nồng độ ure từ 80 đến 700 mg/L. Sự phụ thuộc giữa độ hấp thụ và nồng độ là tuyến tính được đánh giá dựa trên hệ số tương quan hồi quy R phải đạt theo yêu cầu sau: $0,995 \leq R \leq 1$ hay $0,99 \leq R^2 \leq 1$.

Giới hạn định lượng, giới hạn phát hiện

Giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ) là 2 thông số quan trọng cho biết khả năng phát hiện ra chất phân tích trong nền mẫu cũng như giới hạn nhỏ nhất của chất cần xác định có thể được phân tích bằng phương pháp đang sử dụng. LOD, LOQ được tính theo độ lệch chuẩn (SD) của 20 lần đo mẫu trắng và hệ số góc a của phương trình đường chuẩn.

$$LOD = \frac{3.SD}{a}$$

$$LOQ = \frac{10.SD}{a}$$

Độ đúng

Cân 0,1 gam mẫu phân ure, hòa tan rồi định mức 100 mL. Hút 5 mL dung dịch mẫu thử, thêm 5 mL thuốc thử 4-DMAB định mức 25 mL, lắc đều, sau 20 phút đem đi đo độ hấp thụ A ở bước sóng 420 nm, dựa vào phương trình đường chuẩn, tính hàm lượng ure trong phân bón. Tiếp theo, cân 0,1 gam mẫu phân ure trên, thêm chuẩn ure ở ba mức nồng độ 80, 100, 120% so với hàm lượng ure trong mẫu thử vừa cân, hòa tan rồi định mức 100 mL. Hút 5 mL dung dịch mẫu thêm chuẩn, thêm 5 mL thuốc thử 4-DMAB định mức 25 mL, lắc đều, sau 20 phút đem đi đo độ hấp thụ A ở bước sóng 420 nm. Tính hàm lượng ure trong mẫu thêm chuẩn. Làm lặp lại tối thiểu 3 lần bằng phương pháp khảo sát, tính hiệu suất thu hồi theo công thức sau:

$$\%H = \frac{C_m + c - C_m}{C_c} \times 100$$

Trong đó:

- %H: Độ thu hồi, %.
- C_{m+c} : Nồng độ chất phân tích trong mẫu có thêm chuẩn.
- C_m : Nồng độ chất phân tích trong mẫu ban đầu.
- C_c : Nồng độ chất chuẩn thêm vào.

Độ lặp lại

Tiến hành phân tích 6 lần lặp lại mẫu phân ure trong cùng điều kiện. Tính hàm lượng ure của 6 lần phân tích lặp lại trên, từ đó tính độ lệch chuẩn tương đối %RSD. RSD% của kết quả định lượng các chất trong mẫu nhỏ hơn 2% là đạt yêu cầu.

Tạo bảng so màu kit test

Pha dãy dung dịch chất màu của chuẩn ure với thuốc thử 4-DMAB ứng với nồng độ ure 80, 180, 300, 500, 700 mg/L. Tiến hành đo cường độ màu dung dịch của hợp chất màu bằng máy đo màu quang phổ CM-5, được các thông số màu L^* , a^* , b^* . Từ các thông số màu L^* , a^* , b^* , tạo được bảng màu in trên giấy tương ứng với màu của từng dung dịch ở các nồng độ khác nhau. Bảng màu này dùng làm kit test để so sánh xác định bán định lượng ure trong các mẫu phân bón.

Phân tích mẫu

Lấy mẫu phân bón ngẫu nhiên, nghiền cho đồng nhất, cân 0,1 gam mẫu bột, hoà tan rồi định mức bằng nước cất thành 100 mL. Lọc dung dịch, hút 5 mL dịch lọc, thêm 5 mL thuốc thử 4-DMAB, định mức 25 mL. So màu dung dịch thu được với bảng so màu kit test và đo máy quang phổ UV-Vis20. Với phương pháp so màu kit test, xác định màu của dung dịch mẫu thuộc bảng màu nào của kit test, dựa trên nồng độ

ure ứng với 2 băng màu, tính ra khoảng nồng độ ure trong phân bón. Đối với phương pháp UV Vis, từ tín hiệu độ hấp thụ A, dựa vào đường chuẩn và thông tin pha mẫu, xác định hàm lượng hàm lượng ure trong các mẫu phân bón.

Bảng 1. Thông tin mẫu phân bón chứa ure

STT	Mẫu mã hóa	Số lượng mẫu	Khối lượng 1 mẫu	Tình trạng mẫu
1	HB	15	2 kg	Còn tốt
2	PM	15	2 kg	Còn tốt
3	CM	15	2 kg	Còn tốt
4	NB	15	2 kg	Còn tốt

2.4. Đánh giá mức độ xanh của phương pháp

Mức độ xanh của phương pháp phân tích bán định lượng ure được đánh giá bằng công cụ AGREE dựa trên 12 nguyên tắc của Hóa học phân tích xanh [12]. Các tiêu chí được xem xét bao gồm (1) phân tích trực tiếp không qua xử lý mẫu, (2) lượng mẫu sử dụng, (3) phân tích tại hiện trường, (4) tích hợp quy trình phân tích, (5) mức độ tự động hóa, (6) không cần tạo dẫn xuất, (7) lượng chất thải phát sinh, (8) khả năng phân tích đa nguyên tố, (9) mức tiêu thụ năng lượng, (10) sử dụng các chất thu được từ nguồn tài nguyên tái tạo, (11) các chất phản ứng độc hại cần được loại bỏ hoặc thay thế và (12) tính an toàn cho người sử dụng [13].

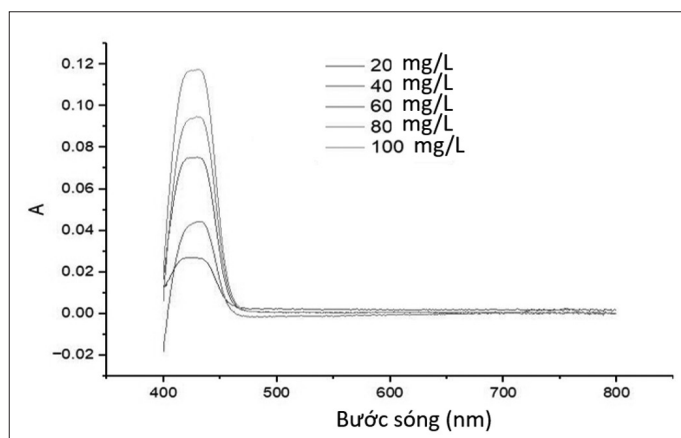
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả khảo sát điều kiện phân tích của các dung dịch màu giữa ure và 4-DMAB

Phổ hấp thụ của các dung dịch màu giữa ure và 4-DMAB

Phổ hấp thụ của các dung dịch chưa hợp chất màu giữa ure và 4-DMAB được trình bày trên Hình 1. Bước sóng hấp thụ của các dung dịch màu trong khoảng từ 400 nm đến 480 nm, bước sóng hấp thụ cực đại tại 420 nm. Cường độ hấp thụ của các dung dịch màu tăng theo nồng độ ure trong dung dịch màu. Vì vậy, để tăng độ nhạy của phương pháp, 420 nm được chọn làm bước sóng hấp thụ tối ưu.

Hình 1. Phổ hấp thụ của các dung dịch màu tạo bởi ure và 4-DMAB



Kết quả khảo sát thời gian tạo màu và thời gian bền màu

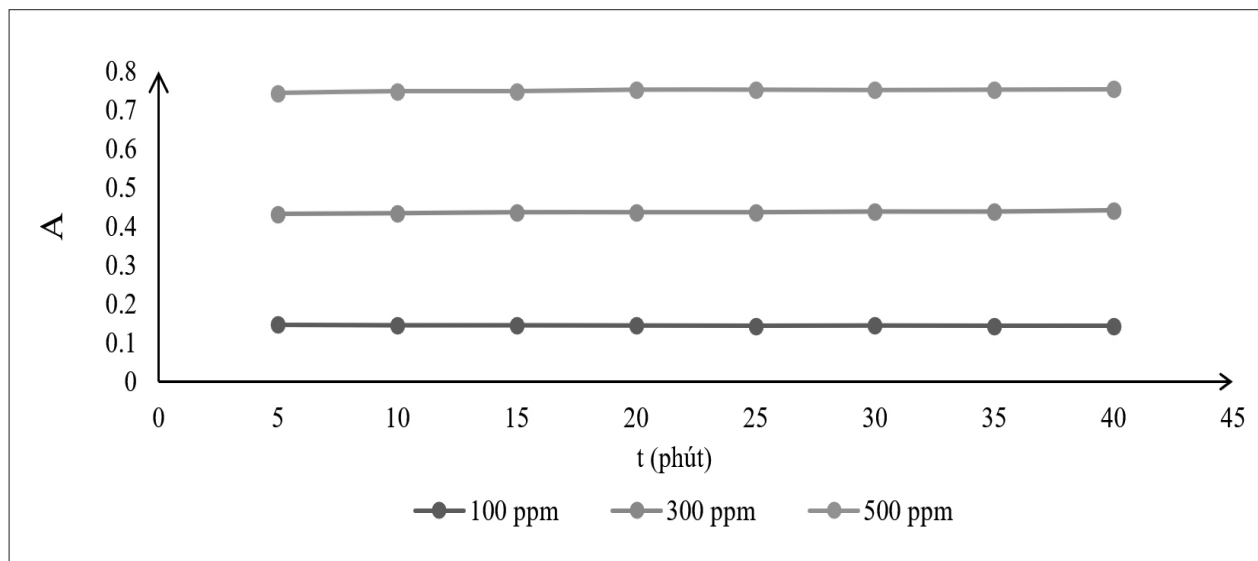
Kết quả trình bày trên Hình 2, ứng với 3 nồng độ ure khảo sát là 100, 300, 500 mg/L, độ hấp thụ A của các dung dịch màu gần như không đổi trong khoảng thời gian từ 5 đến 40 phút. Điều này chứng tỏ hợp chất màu được tạo thành gần như tức thời sau khi cho ure và 4-DMAB phản ứng với nhau. Sau 40 phút khảo sát, cường độ màu vẫn không bị thay đổi, cho thấy độ bền màu của sản phẩm phản ứng lên đến 40 phút sau khi phối trộn. Thời gian bền màu kéo dài chứng tỏ phương pháp định lượng ổn định với thời gian.

3.2. Kết quả thẩm định quy trình phân tích ure bằng phương pháp quang phổ UV Vis

Kết quả xác định khoảng tuyến tính

Trong khoảng nồng độ từ 5 đến 700 mg/L, phương trình thể hiện sự tương quan giữa độ hấp thụ và nồng độ ure có dạng: $A = 0,0012C - 0,0003$, với $R^2 = 0,9999$. Kết quả cho thấy, có sự tương quan cao giữa nồng

Hình 2. Đồ thị thể hiện thời gian tạo màu và thời gian bền màu



độ ure và độ hấp thụ của dung dịch màu, bên cạnh đó, độ lệch chuẩn tương đối RSD% của mỗi dung dịch chuẩn lặp đều nhỏ hơn 2%, thuộc khoảng cho phép của một phương pháp phân tích [14].

Bảng 2. Kết quả xác định khoảng tuyến tính

Khoảng nồng độ	Phương trình đường chuẩn	Hệ số tương quan R^2	Kết luận
5 - 800 mg/L	$y = 0,0018x - 0,0677$	0,8114	Không đạt
5 - 700 mg/L	$y = 0,0012x - 0,0003$	0,9999	Đạt

Kết quả xác định đường chuẩn

Từ khoảng tuyến tính, xây dựng đường chuẩn ure trong khoảng nồng độ từ 80 đến 700 mg/L để xác định hàm lượng ure trong mẫu. Kết quả được biểu diễn trên hình 3 và với hệ số tương quan cao $R^2 = 0,9998$, đạt yêu cầu theo quy định [14].

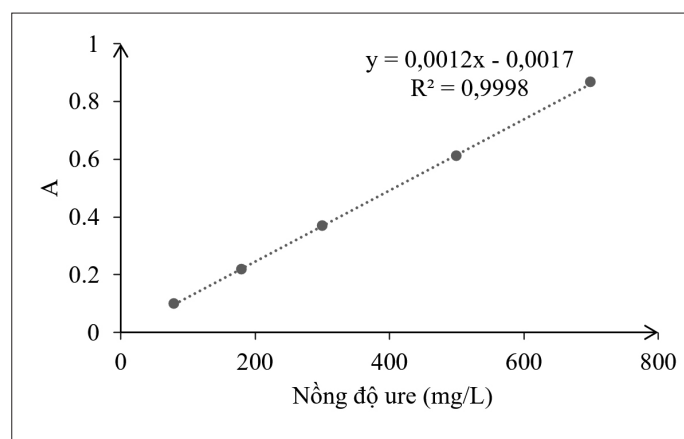
Kết quả xác định LOD, LOQ

Tiến hành quá trình phân tích lặp lại 20 lần mẫu trắng để tính độ lệch chuẩn, từ đó tính toán LOD, LOQ. Kết quả tính từ thực nghiệm cho LOD = 0,5 mg/L và LOQ = 1,6 mg/L. Phương pháp UV-VIS định lượng ure thông qua tạo hợp chất màu với 4-DMAB tương đối nhạy, phù hợp với định lượng ure trong các loại phân bón.

Kết quả đánh giá hiệu suất thu hồi và độ lặp lại của phương pháp phân tích định lượng

Thực hiện xác định hàm lượng ure trong mẫu phân bón PM và mẫu phân bón PM thêm chuẩn ở 3 khoảng nồng độ 80%, 100%, 120%, so với hàm lượng trong phân PM, bằng dung dịch chuẩn ure. Kết quả thực nghiệm và kết quả tính độ lệch chuẩn tương đối, độ thu hồi trung bình của các mẫu phân tích được thể hiện trong Bảng 3.

Hình 3. Đường chuẩn xác định ure với thuốc thử 4-DMAB



Bảng 3. Bảng tổng hợp kết quả độ thu hồi và độ lặp lại

m _{cân} (g)		C _{ure} , mg/g				C _{nitrogen} , %		
0,110		964,772				45,0		
0,099		983,585				45,9		
0,105		990,873				46,2		
Thêm chuẩn 80%								
m _{cân} (g)	m _{chuẩn} (g)	%C _{nitrogen} thêm	%C _{nitrogen} mẫu	%C _{m+c nitrogen}	C _{tính}	%H	SD	%RSD
0,099	0,076	36,58	45,72	82,04	36,32	99,29	1,076	1,078
0,106	0,082	36,58	45,72	82,67	36,95	101,03		
0,101	0,078	36,58	45,72	81,95	36,23	99,06		
Thêm chuẩn 100%								
0,109	0,105	45,72	45,72	91,82	46,09	100,82	0,612	0,605
0,107	0,103	45,72	45,72	92,26	46,54	101,79		
0,104	0,100	45,72	45,72	91,74	46,02	100,66		
Thêm chuẩn 120%								
0,110	0,128	54,86	45,72	101,23	55,51	101,18	0,548	0,542
0,105	0,122	54,86	45,72	101,42	55,70	101,53		
0,106	0,123	54,86	45,72	100,84	55,11	100,45		

Kết quả xác định độ thu hồi bằng cách thêm chuẩn ở 3 mức 80, 100, 120% so với mức hàm lượng ure của mẫu phân bón ure PM được trình bày trong bảng 3. Hiệu suất thu hồi của phương pháp bằng cách thêm chuẩn vào mẫu thử đạt trong khoảng từ 99,06 - 101,79% và giá trị RSD% từ 0,542 đến 1,078. Khi thêm hàm lượng chuẩn nhỏ, khả năng thu hồi sai lệch cao hơn đối với khi thêm chuẩn với hàm lượng cao. Hiệu suất thu hồi và độ lặp lại của phương pháp định lượng ure đạt yêu cầu theo AOAC [14].

Kết quả tạo kit test

Sau khi đo màu dung dịch của hợp chất màu ở các nồng độ 80, 180, 300, 500, 700 mg/L bằng máy đo màu trên máy quang phổ CM-5, được các thông số màu L*, a*, b*. Từ đó, chuyển đổi các thông số trên phần mềm và tạo thành kit test so màu được trình bày trong Bảng 4 và Hình 4.

Kết quả phân tích hàm lượng ure trong một số mẫu phân bón

Kết quả phân tích định lượng và bán định lượng 4 mẫu phân bón ure trên thiết bị UV Vis và kit test được trình bày trong Bảng 5 và Hình 5.

Hàm lượng ure trong 4 mẫu phân ure lưu hành trên thị trường được xác định bằng phương pháp bán định lượng, sai lệch trong khoảng 11,4 - 46,9% so với hàm lượng công bố. Phương pháp bán định lượng này nhằm mục đích xác định khoảng nồng độ ure trong các mẫu phân bón ure để kiểm soát sơ bộ chất lượng phân bón tại hiện trường. Đây là ưu điểm của phương pháp bán định lượng qua kit test ure so với các loại kit test chỉ phát hiện có/không có ure trên thị trường hiện nay.

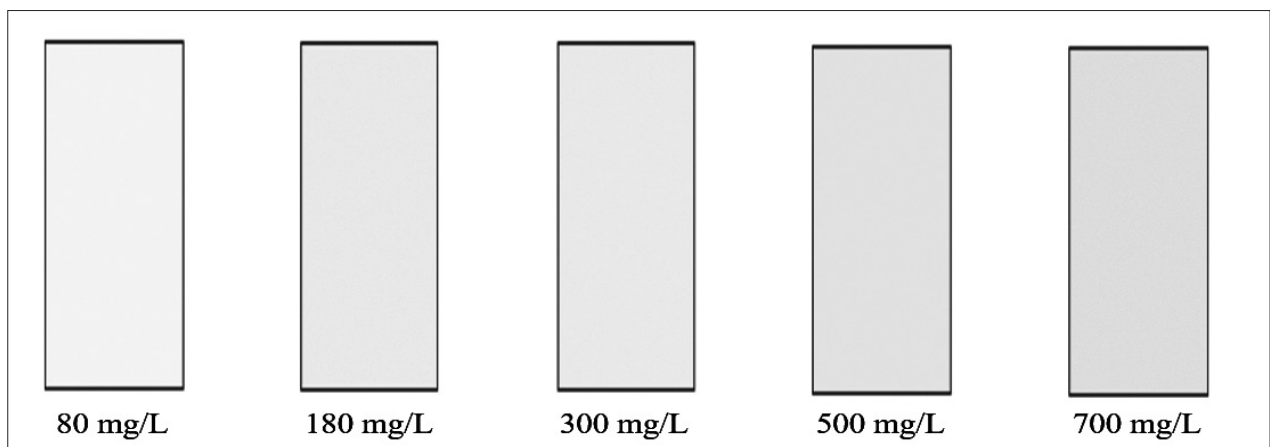
3.3. Đánh giá tính xanh của phương pháp

Mức độ xanh của phương pháp kit test được đánh giá bằng công cụ AGREE dựa trên 12 nguyên tắc của Hóa học phân tích xanh. Kết quả cho thấy phương pháp có mức độ xanh khá tốt với số điểm 0,73 (hình 6). Phương pháp bán định lượng ure trong mẫu phân bón có nhiều ưu điểm như phân tích trực tiếp không qua

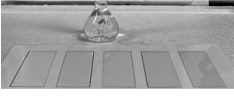
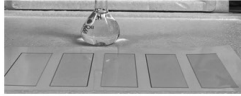
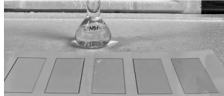
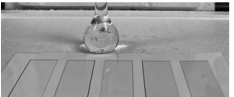
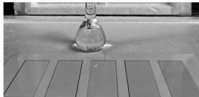
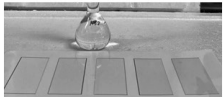
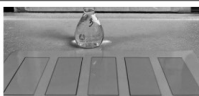
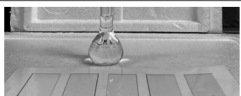
Bảng 4. Kết quả thông số màu của dãy chuẩn

Nồng độ ure		L*	a*	b*	Kit test
80 mg/L		98,449	-7,087	18,842	
180 mg/L		97,239	-11,199	31,366	
300 mg/L		97,214	-12,609	35,566	
500 mg/L		96,342	-16,842	42,094	
700 mg/L		95,797	-19,470	48,993	

Hình 4. Bảng so màu kit test



Hình 5. Áp dụng bảng kit test so màu phân tích bán định lượng các dung dịch mẫu

STT	HB	PM	CM	NB
1				
2				
3				
	HB	PM	CM	NB

Bảng 5. Kết quả xác định ure trong mẫu phân ure

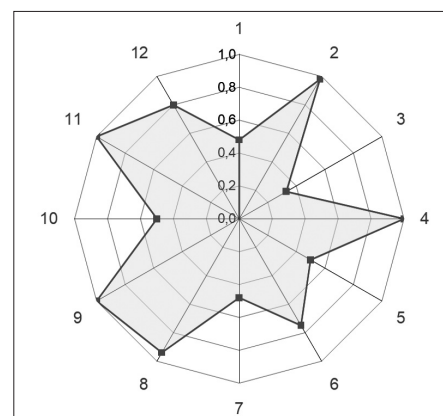
Tên mẫu	m cân (g)	% nitrogen nhãn	Kit test		UV - Vis	
			% nitrogen	% sai lệch	% nitrogen	% sai lệch
HB	0,106	46,3	41 - 68	11,4 - 46,9	46,2	0,3
	0,108				46,0	0,6
	0,109				48,0	0,7
PM	0,103	46,3	41 - 68	11,4 - 46,9	44,4	4,2
	0,111				45,8	1,0
	0,107				44,5	3,9
CM	0,106	41 - 68	46,3	11,4 - 46,9	45,0	2,9
	0,099				46,2	0,2
	0,102				45,3	2,1
NB	0,098	41 - 68	46,3	11,4 - 46,9	45,2	2,4
	0,104				44,5	3,8
	0,101				44,6	3,6

xử lý mẫu, lượng mẫu sử dụng ít, mức độ tự động hóa cao, không cần tạo dẫn xuất, ít tiêu thụ năng lượng và an toàn cho người sử dụng. Tuy nhiên, phương pháp vẫn có hạn chế do không thể phân tích tại hiện trường, lượng chất thải tương đối nhiều (khoảng 5 mL) và phân tích chỉ ure trong quy trình, không sử dụng các chất từ nguồn tài nguyên tái tạo. Những nhược điểm này cần được nghiên cứu cải tiến để phương pháp phân tích trở nên xanh hơn trong tương lai.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã khảo sát điều kiện phân tích và xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp phân tích, đồng thời đánh giá mức độ xanh của phương pháp phân tích bán định lượng ure trong phân bón. Kết quả cho thấy phương pháp có độ tuyến tính tốt. Giá trị

Hình 6. Mức độ xanh của phương pháp



LOD và LOQ đạt mức phù hợp. Độ đúng và độ chụm của phương pháp nhìn chung đáp ứng yêu cầu đối với phương pháp phân tích. Sau khi tạo, kit test được ứng dụng để phân tích bán định lượng ure trong các mẫu phân bón, nhằm mục đích kiểm soát sơ bộ chất lượng phân bón ure trên thị trường.

Đánh giá mức độ xanh của phương pháp phân tích bán định lượng ure theo hệ thống AGREE cho thấy, phương pháp có mức độ xanh khá tốt nhờ khả năng phân tích trực tiếp không qua xử lý mẫu, lượng mẫu sử dụng ít, không cần tạo dẫn xuất, mức tiêu thụ năng lượng thấp, ít sử dụng các chất phản ứng độc hại và an toàn cho người sử dụng.

Nhìn chung, kit test trong nghiên cứu này có khả năng phân tích bán định lượng ure tốt, độ tin cậy cao và phù hợp cho phân tích bán định lượng ure trong mẫu phân bón ■

TÀI LIỆU TRÍCH DẪN VÀ THAM KHẢO:

- [1] Gunasekaran S. and Sivakumar S. (1996). Studies on Nitrogen Assimilatory Enzymes of Rice Plants Inoculated with Azospirillum Strains. *Indian Journal of Microbiology*, 36, 223-225.
- [2] Zayed O., Hewedy O.A, Abdelmoteleb A. et al (2023). Nitrogen Journey in Plants: From Uptake to Metabolism, Stress Response, and Microbe Interaction.. *Biomolecules*, 13(10), 1443. doi: 10.3390/biom13101443.
- [3] Ohyama T. (2010). Nitrogen as a major essential element of plants. 2010, 1-18.
- [4] Ilya O. 2019. Chapter 33 - Basics of Biochemistry, Radiation: Elsevier, 399-427.
- [5] Kun-hsiang L., Yajie N., Mineko K. et al (2017). Discovery of nitrate-CPK-NLP signalling in central nutrient-growth networks. *Nature*, 545, 311-316. doi: 10.1038/nature22077.
- [6] Towards Chemicals And Materials. Global Urea Market Report: Strategic Analysis and Forecast (2025-2035) [Online] Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/global-urea-market-report-strategic-analysis-a6q0c>. [Accessed 11 May 2026].
- [7] Menconi D. E. (1985). Determination of urea in fertilizers using ion chromatography coupled with conductometric detection. *Analytical Chemistry*, 57(8), 1790-1792. doi: 10.1021/ac00285a071.
- [8] Lorenzo Q., Serena L., Claudio C. et al (2023). Electrochemical methods for the determination of urea: Current trends and future perspective. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 168, 117345. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117345>.
- [9] Karpukhina E. A, Khromov G. A, Volkov D. S et al (2024). Determination of Urea and Humate in Humate Fertilizers Using ATR FTIR Spectroscopy. *Journal of Analytical Chemistry*, 79(12), 1764-1772. doi: 10.1134/S1061934824701338.
- [10] Langenfeld N. J, Payne L. E, and Bugbee B. (2021). Colorimetric determination of urea using diacetyl monoxime with strong acids. *PLoS One*, 16(11), e0259760. doi: 10.1371/journal.pone.0259760.
- [11] Wilding M. H and Blanton E. L (2002). Spectrophotometric determination of urea in ammonium nitrate fertilizers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 30 (3), 596-598. doi: 10.1021/jf00111a045.
- [12] Yin L., Yu L., Guoet Y. et al (2024). Green analytical chemistry metrics for evaluating the greenness of analytical procedures. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 14(11) 101013. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2024.101013>.
- [13] Gałuszka A., Migaszewski Z., and Namieśnik J. (2013). The 12 Principles of Green Analytical Chemistry and the SIGNIFICANCE Mnemonic of Green Analytical Practices. *TrAC, Trends Anal. Chem.*, 50, 78.
- [14] AOAC Official Methods of Analysis (2016). Guidelines for Standard Method Performance Requirements, Appendix F.