BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ

VÕ THANH PHONG

HIỆU QUẢ CỦA CÁC DẠNG PHÂN ĐẠM TRÊN PHÁT THẢI N_2O, BỐC THOÁT NH_3 VÀ NĂNG SUẤT TRONG CANH TÁC LÚA Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC ĐẤT

Cần Thơ - 2017

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ

VÕ THANH PHONG

HIỆU QUẢ CỦA CÁC DẠNG PHÂN ĐẠM TRÊN PHÁT THẢI N_2O, BỐC THOÁT NH_3 VÀ NĂNG SUẤT TRONG CANH TÁC LÚA Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

LUẬN ÁN TIẾN SĨ
NGÀNH KHOA HỌC ĐẤT
MÃ NGÀNH: 62 62 01 03

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
PGs.Ts. NGUYỄN MỸ HOA

Cần Thơ - 2017

LỜI CẢM ƠN

Xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến PGs Ts. Nguyễn Mỹ Hoa, Người đã tận tình hướng dẫn, tạo mọi điều kiện thuận lợi, đóng góp cho các hoạt động nghiên cứu và cho những lời khuyên dạy hết sức quý báu để tôi hoàn thành luận án này.

Xin gởi lời cảm ơn đặc biệt đến Gs. Ts. Ngô Ngọc Hưng và Ts. Nguyễn Minh Đông chia sẻ những kinh nghiệm về thu mẫu NH_3 và hỗ trợ thiết bị để tôi tiến hành một số thí nghiệm. Lời cảm ơn đặc biệt xin gởi đến Ts. Cao Văn Phụng - Viện Lúa Đồng bằng sông Cửu Long, một tổ chức hợp tác của Dự án CLUES đã hướng dẫn kỹ thuật lấy mẫu và thực hiện phân tích mẫu N_2O. Cũng xin đặc biệt gởi lời cảm ơn đến Ts. Nguyễn Xuân Dũ - Trường Đại học Sài Gòn đã hỗ trợ một số thiết bị thí nghiệm.

Xin gửi lời cảm ơn chân thành đến: Ban Giám hiệu Trường Đại học Cần Thơ, Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng, Khoa Sau Đại học, Phòng Quản lý Khoa học và các phòng ban của Trường Đại học Cần Thơ đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu tại Trường.

Lời cảm ơn chân thành xin đặc biệt gởi đến: PGs. Ts. Châu Minh Khôi, Ts. Trần Văn Dũng, Ths. Nguyễn Văn Quí, Ths. Nguyễn Thị Kim Phượng, Ks. Võ Thị Thu Trân, Hà Gia Xương cùng Quý Thầy, Cô, Anh, Chị của Bộ môn Khoa học Đất đã tạo điều kiện giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập cũng như thực hiện các thí nghiệm và phân tích.

Lời cảm ơn cũng xin dành đến: Nguyễn Thị Cà, Lâm Thị Trúc Linh, Trần Thanh Khoa, Trần Thanh Phong, Nguyễn Thị Anh Đào, Võ Thành Tâm, Lê Thanh Toàn, Thạch Hoa Thi, Nguyễn Hoàng Phương - những người đã cùng tôi trực tiếp thực hiện các nghiên cứu này.

Xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới Ban Giám hiệu và quý Thầy, Cô Trường Cao đẳng Cộng đồng Vĩnh Long đã tạo điều kiện thuận lợi để tôi thực hiện các nghiên cứu. Đặc biệt, gởi lời cảm ơn đến các đồng nghiệp tại Khoa Nông nghiệp đã hỗ trợ tôi thực hiện hoàn thành một số hoạt động nghiên cứu.

Xin gửi lời cảm ơn đặc biệt tới các anh Thạch Ren, Võ Văn Nhẫn, Phan Văn Nhơn là những chủ ruộng đã trực tiếp hỗ trợ ruộng thí nghiệm để tôi tiến hành thực nghiệm.

Trân trọng ghi nhớ tất cả những đóng góp chân tình, sự động viên giúp đỡ nhiệt tình của bè bạn và quý anh, chị, em và các sinh viên, học sinh trong quá trình học tập và thực hiện các thí nghiệm mà tôi không thể liệt kê hết trong lời cảm ơn này.

Cuối cùng, xin gửi ân tình tới những người thân, gia đình, đặc biệt là vợ và con tôi là nguồn động viên và truyền nhiệt huyết để tôi hoàn thành luận án.

Võ Thanh Phong

TÓM TẮT

Phân bón ngày càng được cải tiến để nâng cao hiệu quả sử dụng và giảm tác hại môi trường, đặc biệt là phân đạm. Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát hiệu quả của việc bón các dạng phân đạm: urê, urê-nBTPT [N-(n-butyl) thiophosphoric triamide], NPK viên nén và NPK IBDU (Isobutylidene diurea) trên sự phát thải khí N_2O, sự mất đạm do bốc hơi NH_3 và năng suất trong canh tác lúa ở Đồng bằng sông Cửu Long.

Trong nghiên cứu 1, thí nghiệm hòa tan và thủy phân của các dạng phân đạm được thực hiện trong điều kiện phòng thí nghiệm. Bên cạnh đó, nghiên cứu 2 thực hiện thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng N trong nước ruộng và sự phân bố N trong đất sau các đợt bón phân được thực hiện trên cùng lô thí nghiệm trong nghiên cứu 4. Tiến hành thí nghiệm đồng ruộng trong nghiên cứu 3 để xác định ảnh hưởng của các dạng phân đạm và chế độ tưới khô ngập luân phiên lên sự phát thải khí N_2O và năng suất lúa tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long. Song song đó, nghiên cứu 3 còn thực hiện khảo sát ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến lượng NH_3 bốc thoát trên đất lúa sau các đợt bón phân (1, 3, 5, 7 ngày sau khi bón). Trong nghiên cứu 4, các thí nghiệm năng suất lúa và hiệu quả sử dụng đạm của 3 dạng đạm bón với các liều lượng N bón khác nhau được thực hiện ở điều kiện đồng ruộng tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh và xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long.

Sự hòa tan của các dạng phân trong nước cho thấy urê và urê-nBTPT tan hết chỉ sau 1 giờ, phân NPK viên nén tan hết sau 1 ngày, phân NKP IBDU chỉ tan 26,2% sau 3 tháng khi hòa tan trong nước cất ở điều kiện phòng thí nghiệm. Phân urê, urê-nBTPT và NPK viên nén thủy phân hết sau 8 ngày ủ, tuy nhiên tỷ lệ thủy phân ở thời điểm 1 ngày sau khi ủ của nghiệm thức urê-nBTPT (39,6%) thấp hơn ở phân urê (49,3%) cho thấy phân urê-nBTPT có hiệu quả kém trong việc giảm thủy phân urê. Trong khi đó, phân NPK IBDU có tỷ lệ NH_4^+-N thủy phân chỉ 17,3% hàm lượng N ban đầu có trong phân sau 2 tháng ủ có thể do 90% đạm trong IBDU là ở dạng đạm không trong tan trong nước. Kết quả cho thấy sự hòa tan và thủy phân nhanh của urê, urê-nBTPT và NPK viên nén dễ dẫn đến sự mất đạm đạm khi bón tuy nhiên NPK viên nén được bón vùi nên NH_4^+ được đất hấp phụ có thể giảm mất đạm, phân urê-nBTPT có tác dụng giảm thủy phân urê nhưng hiệu quả chưa cao.

Kết quả cho thấy, lượng NH_4^+-N trong nước và ở lớp đất 0 - 3 mm ở nghiệm thức bón phân urê và urê-nBTPT có khuynh hướng cao ở 1 - 3 ngày đầu sau các đợt bón phân và giảm dần sau đó. Trong khi đó, bón NPK viên nén có lượng NH_4^+ trong nước và ở lớp đất 0 - 3 mm duy trì ở mức thấp và ổn định trong suốt giai đoạn được khảo sát. Bón NPK viên nén có lượng NH_4^+ tập trung trong đất cao ở độ sâu 5 cm và 10 cm và tại khoảng cách xa viên phân 5 cm. Lượng NH_4^+ trong

nước và trong lớp đất mặt ở mức thấp khi bón vùi NPK viên nén góp phần làm tăng hiệu quả sử dụng đạm, giảm bốc thoát NH_3 và phát thải khí N_2O.

Lượng N_2O phát thải của nghiệm thức bón vãi urê, urê-nBTPT cao tập trung sau mỗi đợt bón phân và giảm thấp sau đó ở cả hai chế độ tưới. Trong khi đó, nghiệm thức bón vùi NPK viên nén và NPK IBDU có lượng N_2O phát thải thấp trong suốt vụ mặc dù lượng này có gia tăng vào các giai đoạn đất bị khô ở chế độ tưới khô ngập luân phiên. Tổng lượng N_2O phát thải của nghiệm thức bón urê (2,47 kgN_2O/ha) cao hơn các nghiệm thức urê-nBTPT, NPK viên nén hay NPK IBDU (1,67, 1,47 hay 1,29 kgN_2O/ha, theo thứ tự). Kết quả này cho thấy các dạng phân đạm (urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU) có hiệu quả trong việc giảm phát thải N_2O từ ruộng lúa góp phần giảm lượng khí gây hiệu ứng nhà kính. Kết quả trên năng suất lúa cho thấy biện pháp tưới khô ngập luân phiên (4,71 tấn/ha) đã góp phần tăng năng suất so với cách tưới ngập của nông dân (4,31 tấn/ha) và không làm tăng phát thải N_2O so với cách tưới ngập của nông dân. Trong khi đó, năng suất lúa không khác biệt ý nghĩa giữa các dạng phân đạm so với bón urê. Lượng đạm trong rơm và trong hạt cũng như hiệu quả thu hồi đạm ở 2 chế độ nước cũng cho kết quả tương tự năng suất.

Lượng NH_3 bốc thoát tăng theo sự gia tăng lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau mỗi đợt bón vãi phân urê và urê-nBTPT. Tổng lượng NH_3 bốc thoát (trong vòng 1 - 7 NSKB của cả 3 đợt bón phân) của nghiệm thức bón phân urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU tương ứng là 5,94%, 5,82%, 3,77% và 3,14% lượng N bón. Trong điều kiện pH đất ở mức thấp, bón phân khi có nước, pH nước ruộng chỉ ở mức gần trung tính có thể đã dẫn đến tổng lượng NH_3 bốc thoát ở mức thấp kể cả khi bón phân đạm urê.

Kết quả nghiên cứu cho thấy bón các dạng phân urê-nBTPT và NPK viên nén ở lượng 80 kgN/ha chưa làm tăng năng suất (5,80 tấn/ha và 5,77 tấn/ha, theo thứ tự so với bón urê (5,17 tấn/ha), bên cạnh đó làm gia tăng năng suất so với bón urê ở liều lượng 100 kgN/ha (4,83 tấn/ha). Năng suất lúa đạt cao ở lượng bón 80 kgN/ha, tương đương bón 100kg N/ha qua 3 vụ canh tác trên đất phèn tiềm tàng và đất phù sa ven sông, nên một lần nữa khẳng định liều lượng bón phù hợp cho lúa là 80kg N/ha, cần được khuyến cáo để nông dân áp dụng nhằm giảm chi phí phân bón và giảm tác động môi trường. Bên cạnh đó, hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt khi bón phân urê-nBTPT (0,69% và 1,14%) hay phân NPK viên nén (0,68% và 1,15%) cho thấy được hiệu quả hấp thu đạm của cây lúa cao hơn so với bón phân urê (0,63% và 1,08%) ở lượng bón 80 kgN/ha.

Từ khóa: ***Bón vùi, bốc thoát NH_3, chất ức chế men thủy phân urê nBTPT, hiệu quả sử dụng đạm, năng suất lúa, NH_4^+ trong đất, phát thải N_2O, phân IBDU, phân NPK viên nén, tưới khô ngập luân phiên.***

ABSTRACT

Effects of different nitrogen fertilizers on nitrous oxide emission, ammonia volatilization and rice yield in rice cultivation in the Mekong Delta

In recent years, fertilizers, especially nitrogen fertilizer, have been improved to increase in fertilizer use efficiency and to minimize their negative impact on environment. Objective of the study was to investigate the effects of different nitrogen fertilizers including: urea, urea-nBTPT [N-(n-butyl) thiophosphoric triamide], NPK briquette and NPK IBDU (Isobutylidene diurea) on nitrous oxide emission, ammonia volatilization and rice yield in rice cultivation in the Mekong Delta.

The research 1 was conducted in the laboratory to investigate the dissolve and hydrolysis of N fertilizer types. Besides, the research 2 investigated the concentration of nitrogen in rice floodwater and rice soil following broadcasting N fertilizer application in the plots of rice yield studies. Furthermore, the research 3 not only investigated effects of nitrogen fertilizer types and alternate wetting and drying (AWD) irrigation on nitrous oxide emission and rice yield in rice cultivation in Tuong Loc commune - Tam Binh district - Vinh Long province but also found out the impacts of nitrogen fertilizer types on ammonia volatilization after N application (1, 3, 5 and 7 days after fertilization - DAF) in the rice field. In addition, the research 4 focused on rice yields and nitrogen use efficiency with 3 N fertilizer types with 3 N fertilizer rates. This research was conducted on the rice field in Chau Dien commune - Cau Ke district - Tra Vinh province and My Loc commune - Tam Binh district - Vinh Long province.

Results showed that: (1) All of urea concentration in urea fertilizer and urea-nBTPT fertilizer immediately dissolved in water after an hour meanwhile NPK briquette fertilizer went into solution after a day. However, NPK IBDU fertilizer only dissolved 26.2% amount of total urea during 3-month incubation. Hydrolysed urea in fertilizers: urea, urea-nBTPT and NPK briquette was formed ammonium 8 days after incubation. The rate of urea hydrolysis from urea-nBTPT fertilizer (39.6%) was lower than that from urea fertilizer (49.3%) in 1st day after incubation. It is clear that the effective urease inhibitor in urea-nBTPT fertilizer was retarded slightly by the addition of nBPTP. Otherwise, the hydrolysis of IBDU fertilizer was very low (17.3%) following 2-month incubation due to 90% of the N in water-insoluble form. The fast rate of urea solution and hydrolysis were formed the high amount of ammoniacal-N present to potential N loss. NPK briquettes were deeply placed so NH_4^+-N remains in the soil by absorption.

(2) Concentration of NH_4^+-N in floodwater and in topsoil (0-3 mm from surface) tended to higher in broadcast application prill urea treatment and urea-nBTPT treatment during the initial 1-3 DAF and gradually decrease then. Meanwhile, NH_4^+ concentration in floodwater and 0-3 mm topsoil in the case of NPK briquette treatments were low and remained during the stage of the survey.

Deep placement of NPK briquette treatment had higher NH_4^+ at 5 cm and 10 cm depth; and 5 cm away from placement site. Deep placement of NKP briquette reduced NH_4^+ in foodwater and topsoil. This not only improves nitrogen use efficiency in rice cultivation but also minimizes N loss resulting from ammonia volatilization and nitrous oxide emission.

(3) Concentration of N_2O increased following broadcasting fertilizer application in treatments of urea and urea-nBTPT and was lower thereafter in both farmers' practice (FP) and AWD irrigations. In treatments of NPK briquette and NPK IBDU, N_2O fluxes maintained low during rice season although the fluxes increased in stages of soil drainage under AWD regime. Cumulative N_2O emissions of urea-nBTPT, NPK briquette or NPK IBDU treatments (1.67, 1.47 or 1.29 $kgN_2O.ha^{-1}$, respectively) were significantly lower than that of urea treatment (2.47 $kgN_2O.ha^{-1}$). AWD treatment had higher rice yields (4.71 $t.ha^{-1}$) than FP treatment (4.31 $t.ha^{-1}$). The result suggested that application of urea-nBTPT, NPK briquette and NPK IBDU was effective in mitigating N_2O emission in rice fields which contributes to attenuate the greenhouse effect. Meanwhile, rice yields of the new fertilizer type treatments were not significantly different with that of urea treatment.

High NH_4^+ concentration in floodwater after top-dressing application of urea and urea-nBTPT enhanced NH_3 volatilization. The N losses by NH_3 volatilization over the first 7-day period after 3 fertilizer applications for urea, urea-nBTPT, NPK briquette and NPK IBDU were 5.94%, 5.82%, 3.77% and 3.14% of the applied N, respectively. This study revealed small NH_3 volatilization loss was affected by low soil pH, irrigation before fertilizer application and low pH in floodwater, particularly broadcasting prill urea.

(4) The application of urea-nBTPT and NPK briquette at the rate of 80 $kgN.ha^{-1}$ did not increase rice yields (5.80 $t.ha^{-1}$ and 5.77 $t.ha^{-1}$, respectively) compared with urea treatment (5.17 $t.ha^{-1}$) but those yields were higher than those of urea treatment at the rate of 100 $kgN.ha^{-1}$ (4.83 $t.ha^{-1}$). Rice yields of nitrogen fertilizer types with 3 crop seasons were high at the rate of 80 and 100 $kgN.ha^{-1}$ on the potential acid sulphate soil and the Mekong river alluvial soil. Therefore, the rate of 80 $kgN.ha^{-1}$ should be encouraged to reduce both fertilizer costs and environmental impact. Besides, plant and grain N uptake were significantly higher in nBTPT-treated urea (0.69% and 1.14%) and NPK briquette (0.68% and 1.15%) than in urea (0.63% and 1.08%) at the rate of 80 $kgN.ha^{-1}$.

Keywords: *Alternate wetting and drying irrigation, ammonia volatilization, ammonium in soil, fertilizer deep placement, IBDU fertilizer, nitrogen use efficiency, nitrous oxide emission, NPK briquette, rice yield, urease inhibitor nBTPT.*

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu mà chính tôi đã thực hiện. Tất cả các số liệu trong luận án là trung thực và các kết quả của nghiên cứu này chưa được dùng cho bất cứ luận án nào khác.

Tác giả luận án

Võ Thanh Phong

MỤC LỤC

Lời cảm ơn iii
Tóm tắt iv
Abstract vi
Trang cam kết kết quả viii
Mục lục ix
Danh sách bảng xiv
Danh sách hình xvi
Danh mục từ viết tắt xix
Các ký hiệu hóa học xxi
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU 1
1.1 Đặt vấn đề 1
1.2 Mục tiêu của nghiên cứu 4
1.3 Nội dung nghiên cứu 4
1.4 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu 5
1.5 Những điểm mới của luận án 6
CHƯƠNG 2: LƯỢC KHẢO TÀI LIỆU 8
2.1 Các dạng phân đạm 8
2.1.1 Phân urê 8
2.1.2 Phân urê có trộn chất ức chế men urease 9
2.1.3 Phân NPK viên nén 9
2.1.4 Phân IBDU 10
2.2 Chu trình chất đạm trong đất lúa nước 12
2.2.1 Sự cố định đạm sinh học 12
2.2.2 Tiến trình khoáng hóa 13
2.2.3 Tiến trình nitrate hóa và khử nitrate 14
2.2.3.1 Tiến trình nitrate hóa 14
2.2.3.2 Tiến trình khử nitrate 15
2.2.4 Tiến trình oxy hóa yếm khí ammonium 16
2.2.5 Tiến trình khử nitrate ngược tạo thành ammonium 16
2.2.6 Tiến trình bất động đạm 16
2.3 Các biện pháp nâng cao hiệu quả sử dụng phân đạm 17
2.3.1 Các chỉ số xác định hiệu quả sử dụng phân đạm 17
2.3.1.1 Hiệu quả nông học 18
2.3.1.2 Hiệu quả thu hồi đạm 18
2.3.1.3 Hiệu quả sinh lý của bón đạm 19
2.3.1.4 Tỷ số năng suất riêng phần 19

2.3.2 Sử dụng chất ức chế hoạt động của men urease 20
2.3.3 Bón vùi sâu phân viên nén hỗn hợp 21
2.3.4 Sử dụng phân IBDU 23
2.4 Sự phát thải N_2O trong đất lúa nước 24
2.4.1 Sự phát thải N_2O 24
2.4.2 Các tính chất của đất ảnh hưởng đến sự hình thành
và phát thải N_2O trên đất lúa 25
2.4.2.1 Thế oxy hóa khử trong đất 25
2.4.2.2 pH đất 26
2.4.2.3 Sa cấu đất 27
2.4.2.4 Ẩm độ và nhiệt độ đất 27
2.4.3 Ảnh hưởng của dạng phân bón và kỹ thuật bón phân
đến sự phát thải N_2O trong canh tác lúa 27
2.5 Sự bốc thoát NH_3 trong đất lúa nước 29
2.5.1 Cơ chế bốc thoát NH_3 29
2.5.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến tiến trình bốc thoát NH_3 trên đất lúa 30
2.5.2.1 pH nước 30
2.5.2.2 Sự phát triển của tảo trên nước ruộng 31
2.5.2.3 Tốc độ gió và sự sinh trưởng của cây lúa 31
2.5.2.4 Độ sâu mực nước và nhiệt độ nước ruộng 32
2.5.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến sự bốc thoát NH_3 33
**2.6 Năng suất, hiệu quả sử dụng phân đạm
và hiệu quả kinh tế trong canh tác lúa 34**
2.6.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa 34
2.6.2 Hiệu quả sử dụng phân đạm trong canh tác lúa 35
2.6.3 Hiệu quả kinh tế của sử dụng phân bón 38
2.7 Kỹ thuật tưới khô ngập luân phiên trong canh tác lúa 38
CHƯƠNG 3: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU 42
**3.1 Nghiên cứu 1: Khảo sát sự hòa tan và thủy phân
của các dạng phân đạm 42**
3.1.1 Phương tiện 42
3.1.2 Phương pháp nghiên cứu 46
3.1.3 Phân tích mẫu đất, mẫu phân bón và xử lý số liệu thống kê 49
**3.2 Nghiên cứu 2: Khảo sát sự phân bố đạm trong đất
và lượng đạm trong nước theo thời gian 50**
3.2.1 Phương tiện 50
3.2.2 Phương pháp nghiên cứu 53

3.3 Nghiên cứu 3: Nghiên cứu sự phát thải N_2O và sự bốc thoát NH_3 trong canh tác lúa 55
3.3.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên đến sự phát thải N_2O và năng suất trong canh tác lúa 55
3.3.1.1 Phương tiện 56
3.3.1.2 Phương pháp nghiên cứu 58
3.3.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến bốc thoát NH_3 trong canh tác lúa 63
3.2.2.1 Phương tiện 63
3.2.2.2 Phương pháp nghiên cứu 64
3.4 Nghiên cứu 4: Đánh giá ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa và hiệu quả sử dụng phân đạm 67
3.4.1 Phương tiện 68
3.4.2 Phương pháp nghiên cứu 69
CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN 75
4.1 Nghiên cứu 1: Khảo sát sự hòa tan và thủy phân của các dạng phân đạm 75
4.1.1 Sự hòa tan của các dạng phân đạm trong nước 75
4.1.2 Sự thủy phân của các dạng phân đạm trong đất 76
4.2 Nghiên cứu 2: Khảo sát sự phân bố đạm trong đất và lượng đạm trong nước theo thời gian 79
4.2.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến pH và hàm lượng đạm trong nước ruộng 79
4.2.1.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến pH nước ruộng 79
4.2.1.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng 82
4.2.1.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NO_3^- trong nước ruộng 85
4.2.2 Ảnh hưởng của của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất 86
4.2.2.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất sau các đợt bón phân 86
4.2.2.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu 90
4.2.2.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo khoảng cách 92

4.2.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm
đến hàm lượng NO_3^- trao đổi trong đất 95
4.2.3.1 Khảo sát ảnh hưởng của các dạng phân đạm và độ sâu bón
đến hàm lượng NO_3^- trao đổi trong đất 95
4.2.3.2 Khảo sát ảnh hưởng của khoảng cách bón đến
hàm lượng NO_3^- trao đổi trong đất 96
4.3 Nghiên cứu 3: Nghiên cứu sự phát thải N_2O
và sự bốc thoát NH_3 trong canh tác lúa 98
4.3.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên
đến sự phát thải N_2O trong canh tác lúa 98
4.3.1.1 Diễn biến của mực nước ruộng và thế oxy hóa khử trong đất 98
4.3.1.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập
luân phiên đến lượng N_2O phát thải trong canh tác lúa 101
4.3.1.3 Tổng lượng N_2O phát thải giữa các dạng
phân đạm và chế độ quản lý nước 104
4.3.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên
đến năng suất lúa và hiệu quả sử dụng phân đạm 106
4.3.2.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và quản lý nước
đến năng suất lúa 106
4.3.2.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và quản lý nước
đến hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt 108
4.3.2.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và quản lý nước
đến hiệu quả sử dụng phân đạm 109
4.3.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm
đến sự bốc thoát NH_3 trong canh tác lúa 111
4.3.3.1 Các yếu tố môi trường ở các thời điểm thu mẫu NH_3 bốc thoát 111
4.3.3.2 Lượng NH_3 bốc thoát 114
4.3.3.3 Tương quan giữa lượng NH_3 bốc thoát với pH và NH_4^+ trong nước ... 116
4.3.3.4 Tổng lượng NH_3 bốc thoát 117
4.4 Nghiên cứu 4: Đánh giá ảnh hưởng của các dạng phân đạm
trên năng suất lúa và hiệu quả sử dụng phân đạm 120
4.4.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất 120
4.4.1.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa
thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh 120
4.4.1.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa
thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long 122
4.4.1.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa
qua nhiều vụ thí nghiệm 123

4.4.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên
hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt 125
4.4.2.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh .. 125
4.4.2.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long . 126
4.4.2.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt qua nhiều vụ thí nghiệm 127
4.4.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hiệu quả sử dụng phân đạm 129
4.4.3.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hiệu quả nông học 129
4.4.3.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hiệu quả thu hồi đạm 131
4.4.4 Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm 131
4.4.4.1 Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh 132
4.4.3.2 Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long 133
CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT 135
5.1 Kết luận 135
5.2 Đề xuất 136
Tài liệu tham khảo 137
Phụ lục 152

DANH SÁCH BẢNG

STT	Tựa bảng	Trang
Bảng 2.1	Hiệu quả của phân đạm Agrotain trên hiệu quả nông học và năng suất lúa ở ĐBSCL	21
Bảng 2.2	Ảnh hưởng của bón vãi và bón vùi NPK viên nén đến năng suất, tổng lượng N hấp thu, hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi đạm	22
Bảng 2.3	Tổng hợp các tính chất của đất ảnh hưởng đến sự hình thành và phát thải N_2O trên đất lúa	26
Bảng 2.4	Dạng phân đạm và phương pháp bón phân tác động đến sự hình thành và phát thải N_2O trên đất lúa	28
Bảng 2.5	Hiệu quả sử dụng đạm của lúa ở các liều lượng bón phân đạm khác nhau	36
Bảng 2.6	Hiệu quả sử dụng đạm của cây lúa ở các vùng khác nhau	36
Bảng 2.7	Hiệu quả thu hồi của bón đạm ở các vùng khác nhau trên thế giới được xác định bằng RE_N và RE_{15N}	37
Bảng 2.8	Hiệu quả sử dụng ^{15}N trên lúa ở ĐBSCL vụ đông xuân 1989 - 1990	37
Bảng 3.1	Các tính chất của đất thí nghiệm tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long	44
Bảng 3.2	Hàm lượng dưỡng chất đạm, lân và kali trong các loại phân bón	45
Bảng 3.3	Các nghiệm thức thí nghiệm sự hòa tan các dạng phân đạm trong nước	46
Bảng 3.4	Các nghiệm thức thí nghiệm sự thủy phân các dạng phân đạm trong đất	47
Bảng 3.5	Các tính chất của đất thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh	51
Bảng 3.6	Các tính chất của đất thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long	52
Bảng 3.7	Các nghiệm thức thí nghiệm hàm lượng đạm trong nước và trong đất theo thời gian khi bón các dạng phân đạm	53
Bảng 3.8	Các nghiệm thức thí nghiệm ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên đến sự phát thải N_2O	57
Bảng 3.9	Lượng phân đạm, lân và kali bón theo từng đợt bón vãi	60
Bảng 3.10	Các nghiệm thức thí nghiệm ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến sự bốc thoát NH_3	64
Bảng 3.11	Các nghiệm thức thí nghiệm năng suất và hiệu quả sử dụng phân đạm của các dạng phân đạm	71
Bảng 3.12	Tỷ lệ bón phân đa lượng cho các giai đoạn sinh trưởng của cây lúa	74

STT	Tựa bảng	Trang
Bảng 4.1	Tổng lượng N_2O phát thải giữa các dạng phân đạm và chế độ nước	105
Bảng 4.2	Năng suất lúa giữa các dạng phân đạm và chế độ nước	107
Bảng 4.3	Hàm lượng N tổng số trong rơm giữa các dạng phân đạm và chế độ nước	108
Bảng 4.4	Hàm lượng N tổng số trong hạt giữa các dạng phân đạm và chế độ nước	109
Bảng 4.5	Hiệu quả nông học giữa các dạng phân đạm và chế độ nước	110
Bảng 4.6	Hiệu quả thu hồi đạm giữa các dạng phân đạm và chế độ nước	110
Bảng 4.7	Nhiệt độ nước ruộng thí nghiệm ở các thời điểm thu mẫu	111
Bảng 4.9	Năng suất lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013 và vụ hè thu 2013	120
Bảng 4.9	Năng suất lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014	123
Bảng 4.10	Năng suất lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón qua 3 vụ thí nghiệm	124
Bảng 4.11	Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013	125
Bảng 4.12	Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013	126
Bảng 4.13	Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014	127
Bảng 4.14	Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón qua 3 vụ thí nghiệm	128
Bảng 4.15	Hiệu quả nông học giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013 và vụ hè thu 2013	129
Bảng 4.16	Hiệu quả nông học giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014	130
Bảng 4.17	Hiệu quả thu hồi đạm giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013	131
Bảng 4.18	Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh với lượng đạm bón 80 kgN/ha	132
Bảng 4.19	Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014 với lượng đạm bón 80 kgN/ha	133

DANH SÁCH HÌNH

STT	Tựa hình	Trang
Hình 2.1	Cấu trúc phân tử nBTPT và nBPTO	9
Hình 2.2	Sơ đồ vị trí bón vùi phân viên nén trên ruộng lúa	10
Hình 2.3	Sơ đồ trùng ngưng isobutidene diurea	11
Hình 2.4	Cơ chế khoáng hóa cung cấp đạm của isobutidene diurea	11
Hình 2.5	Hiệu lực kéo dài về cung cấp dinh dưỡng của một số loại phân bón	12
Hình 2.6	Chu trình chất đạm trong đất lúa nước	13
Hình 2.7	Sơ đồ phản ứng của sự nitrate hóa và sự khử nitrate	14
Hình 2.8	Khí N_2O được tạo ra từ tiến trình nitrate hóa	15
Hình 2.9	Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng	22
Hình 2.10	Các nguồn cung cấp đạm và lượng N_2O trong khí quyển từ 1850	24
Hình 2.11	Sơ đồ tổng quan sự bốc thoát NH_3 từ lớp nước mặt và lớp đất mặt	30
Hình 2.12	Lượng phân đạm tiêu thụ và sản lượng lúa của Việt Nam từ 1961	34
Hình 3.1	Lược đồ các nội dung nghiên cứu	43
Hình 3.2	Sơ đồ các vị trí lấy mẫu đất theo chiều sâu ở các vị trí bón phân trong các ô trống không trồng lúa	54
Hình 3.3	Sơ đồ các vị trí lấy mẫu đất theo chiều ngang ở các vị trí vùi viên phân trong ô trống không trồng lúa	54
Hình 3.4	Các thành phần của hệ thống buồng kín thu mẫu khí N_2O	57
Hình 3.5	Sơ đồ bố trí thí nghiệm tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long	59
Hình 3.6	Mô hình biện pháp quản lý nước tưới khô ngập luân phiên	61
Hình 3.7	Các lô thí nghiệm thu mẫu NH_3 trong nghiên cứu	64
Hình 3.8	Các bộ phận của hệ thống buồng động học thu mẫu khí NH_3	66
Hình 3.9	Sơ đồ bố trí thí nghiệm năng suất lúa và hiệu quả sử dụng phân đạm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh	70
Hình 3.10	Sơ đồ bố trí thí nghiệm năng suất lúa và hiệu quả sử dụng phân đạm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014	71
Hình 4.1	Tỷ lệ urê hòa tan trong nước giữa các dạng phân đạm theo thời gian (%)	75
Hình 4.2	Tỷ lệ NH_4^+-N thủy phân từ phân bón giữa các dạng phân đạm theo thời gian (%)	77
Hình 4.3	pH nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh a) vụ đông xuân 2012/2013. b)vụ hè thu 2013	80
Hình 4.4	pH nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014	81

STT	Tựa hình	Trang
Hình 4.5	Hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013	82
Hình 4.6	Hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013	83
Hình 4.7	Hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014	84
Hình 4.8	Hàm lượng NO_3^- trong nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013	85
Hình 4.9	Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013	87
Hình 4.10	Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013	89
Hình 4.11	Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013	90
Hình 4.12	Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013	91
Hình 4.13	Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014	92
Hình 4.14	Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo các khoảng cách thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013	93
Hình 4.15	Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo các khoảng cách thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013	94
Hình 4.16	Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo các khoảng cách thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014	94
Hình 4.17	Ảnh hưởng của các nghiệm thức và độ sâu bón lên hàm lượng NO_3^- trao đổi trong đất	95
Hình 4.18	Ảnh hưởng các nghiệm thức và khoảng cách đến hàm lượng NO_3^- trao đổi trong đất	96
Hình 4.19	Mực nước ruộng tưới khô ngập luân phiên	98
Hình 4.20	Diễn biến của thế oxy hóa khử trong đất với chế độ tưới theo nông dân (a) và tưới khô ngập luân phiên (b)	100
Hình 4.21	Lượng N_2O phát thải trên đất lúa giữa các dạng phân đạm	102

STT	Tựa hình	Trang
Hình 4.22	Lượng tích lũy N_2O phát thải trên đất lúa giữa các dạng phân đạm	104
Hình 4.23	Diễn biến của pH nước ruộng sau các đợt bón phân	112
Hình 4.24	Hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau các đợt bón phân	114
Hình 4.25	Diễn biến lượng NH_3 bốc thoát qua các thời kỳ của các dạng phân đạm	115
Hình 4.26	Tương quan giữa lượng NH_3 bốc thoát với pH nước	116
Hình 4.27	Tương quan giữa lượng NH_3 bốc thoát với NH_4^+ trong nước	117
Hình 4.28	Tổng lượng NH_3 bốc thoát giữa các dạng phân đạm	118

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

AE_N	Hiệu quả nông học của đạm bón (Agronomic efficiency of applied N)
Anammox	Oxy hóa yếm khí ammonium (anaerobic ammonium oxidation)
ANOVA	Phân tích phương sai (Analysis of variance)
AWD	Tưới khô ngập luân phiên (Alternative wetting and drying)
CHPT	Cyclohexyl-phosphorictriamide
CV	Hệ số biến thiên (Coefficient of variation)
DAP	Phân diammonium phosphate
DNRA	Khử nittrate ngược tạo thành ammonium (Dissimilatory nitrate reduction to ammonium)
ĐBSCL	Đồng bằng sông Cửu Long
ECC	Encapsulated calcium carbide
FAO	Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hiệp Quốc (The Food and Agriculture Organization of the United Nations)
FDP	Bón vùi phân bón (Fertilizer deep placement)
IBDU	Isobutidene diurea
IFA	Hiệp hội Phân bón Quốc tế (The International Fertilizer Industry Association)
IFDC	Trung tâm Phát triển Phân bón Quốc tế (The International Fertilizer Development Center)
IPCC	Ủy ban Liên chính phủ về Biến đổi khí hậu (The Intergovernmental Panel on Climate Change)
IRRI	Viện Lúa Quốc tế (The International Rice Research Institute)
KNK	Khí nhà kính (Greenhouse gas - GHG)
nBPTO	N-(n-butyl) phosphoric triaminde
nBTPT	N-(n-butyl) thiophosphoric triamide
NCU	Urê có lớp phủ nhựa cây neem (Neem-coated urea)
NPK	Phân hỗn hợp đạm-lân-kali (Nitrogen-phosphorus-potassium)
NSKB	Ngày sau khi bón phân
NSKS	Ngày sau khi sạ

NUE	Hiệu quả sử dụng đạm (Nitrogen use efficiency)
PCU	Phân urê có lớp phủ polymer (Polymer-coated urea)
PE_N	Hiệu quả sinh lý của đạm bón (Physiological efficiency of applied N)
PFP_N	Tỷ số năng suất riêng phần (Partial factor productivity of applied N)
PPD	Phenylphosphoro-diamidate
PVC	Nhựa nhiệt dẻo (Polyvinylclorua)
RE_N	Hiệu quả thu hồi đạm (Recovery efficiency of applied N)
SA	Phân amoni sunphat (Ammonium sulfate)
SCU	Phân urê có lớp phủ lưu huỳnh (Sulphur-coated urea)
SD	Độ lệch chuẩn (Standard deviation)
SE	Sai số chuẩn (Standard error)
SSNM	Quản lý dinh dưỡng theo vùng chuyên biệt (Site-specific nutrient management)
USAID	Cơ quan Phát triển Quốc tế của Hoa Kỳ (The United States Agency for International Development)
USG	Viên siêu urê (Urea super granule)
UV-Vis	Bước sóng ở vùng tia tử ngoại đến vùng ánh sáng nhìn thấy (Ultraviolet–visible spectroscopy)
WMO	Tổ chức Khí tượng Thế giới (The World Meteorological Organization)

CÁC KÝ HIỆU HÓA HỌC

K	Kali
KCl	Kali clorua
K_2O	Kali oxit (Potash)
N	Đạm (Nitrogen)
N_2	Khí nitơ
N_2O	Nitrous oxide
nBTPO	N-(n-butyl) phosphoric triamide
nBTPT	N-(n-butyl) thiophosphoric triamide
NH_3	Ammonia
NH_4^+	Ammonium
NO_2^-	Nitrite
NO_3^-	Nitrate
P	Lân (Phosphorous)
P_2O_5	Photpho (V) oxit

CHƯƠNG 1
GIỚI THIỆU

1.1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc giảm phát thải khí nhà kính (KNK) đặc biệt là khí N_2O rất quan trọng trong giảm tác nhân gây biến đổi khí hậu. Theo các báo cáo của Ủy ban Liên chính phủ về Biến đổi khí hậu (IPCC) và Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) cho thấy lượng N_2O phát thải vào khí quyển khoảng 8,5 - 27,7 triệu tấnN_2O/năm và lượng này tiếp tục tăng 0,25% mỗi năm (Denman *et al*., 2007; WMO, 2011). Các hoạt động nông nghiệp tạo ra lượng phát thải khí N_2O lớn nhất (tương đương 1,7 - 4,8 triệu tấnN_2O/năm, trong đó bón phân đạm đã làm tăng đáng kể sự phát thải trực tiếp khí N_2O với lượng phát thải 1,7 triệu tấnN_2O/năm (Ussiri & Lal, 2013). Do đó nhiều nghiên cứu về các dạng phân đạm cải tiến đã được thực hiện để làm chậm tiến trình thủy phân urê, giảm sự nitrate hóa, làm chậm tan phân bón để giảm lượng khí N_2O phát thải, giảm lượng khí NH_3 bốc thoát, tăng hiệu quả sử dụng phân đạm và gia tăng năng suất cây trồng.

Theo Ussiri & Lal (2013), bón phân urê trên đất lúa có lượng N_2O phát thải 1,38 kgN_2O/ha mỗi vụ. Bón vùi phân đạm urê, urê viên nén (USG); hay bón các dạng phân N chậm tan gồm urê có lớp phủ nhựa cây neem (NCU), urê có lớp phủ lưu huỳnh (SCU), urê có lớp phủ polymer (PCU); hoặc bón phân đạm có chất ức chế sự nitrate hóa như Dicyadiamide, encapsulated calcium carbide (ECC), Hydroquinone, Thiosulfate (trừ Nitrapyrin) có hiệu quả làm giảm sự phát thải N_2O (Majumdar, 2013). Tuy nhiên, các nghiên cứu về phát thải N_2O trong canh tác lúa thực hiện trên dạng phân đạm cải tiến chưa được nhiều; chỉ có một số ít nghiên cứu gần đây đối với phân urê-nBTPT [N-(n-butyl) thiophosphoric triamide] và chưa được thực hiện trên dạng phân NPK viên nén và phân chậm tan IBDU.

Trên thế giới, các nghiên cứu tập trung chủ yếu trên giảm phát thải N_2O của các dạng phân đạm cải tiến trong điều kiện tưới ngập theo truyền thống, chưa có nhiều nghiên cứu trong điều kiện tưới khô ngập luân phiên (AWD). Hiện nay, kỹ thuật tưới AWD đang được khuyến cáo áp dụng trong canh tác lúa nhằm giảm lượng nước tưới, tuy nhiên kỹ thuật này có thể góp phần làm tăng lượng N_2O phát thải, do kỹ thuật AWD tạo điều kiện cho đất thoáng khí, có thể kích thích tuần tự quá trình nitrate hóa - khử nitrate và thúc đẩy quá trình hình thành N_2O (Buresh & Haefele, 2010). Các nghiên cứu sự phát thải N_2O trong điều kiện tưới khô ngập luân phiên chủ yếu chỉ được nghiên cứu đối với phân urê, chưa được thực hiện trên các dạng phân đạm mới. Do đó, cần có các nghiên cứu về ảnh hưởng của các dạng phân đạm cải tiến, đặc biệt là đối với kỹ thuật

bón vùi phân viên nén có chứa cả NP, NK và NPK trong điều kiện quản lý nước tưới khô ngập luân phiên đến sự phát thải NO_2, do việc tưới khô ngập luân phiên có thể làm gia tăng sự nitrate hóa ở các tầng đất bên dưới tầng đất mặt. Các nghiên cứu trước đây về bón phân vùi chủ yếu tập trung ở việc vùi phân viên urê so với bón vãi urê, có rất ít các nghiên cứu phát thải N_2O khi bón vùi phân viên nén có chứa NP, NK và NPK trong điều kiện đất lúa.

Ngoài ra, trên thế giới, các nghiên cứu phát thải N_2O khi bón phân urê-nBTPT chủ yếu được thực hiện trên cây trồng cạn (bắp, đậu, cỏ trồng…) và có ít nghiên cứu trên cây lúa. Tại Việt Nam, các nghiên cứu phát thải N_2O thực hiện chủ yếu trên phân urê, riêng phát thải N_2O đối với phân urê-nBTPT được Nguyễn Văn Bộ *và ctv* (2016) nghiên cứu trên đất phù sa và đất phù sa nhiễm mặn tại tỉnh Nam Định trong vụ mùa 2014 và vụ xuân 2015. Kết quả nghiên cứu này đã cho thấy lượng N_2O phát thải trong một vụ lúa khi sử dụng phân urê-nBTPT (0,44 - 0,76 kgN_2O/ha) có thể giảm so với bón phân urê (0,62 - 0,93 kgN_2O/ha). Tuy nhiên, đối với điều kiện canh tác lúa ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) trên nhóm đất có sa cấu sét nặng, nghiên cứu về sự phát thải N_2O chưa được thực hiện trên các dạng phân đạm cải tiến như phân urê-nBTPT, NPK viên nén cũng như phân IBDU. Bên cạnh đó các nghiên cứu về phát thải N_2O cũng chỉ được thực hiện trong điều kiện quản lý nước ngập theo truyền thống, chưa được thực hiện trong điều kiện tưới khô ngập luân phiên. Do đó câu hỏi đặt ra là việc bón các dạng phân đạm cải tiến cụ thể là các dạng phân urê-nBTPT, NPK viên nén, IBDU trong điều kiện tưới khô ngập luân phiên có làm tăng phát thải N_2O không cần được nghiên cứu để có thể đánh giá ý nghĩa của bón các dạng phân đạm mới này về mặt môi trường ở chế độ quản lý nước AWD là chế độ quản lý nước đang được khuyến cáo áp dụng hiện nay.

Nghiên cứu sự bốc thoát NH_3 có ý nghĩa quan trọng làm cơ sở khoa học cho đánh giá hiệu quả làm giảm mất đạm của với các dạng phân đạm mới. Theo Choudhury & Kennedy (2005). Bốc thoát NH_3 là con đường thất thoát đạm chủ yếu (có thể lên đến 60% lượng N bón) trên đất lúa nước. Tuy nhiên, hiệu quả giảm bốc hơi NH_3 khi bón phân urê-nBTPT rất thay đổi tùy theo tính chất đất và điều kiện canh tác (Christianson *et al.*, 1995; Freney *et al.*, 1995). Các kết quả thí nghiệm gần đây của Trung tâm Phát triển Phân bón Quốc tế (IFDC) bón vùi phân urê viên nén (USG) trên ruộng lúa giảm NH_3 bốc hơi (IFDC, 2003). Theo De Datta (1981), bón vùi một lần phân IBDU trên đất lúa có lượng bốc thoát NH_3 rất thấp.

Các nghiên cứu trên thế giới về bốc thoát NH_3 tập trung nhiều ở phân urê và urê viên nén (USG) nhưng chưa được thực hiện nghiên cứu đối với dạng phân NPK viên nén (Hayashi, 2013). Tại Việt Nam, Watanabe *et al.* (2009)

nghiên cứu NH_3 bốc thoát tại các địa điểm Bắc Giang (Plinthaquults[1]), Hà Nội (Typic Endoaeuepts[1]) và Cần Thơ (Thapto Histic Sulfic Tropaquepts[1]) khi bón phân urê cho thấy lượng NH_3 bốc thoát 1,7 - 14,6% lượng N bón. Ở ĐBSCL, có một số nghiên cứu bốc thoát NH_3 trong điều kiện tưới tiết kiệm nước của Ngô Ngọc Hưng (2009a) và Dong *et al*. (2012) giảm thấp hơn so với tưới ngập liên tục, tuy nhiên các tác giả chỉ nghiên cứu đối với phân urê, chưa nghiên cứu trên các dạng phân đạm cải tiến. Ngoài ra, việc tưới ngập liên tục thường được áp dụng như nghiệm thức đối chứng để so sánh với tưới khô ngập luân phiên, trong khi đó nông dân ĐBSCL thường không duy trì mực nước ngập liên tục trên ruộng mà thường dẫn nước vào ngập 7 - 10 cm sau đó khi nước rút khô, nông dân mới tưới nước. Cách quản lý nước này của nông dân làm đất thoáng khí hơn nên có thể có ảnh hưởng khác nhau đến pH nước ruộng và sự mất đạm dạng NH_3. Do đó, sự bốc thoát NH_3 khi bón phân urê-nBTPT, phân NPK viên nén và phân IBDU cần được nghiên cứu trong điều kiện canh tác lúa của nông dân ở ĐBSCL. Sự phân bố của đạm NH_4^+ trong đất, sự thu hút đạm trong cây của các dạng phân đạm mới với kỹ thuật bón vãi và bón vùi cũng chưa được nghiên cứu ở Việt Nam làm cơ sở khoa học cho việc lý giải sự mất đạm và sự thu hút đạm bởi cây trồng so với bón urê.

Đánh giá hiệu quả của bón các dạng phân đạm trên năng suất cây lúa cũng là vấn đề rất quan trọng để có thể khuyến cáo nông dân áp dụng. Theo Chien *et al.,* (2009), bón phân urê-nBTPT cho lúa góp phần tăng hiệu quả sử dụng đạm tuy nhiên hiệu quả trên năng suất thì còn tùy thuộc vào loại đất và điều kiện canh tác. Hiệu quả của phân NPK viên nén đối với sự gia tăng năng suất lúa và giảm lượng đạm bón đã được ghi nhận trong nhiều kết quả nghiên cứu (IFDC, 2013; USAID, 2013). Bón vùi một lần phân IBDU trên lúa làm tăng năng suất (Carreres *et al*., 2003). Tại Việt Nam, các thí nghiệm ở miền Bắc cho thấy phân viên nén hỗn hợp làm tăng hiệu quả sử dụng phân bón và tiết kiệm được lượng phân bón (Nguyễn Thị Lan & Đỗ Thị Hường, 2009) nhưng hiệu quả trên năng suất lúa chưa được thực hiện so sánh với phân urê. Tuy vậy, việc bón vùi loại phân NPK viên nén chưa áp dụng ở điều kiện của vùng ĐBSCL để đánh giá khả năng cung cấp đạm trong đất cho các giai đoạn sinh trưởng của lúa khi chỉ bón một lần phân NPK viên nén. Ở ĐBSCL, mới chỉ có kết quả thí nghiệm bón phân urê-nBTPT của Chu Văn Hách & Lê Văn Bảnh (2007) cho thấy hiệu quả nông học tăng 19,2 - 26% và năng suất lúa chênh lệch không đáng kể 4,9 - 7,6% so với bón phân urê. Các nghiên cứu cho thấy hiệu quả trên năng suất lúa khi bón các dạng phân urê-nBTPT và phân NPK viên nén rất thay đổi tùy theo tính chất đất và điều kiện canh tác. Do đó, cần thực hiện nghiên cứu hiệu quả của chất ức

[1] Phân loại đất theo USDA Soil Taxonomy

chế nBTPT và khả năng cung cấp đạm khi bón vùi phân NPK viên nén trên năng suất để khuyến cáo việc bón các dạng phân đạm cải tiến trong điều kiện canh tác lúa ở ĐBSCL.

Tóm lại, nghiên cứu về ảnh hưởng của các dạng phân đạm mới như urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU có thể có ảnh hưởng khác nhau đến sự phát thải N_2O, sự mất đạm NH_3 và năng suất lúa trong điều kiện tưới khô ngập luân phiên nhưng chưa được nghiên cứu nhiều, đặc biệt trong điều kiện đất ĐBSCL. Do đó rất cần thiết thực hiện nghiên cứu này làm cơ sở khoa học cho việc khuyến cáo bón các dạng phân đạm mới này trong điều kiện canh tác lúa ở ĐBSCL.

1.2 MỤC TIÊU CỦA NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của việc bón các dạng phân đạm đối với sự phát thải N_2O, bốc thoát NH_3 và năng suất trong điều kiện canh tác lúa ở ĐBSCL.

Các mục tiêu cụ thể trong nghiên cứu cần đạt được là:

1. Đánh giá hàm lượng đạm trong nước và sự phân bố đạm trong đất giữa các dạng phân đạm theo thời gian sau các đợt bón phân cũng như sự phân bố đạm trong đất theo khoảng cách và độ sâu trong thí nghiệm đồng ruộng làm cơ sở cho việc đánh giá sự phát thải N_2O, sự bốc thoát NH_3 và khả năng cung cấp đạm cho cây lúa.

2. Đánh giá ảnh hưởng của việc bón các dạng phân đạm đến sự phát thải khí N_2O và năng suất lúa trong điều kiện tưới khô ngập luân phiên.

3. Đánh giá hiệu quả làm giảm bốc thoát NH_3 của các dạng phân đạm cải tiến so với bón phân urê.

4. Đánh giá hiệu quả của việc bón các dạng phân đạm trên năng suất lúa, hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi đạm so với bón phân urê.

1.3 NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Các nội dung nghiên cứu của đề tài bao gồm:

1) Thực hiện thí nghiệm trong phòng khảo sát sự hòa tan trong nước và sự thủy phân trong đất của các dạng phân đạm (urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU) để đánh giá tính chất của dạng phân đạm nghiên cứu.

2) Phân tích xác định hàm lượng của các dạng đạm (NH_4^+ và NO_3^-) trong nước ruộng và trong đất lúa (theo khoảng cách và độ sâu) sau các đợt bón phân đạm (urê, urê-nBTPT và NPK viên nén).

3) Thực hiện thí nghiệm đồng ruộng nghiên cứu về ảnh hưởng của việc sử dụng các dạng phân đạm (urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU) đến sự phát thải khí N_2O và năng suất lúa trong điều kiện tưới theo nông dân và tưới khô ngập luân phiên.

4) Thực hiện khảo sát lượng đạm mất qua con đường bốc thoát NH_3 đối với các dạng phân đạm (urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU) ở các giai đoạn bón phân trên cùng ruộng thí nghiệm ở nội dung 3.

5) Thực hiện các thí nghiệm đồng ruộng ở 2 địa điểm khác nhau để khảo sát hiệu quả của các dạng phân đạm (urê, urê-nBTPT và NPK viên nén) với các liều lượng đạm bón khác nhau trên năng suất lúa, lượng đạm trong rơm, trong hạt, hiệu quả nông học, hiệu quả thu hồi đạm và đánh giá hiệu quả kinh tế.

1.4 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện trên nhóm đất phèn tiềm tàng (Endo-ProtoThionic Gleysols) tại huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long và nhóm đất phù sa ven sông Tiền, sông Hậu (Dystric - Rhodic Gleysols) tại huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh. Ở ĐBSCL, diện tích của nhóm đất chính Gleysols chiếm đến 1,9 triệu ha (48% diện tích tự nhiên của đồng bằng). Nhóm đất chính này được nông dân trong vùng sử dụng chủ yếu để canh tác lúa. Đất được chọn làm thí nghiệm được nông dân canh tác 3 vụ lúa mỗi năm.

Các dạng phân đạm được cải tiến trong sản xuất và sử dụng bao gồm: i) phân urê-nBTPT - có phối trộn chất ức chế men urease, ii) bón vùi phân NPK viên nén được nén bằng máy từ hỗn hợp urê + DAP + KCl và iii) phân chậm tan NPK IBDU được sử dụng trong các nghiên cứu. Các dạng phân đạm được áp dụng trong nghiên cứu về phát thải N_2O và bốc thoát NH_3 bao gồm các dạng phân đạm với phương pháp bón phân cụ thể là: bón vãi phân urê, bón vãi phân urê-nBTPT, bón vùi phân NPK viên nén và bón vùi phân NPK IBDU. Trong nghiên cứu hàm lượng của các dạng đạm trong đất, trong nước và nghiên cứu hiệu quả của các liều lượng đạm bón và các dạng phân đạm trên năng suất lúa và hiệu quả sử dụng đạm chỉ thực hiện trên 3 dạng phân đạm: urê, urê-nBTPT và NPK viên nén do phân IBDU chưa được cung cấp kịp thời.

Giống lúa sử dụng OM 6976 được nông dân địa phương sử dụng tương đối phổ biến trong những năm gần đây. Giống lúa OM 6976 được lai tạo có hàm

lượng chất sắt cao trong hạt gạo (6 - 8 mg/kg gạo trắng) được đưa vào trồng ở địa phương.

Các mẫu khí được thu trực tiếp ở điều kiện đồng ruộng theo phương pháp buồng kín (closed chamber method) áp dụng để thu mẫu khí N_2O phát thải và phương pháp buồng kín động học (dynamic chamber method) được áp dụng để thu mẫu khí NH_3 bốc thoát.

Chỉ tiêu chính để đánh giá hiệu quả sử dụng phân đạm áp dụng trong nghiên cứu là hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi đạm. Các kết quả về hiệu quả thu hồi đạm chỉ thực hiện ở vụ lúa hè thu do kinh phí hạn chế đây cũng là hạn chế của đề tài.

Các thí nghiệm của nghiên cứu được thực hiện trong điều kiện đồng ruộng trên ruộng lúa của nông dân nên có nhiều biến động về đất đai, ảnh hưởng của thời tiết, sâu bệnh. Để giảm ảnh hưởng của biến động đến kết quả, các ruộng thí nghiệm được bố trí dạng lô phụ hoặc khối ngẫu nhiên với 3 hay 4 lặp lại.

Do nghiên cứu vi sinh vật đất chuyển hóa N là lĩnh vực nghiên cứu rộng lớn liên quan đến nhiều nội dung thực hiện nên sự chuyển hóa N trong đất khi có sự tham gia của vi sinh vật (nitrate hóa, khử nitrate, v.v.) không được nghiên cứu trong nội dung luận án.

1.5 NHỮNG ĐIỂM MỚI CỦA LUẬN ÁN

Luận án đã cho thấy việc bón các dạng phân đạm mới như urê-nBTPT, NPK viên nén, IBDU đã làm giảm phát thải khí N_2O so với bón urê thường. Điều này có ý nghĩa rất lớn trong khuyến cáo nông dân bón các dạng phân đạm mới, có hiệu quả làm giảm phát thải khí nhà kính từ canh tác lúa, góp phần làm giảm ảnh hưởng của canh tác nông nghiệp ở Đồng bằng sông Cửu Long đến biến đổi khí hậu.

Luận án cũng cho thấy kỹ thuật tưới khô ngập luân phiên đã không làm tăng phát thải khí N_2O so với tưới ngập theo nông dân và có hiệu quả làm tăng năng suất lúa. Đây cũng là một đóng góp mới làm cơ sở cho khuyến cáo áp dụng biện pháp tưới khô ngập luân phiên góp phần tăng năng suất lúa, tiết kiệm nước tưới và điều quan trọng là biện pháp này không gây tác hại làm tăng phát thải N_2O nên có ý nghĩa quan trọng trong bảo vệ môi trường, cần được khuyến cáo cho nông dân áp dụng trong canh tác lúa ở ĐBSCL.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy trong điều kiện đất có pH = 4,5, bón phân khi có nước và pH nước ruộng đạt ≤ 7, lượng NH_3 bốc thoát của phân urê đạt thấp nên đạt tương đương với bón các dạng phân đạm mới. Lượng đạm mất

do bốc thoát NH_3 tăng theo sự gia tăng lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau mỗi đợt bón vãi phân urê và urê-nBTPT. Do đó, cần tiếp tục có các biện pháp cải tiến phân bón và phương pháp bón phân để giảm sự bốc thoát sau các đợt bón của các dạng phân này.

Kết quả nghiên cứu của luận án cũng cho thấy việc bón vãi phân urê và urê-nBTPT trên bề mặt ruộng đã gây ra sự tích lũy NH_4^+ cao trong nước ruộng vào những ngày đầu sau khi bón điều này có thể dẫn đến sự mất đạm do rửa trôi, bốc thoát NH_3. Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất ở nghiệm thức bón vãi urê và urê-nBTPT có khuynh hướng đạt cao trên lớp đất mặt trong khi đó nghiệm thức vùi sâu phân NPK viên nén đã tạo nên sự tích lũy cao lượng NH_4^+ trong đất ở độ sâu 10 cm, do đó cây lúa có thể thu hút đạm hiệu quả trong suốt vụ, mặc dù phân NPK viên nén được vùi sâu một lần vào 10 ngày sau khi sạ lúa.

Năng suất lúa đạt cao ở lượng bón 80 kgN/ha, tương đương bón 100 kgN/ha trong vụ đông xuân và vụ hè thu trên đất phèn tiềm tàng và đất phù sa ven sông, nên một lần nữa khẳng định liều lượng bón phù hợp cho lúa là 80 kgN/ha, cần được khuyến cáo để nông dân áp dụng nhằm giảm chi phí phân bón và giảm các tác hại môi trường.

Bón phân urê-nBTPT hay NPK viên nén cho hiệu quả hấp thu đạm trong cây lúa gia tăng hơn so với bón phân urê, tuy nhiên chưa thấy được hiệu quả rõ làm tăng năng suất lúa. Đối với dạng phân NPK viên nén mặc dù bón vùi một lần sau khi sạ nhưng vẫn không làm giảm năng suất cho thấy triển vọng của dạng phân bón này nếu việc vùi phân sâu được cơ giới hóa. Bón các dạng phân đạm mới tuy chưa làm tăng năng suất lúa nhưng làm tăng hấp thu đạm trong cây, giảm phát thải khí N_2O, do đó cần được khuyến cáo cho nông dân sử dụng.

CHƯƠNG 2
LƯỢC KHẢO TÀI LIỆU

2.1 CÁC DẠNG PHÂN ĐẠM

Phân đạm là tên gọi chung của các loại phân bón vô cơ cung cấp chất đạm cho cây trồng. Đạm là chất dinh dưỡng thiết yếu cho sự sinh trưởng và phát triển đối với cây. Phân đạm cần thiết cho cây trong suốt quá trình sinh trưởng, đặc biệt là giai đoạn cây sinh trưởng mạnh.

2.1.1 Phân urê

Phân urê là loại phân có tỷ lệ đạm cao nhất (chứa 46% N). Trên thế giới, phân urê chiếm 59% trong tổng số các loại phân đạm được sản xuất. Quy trình đơn giản của quá trình sản xuất phân urê thường qua 2 giai đoạn:

1) Tổng hợp ammonia bằng quy trình Haber-Bosch

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow{\textit{xúc tác, nhiệt độ, áp suất}} 2NH_3$$

2) Ammonia được dùng làm nguyên liệu cho sản xuất phân urê

$$2NH_3 + CO_2 \xrightarrow{\textit{xúc tác, nhiệt độ, áp suất}} (NH_2)_2CO + H_2O$$

Phân urê có khả năng thích nghi rộng và phát huy tác dụng trên nhiều loại đất khác nhau cũng như đối với các loại cây trồng khác nhau. Khi chưa thủy phân, urê không bị đất giữ lại mà thấm rất nhanh. Chỉ sau khi bị thủy phân xong, urê mới bị đất giữ lại như các loại phân ammonium khác. Sự thủy phân urê là do hoạt động của loại vi sinh vật phân giải urê. Urê khi mới bị thủy phân, hơi gây kiềm có khả năng khử chua nhưng không cao và chỉ thể hiện trong thời gian ngắn, phản ứng cuối là gây chua nhẹ (Võ Minh Kha, 1996).

Trong điều kiện bón trên mặt đất khô, phản ứng thủy phân urê tạo thành NH_3 và carbamate (NH_2COOH). Carbamate là hợp chất không bền nên bị phân rã sinh ra NH_3 và dễ bị bốc thoát.

$$(NH_2)_2CO + H_2O \xrightarrow{\textit{urease trong đất}} NH_3\uparrow + NH_2COOH$$

$$NH_2COOH \xrightarrow{\textit{urease trong đất}} NH_3\uparrow + CO_2$$

Trong điều kiện bón trên đất ướt, có mưa, ngập nước, phản ứng thủy phân urê sinh ra NH_4^+ trong dung dịch. NH_4^+ có thể được keo đất hấp phụ trên bề mặt hoặc được cây trồng sử dụng, ít bị bay hơi NH_3.

$$(NH_2)_2CO + H_2O \xrightarrow{\textit{urease trong đất}} (NH_4)_2CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3 + 2H^+ \rightarrow 2NH_4^+ + CO_2\uparrow + H_2O$$

Khi được hình thành trong nước, ở điều kiện pH cao hoặc do sự phát triển của rong tảo làm tăng pH (pH > 8), phân urê bón vào bị mất đạm do bốc thoát NH_3.

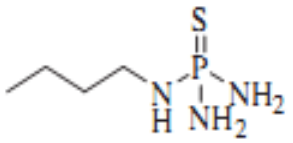
$$NH_4^+ + OH^- \Leftrightarrow NH_3\uparrow + H_2O$$

Tốc độ phản ứng thủy phân khi có men urease nhanh hơn gấp 10^{14} lần so với khi không có men thủy phân urê (Zimmer, 2000).

2.1.2 Phân urê có trộn chất ức chế men urease

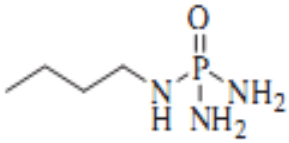
Chất ức chế men urease N - (n-butyl) thiphosphoric triamide (nBTPT) làm hạn chế quá trình chuyển hóa từ phân urê thành ammonia sau khi bón. Do đó, nBTPT có khả năng làm giảm bốc thoát NH_3 và tăng năng suất cây trồng cũng như gia tăng sự hấp thu đạm đối với nhiều loại cây trồng. Chất nBTPT cũng làm giảm hiện tượng ngộ độc ammonia đối với hạt giống nảy mầm và sự phát triển của cây non.

Chất nBTPT được đưa vào kinh doanh ở Hoa Kỳ và ngày càng được phổ biến rộng rãi trên thế giới với tên thương mại là Agrotain. Kết quả thí nghiệm của Watson *et al.* (1994) cho thấy tỷ lệ phối trộn Agrotain với urê từ 0,1 - 0,2% là thích hợp nhất, các tỷ lệ phối trộn cao hơn đều không gia tăng hiệu quả mà chỉ tăng thêm chi phí. Sau khi phối trộn với Agrotain, phân urê sẽ khô hơn và ít chảy nước hơn. Các nhà sản xuất khuyến cáo urê phối trộn với Agrotain có thể lưu trữ được 12 tháng.



N-(*n*-butyl)thiophosphoric triamide

(nBTPT)



N-(*n*-butyl)phosphoric triamide

(nBPTO)

Hình 2.1: Cấu trúc phân tử nBTPT và nBPTO

Nguồn: Saggar *et al*. (2013)

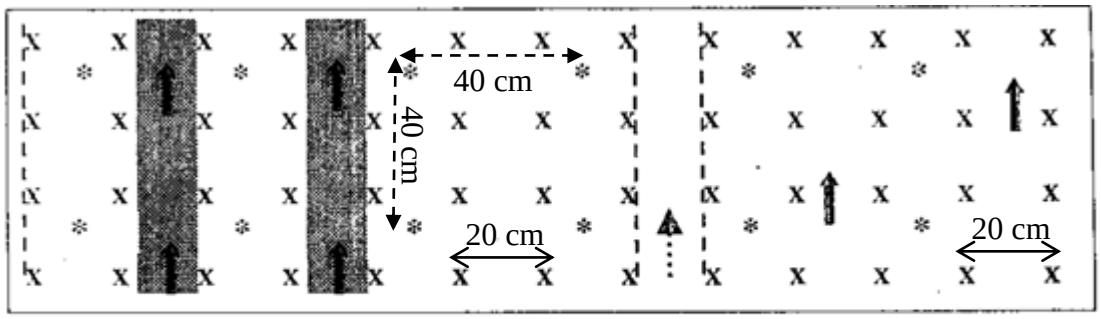
Cơ chế hoạt động của Agrotain thực chất dưới dạng N-(n-butyl) phosphoric triamide (nBPTO). Hợp chất nBPTO được tạo ra từ sự oxy hóa nBTPT, kết quả là oxy thay thế lưu huỳnh trong phân tử. Một đầu của phân tử nBPTO rất giống về kích thước với phân tử urê, đồng thời chúng cũng có nhóm n-butyl ở đầu kia. Đầu phân tử nBPTO giống với urê đính với vị trí hoạt động của men urê khóa chặt quá trình hoạt động chuyển hóa urê và ức chế quá trình thủy phân urê. Điều đó có nghĩa là NH_4^+ trong phân urê được giải phóng chậm lại làm cho cây hấp thu được nhiều hơn và hạn chế được sự thất thoát đạm qua

con đường bay hơi NH_3. Tuy nhiên, nBPTO không bền khi phối trộn với urê nên nBTPT được chọn làm nguyên liệu phối trộn.

2.1.3 Phân NPK viên nén

Phân viên nén hiện đang được sử dụng ở một số tỉnh phía Bắc Việt Nam và được sản xuất với nhiều chủng loại như: phân đạm viên nén, phân NK viên nén, phân NPK viên nén. Các loại phân viên nén trên được ép bằng máy nén từ các loại phân đạm, phân lân và phân kali có dạng hình quả bàng, trọng lượng viên phân từ 1,8 - 4,1 g tùy loại phân và chất phụ gia trộn vào viên phân. Viên phân cứng, dễ dàng vận chuyển và đóng gói. Phân NPK viên nén cần bảo quản nơi khô ráo và đựng trong túi ni lon kín, nếu để ẩm các viên phân dễ gắn kết với nhau, dễ vỡ nát khi bón.

Ưu điểm nổi bậc của bón vùi phân viên nén (Fertilizer deep placement - FDP) là chỉ bón duy nhất một lần trong cả vụ. Bón phân viên nén không phụ thuộc vào thời tiết, không như bón phân đạm vãi. Theo các khuyến cáo về kỹ thuật vùi phân viên nén thì: Thời gian vùi đối với lúa cấy là 1 - 5 ngày sau khi cấy. Khoảng cách viên phân 40 cm x 40 cm, độ sâu vùi viên phân là từ 6 - 10 cm so với mặt ruộng. Viên phân phải được lấp bùn ngay sau khi vùi phân.



x : Cây lúa ↔ : Khoảng cách giữa các hàng lúa sạ

* : Viên phân ← → : Khoảng cách giữa các viên phân

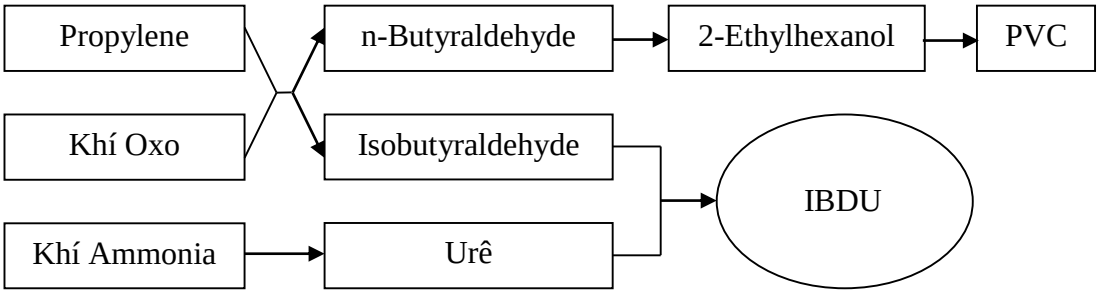
↑ : Lối bước chân khi đi vùi viên phân

Hình 2.2: Sơ đồ vị trí bón vùi phân viên nén trên ruộng lúa

Nguồn: Bộ môn Thủy Nông & Canh tác - Trường Đại học Nông nghiệp I (2008)

2.1.4 Phân IBDU

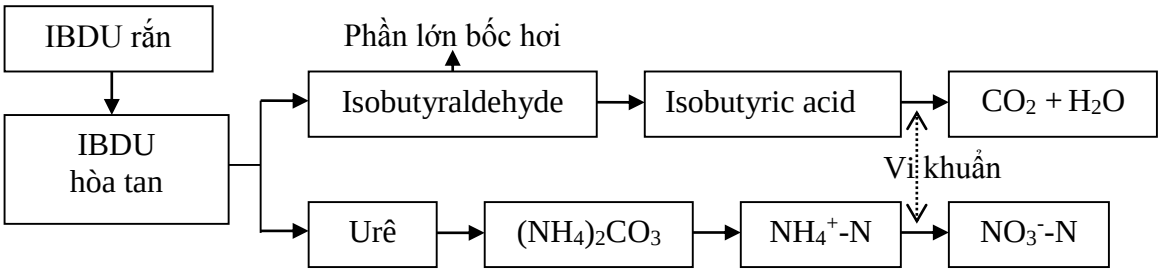
Phân IBDU (Isobutidene diurea) là phân chậm tan được sản xuất từ quá trình trùng ngưng urê và isobutyraldehyde - một sản phẩm phụ của 2-ethylhexanol dùng làm nguyên liệu cho sản xuất polyvinylchloride (PVC). Trong thành phần IBDU dạng đạm khó tan chiếm đến 90% (Sartain & Kruse, 2001; Trenkel, 2010).



Hình 2.3: Sơ đồ trùng ngưng isobutidene diurea

Nguồn: JCAM Agri[2] (2013)

IBDU rắn hòa tan rất chậm, mức hòa tan của IBDU chỉ bằng 1/1000 so với urê. IBDU sau khi vào trong nước sẽ chuyển thành urê do quá trình hòa tan hóa học. Sự phóng thích ra chất đạm chậm của IBDU là do sự phân rã cấu trúc hóa học của IBDU ở dạng chuỗi polymer (Trenkel, 2010). Cơ chế chính cung cấp dưỡng chất của phân IBDU là sự thủy phân dạng đạm khó tan sang dạng urê.



Hình 2.4: Cơ chế khoáng hóa cung cấp đạm của isobutidene diurea

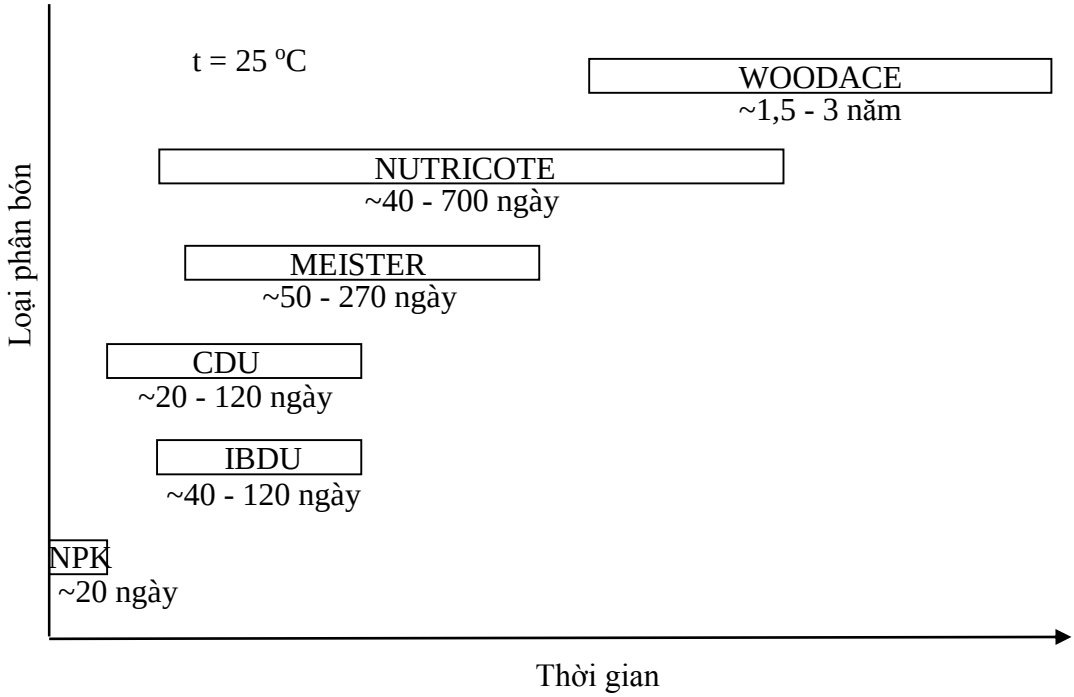
Nguồn: JCAM Agri (2013)

Bên cạnh đó, sự phóng thích dưỡng chất đạm từ phân IBDU còn chịu ảnh hưởng bởi ẩm độ đất, pH đất và kích thước viên phân (Sartain & Kruse, 2001; Varadachari & Goertz, 2010). Đất có ẩm độ càng cao thì sự phóng thích dưỡng chất từ IBDU diễn ra nhanh. Riêng đối với pH, sự phân rã IBDU tăng nhanh xảy ra ở đất chua. Viên phân IBDU có kích thước càng nhỏ thì sự phóng thích dưỡng chất càng nhanh.

Ngày nay, thành phần của các loại phân IBDU còn có chất lân và kali được trộn chung để tạo thành dạng phân chậm tan chứa nhiều dưỡng chất (Trenkel, 2010). Các ưu điểm nổi trội của bón phân IBDU là hiệu lực cung cấp dưỡng chất được đều đặn và kéo dài cho cây trồng. Hiệu quả sử dụng đạm cao do tính phân giải đạm vào đất chậm và đều. Theo JCAM Agri (2013) thì hiệu lực kéo dài

[2]Sáp nhập từ Chisso Asahi Co., Ltd. và Mitsubishi Chemical Agri Co., Ltd. vào năm 2009.

về cung cấp dinh dưỡng của phân IBDU là 40 - 120 ngày. Sử dụng phân IBDU an toàn hơn đối với môi trường do giảm thất thoát dưỡng chất vào môi trường.



Hình 2.5: Hiệu lực kéo dài về cung cấp dinh dưỡng của một số loại phân bón

Ghi chú: CDU: Crotonylidene diurea. IBDU: Isobutylidene diurea.

Nguồn: JCAM Agri (2013)

2.2 CHU TRÌNH CHẤT ĐẠM TRONG ĐẤT LÚA NƯỚC

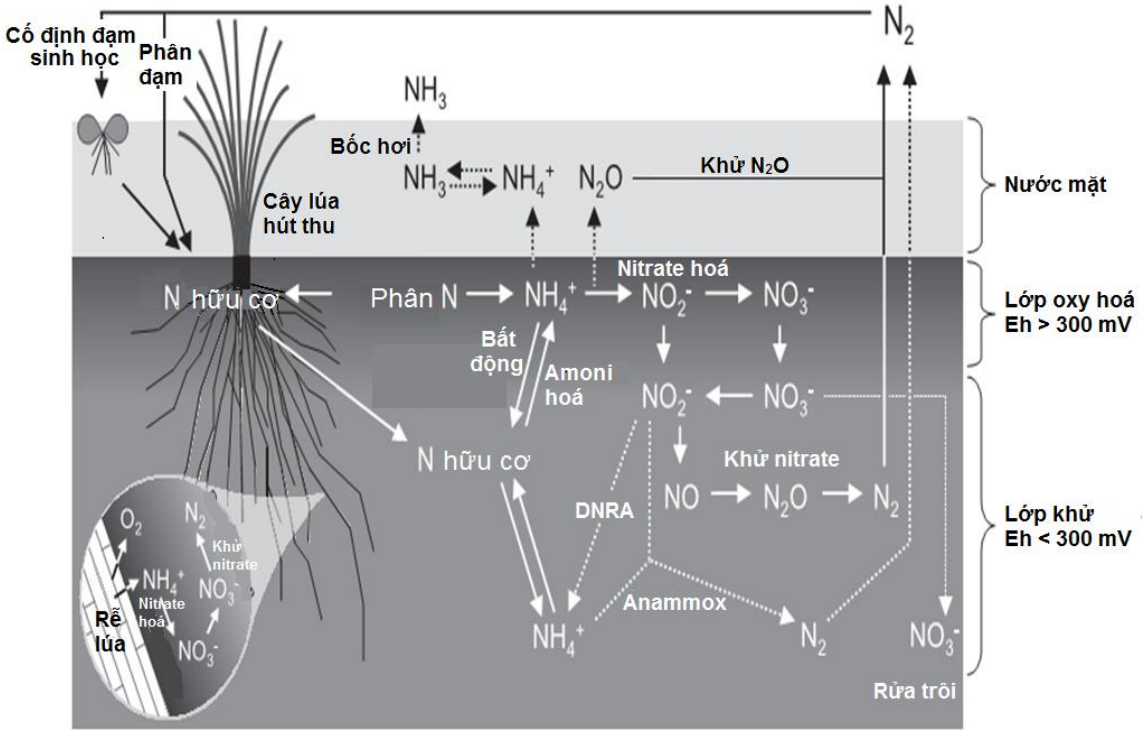
Trong tự nhiên, chất đạm (N) tồn tại ở nhiều trạng thái hóa trị khác nhau (từ -3 trong NH_4^+ đến +5 trong NO_3^-). Sự thay đổi trạng thái hóa trị sang dạng khác phụ thuộc chủ yếu vào điều kiện môi trường và các tiến trình trong đất. Đạm cũng dễ dàng bị di chuyển trong môi trường do nước hay không khí. Sự chuyển đổi các dạng đạm từ dạng này sang dạng khác và sự di chuyển của các dạng đạm hình thành nên chu trình đất đạm trong đất lúa nước (Hình 2.6).

2.2.1 Sự cố định đạm sinh học

Sự cố định đạm sinh học là phản ứng sinh hóa quan trọng nhất trong đời sống trên trái đất. Sự cố định đạm sinh học xảy ra thông qua nhiều hệ thống vi sinh vật không kết hợp hoặc kết hợp trực tiếp với các thực vật bậc cao. Có 3 hệ thống chính: 1) Hệ thống vi sinh vật sống cộng sinh tạo nốt sần, 2) Hệ thống vi sinh vật sống cộng sinh và tự do (tảo lam) không tạo nốt sần và 3) Hệ thống vi sinh vật tự do không cộng sinh. Nhiều loại vi sinh vật như vi khuẩn, xạ khuẩn (Diazotroph) có thể sinh ra enzyme nitrogenase để khử N_2 thành NH_3 (Postgate, 1998).

$$N_2 + 8H^+ + 8e^- \xrightarrow{\textit{Fe-Mo, nitrogenase}} 2NH_3 + H_2$$

Theo ước tính sự cố định đạm trên đất lúa hàng năm cung cấp 5 triệu tấn N (Herridge *et al.*, 2008). Ở Việt Nam đã có những nghiên cứu về vi khuẩn cố định N *Burkholderia vietnamiensis* sống trong rễ lúa có khả năng cố định đạm giúp tăng năng suất lúa (Van *et al.*, 2000).



Hình 2.6: Chu trình chất đạm trong đất lúa nước

Ghi chú: Anammox: Oxy hóa yếm khí ammonium (Anaerobicammonium oxidation) và DNRA: Khử nittrate ngược tạo thành ammonium (Dissimilatory nitrate reduction to ammonium)

Nguồn: Ishii *et al.* (2011)

2.2.2 Tiến trình khoáng hóa

Khi sinh vật thải chất thải hoặc chết đi thì dạng đạm ban đầu chứa trong đó là các chất hữu cơ. Phần lớn đạm dạng hữu cơ này là nhóm amine ($R\text{-}NH_2$) trong hợp chất protein hoặc humic. Trong một số trường hợp, vi khuẩn hoặc nấm chuyển đổi đạm hữu cơ này thành ammonium, quá trình này được gọi là khoáng hóa hay amoni hóa (ammonification). Các enzyme liên quan đến tiến trình này gồm: Gln Synthetase, Glu 2-oxoglutarate aminotransferase và Glu Dehydrogenase (Bernhard, 2010).

$$R\text{-}NH_2 + O_2 \rightarrow R\text{-}OH + CO_2 + NH_3$$

$$2NH_3 + H_2CO_3 \rightarrow (NH_4)_2CO_3$$

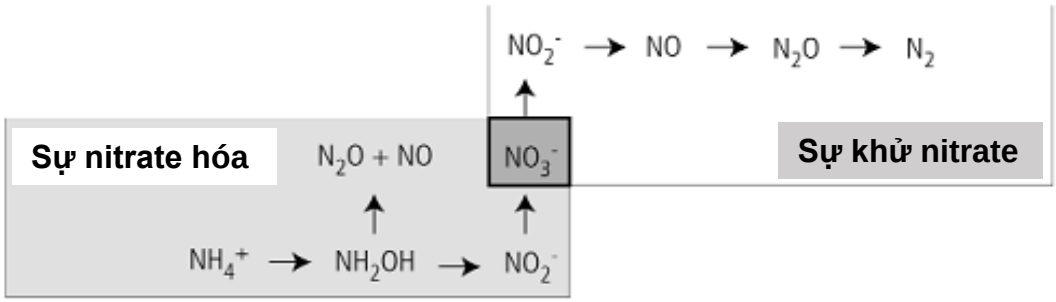
Các muối ammonium ở trong đất bị phân ly thành các ion NH_4^+. Một phần ion NH_4^+ được cây hấp thụ, một phần do keo đất hấp phụ.

Khả năng khoáng hóa N tăng cao ở đất luân canh so với đất thâm canh ba vụ lúa liên tục. Kết quả sử dụng phân urê chứa đồng vị ^{15}N đã cho thấy tổng lượng N được lúa hấp thu từ đất luân canh với bắp rau hoặc đậu xanh đều cao hơn từ đất thâm canh lúa 3 vụ, tương ứng với tốc độ khoáng hóa, cung cấp N hữu dụng từ đất (Võ Thị Gương *và ctv*, 2010).

2.2.3 Tiến trình nitrate hóa và khử nitrate

2.2.3.1 Tiến trình nitrate hóa

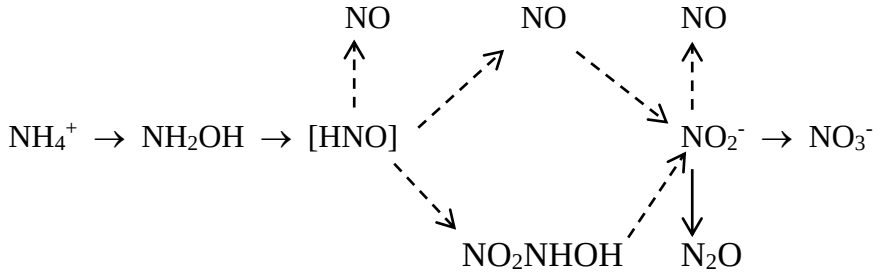
Trong đất lúa nước, tiến trình nitrate hóa (nitrification) xảy ra ở 0 - 2 mm xung quanh rễ lúa khi có oxy và ở lớp đất mặt. Trong khi đó tiến trình khử nitrate (denitrification) xảy ra ở vùng cách vòng ngoài của rễ lúa 1,5 - 5,0 mm và ở cách lớp đất mặt 0,5 - 1 cm và dày từ 10 - 20 cm khi không có oxy (Reddy & Patrick, 1986; Arth & Frenzel, 2000; Smith *et al.*, 2008). Tiến trình nitrate hóa được chia thành hai bước: oxy hóa ammonia ($NH_4^+ \rightarrow NO_2^-$) và oxy hóa nitrite ($NO_2^- \rightarrow NO_3^-$). Trong khi oxy hóa ammonia thành nitrite có sản phẩm phụ có thể hình thành nitrous oxide (N_2O) và nitric oxide (NO).



Hình 2.7: Sơ đồ phản ứng của sự nitrate hóa và sự khử nitrate

Nguồn: Hofman & van Cleemput (2004)

Các nghiên cứu cho thấy, khí N_2O phát thải trong suốt tiến trình nitrate hóa phụ thuộc vào nồng độ oxy trong đất, bên cạnh đó, tiến trình này còn phụ thuộc vào hàm lượng ammonium (Freney *et al.*, 1997; Harty *et al.*, 2016). Trong tiến trình nitrate hóa, N_2O được tạo ra như là một sản phẩm phụ của sự oxy hóa ammonium (Bronson *et al.*, 1997; Chen *et al.*, 1997). N_2O và NO được tạo ra trong điều kiện đất thiếu oxy khi mà NO_2^- sẽ làm chất nhận điện tử (Poth & Focht, 1985). Tiến trình này cho phép vi sinh vật tiết kiệm được oxy cho sự oxy hóa NH_4^+. Điều này giúp vi sinh vật sử dụng năng lượng cho sự tăng trưởng, đồng thời tránh được tiềm năng tích lũy độc chất NO_2^-.



Hình 2.8: Khí N_2O được tạo ra từ tiến trình nitrate hóa

Nguồn: Firestone & Davidson (1989)

Việc sử dụng đồng vị phóng xạ để so sánh giữa tiến trình nitrate hóa và khử nitrate đã cung cấp một thông tin quan trọng về tiềm năng tạo ra khí N_2O từ tiến trình nitrate hóa. Lượng khí N_2O được tạo ra trong tiến trình oxy hóa ammonium thì cao khác biệt có ý nghĩa so với lượng N_2O từ đất được ghi nhận ở nhiều nghiên cứu (Bateman & Baggs, 2005; Shaw *et al.*, 2006; Kool *et al.*, 2009). Khí N_2O được tạo ra bởi sự oxy hóa tự dưỡng NH_4^+ là kết quả từ tiến trình khử mà vi sinh vật sử dụng NO_2^- làm chất nhận điện tử, trong điều kiện O_2 giảm (Poth & Focht, 1985). *Thiosphaera pantothrapha* là loài đặc biệt có thể thực hiện cả 2 tiến trình nitrate hóa và khử nitrate và tạo ra khí N_2O trong điều kiện hiếu khí (Robertson & Groffman, 2007). *Nitrosomonas europea* cũng có thể tạo ra N_2O trong suốt quá trình oxy hóa NH_4^+ hoặc NH_2OH thành NO_2^- (Yoshida & Padre, 1974). Việc giảm hàm lượng O_2 và tăng độ chua sẽ làm tăng lượng khí thải N_2O. Tuy nhiên, những nhân tố này cũng làm trì hoãn sự oxy hóa NH_4^+. Vì thế, rất khó khăn cho việc dự đoán hiệu quả của việc làm giảm O_2 và tăng độ chua đến việc phát thải khí N_2O.

2.2.3.2 Tiến trình khử nitrate

Tiến trình khử nitrate là tiến trình khử các oxide N (NO_2^- và NO_3^-) phóng thích các khí như nitơ (N_2), nitric oxide (NO), nitrous oxide (N_2O) (Garcia & Tiedje, 1982). Trên đất lúa nước tiến trình khử nitrate xảy ra khi đất trong trạng thái khử do bị ngập nước (Buresh & De Datta, 1990; Freney *et al.*, 1995). Các quan sát cho thấy, hai tiến trình này do nhiều nhóm vi khuẩn (ammonia-oxidizing bacteria - AOB), một ít nhóm vi khuẩn cổ (ammonia-oxidizing archaea - AOA) tham gia và một vài loài nấm cũng tham gia vào sự khử nitrate (Hayatsu *et al.*, 2008; Stres *et al.*, 2008).

Tiến trình khử nitrate là bước cuối cùng trong chu trình đạm, chất N được trả về khí quyển ở dạng khí N_2. Quá trình khử nitrate xảy ra theo bốn bậc liên tiếp nhau với mức độ giảm hóa trị của nguyên tố nitơ từ +5, +3, +2, +1 về 0.

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

Trong tiến trình khử nitrate, N_2O là sản phẩm trung gian bắt buộc. Tiến trình này cũng có thể làm giảm lượng khí N_2O. Vì thế, tiến trình khử nitrate có thể là nguồn tạo ra hoặc là nơi tiêu thụ khí N_2O. Trong tiến trình khử nitrate tỷ lệ sản phẩm N_2O/N_2 rất thay đổi, khí N_2O có thể là sản phẩm cuối cùng chiếm ưu thế phụ thuộc vào điều kiện môi trường (Sorai *et al.*, 2007).

2.2.4 Tiến trình oxy hóa yếm khí ammonium

Tiến trình oxy hóa yếm khí ammonium (Anammox - Anaerobic ammonium oxidation) là một tiến trình quan trọng trong chu trình chất đạm. Trong tiến trình này, ammonium và nitrite chuyển thành khí nitơ (Reimann *et al.*, 2015) theo phản ứng:

$$NH_4^+ + NO_2^- \rightarrow N_2 + 2H_2O$$

Tiến trình anammox diễn ra trong nhiều môi trường tự nhiên và có sự tham gia của vi khuẩn. Năm chi vi khuẩn *Candidatus* đã được xác định tham gia trong tiến trình anammox gồm: *Ca*. Kuenenia, *Ca*. Brocadia, *Ca*. Anammoxoglobus, *Ca*. Jettenia và *Ca*. Scalindua (van Niftrik & Jetten, 2012). Vi khuẩn anammox có thể phát triển ở nhiệt độ từ -2 đến 43 °C và pH ở mức 6,7 - 8,3; pH tối ưu là 8, trong khi nhiệt độ tối ưu thay đổi tùy theo loài (Jetten *et al.*, 2009).

Tiến trình anammox cũng có thể xảy ra trong đất lúa khi có sự hiện diện của cả NH_4^+ và NO_2^-. Các nhà khoa học đã phát hiện có sự hiện diện của tiến trình anammox ở trên một cánh đồng lúa tại Nhật Bản và ruộng lúa này được bón phân ammonium và nguồn nitrate/nitrite từ nước ngầm của các ruộng trồng rau trên một đỉnh đồi liền kề (Ishii *et al.*, 2011). Zhu *et al.* (2011) cũng phát hiện có sự hiện diện của các loài vi khuẩn anammox trong các ruộng lúa ở Trung Quốc có hàm lượng đạm ammonium và nitrate/nitrite cao do bón phân chuồng. Những vi khuẩn này có thể đóng vai trò quan trọng trong tiến trình anammox trong đất lúa (Ishii *et al.*, 2011).

2.2.5 Tiến trình khử nitrate ngược tạo thành ammonium

Khử nitrate ngược tạo thành ammonium (Dissimilatory nitrate reduction to ammonium - DNRA) là quá trình khử nitrate (NO_3^-) sang nitrite (NO_2^-) và sau cùng thành ammonium (NH_4^+) trong điều kiện yếm khí.

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NH_4^+ \rightarrow N_2O$$

Quá trình DNRA có sự tham gia của nhóm vi sinh vật để nitrate nhận điện tử (1) từ chất hữu cơ hoặc từ (2) sulfide (S^{2-}) hay từ các hợp chất vô cơ bị khử khác (Giblin *et al.*, 2013)

$$2CH_2O + NO_3^- + H_2O = 2NH_4^+ + 2HCO_3^- \qquad (1)$$

$$HS^- + NO_3^- + H^+ + H_2O = NH_4^+ + SO_4^{2-} \qquad (2)$$

Nhìn chung, DNRA là quá trình quan trọng trong việc làm giảm nitrate trong đất lúa và vì lượng carbon tương đối thấp và có nhiều chất nhận điện tử khác nhau như Mn^{4+}, Fe^{3+}… trong điều kiện ngập nước (Kimura, 2000). Do đó, DNRA không phải là quá trình hữu hiệu trong điều kiện đất lúa nước có hàm lượng carbon thấp (Ishii *et al.*, 2011).

2.2.6 Tiến trình bất động đạm

Tiến trình bất động đạm (Immobilization) xảy ra ngược lại với tiến trình khoáng hóa. Tất cả các sinh vật sống cần chất đạm, do đó các vi sinh vật trong đất cạnh tranh với các loại cây trồng trong việc sử dụng chất đạm. Sự bất động đạm đề cập đến các quá trình trong đó nitrate và ammonium được các sinh vật đất hấp thụ do đó đạm trở nên không hữu dụng đối với cây trồng (Johnson *et al.*, 2005).

$$NH_4^+ \rightarrow R\text{-}NH_2 \text{ hoặc } NO_3^- \rightarrow R\text{-}NH_2$$

Xác bả động vật, thực vật với tỷ lệ C/N cao (ví dụ như mùn cưa, rơm, vv), sẽ làm tăng hoạt động sinh học, tăng nhu cầu sử dụng chất đạm của vi sinh vật và do đó dẫn đến bất động đạm tăng. Bất động đạm làm cho chất đạm tạm thời được giữ trong cơ thể của vi sinh vật. Khi vi sinh vật chết đi, chất đạm hữu cơ chứa trong các tế bào của chúng được khoáng hóa bởi tiến trình ammonium hóa và nitrate hóa để cung cấp các dạng đạm hữu dụng cho cây.

2.3 CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG PHÂN ĐẠM

Theo ước tính, có khoảng 30% đến 65% lượng đạm bón cho lúa bị mất (Vlek & Byrnes, 1986; De Datta *et al.*, 1991; Cassman *et al.*, 2002; Choudhury & Kennedy, 2005). Trong đất lúa nước, lượng N sử dụng không hiệu quả sẽ bị mất do rửa trôi, do sự nitrate hóa và sự khử nitrate, do bốc hơi ammonia (Ponnamperuma, 1972; Mikkelsen *et al.*, 1978; Fillery & Vlek, 1986; Freney *et al.*, 1990; Singh *et al.*, 1995; Cho, 2003). Thất thoát phân đạm do rửa trôi từ 1% đến 13% lượng đạm bón (Chichester & Richardson, 1992). Trong lúa ngập nước, sự khử nitrate cũng làm thất thoát từ 2% đến 73% lượng đạm bón (Raun & Johnson, 1999), bốc thoát ammonia có thể chiếm 20% đến hơn 80% tổng lượng N bón (Freney *et al.*, 1990).

Cải thiện hiệu quả sử dụng phân đạm trong nông nghiệp được quan tâm trong nhiều thập kỷ (Dobermann, 2005) và có rất nhiều công nghệ mới đã được phát triển trong những năm gần đây để đạt được điều này (Trenkel, 2010).

2.3.1 Các chỉ số xác định hiệu quả sử dụng phân đạm

Có nhiều chỉ số khác nhau được dùng để đánh giá hiệu quả sử dụng phân đạm (nitrogen use efficiency - NUE) nhằm xác định đáp ứng của phân đạm đối

với cây trồng (Novoa & Loomis, 1981; Cassman *et al.*, 2002; Dobermann, 2007; Fageria, 2013). Trong các thí nghiệm đồng ruộng, các chỉ số này được tính bằng phương pháp xác định hiệu quả thu hồi biểu kiến (Apparent Recovery Efficiency) hay còn được gọi là phương pháp chênh lệch (Nitrogen Difference Method) hoặc bằng kỹ thuật sử dụng ^{15}N đánh dấu (^{15}N Isotope-labeled Fertilizer Method) sẽ cho kết quả chính xác hơn. Phương pháp chênh lệch được tính toán dựa trên số liệu năng suất và lượng đạm hấp thu của phần sinh khối trên mặt đất giữa các lô có bón phân đạm và ô không bón đạm. Thời gian thí nghiệm thường phải qua một mùa còn về quy mô thì thí nghiệm có thể thực hiện ở điều kiện đồng ruộng lớn hay ô thửa. Tuy nhiên một cách ước lượng, hiệu quả sử dụng phân đạm có thể tính toán bằng một số chỉ số nông học như: hiệu quả nông học của đạm bón, hiệu quả thu hồi của đạm bón, hiệu quả sinh lý của đạm bón, tỷ số năng suất riêng phần của đạm bón**.**

2.3.1.1 Hiệu quả nông học

Hiệu quả nông học (Agronomic efficiency of applied N - AE_N): là tỷ số giữa phần năng suất tăng thêm ở ô có bón phân đạm và ô không bón đạm với lượng phân N bón

$$AE_N = (Y_N - Y_0)/F_N \qquad \text{(kg hạt/kg N bón)}$$

Trong đó: - Y_N là năng suất của lô bón phân NPK (kg/ha)
- Y_0 là năng suất của lô không bón phân N (kg/ha)
- F_N là lượng phân N bón (kg/ha)

Hiệu quả nông học là chỉ số thể hiện khả năng sản xuất của cây lúa từ việc chuyển dưỡng chất đạm từ phân bón vào trong hạt. Chỉ số AE_N có giá trị thay đổi tùy thuộc vào các dạng phân đạm, khả năng hấp thu dưỡng chất cây lúa, biện pháp quản lý đất canh tác. Hiệu quả nông học biến động trong khoảng 10 - 30 kg/kg, trong điều kiện quản lý canh tác tốt hoặc ở liều lượng bón phân N thấp hay lượng N cung cấp từ đất thấp thì giá trị AE_N > 25 kg/kg (Dobermann, 2007).

2.3.1.2 Hiệu quả thu hồi đạm

Hiệu quả thu hồi đạm (Crop recovery efficiency of applied N - RE_N): là tỷ số giữa lượng đạm hấp thu trong rơm và trong hạt tăng thêm ở ô có bón phân đạm và ô không bón đạm với lượng phân N bón.

Hiệu quả thu hồi đạm là chỉ số thể hiện khả năng đáp ứng giữa nhu cầu của cây lúa và sự cung cấp chất đạm từ phân bón. Chỉ số RE_N có giá trị biến động theo các biện pháp bón phân: liều lượng bón, thời gian bón, phương pháp bón và dạng phân đạm. Bên cạnh đó, chỉ số RE_N cũng bị tác động bởi các yếu tố ảnh hưởng đến sự hấp thu dưỡng chất cây lúa: giống lúa, mật độ cây lúa, khả năng chống chịu các yếu tố bất lợi hay điều kiện thời tiết.

$$RE_N = (U_N - U_0)/F_N \qquad \text{(kg N hấp thu/kg N bón)}$$

Trong đó: - U_N là tổng lượng N trong sinh khối của lô bón đủ phân NPK (kg/ha)
- U_0 là tổng lượng N trong sinh khối của lô không bón phân N (kg/ha)
- F_N là lượng phân N bón (kg/ha)

Hiệu quả thu hồi đạm biến động trong khoảng 0,30 - 0,50 kg/kg. Trong điều kiện quản lý canh tác tốt hoặc ở liều lượng bón phân N thấp hay lượng N cung cấp từ đất thấp thì giá trị RE_N trong khoảng 0,50 - 0,80 kg/kg. Chỉ số này cũng có thể được tính bằng đơn vị phần trăm (%) của lượng đạm hấp thu trong rơm và trong hạt tăng thêm ở ô có bón phân đạm và ô không bón đạm so với lượng phân N bón (Dobermann, 2005). Chỉ số hiệu quả thu hồi đạm chỉ mang tính ước lượng vì trong điều kiện không bón phân đạm, rễ phát triển kém, có thể thu hút đạm từ đất thấp hơn so với điều kiện có bón phân đạm, rễ phát triển mạnh, sự thu hút đạm từ đất sẽ gia tăng; nên sẽ có sai số trong ước tính năng suất gia tăng do bón phân N và sự thu hút đạm gia tăng do bón phân đạm.

2.3.1.3 Hiệu quả sinh lý

Hiệu quả sinh lý (Physiological efficiency of applied N - PE_N): là tỷ số giữa lượng năng suất tăng thêm ở ô có bón phân đạm và ô không bón đạm với lượng đạm hấp thu tăng thêm giữa ô có bón phân đạm và ô không bón đạm.

$$PE_N = (Y_N - Y_0)/(U_N - U_0) \quad \text{(kg hạt/kg N hấp thu)}$$

Trong đó: - Y_N là năng suất của lô bón phân NPK (kg/ha)
- Y_0 là năng suất của lô không bón phân N (kg/ha)
- U_N là tổng lượng N trong sinh khối của lô bón đủ phân NPK (kg/ha)
- U_0 là tổng lượng N trong sinh khối của lô không bón phân N (kg/ha)

Hiệu quả sinh lý của bón đạm là chỉ số thể hiện khả năng của cây lúa trong việc chuyển dưỡng chất đạm từ phân bón vào trong hạt. Chỉ số PE_N thay đổi tuỳ thuộc vào giống lúa, điều kiện môi trường và các biện pháp canh tác. Chỉ số PE_N thấp khi cây lúa phát triển kém do: thiếu dưỡng chất, khô hạn, ngộ độc, dịch hại. Hiệu quả sinh lý biến động trong khoảng 40 - 60 kg/kg. Trong điều kiện quản lý canh tác tốt hoặc ở liều lượng bón phân N thấp hay lượng N cung cấp từ đất thấp thì giá trị $PE_N > 50$ kg/kg.

2.3.1.4 Tỷ số năng suất riêng phần

Tỷ số năng suất riêng phần (Partial factor productivity of applied N - PFP_N): là tỷ số giữa năng suất thu hoạch với lượng phân N bón trên cùng đơn vị diện tích.

$$PFP_N = Y_N/F_N = (Y_0/F_N) + AE_N \qquad \text{(kg/kg)}$$

Trong đó: - Y_N là năng suất của lô bón phân NPK (kg/ha)
- Y_0 là năng suất của lô không bón phân N (kg/ha)
- F_N là lượng phân N bón (kg/ha)
- AE_N là Hiệu quả nông học của đạm bón (kg/kg)

Tỷ số năng suất riêng phần là chỉ số là chỉ số quan trọng nhất. Chỉ số này được tổ hợp từ hiệu quả sử dụng đạm cung cấp từ đất và từ phân bón để hình thành năng suất hạt. Chỉ số PE_N tăng khi nguồn cung cấp N từ đất tăng và trị số AE_N cao. Tỷ số năng suất riêng phần biến động trong khoảng 40 - 80 kg/kg. Trong điều kiện quản lý canh tác tốt hoặc hiệu quả sử dụng N từ phân N thấp hay lượng N cung cấp từ đất thấp thì giá trị PFP_N > 60 kg/kg.

2.3.2 Sử dụng chất ức chế hoạt động của men urease

Có nhiều nhà nghiên cứu quan tâm đến việc tìm ra các chất ức chế hoạt động men urease bởi vì phân urê được sử dụng rộng rãi và lượng ammonia bốc thoát còn lớn đã làm cho hiệu quả sử dụng phân đạm còn thấp. Khi bón vào đất lúa, urê bị thủy phân do hoạt động của men urease dẫn đến lượng ammonia bốc thoát cao. Đặc biệt, biện pháp bón phân trên bề mặt ruộng và ở giai đoạn cây lúa còn nhỏ thì có lượng ammonia bốc thoát cao hơn.

Bên cạnh việc sử dụng chất nBTPT các chất ức chế hoạt động của men urease được sử dụng như phenylphosphoro-diamidate (PPD), cyclohexyl-phosphorictriamide (CHPT) và maleic-itaconicdicaborxyl acid. De Datta (1985) thí nghiệm tại IRRI khi bón phân đạm kết hợp với chất PPD giảm lượng ammonia bốc thoát 12 - 22 kgN/ha. Các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm cho thấy chất CHPT có hiệu quả hơn nBTPT trong việc giảm bốc thoát ammonia (Chien *et al.*, 2009). Gần đây một sản phẩm dạng chuỗi polymer là maleic-itaconicdicaborxyl acid với tên thương mại là Nutrisphere cho thấy hiệu quả trong việc làm chậm sự thủy phân và giảm lượng ammonia bốc thoát (Franzen *et al.*, 2011; Chien *et al.*, 2014).

Thí nghiệm của Byrnes *et al.* (1989) dùng ^{15}N đánh dấu và kiểm soát pH thấp thì bón urê-nBTPT có hiệu quả trong việc làm chậm sự thủy phân urê, tăng lượng đạm cây hấp thu hơn gấp đôi và tăng năng suất hạt 38% so với chỉ bón urê. Cũng trong nghiên cứu này lượng thất thoát phân đạm giảm 50% khi chỉ bón urê xuống còn 10% khi bón urê-nBTPT (Byrnes *et al.*, 1989). Freney *et al.* (1994) đề nghị để tăng hiệu quả sử dụng phân urê trên đất lúa nước thì nên trộn chung nBTPT với PPD. Byrnes & Freney (1995) cho biết nBTPT hạn chế hoạt động của men urease để cho urê xuống các lớp đất sâu hơn mặc dù lượng ammonia bốc thoát chỉ giảm đi một ít.

Bón phân urê có hàm lượng ammoniacal-N cao hơn so với bón phân urê-nBTPT cùng liều lượng trong vòng 5 ngày đầu (Phongpan & Byrnes, 1990). Tuy nhiên, hàm lượng ammoniacal-N khi bón urê thấp hơn so với bón urê-nBTPT vào ngày 6 - 8 sau khi bón phân. Tuy nhiên, các dữ liệu nghiên cứu ngoài đồng của Byrnes & Freney (1995) cho thấy nBTPT không hoàn toàn làm

giảm lượng thất thoát ammonia trên mặt ruộng có thể do nhiều yếu tố khác tác động như các tính chất lý hóa đất và các điều kiện môi trường.

Bảng 2.1: Hiệu quả của phân đạm Agrotain trên hiệu quả nông học và năng suất lúa ở ĐBSCL

Vụ mùa	**Loại phân đạm**	**Lượng bón** (kgN/ha)	**Hiệu quả nông học** (kg hạt/ kg N bón)	**Năng suất** (tấn/ha)
	Viện Nghiên cứu Phát triển ĐBSCL, TP Cần Thơ			
Đông xuân	Urê	75	20,1	6,18
	Urê+Agrotain	75	24,1	6,48
	Chênh lệch	-	+19,9%	+4,9%
	Long Phú, Sóc Trăng			
Hè thu	Urê	80	19	4,51
	Urê+Agrotain	80	34	4,80
	Chênh lệch	-	+26,0%	+6,4%
Đông xuân	Urê	100	21,3	4,71
	Urê+Agrotain	100	25,4	5,02
	Chênh lệch	-	+19,2%	+7,6%

Nguồn: Chu Văn Hách & Lê Văn Bảnh (2007)

Bón phân urê-nBTPT trên lúa ở ĐBSCL tăng hiệu quả sử dụng đạm đáng kể và cho năng suất cao hơn so với bón phân urê (Chu Văn Hách & Lê Văn Bảnh, 2007). Trung bình hiệu quả nông học tăng 19,2 - 26% và năng suất tăng không đáng kể 4,9 -7,6% (Bảng 2.1).

2.3.3 Bón vùi sâu phân viên nén hỗn hợp

Cùng với phân đạm viên nén, các dạng phân viên nén hỗn hợp như: phân NP viên nén, phân NK viên nén, phân NPK viên nén đang được sử dụng để bón cho lúa (Singh *et al.*, 2010). Ưu điểm nổi bậc của phân viên nén là chỉ bón duy nhất một lần trong cả vụ nên giảm bớt công lao động và phù hợp với xu thế canh tác hiện nay. Nghiên cứu của Kapoor *et al.* (2008) cho thấy bón vùi sâu phân NPK viên nén tăng năng suất và lượng N hấp thu cao hơn so bón vãi viên siêu urê (USG) với DAP và KCl (Bảng 2.2). Bón vùi phân NPK viên nén cho lúa ở Bangladesh tăng năng suất 4 - 36%, giảm lượng đạm bón 34 - 38% so với bón vãi (USAID, 2013).

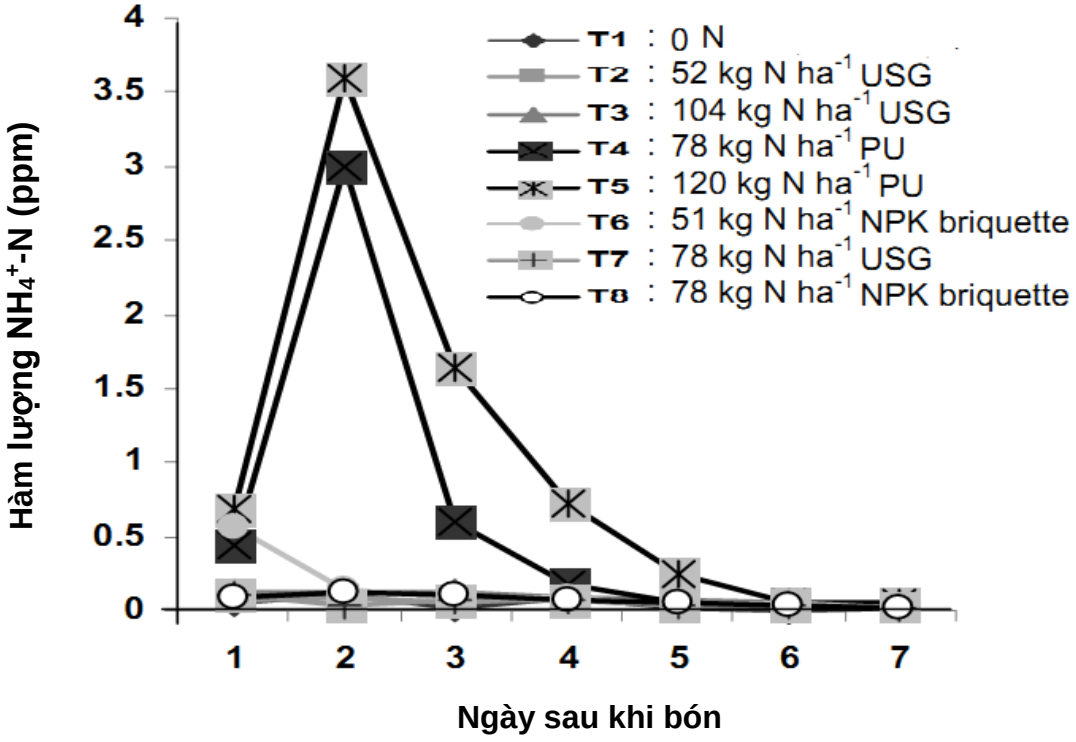
Kết quả thí nghiệm của Naznin *et al.* (2014) cho thấy hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng của các nghiệm thức bón urê cao hơn nhiều so với bón viên siêu urê hay NPK viên nén. Đặc biệt là vào ngày thứ hai sau khi bón hai nghiệm thức bón urê có lượng NH_4^+-N cao nhất. Đến ngày thứ sáu thì hàm lượng NH_4^+-N của tất cả các nghiệm thức đều bằng nhau. Các nghiệm thức bón vùi viên siêu urê hay bón vùi NPK viên nén có hàm lượng NH_4^+-N trong nước rất thấp.

Bảng 2.2: Ảnh hưởng của bón vãi và bón vùi NPK viên nén đến năng suất, tổng lượng N hấp thu, hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi đạm

Lượng phân bón (kg/ha)	**Phương pháp bón**	**Năng suất** (tấn/ha)	**Tổng lượng đạm hấp thu** (kg/ha)	**Hiệu quả nông học** (kg hạt/kg N bón)	**Hiệu quả thu hồi đạm** (%)
53-14-25	Bón vãi	3,88 a	77,4 a	20,6	45,5
53-14-25	Bón vùi	4,09 ab	85,9 ab	24,6	61,5
78-14-25	Bón vãi	4,39 bc	84,9 ab	20,5	40,5
78-14-25	Bón vùi	5,14 d	115,6 c	30,1	79,9
78-28-25	Bón vãi	4,87 cd	90,7 b	26,6	47,9
78-28-25	Bón vùi	5,62 ef	129,6 d	36,3	97,8
120-28-25	Bón vãi	5,53 de	121,3 cd	22,8	56,6
120-28-25	Bón vùi	6,07 f	144,1 e	27,3	75,6

Nguồn: Kapoor *et al.* (2008)

Bón vùi phân NPK cho năng suất và hiệu quả sử dụng đạm cao hơn so với bón vãi phân urê. Nghiên cứu của Islam *et al.* (2011) khi bón vùi NPK viên nén cho năng suất và hiệu quả sử dụng đạm cao hơn so với bón vùi viên siêu urê và bón vãi phân urê. Tương tự, kết quả nghiên cứu của Naznin *et al.* (2014) khi bón vùi NPK viên nén và bón vùi viên siêu urê có hiệu quả sử dụng đạm cao hơn so với bón vãi phân urê. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm của Adviento-Borbe & Linquist (2016) đối với bón vãi và bón vùi qua 3 vụ lúa tại Hoa Kỳ cho thấy năng suất và hiệu quả nông học tương đương nhau giữa hai biện pháp bón phân.



Hình 2.9: Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng

Ghi chú: PU: urê hạt, USG: viên siêu urê và NPK briquette: NPK viên nén

Nguồn: Naznin *et al.* (2014)

Các thí nghiệm cho thấy hiệu quả sử dụng phân viên nén trên tăng năng suất, tiết kiệm được một lượng phân bón từ 30 - 40% so với phương pháp bón vãi (CODESPA, 2012). Kết quả thí nghiệm của Nguyễn Thị Lan & Đỗ Thị Hường (2009) cho thấy năng suất khi bón 90 kg N/ha đạt cao nhất vụ xuân tại Thái Bình đạt 56,2 tạ/ha và trung bình vụ mùa tại Hưng Yên đạt 62,1 tạ/ha) và hiệu suất bón N viên nén đạt cao nhất ở mức 60 kg N/ha trong vụ xuân tại Thái Bình là 15,7 kg hạt/1 kg N và vụ mùa tại Hưng Yên là 15,4 kg hạt/1 kg N.

2.3.4 Sử dụng phân IBDU

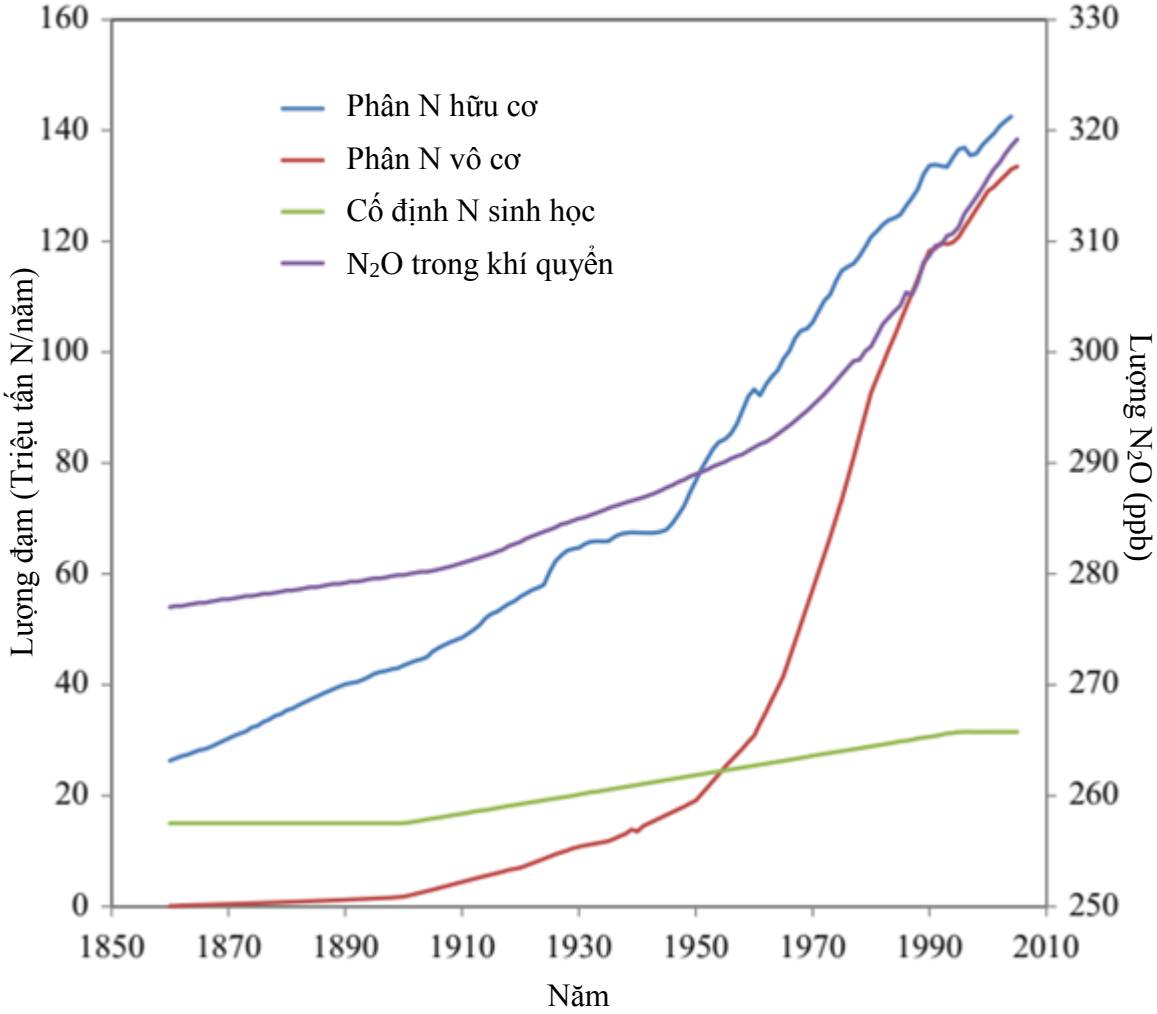
Cơ chế phóng thích N của phân IBDU là do hòa tan và sự phân hủy cấu trúc viên phân. Do đó, phân IBDU có tỷ lệ đạm chậm tan lớn hơn và ít bị tác động của các vi sinh vật đất (Shaviv, 2001). Thí nghiệm của Hamamoto (1966) ở Nhật Bản cho thấy bón một lần IBDU cho năng suất tăng thêm 20 - 25% so với bón phân SA. Thí nghiệm khi bón phân IBDU ở Ấn Độ và Philippines cũng đã mang lại các kết quả tương tự (Prasad & De Datta, 1979). Wells & Shockley (1975) nghiên cứu trên hai loại đất trồng lúa: đất thịt và đất sét ở Hoa Kỳ cho kết quả cho năng suất như nhau giữa bón phân IBDU và bón phân urê, nghiên cứu này cũng cho rằng phân IBDU là nguồn cung cấp N thích hợp trong canh tác lúa nước. Khi bón vùi IBDU ở độ sâu 10 - 12 cm có lượng bốc hơi ammonia rất thấp (dưới 1% lượng N bón) (Mikkelsen *et al.*, 1978; De Datta, 1981). Kết quả thí nghiệm của Carreres *et al.* (2003) cho thấy bón phân IBDU trước khi cho ngập nước cải thiện N_2 cố định sinh học so với sử dụng phân urê và có năng suất cao hơn (8,95 so với 8,19 tấn/ha) tuy nhiên tổng lượng đạm hấp thu và hiệu quả nông học không khác nhau.

Có nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả của việc bón phân chậm tan đối với việc giảm lượng N_2O phát thải trên đất lúa nhưng chưa thống nhất. Minami (1992) cho rằng bón phân chậm tan có hiệu quả đối với việc giảm lượng N_2O phát thải trên đất lúa có địa hình cao. Kết quả nghiên cứu của Li *et al.* (2004) cho thấy bón phân chậm tan trên đất lúa có lượng N_2O phát thải chỉ bằng 13 - 21% so với urê. Ngược lại, Yan *et al.* (2000) cho rằng phân chậm tan chưa chứng tỏ được hiệu quả trong việc giảm lượng N_2O phát thải trên đất lúa ở điều kiện đồng ruộng. Việc sử dụng phân chậm tan chưa cho thấy hiệu quả giảm lượng N_2O phát thải được Xing *et al.* (2009) lý giải là do bón vãi phân chậm tan làm cho hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng cao và việc rút nước giữa vụ đã thúc đẩy sự nitrate hóa.

2.4 SỰ PHÁT THẢI N_2O TRONG ĐẤT LÚA NƯỚC

2.4.1 Sự phát thải N_2O

Nông nghiệp là nguồn phát thải N_2O lớn nhất, chiếm đến 80% lượng N_2O phát thải do con người tạo ra. Các quá trình liên quan đến sử dụng và chuyển hóa chất đạm trong nông nghiệp đều gây ra sự phát thải N_2O như bón phân đạm, khoáng hóa chất hữa cơ có chứa đạm và cố định đạm sinh học. Bón phân đạm vô cơ và hữu cơ vào đất đã thúc đẩy tiến trình nitrate hóa và khử nitrate làm tăng sự phát thải trực tiếp N_2O. Quá trình cố định đạm sinh học cung cấp lượng đáng kể chất đạm cho đất, tuy nhiên quá trình này có thể làm gia tăng lượng N_2O phát thải do sự gia tăng lượng N trong đất.



Hình 2.10: Các nguồn cung cấp đạm và lượng N_2O trong khí quyển từ 1850
Nguồn: Ussiri & Lal (2013).

Nhu cầu sử dụng phân đạm trên thế giới hàng năm tăng khoảng 1,7% từ những năm 1980 đến nay và ở mức 109 triệu tấn vào năm 2014 (FAOSTAT 2016). Tốc độ tăng trung bình hàng năm từ nay đến 2020 được dự báo khoảng 1,6% và sau đó đến 2050 tốc độ tăng này khoảng 1,4% và đặc biệt là hiệu quả

sử dụng đạm trong các giai đoạn này không tăng (Mosier *et al*., 2004). Sự gia tăng trong sử dụng phân đạm liên quan đến ô nhiễm môi trường do tăng lượng rửa trôi NO_3^-, bốc thoát NH_3 và phát thải N_2O. Lượng N_2O phát thải trực tiếp do bón phân đạm biến động trong khoảng 0,1 - 5% lượng đạm bón (Mosier *et al*., 2004; Crutzen *et al*., 2016). Lượng N_2O phát thải đã tăng thêm 17% vào năm 2005 so với năm 1990 trong đó lượng N_2O phát thải từ nông nghiệp đóng góp quan trọng và lượng này tiếp tục tăng cho đến năm 2030 với 35 - 60% tổng lượng phát thải khí nhà kính (Smith *et al*., 2008). Lượng phân đạm sử dụng và lượng N_2O trong bầu khí quyển trong lịch sử được trình bày ở Hình 2.10.

Kết quả tổng kiểm kê khí nhà kính của Việt Nam công bố năm 2010 theo quy chuẩn Liên hiệp quốc thì khí N_2O phát thải trong nông nghiệp là cao nhất (chiếm 43,1% tổng lượng khí nhà kính phát thải). Trong đó, đất lúa nước phát thải 1,78 triệu tấn N_2O (CO_2 tương đương), chiếm cao nhất (57,5%) trong tổng lượng khí thải nhà kính trong nông nghiệp (MONRE, 2010).

Ở Việt Nam, các nghiên cứu sự mất đạm trên đất lúa cũng như đo lường sự phát thải khí N_2O khi bón phân đạm chủ yếu ở dạng phân urê. Vấn đề đặt ra là các dạng phân đạm, dạng đạm khác nhau nhất là trong các điều kiện tưới tiết kiệm nước có ảnh hưởng như thế nào đối với sự phát thải khí N_2O vẫn chưa được nghiên cứu nhiều.

2.4.2 Các tính chất của đất ảnh hưởng đến sự hình thành và phát thải N_2O trên đất lúa

Đất là nguồn phát thải N_2O quan trọng. Các tính chất của đất như Eh, pH, nhiệt độ, ẩm độ, sa cấu ảnh hưởng đến sự hình thành và phát thải N_2O trên đất lúa.

2.4.2.1 Thế oxy hóa khử trong đất

Theo kết quả nghiên cứu của Yu (2011) thế oxy hóa khử (Eh) trong môi trường đất lúa ở điều kiện đồng ruộng biến động từ +700 mV trong điều kiện môi trường oxy hóa tối ưu đến -300 mV trong điều kiện môi trường khử mạnh. Sau khi đất bị ngập nước các vi sinh vật sử dụng lần lượt O_2, NO_3^-, Mn(IV), Fe(III), SO_4^{2-} và CO_2 như chất nhận điện tử và làm cho Eh giảm. Đất háo khí có Eh cao và đất yếm khí có Eh thấp. Trong điều kiện đất lúa nước, phụ thuộc vào trạng thái ngập nước hay khô đất, Eh ảnh hưởng mạnh đến sự phát thải N_2O. Thế oxy hóa khử trong đất ảnh hưởng lớn đến sự phát thải khí N_2O. Theo kết quả nghiên cứu của Masscheleyn *et al.* (1993) cho thấy lượng phát thải khí N_2O cao nhất được quan sát trong giai đoạn nitrate hóa là ở giá trị Eh = +400 mV, khi Eh thấp hơn +200 mV khí N_2O cũng hiện diện trong giai đoạn khử nitrate và lượng khí N_2O lớn nhất được đo trong tiến trình khử nitrate là ở 0 mV.

Bảng 2.3: Tổng hợp các tính chất của đất ảnh hưởng đến sự hình thành và phát thải N_2O trên đất lúa

Yếu tố	Ảnh hưởng đến sự hình thành và phát thải N_2O
Eh đất	Sự hình thành N_2O chủ yếu trong điều kiện môi trường có Eh +200 mV đến +400 mV, ở mức Eh thấp hơn +180 mV chỉ có một lượng nhỏ N_2O hình thành do N_2O bị khử thành N_2.
pH đất	Lượng N_2O phát thải cao ở pH = 8,5, giảm mạnh khi pH < 6,5 và hầu như không đáng kể khí pH < 3,5.
Nhiệt độ đất	Tăng lượng N_2O phát thải khi nhiệt độ tăng trong khoảng 5 - 40 ^oC.
Sa cấu đất	Đất có sa cấu nặng có lượng N_2O phát thải tăng.
Chế độ nước:	
- Đất ngập nước	Thúc đẩy sự khử nitrate nhưng N_2O có thể chuyển thành N_2, làm giảm phát thải N_2O.
- Rút nước giữa vụ	Thúc đẩy sự hình thành và phát thải N_2O do sự nitrate hóa NH_4^+ trong quá trình khô đất. Chu kỳ thoáng khí - yếm khí kích thích sự nitrate hóa và sự khử nitrate làm tăng sự phát thải N_2O. Lượng phát thải cao có các đỉnh khi các tế khổng trong đất chứa 30 - 60% lượng nước.
Đạm trong đất	NH_4^+ tăng lượng N_2O phát thải do sự nitrate hóa còn NO_3^- tăng lượng N_2O phát thải qua sự khử nitrate.
Cây lúa	Tăng sự hình thành N_2O do quá trình khử nitrate và tăng sự phát thải N_2O do hình thành hệ thống ống dẫn khi có trồng lúa.
Địa hình	Đất thấp có lượng N_2O phát thải cao hơn đất ở địa hình cao.

Nguồn: Majumdar (2013).

Đất háo khí (Eh cao) hay đất yếm khí (Eh thấp) trong điều kiện đất lúa nước còn phụ thuộc vào các hoạt động tưới nước hay để khô đất làm ảnh hưởng đến sự phát thải N_2O. Sự hình thành N_2O chủ yếu trong điều kiện môi trường có Eh +200 mV đến +400 mV, ở mức Eh thấp hơn +180 mV chỉ có một lượng nhỏ N_2O hình thành do N_2O bị khử thành N_2 (Yu, 2011). Tuy nhiên, khi Eh trong khoảng +180 mV đến -150 mV thì lượng N_2O và CH_4 hình thành thấp nhất để tối thiểu hóa lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính (Johnson-Beebout *et al.*, 2009).

2.4.2.2 pH đất

pH đất ảnh hưởng lớn đến sự hình thành N_2O do kiểm soát quá trình nitrate hóa và khử nitrate trong đất (Cameron *et al.*, 2013). Sự chua hóa đất do bón thừa phân đạm đã làm gia tăng lượng N_2O phát thải (Thomson *et al.*, 2012). Sự phát thải N_2O trong đất có thể cao hơn ở đất có pH thấp nếu có đủ lượng nitrate cung cấp và hoạt động của các men khử (reductase). Ở mức pH 5,5 - 6,0 thì tối hảo

đối với sự hình thành N_2O, pH cao hơn thì sự khử nitrate mạnh hơn và sản phẩm cuối cùng là N_2 (Dalal *et al.*, 2003). Tuy vậy, lượng N_2O phát thải trong đất lúa có xu hướng gia tăng khi pH tăng ở đất chua.

2.4.2.3 Sa cấu đất

Đất có sa cấu mịn giữ nước tốt hơn so với đất có sa cấu thô do có hệ thống ống mao dẫn tốt hơn. Do đó, đất có sa cấu mịn thường giữ N_2O nhiều hơn và lâu hơn so với đất có sa cấu thô. Nghiên cứu của Goossens *et al.*, (2001) cho thấy đất có sa cấu thịt mịn (silt loam) có lượng N_2O phát thải ở mức 2550 ± 310 gN_2O/ha, cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với đất lượng phát thải ở đất có sa cấu cát (sandy) chỉ ở mức 31700 ± 4530 gN_2O/ha. Tương tự, Dalal *et al.*, 2003 báo cáo rằng lượng N_2O phát thải ở đất có sa cấu mịn là 3,2 - 19,6% lượng N bón, trong khi ở đất có sa cấu thô lượng này chỉ ở mức dưới 1% lượng N bón.

2.4.2.4 Ẩm độ và nhiệt độ đất

Ẩm độ và nhiệt độ đất tác động đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong đất và sự nitrate hóa - khử nitrate. Ẩm độ đất thay đổi ảnh hưởng đến trạng thái thoáng khí trong đất tác động đến tốc độ khử nitrate. Đặc biệt khi ẩm độ đất cao hơn mức thủy dung ngoài đồng sẽ làm gia tăng tiềm năng khử nitrate. Do đó, khi mưa nhiều hay lượng nước tưới cao làm tăng sự khử nitrate dẫn đến sự phát thải N_2O trong tất cả các loại đất (Cameron *et al.*, 2013).

Hoạt động của vi sinh vật mạnh khi các tế khổng trong đất chứa 30% - 60% ẩm độ bão hòa lượng nước và sự phát triển của vi sinh vật cũng nhiều nhất cũng ở ẩm độ thể tích này (Lan *et al.*, 2014). Sự khuếch tán oxy phụ thuộc vào lượng nước trong đất đã ảnh hưởng đến sự nitrate hóa và khử nitrate (Dalal *et al.*, 2003).

2.4.3 Ảnh hưởng của dạng phân bón và kỹ thuật bón phân đến sự phát thải N_2O trong canh tác lúa

Sử dụng phân bón đã góp phần là gia tăng đáng kể lượng N_2O phát thải từ đất (Denman *et al.*, 2007). Sự phát thải N_2O tăng do các tác động trực tiếp và gián tiếp từ việc bón phân đạm. Quá trình nitrate hóa và khử nitrate từ phân đạm tác động trực tiếp đến sự phát thải N_2O. Hàm lượng NH_4^+ tăng sau mỗi đợt bón phân đã thúc đẩy sự nitrate hóa tiếp sau đó là sự khử nitrate và sản phẩm trung gian được hình thành là N_2O (Bronson *et al,*. 1997; Chen *et al.*, 1997; Kreye *et al.*, 2007; Sander *et al.*, 2014). Trong khi đó, lượng phân đạm mất đi do bốc thoát NH_3 và rửa trôi NO_3^- sẽ ảnh có ảnh hưởng gián tiếp đến sự phát thải N_2O.

Phân đạm vô cơ là nguồn gây phát thải N_2O trực tiếp sau các đợt bón phân. Lượng N_2O phát thải bị ảnh hưởng mạnh bởi các điều kiện về đất đai hơn là dạng phân và liều lượng phân bón (Bouwman, 1998; Ussiri & Lal, 2013).

Bảng 2.4: Dạng phân đạm và kỹ thuật bón phân tác động đến sự hình thành và phát thải N_2O trên đất lúa

Yếu tố	Tác động đến sự hình thành và phát thải N_2O	Nguồn
Loại phân đạm		
Urê	Tăng lượng phát thải	Ghosh *et al.* (2003)
Ammonium sulfate	Tăng lượng phát thải, đôi khi cao hơn urê	Kumar *et al.* (2000)
Potassium nitrate	Tăng lượng phát thải, cao hơn urê và SA	Ghosh *et al.* (2003)
Urê viên	Có lượng phát thải cao hơn urê hạt	Suratno *et al.* (1998)
Urê + phân xanh	Tăng lượng phát thải ở mùa khô và giảm lượng phát thải vào mùa mưa	
Urê + phân chuồng	Giảm lượng phát thải	Pathak *et al.* (2002)
Sử dụng phân đạm có chất ức chế sự nitrate hóa		
Dicyadiamide	Giảm lượng phát thải	Majumdar (2003)
Hydroquinone	Giảm lượng phát thải	Xu *et al.* (2000)
Nitrapyrin	Tăng lượng phát thải	Mosier *et al.* (2004)
Thiosulfate	Giảm lượng phát thải	Kumar *et al.* (2000)
Sử dụng phân đạm chậm tan		
Urê bọc neem (NCU)	Giảm lượng phát thải	Majumdar (2003)
Urê bọc calcium (ECC)	Giảm lượng phát thải	Majumdar (2003)
Urê bọc polyolefin (MEISTER)	Giảm lượng phát thải	Yan *et al.* (2000)
Urê bọc polyon	Giảm lượng phát thải	Abao Jr *et al.* (2000)
Bón vùi phân đạm		
Bón vãi	Có lượng phát thải cao với cày vùi và bón vùi	Keerthisinghe *et al.* (1995)
Cày vùi	Giảm lượng phát thải so với bón vãi	-nt-
Bón vùi	Giảm lượng phát thải so với bón vãi	-nt-

Bên cạnh các yếu tố ảnh hưởng đến hình thành và phát thải N_2O thì liều lượng bón phân đạm là chỉ báo tốt nhất lượng N_2O phát thải trong trồng trọt. Việc áp dụng đúng liều lượng, đúng các biện pháp bón phân và đúng các loại phân bón sẽ làm tăng hiệu quả sử dụng đạm giảm lượng khí N_2O phát thải. Các nghiên cứu cho thấy có 0,25 - 2,25% lượng đạm bón chuyển thành N_2O. Lượng N_2O phát thải trong năm (E) khi bón phân đạm với liều lượng (F) được tính bằng biểu thức Bouwman (1996):

$$E = 1 + 0{,}0125.F$$

Trong đó: E: Lượng N_2O phát thải trong năm ($kgN_2O.ha^{-1}.y^{-1}$)
F: Lượng phân đạm bón ($kgN.ha^{-1}.y^{-1}$)

Bón phân đạm với lượng bón 80 kgN/ha có lượng N_2O phát thải khi sử dụng phân ammonium sulfate là 0,1% còn khi sử dụng phân urê là 0,02% lượng

đạm bón (Dalal *et al.*, 2003). Lượng N_2O phát thải từ đất lúa từ nhiều đến ít theo thứ tự sau: anhydrous ammonia > ammonium > calcium nitrate > ammonium nitrate > urê (Xing *et al.*, 2009).

Kết quả công bố của Nguyễn Văn Bộ *và ctv* (2016) về lượng N_2O phát thải trên ruộng lúa tại tỉnh Nam Định trong vụ mùa 2014 và vụ xuân 2015 cho thấy bón urê-nBTPT có tổng lượng phát thải trong suốt vụ (0,44 - 0,76 kgN_2O/ha) thấp hơn so với bón urê (0,62 - 0,93 kgN_2O/ha), giảm được 6,2 - 42,7% .

2.5 SỰ BỐC THOÁT NH_3 TRONG ĐẤT LÚA NƯỚC

Khi bón đạm cho lúa ngoài lượng do cây lúa hấp thu thì cũng có một lượng khí thải đưa vào không khí. Lượng đạm bón cho lúa sử dụng không hiệu quả sẽ bị mất chủ yếu qua bốc hơi ammonia. Khí NH_3 làm ô nhiễm môi trường không khí và gián tiếp gây ra hiệu ứng nhà kính. Phương pháp bón phân được nông dân áp dụng phổ biến nhất là bón vãi. Tuy nhiên, bón vãi có lượng ammonia bốc thoát cao hơn cày vùi và bón vùi sâu phân bón trong cùng điều kiện nghiên cứu (Panda *et al.*, 1989; Freney *et al.*, 1990).

Ở Việt Nam, có ít các nghiên cứu sự mất đạm trên đất lúa cũng như đo lường sự bốc hơi NH_3 khi bón phân đạm. Theo nghiên cứu của Watanabe *et al.* (2009) tại ĐBSCL có khoảng 1,7% - 14,6% lượng phân urê bón cho lúa bị mất do bốc hơi NH_3. Kỹ thuật bón thấm urê làm giảm lượng NH_3 bốc thoát qua 3 đợt bón phân urê so với bón urê theo phương pháp truyền thống trong khi bón Copper-Zinc không có hiệu quả trong việc cải thiện lượng ammonia bốc thoát (Ngô Ngọc Hưng, 2009a).

2.5.1 Cơ chế bốc thoát NH_3

Phân đạm thuộc nhóm ammoni rất dễ tan, đặc biệt là urê. Khi bón vào đất do tác động của men urease, urê sẽ được thủy phân thành ammonium (NH_4^+) trong nước ruộng. Bốc hơi là cơ chế chính của sự mất đạm dạng ammonia. Sự bốc hơi ammonia là một tiến trình chuyển từ ion ammonium (NH_4^+) ở pha lỏng (dung dịch đất, nước mặt, nước trong tế khổng) phân ly thành NH_3 và H^+ và khí NH_3 ở pha lỏng này khuếch tán vào pha khí thông qua sự tương tác giữa hai pha này (Hình 2.11).

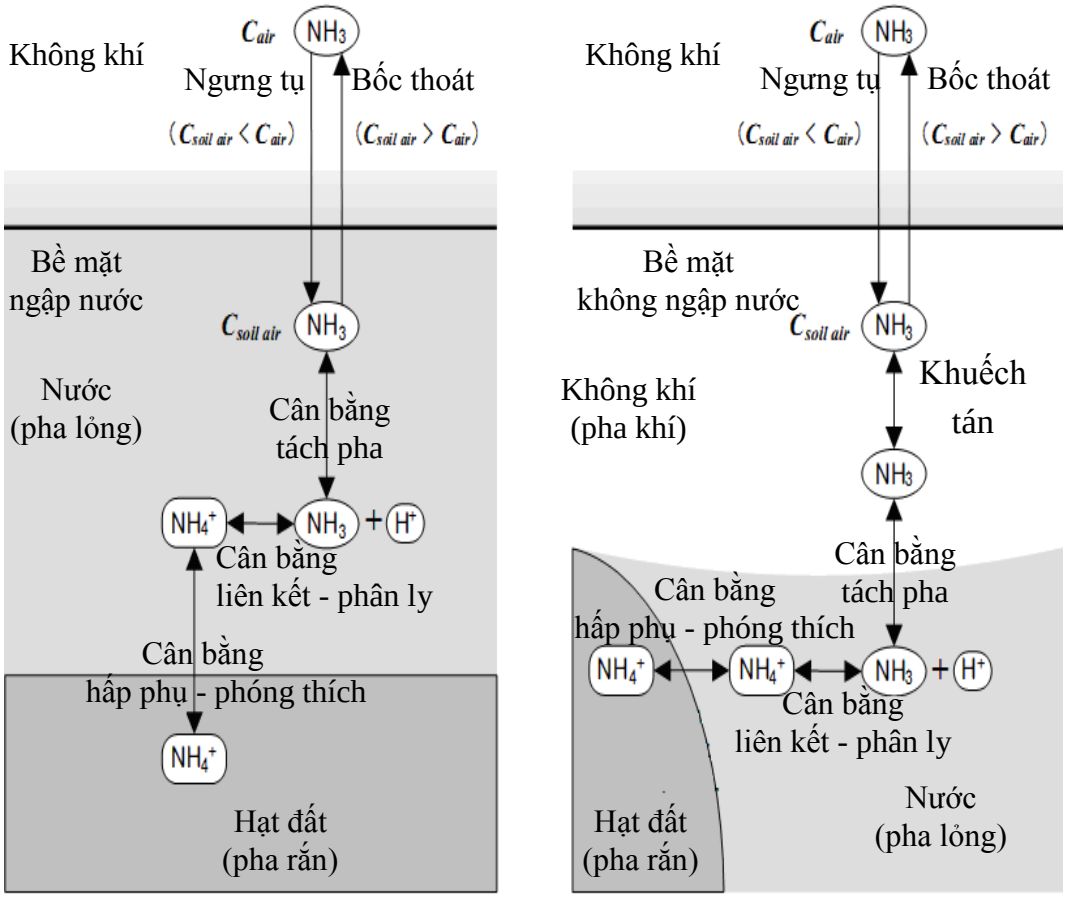
Phản ứng hóa học của tiến trình bốc thoát ammonia được (Jayaweera & Mikkelsen (1990) viết như sau:

$$NH_4^+ \underset{K_a}{\overset{K_d}{\leftrightarrow}} H^+ + NH_{3(aq)} \overset{K_v}{\rightarrow} NH_{3(air)}$$

Lượng ammonia bốc thoát được tính từ lượng NH_4^+ và H^+ bằng công thức:

$$\frac{d[NH_4]}{dt} = K_a\left\{\frac{K_d[NH_x - NH_{3(aq)}]}{K_a[H]+K_v}\right\}[H] - K_d[NH_x - NH_{3(aq)}]$$

Trong đó: - K_d: Hệ số tốc độ phân ly NH_4^+/NH_3
- K_a: Hệ số tốc độ liên kết NH_4^+/NH_3
- K_v: Hệ số tốc độ bốc hơi NH_3
- NH_x: Ammoniacal-N



Hình 2.11: Sơ đồ tổng quan sự bốc thoát ammonia từ lớp nước mặt và lớp đất mặt

Ghi chú: C_{air}: Nồng độ NH_3 trong không khí. $C_{soil\ air}$: Nồng độ NH_3 trong pha khí của đất

Nguồn: Hayashi (2013)

2.5.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến tiến trình bốc thoát NH_3 trên đất lúa

2.5.2.1 pH nước

Theo Vlek & Craswell (1979) thì pH là tính chất hóa học ảnh hưởng quan trọng nhất đến sự bốc thoát ammonia trên ruộng lúa. Sự gia tăng pH làm tăng hàm lượng NH_4^+ hòa tan dẫn đến lượng ammonia hòa tan tăng. Lượng ammonia dạng hòa tan này dễ dàng chuyển sang dạng bay hơi. pH ảnh hưởng chủ yếu lên sự cân bằng của NH_4^+ và NH_3, hàm lượng tương đối của NH_3/NH_4^+ tăng từ 0,1% ở pH 6 lên 1% ở pH 7 rồi đến 10% ở pH 8 và 50% ở pH 9 (Freney *et al.*, 1983).

Lượng ammonia bốc thoát có mối tương quan chặt với hàm lượng NH_3(aq) trong nước ruộng. pH đất có ảnh hưởng lên pH nước mặt, do đó chính pH cũng ảnh hưởng lên quá trình bay hơi ammonia. Theo Vlek & Craswell (1981) thì hàm lượng phần trăm của ammonia hòa tan trong nước tăng lên gấp mười lần khi pH tăng từ 7,5 lên 9,0 sau khi bón phân urê. Ở điều kiện ngoài đồng, tiến trình này thường chậm lại để đất có thể hấp thu ammonia nhiều hơn, do đó giảm sự thất thoát ammonia.

Ferguson *et al.* (1984) cho biết tiềm năng bay hơi ammonia giảm khi khả năng đệm với H^+ tăng. Nếu pH của đất ban đầu là đủ cao (7,75) thúc đẩy sự bay hơi ammonia xảy ra, sau đó khả năng đệm của đất chống lại sự suy giảm độ pH (do $CaCO_3$) làm cho ammonia bay hơi trong một khoảng thời gian dài hơn. Ngược lại, ion H^+ do sự hình thành ammonia và từ sự nitrate hóa sẽ làm giảm độ pH của đất và giảm khả năng bay hơi ammonia. Khả năng đệm chống lại sự gia tăng pH là cơ chế quan trọng trong đất không chứa vôi, trong khi khả năng đệm chống lại sự suy giảm độ pH là cơ chế quan trọng nhất trong đất có chứa vôi.

2.5.2.2 Sự phát triển của tảo trên nước ruộng

Tảo cũng là tác nhân chính gây thất thoát ammonia trên ruộng lúa. Các hoạt động của tảo làm thay đổi lớn đến pH nước ruộng lúa. Sau khi bón phân urê, quá trình quang hợp của tảo sẽ tiêu thụ lượng CO_2 trong nước ruộng làm pH tăng kéo theo sự thủy phân urê tăng. Trước khi sạ thì sự hiện diện của tảo rất thấp, mật độ tảo phát triển nhiều ở 13 ngày sau khi sạ và sau các đợt bón phân (Ngô Ngọc Hưng, 2004). Khi chưa bón phân pH nước ruộng chỉ ở mức giá trị khoảng 7 và sau khi bón phân 2 - 3 ngày pH đạt cao nhất (pH > 9) đồng thời xảy ra với sự phát triển mạnh của tảo trong nước ruộng. Trong các loài phiêu sinh thực vật thì tảo khuê và tảo lam xuất hiện trong nước và chiếm ưu thế trong ruộng lúa phù sa không phèn ở Châu Thành - Cần Thơ (Ngô Ngọc Hưng, 2004). Trong điều kiện đất phèn (pH < 4), pH nước ruộng thấp hoạt động của vi sinh vật đất bị hạn chế ít tạo ra men urease do đó sự thủy phân bị chậm lại có thể làm giảm sự bốc thoát NH_3.

2.5.2.3 Tốc độ gió và sự sinh trưởng của cây lúa

Tốc độ gió trên ruộng lúa ảnh hưởng đến lượng ammonia bốc thoát thông qua áp suất không khí gần bề mặt đất. Lượng ammonia bốc thoát tăng khi tốc độ gió tăng.

Trong thí nghiệm đồng ruộng, Fillery *et al.* (1984) cho thấy lượng mất ammonia tăng tuyến tính với tốc độ gió và lượng ammonia trong nước mặt của

một ruộng lúa. Lưu lượng không khí trong buồng kính (chamber) ảnh hưởng lớn đến lượng ammonia bay hơi (Hayashi *et al.*, 2008).

Cây lúa làm giảm lượng ammonia bốc thoát khi không có trồng lúa. Bón urê ở giai đoạn chồi có lượng ammonia là 26% (biến động trong khoảng 0 - 56%) trong khi ở giai đoạn làm đồng thì lượng này thấp hơn 7% (1 - 15%). Kết quả thí nghiệm của Hayashi *et al.* (2008) khi bón lượng 90 kgN/ha thì lượng ammonia bốc thoát trên lượng N bón khi không trồng lúa là 80% cao hơn rất nhiều so với khi có trồng lúa là 8,2%. Nếu chia làm 4 lần bón thì lượng ammonia bốc thoát trên đất lúa cao nhất là ở giai đoạn sau khi bón lần 1 và giảm dần ở các lần bón tiếp theo (Cao *et al.*, 2013). Điều này có thể lý giải là do sự che phủ của cây lúa làm giảm là giảm tốc độ gió tại bề mặt ruộng và giảm sự phát triển của tảo.

2.5.2.4 Độ sâu mực nước và nhiệt độ nước ruộng

Độ sâu mực nước ảnh hưởng đến sự pha loãng, khi nước sâu hơn làm cho bốc thoát NH_3 yếu hơn (Jayaweera & Mikkelsen, 1990). Điều này có thể do sự pha loãng nồng độ NH_x-N trong nước ruộng đã ảnh hưởng đến tốc độ bốc hơi NH_3. Do vậy mực nước ruộng nông làm tăng sự bay hơi, trong khi mực nước sâu lại giảm sự bay hơi do sự ổn định nhiệt. Tuy nhiên, Hayashi *et al.*, (2008) cho biết độ sâu mực nước ruộng trong khoảng 0 - 2 cm không làm thay đổi sự bốc thoát NH_3. Thí nghiệm của De Datta (1987) khi bón phân urê ở ruộng có mực nước 2,5 cm có lượng NH_3 bốc thoát gần bằng với ruộng có mực nước 5 cm trong vòng 15 ngày sau khi thu mẫu. Thí nghiệm của Ngô Ngọc Hưng (2009a) tại Nông trại Thực nghiệm - Trường Đại học Cần Thơ với kỹ thuật bón thấm urê (rút nước để ẩm độ đất khoảng 65%, sau đó bón phân urê và cho nước vào) cho lúa xuân hè 2008 có lượng N mất qua bốc hơi NH_3 là 4,14% so với phương pháp truyền thống là 7,9%. Nghiên cứu của Hayashi *et al.*, (2006) khi chia nhỏ nhiều lần bón phân urê cũng giảm sự mất đạm từ ruộng lúa do NH_3 bay hơi do nồng độ NH_x-N trong nước loãng hơn. Do vậy, bón phân vào thời điểm nước ruộng sâu làm cho nồng độ NH_x-N thấp là cách làm hiệu quả để giảm sự bốc thoát NH_3.

Nhiệt độ trên ruộng lúa ảnh hưởng đến lượng bốc hơi NH_3 thông qua áp suất không khí gần bề mặt đất. Lượng bốc hơi NH_3 tăng khi nhiệt độ tăng. Nhiệt độ tăng làm tăng sự thủy phân urê và cũng làm tăng tỷ lệ NH_3/NH_4^+ trong nước làm cho sự khuếch tán lượng NH_3 từ trong nước vào không khí lớn hơn. Ở 10 ^oC urê đã phân giải hoàn toàn trong vòng 7 - 10 ngày, ở 20 ^oC là 4 - 5 ngày và ở 30 ^oC là 2 - 3 ngày. Ở 26 ^oC 90% lượng urê bón vào ruộng bị thủy phân trong vòng 2 ngày. Theo Ngô Ngọc Hưng (2009b) thì nhiệt độ một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến sự thất thoát đạm do NH_3 tăng bốc hơi khi nhiệt

độ tăng. Nhiệt độ tăng làm tăng sự thủy phân urê và cũng làm tăng mối tương quan của NH_3 và NH_4^+ trong nước làm cho sự khuếch tán lượng NH_3 hòa tan từ trong nước vào không khí lớn hơn và ngược lại.

2.5.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến sự bốc thoát NH_3

Buresh (1987) cho biết lượng ammonia bốc thoát khi bón vãi urê là 18% và CAN (Calcium ammonium nitrate) là 7% lượng đạm bón. Các phân sinh lý chua như SA (Ammonium sulphate) thì lượng ammonia bốc thoát không đáng kể, mặc dù urê và DAP (Diammonium phosphate) cũng được xem là loại phân bón gây chua nhưng những phản ứng đầu tiên của chúng trong đất mang tính kiềm làm tăng lượng ammonia bốc thoát (Harrison & Webb, 2001; Saggar *et al.*, 2004). Vitosh *et al.* (1995) cho rằng trong các dạng phân ammonium khi được bón trên mặt thì lượng ammonia bốc thoát của NH_4NO_3 thấp hơn so với SA, DAP, MAP. Tài liệu của FAO & IFA (2001) cho biết lượng ammonia bốc thoát trên đất ngập nước khi bón vãi phân ammonium bicarbonate và ammonium sulphate lên đến 40% lượng đạm bón. Cũng trong tài liệu này lượng ammonia bốc thoát trên đất lúa nước khi bón vãi urê trung bình là 26% (biến động trong khoảng 0 - 56%) và bón vùi urê là 21% (0 - 43%) còn khi dùng kỹ thuật đánh dấu ^{15}N thì lượng bốc thoát tương ứng là 28% (5 - 60%) và 10% (0 - 16%) (FAO & IFA, 2001). Jones *et al.* (2007) cho biết khi bón dạng phân NH_4NO_3, SA, urê và urê-NH_4NO_3 thì lượng bốc thoát ammonia lần lượt là 3 - 5%, 10 - 14%, 11 - 31% và 9 - 37%. Bón phân urê-nBTPT có hiệu quả trong việc tăng năng suất lúa và giảm lượng ammonia bốc thoát trên đất lúa (Phongpan *et al.*, 1995). Tuy nhiên, Byrnes & Freney (1995) cho biết bón phân urê-nBTPT chỉ giảm đi một ít lượng ammonia bốc thoát mặc dù nBTPT có hạn chế hoạt động của men urease để cho urê đi xuống các lớp đất sâu hơn. Rawluk *et al.* (2001) thí nghiệm khi bón phân đạm dạng viên có trộn nBTPT trên loại đất Orthic Black Chernozemic ở Canada giảm lượng ammonia bốc thoát 28% - 88%.

Bón vùi phân đạm trên ruộng lúa ở độ sâu 10 - 12 cm làm giảm lượng ammonia bốc thoát xuống mức dưới 1% lượng bón so với bón vãi lượng này lên đến 20% (Mikkelsen *et al.*, 1978). Ưu thế của loại phân NPK viên nén là chỉ vùi một lần duy nhất mà có được lượng dưỡng chất cho cả vụ và việc bón vùi loại phân này chưa áp dụng ở điều kiện của vùng ĐBSCL. Các nghiên cứu về thất thoát đạm do bốc thoát ammonia tập trung nhiều ở phân đạm viên nén (USG) chưa có các nghiên cứu đối với dạng phân NPK viên nén.

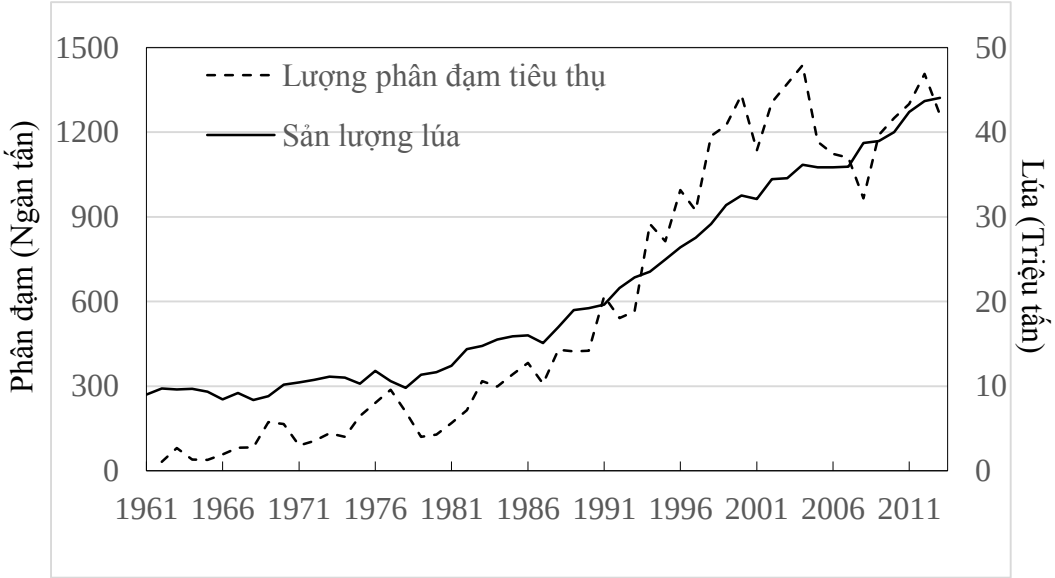
Bón vùi một lần phân IBDU ở độ sâu 5 - 7 cm làm tăng hấp thu đạm trên lúa (Humphreys *et al.*, 1987). Bón vãi hay cày vùi IBDU có lượng ammonia bốc thoát thấp hơn rất nhiều lần so với bón ammonium sulphate, đặt biệt khi bón vùi

ở độ sâu 10 - 12 cm lượng bốc thoát này ít hơn 1% tổng lượng đạm bón (Mikkelsen *et al.*, 1978; De Datta, 1981). Các dạng phân IBDU gần đây được các nhà sản xuất cho thêm hàm lượng lân và kali dạng chậm tan (Trenkel, 2010). Sự thất thoát đạm dạng ammonia của loại phân NPK IBDU chưa được nghiên cứu đặc biệt là trong điều kiện đất lúa nước tại Việt Nam.

2.6 NĂNG SUẤT, HIỆU QUẢ SỬ DỤNG PHÂN ĐẠM VÀ HIỆU QUẢ KINH TẾ TRONG CANH TÁC LÚA

2.6.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa

Từ hơn 30 năm qua sản xuất lúa ở Việt Nam không ngừng tăng về năng suất và sản lượng nhờ áp dụng các tiến bộ kỹ thuật trong việc sử dụng giống mới, phân bón, thủy lợi và kỹ thuật canh tác lúa. Tính đến năm 2013, Việt Nam có diện tích đất lúa là 4,08 triệu ha với diện tích gieo trồng là 7,83 triệu ha và sản lượng lúa là 45,22 triệu tấn (Tổng cục Thống kê, 2015). Theo ước tính về sử dụng phân đạm bón cho lúa trong năm 2010 là 750 ngàn tấn (Heffer, 2013).



Hình 2.12: Lượng phân đạm tiêu thụ và sản lượng lúa của Việt Nam từ 1961

Nguồn: FAOSTAT (2016) và IFADATA (2016).

Canh tác lúa ở ĐBSCL có vai trò rất quan trọng trong đảm bảo an ninh lương thực và xuất khẩu nông sản của Việt Nam. Sản lượng lúa trong những năm gần đây tăng là do thâm canh lúa bằng cách tăng vụ và gia tăng đầu tư phân bón. Ở ĐBSCL, các khuyến cáo liều lượng đạm bón cho lúa từ 80 - 120 kgN/ha cho mỗi vụ (Chu Văn Hách *và ctv*, 2006; Võ Thị Gương & Trần Bá Linh, 2009; Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, 2012; Phạm Sỹ Tân & Chu Văn Hách, 2013). Kết quả ứng dụng Chương trình Quản lý Canh tác lúa Việt Nam (Rice Crop Manager Vietnam) của IRRI và biện pháp Quản lý dưỡng chất theo vùng

chuyên biệt (Site Specific Nutrient Management - SSNM) để tính toán lượng phân bón cho lúa tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh và xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long cho thấy lượng đạm bón cũng nằm trong khoảng 80 - 100 kgN/ha mỗi vụ.

Một số nghiên cứu về bón phân urê-nBTPT cho lúa mang lại hiệu quả trên năng suất. Kết quả nghiên cứu của Byrnes *et al.* (1989) cho thấy bón phân urê-nBTPT tăng năng suất lúa bình quân lên đến 38% so với bón phân urê. Tuy nhiên, một vài nghiên cứu cho kết quả năng suất lúa không gia tăng khi bón phân urê-nBTPT. Phongpan & Byrnes (1990) báo cáo rằng bón phân urê-nBTPT ít khi dẫn đến gia tăng đáng kể năng suất lúa. Riêng ở ĐBSCL, Chu Văn Hách & Lê Văn Bảnh (2007) nghiên cứu bón phân urê-nBTPT cho lúa có năng suất tăng không đáng kể (4,9% - 7,6%) so với bón phân urê.

Đối với phân NPK viên nén, các kết quả nghiên cứu ở Ấn Độ và Bangladesh cho thấy năng suất tăng 4 - 36% khi bón vùi NPK viên nén so với bón vãi phân bón cùng liều lượng (Choudhury & Kennedy, 2005; Kapoor *et al.*, 2008; USAID, 2013). Các thí nghiệm của Nguyễn Thị Lan & Đỗ Thị Hường (2009) tại Thái Bình cho thấy năng suất lúa đạt cao nhất (5,62 tấn/ha) vào vụ xuân ở liều lượng đạm bón vùi 90 kgN/ha. Các điểm thí nghiệm của CODESPA (2012) cho thấy bón vùi phân viên có năng suất cao hơn so với phương pháp bón vãi 400 kg/ha.

2.6.2 Hiệu quả sử dụng phân đạm trong canh tác lúa

Phân đạm đóng góp rất quan trọng trong việc gia tăng năng suất và cung cấp lương thực cho hơn 1/3 dân số thế giới. Thâm canh trong nông nghiệp đã làm giảm đáng kể lượng đạm hữu cơ và vô cơ trong đất. Ngày nay, để giữ và bổ sung chất đạm cho đất cũng như tăng sản lượng, biện pháp duy nhất là bón phân đạm. Từ khi được sản xuất bằng quy trình Haber-Bosch, phân đạm vô cơ là nguồn cung cấp đạm chính cho cây trồng. Trong hơn 50 năm qua, lượng tiêu thụ phân đạm trên toàn cầu nếu tính vào năm 1961 là 11,6 triệu tấn thì đến năm 2011 lượng này là 107 triệu tấn (IFA, 2012). Mặc dù lượng phân đạm sử dụng hàng năm tăng hơn 9,2 lần nhưng sản lượng lương thực chỉ tăng 2,4 lần so với những năm 1960 (Hirel *et al.*, 2011). Điều này cho thấy hiệu quả sử dụng phân đạm đã giảm nhanh chóng. Do đó, việc bón phân đạm để đạt được hiệu quả tối ưu là hết sức quan trọng. Kant *et al.* (2011) ước tính rằng nếu tăng hiệu quả sử dụng phân đạm lên 1% thì sẽ tiết kiệm được 1,1 tỷ USD hàng năm.

Cassman *et al.* (2002) tổng hợp số liệu nghiên cứu từ các quốc gia Châu Á cho thấy lượng phân đạm nông dân sử dụng là 112 - 117 kg/ha và cây lúa chỉ hấp thu 30 - 40% lượng đạm bón. Theo Choudhury & Kennedy (2005) thì có khoảng 30% đến 65% lượng N bón cho lúa bị mất và có đề xuất các biện pháp

để làm giảm sự mất đạm. Dobermann *et al.* (2000) cho rằng năng suất và hiệu quả sử dụng phân đạm có thể được cải thiện khi 1) tăng lượng phân đạm bón vào vùng rễ lúa, 2) tăng nguồn cung cấp đạm từ khoáng hóa và 3) làm cho rễ lúa khỏe để tăng sự hấp thu đạm. Khi tăng liều lượng phân đạm bón thì các chỉ tiêu của hiệu quả sử dụng phân đạm đều giảm (Bảng 2.5).

Bảng 2.5: Hiệu quả sử dụng đạm của lúa ở các liều lượng bón phân đạm khác nhau

Lượng đạm bón (kg/ha)	**Hiệu quả nông học** (kg hạt/kg N bón)	**Hiệu quả thu hồi đạm** (kgN hấp thu/kg N bón)
30	35	0,49
60	32	0,50
90	22	0,37
120	22	0,38
150	18	0,34
180	16	0,33
210	13	0,32
Trung bình	**23**	**0,39**
R^2	0,93*	0,82*

Ghi chú: Số liệu trung bình của thí nghiệm đồng ruộng trong 3 năm.

Nguồn: Fageria & Baligar (2001)

Tính từ 1980, sản lượng lúa trên thế giới gia tăng cùng với tăng việc sử dụng phân bón. Hiệu quả nông học của lúa trung bình của nhiều quốc gia ở mức 26 kg hạt / kg N bón (Cassman *et al.*, 2003). Hiệu quả thu hồi của bón đạm của lúa trung bình ở các nước Châu Á là 0,31 kg/kg N bón còn nếu được quản lý tốt thì chỉ số này lên đến 0,40 kg/kg N bón.

Bảng 2.6: Hiệu quả sử dụng đạm của cây lúa ở các vùng khác nhau

Khu vực	**Lượng đạm bón** (kg/ha)	**Hiệu quả sử dụng phân đạm** (kg/kg)		
		RE_{15N}	**RE_N**	**AE_N**
Thí nghiệm đối với cây lúa trong chậu				
Thế giới	115	0,44	0,46	22
Thí nghiệm đối với cây lúa ở điều kiện đồng ruộng				
Châu Á	117	-	0,31	12
Tây Phi	106	-	0,36	17

Ghi chú: AE_N: Hiệu quả nông học. RE_{15N}: Hiệu quả thu hồi đạm khi sử dụng ^{15}N.
RE_N: Hiệu quả thu hồi đạm bằng phương pháp xác định hiệu quả thu hồi biểu kiến.

Nguồn: Dobermann (2007)

Hiệu quả thu hồi đạm thường được sử dụng trong kỹ thuật sử dụng ^{15}N đánh dấu. Tuy nhiên, hiệu quả thu hồi đạm khi tính bằng phương pháp xác định hiệu quả thu hồi biểu kiến (Apparent Recovery Efficiency) thường cho kết quả cao hơn kỹ thuật sử dụng ^{15}N đánh dấu (^{15}N Isotope-labeled Fertilizer Method)

có thể do sự bất động ^{15}N trong sinh khối của vi sinh vật (Ladha *et al.*, 2005; Dobermann, 2007). Hiệu quả thu hồi đạm của cây lượng thực (bắp, lúa và lúa mì) khi xác định bằng phương pháp xác định hiệu quả thu hồi biểu kiến là 55% trong khi dùng kỹ thuật sử dụng ^{15}N đánh dấu thì cho kết quả là 44%. Tuy nhiên, riêng với cây lúa thì chỉ số RE_N có sự khác biệt không đáng kể, khi xác định bằng phương pháp xác định hiệu quả thu hồi biểu kiến thì có RE_N là 46% còn khi dùng kỹ thuật sử dụng ^{15}N đánh dấu thì có RE_{15N} là 44% (Bảng 2.6).

Tương tự, Krupnik *et al.* (2004) tổng hợp các kết quả nghiên cứu về hiệu quả thu hồi đạm trung bình trên lúa là 36% trong khi dùng ^{15}N đánh dấu là 32% (Bảng 2.7). Hiệu quả này tăng khi tăng các điều kiện cho cây lúa tiếp xúc với phân đạm và lượng đạm không sử dụng được đất giữ lại sau đó phóng thích lại cho cây.

Bảng 2.7: Hiệu quả thu hồi của bón đạm ở các vùng khác nhau trên thế giới được xác định bằng RE_N và RE_{15N}

Khu vực	**Hiệu quả thu hồi đạm** (%)									
	Xác định bằng RE_N					**Xác định bằng RE_{15N}**				
	Lượng N bón	**Trung bình**	**Lớn nhất**	**Nhỏ nhất**	**n**	**Lượng N bón**	**Trung bình**	**Lớn nhất**	**Nhỏ nhất**	**n**
Bắc Mỹ	-	-	-	-	-	39	28	52	14	12
Châu Á	213	39	93	7	213	121	32	96	5	196
Châu Âu	115	41	54	32	3	68	32	73	7	32
Châu Phi	124	24	41	10	47	-	-	-	-	-
Châu Úc	175	32	36	29	6	120	25	38	15	5
Nam Mỹ	120	39	50	32	9	-	-	-	-	-
Trung bình	**149**	**36**	**93**	**7**	**278**	**87**	**32**	**96**	**5**	**245**

Ghi chú: RE_N: Hiệu quả thu hồi đạm dùng phương pháp xác định hiệu quả thu hồi biểu kiến.
RE_{15N}: Hiệu quả thu hồi đạm khi sử dụng ^{15}N. n: Số quan sát.

Nguồn: Krupnik *et al.* (2004)

Kết quả nghiên cứu của Hung *et al.* (1995) về hiệu quả sử dụng ^{15}N trên đất lúa ở ĐBSCL cho thấy lượng đạm thu hồi trong rơm 19 - 35% lượng N bón và lượng đạm thu hồi trong hạt 27 - 31% lượng N bón. Trong khi đó, lượng đạm mất 18 - 28% so với lượng đạm bón (Bảng 2.8).

Bảng 2.8: Hiệu quả sử dụng ^{15}N trên lúa ở ĐBSCL vụ đông xuân 1989 - 1990

Địa điểm	**Lượng ^{15}N thu hồi** (% lượng N bón)			**Lượng ^{15}N mất** (%)
	Hạt	**Rơm**	**Rễ**	
Cần Thơ	31	19	1,8	28
Cai Lậy	27	35	2,4	18
Sai số chuẩn	*4,8*	*1,9*	*0,5*	*7,2*

Nguồn: Hung *et al.* (1995)

2.6.3 Hiệu quả kinh tế của sử dụng phân bón

Chi phí đầu tư trong sản xuất lúa của nông dân tăng nhanh chóng trong những năm gần đây trong đó có phân urê (Nguyễn Văn Sánh, 2009). Trong khi đó, phân bón trong canh tác lúa chiếm tỷ trọng cao (từ 30% - 40%) trong tổng chi phí (Đỗ Văn Xê & Đặng Thị Kim Phượng, 2010). Lợi nhuận từ một đơn vị diện tích canh tác được tính toán trên giá trị nông sản bán được và chi phí sản xuất. Lợi nhuận dùng để phản ánh hiệu quả của một biện pháp tác động trong sản xuất nông nghiệp, trong đó có biện pháp bón phân.

Khi xác định lượng phân bón hay loại phân bón mang lại lợi nhuận cao thì cần phải tính được chi phí phân bón. Tỷ lệ giữa giá phân bón và giá nông sản càng thấp thì lợi nhuận càng lớn (Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, 2012). Khi giá phân bón ổn định mà giá nông sản tăng thì hiệu quả kinh tế đạt cao. Ngược lại, khi giá phân bón tăng mà giá nông sản không tăng thì hiệu quả kinh tế ở mức thấp. Trong canh tác lúa, việc bón phân hợp lý đóng góp quan trọng cùng với sử dụng giống mới, giống xác nhận đã góp phần làm giảm chi phí, tăng năng suất và lợi nhuận cho nông dân (Nguyễn Mỹ Hoa *và ctv*, 2014).

Trong khi phân urê và urê-nBTPT được bón vãi trên bề mặt thì phân NPK viên nén và NPK IBDU được vùi sâu ở độ sâu 7 - 10 cm với khoảng cách từ giữa các viên phân 40 cm x 40 cm. Tuy nhiên, việc bón vùi phân NPK viên nén và NPK IBDU còn hạn chế là vùi bằng tay. Vì thực tế vùi phân bằng tay tốn nhiều công lao động hơn so với bón vãi. Bón thủ công phân urê viên yêu cầu là 40 giờ/ha trên một lao động, trong khi việc bón vãi urê chỉ cần ít hơn một nửa số giờ lao động so với bón vùi (Scholten, 1992; van Noordwijk & Scholten, 1994). Theo số liệu điều tra nông dân về chi phí sản xuất và giá thành lúa của thì công bón phân vãi tốn 3,5 đến 4 lao động trên mỗi hecta cho một vụ lúa. Nếu sử dụng máy vùi phân thì nông dân sẽ có lợi vì chỉ bón vùi một lần cho cả vụ. Trong xu thế hiện đại hóa thì việc sử dụng máy móc trong đó có các máy bón vùi phân bón đang có triển vọng cao và phương pháp bón vùi được IFDC đánh giá là đã mang lại các hiệu quả trong sử dụng đạm, kinh tế và môi trường (IFDC, 2013).

2.7 KỸ THUẬT TƯỚI KHÔ NGẬP LUÂN PHIÊN TRONG CANH TÁC LÚA

Kỹ thuật tưới khô ngập luân phiên (Alternate wetting and drying - AWD) có thể giảm lượng nước trong ruộng lúa từ 10% đến 30% nhưng vẫn duy trì được năng suất ổn định so với cách tưới nước truyền thống của nông dân (Cabangon *et al.*, 2001; Bouman *et al.*, 2007).

Nước trong đất là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự khuếch tán oxy vào trong đất và sự vận chuyển NO, N_2O và N_2 ra khỏi đất. Nước trong đất ảnh hưởng trực tiếp đến tiến trình nitrate hóa và khử nitrate và còn làm ảnh hưởng gián tiếp hoạt động của vi sinh vật cũng như sự phóng thích các dạng C và N hữu dụng (Ussiri & Lal, 2013). Bollmann & Conrad (1998) cho biết rằng trong điều kiện đất khô thì tiến trình nitrate hóa chiếm ưu thế còn trên đất ngập nước do lượng khí oxy khuếch tán thấp hơn làm cho tiến trình khử nitrate chiếm ưu thế. Theo Davidson (1993) khí N_2O là một sản phẩm phụ của tiến trình nitrate hóa và là sản phẩm trực tiếp của tiến trình khử nitrate. Bouwman (1998); Davidson *et al.* (2000) và Dalal *et al.*, (2003) cho rằng lượng phát thải khí N_2O trong suốt tiến trình nitrate hóa thấp khi mà ẩm độ thể tích nhỏ hơn 40% nhưng có sự gia tăng nhanh khi lượng nước trong đất tăng và đạt giá trị cao ở ẩm độ thể tích từ 55 đến 65%. Do đó biện pháp quản lý nước trong canh tác lúa ảnh hưởng đến sự hình thành và phát thải khí N_2O.

Kỹ thuật AWD tạo điều kiện cho đất thoáng khí, do đó kỹ thuật này cũng kích thích tuần tự quá trình nitrate hóa - khử nitrate (Buresh & Haefele, 2010). Các nghiên cứu ở điều kiện ngoài đồng cho thấy lượng N_2O phát thải ảnh hưởng bởi chế độ quản lý nước tưới cho lúa (Cai *et al.*, 1999; Zou *et al.*, 2005). Để khô đất giữa vụ canh tác góp phần làm gia tăng lượng N_2O phát thải đã được ghi nhận ở nhiều nghiên cứu (Cai *et al.*, 1997; Zou *et al.*, 2007). Khi để khô đất lúa ngập nước có thể làm gia tăng sự khoáng hóa đạm do đó, trồng lúa dưới điều kiện AWD làm tăng lượng N_2O phát thải (Bronson *et al.*, 1997; Kreye *et al.*, 2007; Sander *et al.*, 2014). Nâng cao hiệu quả sử dụng N trong điều kiện AWD sẽ giúp nông dân giảm lượng phân bón, tăng thu nhập và để thích nghi với tình trạng khan hiếm nước tưới.

Nghiên cứu của Tô Lan Phương *và ctv* (2012) cho thấy phương pháp ngập - khô xen kẽ có lượng phát thải khí N_2O cao hơn có ý nghĩa thống kê ở các giai đoạn 24, 32 và 40 NSKS. Cũng trong nghiên cứu này, nghiệm thức ngập - khô xen kẽ có lượng N_2O phát thải không tăng cao hơn nghiệm thức ngập liên tục ở phần lớn các giai đoạn của cây lúa có thể là do thời gian nước rút khỏi mặt ruộng ngắn nên chưa tạo điều kiện thoáng khí đủ để quá trình khử nitơ xảy ra mạnh.

Kết quả nghiên cứu của Dong *et al.* (2012) khi bón phân urê cho lúa thì lượng NH_3 bốc hơi trên đất ngập liên tục là 20,8% còn trên đất tưới khô ngập là 12,9%. Thí nghiệm của Ngô Ngọc Hưng (2009a) tại Nông trại Thực nghiệm - Trường Đại học Cần Thơ với kỹ thuật bón thấm urê (rút nước để ẩm độ đất khoảng 65%, sau đó bón phân urê và cho nước vào) cho lúa xuân hè 2008 có lượng N mất qua bốc hơi NH_3 là 4,14% so với phương pháp truyền thống là 7,9%. Kết quả thí nghiệm của Lý Ngọc Thanh Xuân *và ctv* (2011) trên đất phù

sa trồng lúa tại ruộng ở Viện Lúa ĐBSCL vụ đông xuân 2009 - 2010 thì tưới khô ngập luân phiên tiết kiệm được 33,3% lượng nước tưới so với ngập liên tục trong khi không khác biệt về năng suất hạt cũng như mất đạm do bốc hơi N_2 và NH_3.

Kỹ thuật tưới khô ngập luân phiên được xem là một trong những yếu tố quan trọng thúc đẩy sự khoáng hóa N trong đất lúa. Hàm lượng NH_4^+-N và NO_3^--N trong đất gia tăng ở khi tưới khô ngập luân phiên và tốc độ khoáng hóa NO_3^--N đạt cao nhất vào giai đoạn 65 ngày sau sạ, trong khi hàm lượng NO_3^--N trong điều kiện ngập liên tục hầu như biến mất sau 15 ngày sau khi sạ (Nguyễn Quốc Khương *và ctv*, 2012).

Nghiên cứu của Ye *et al.* (2013) cho kết quả năng suất (7,39 tấn/ha) và tổng lượng đạm hấp thu (179,2 kg/ha) cao hơn khi tưới khô ngập luân phiên so với tưới ngập liên tục (lần lượt là 6,93 tấn/ha và 170,2 kg/ha) mặc dù không khác biệt có ý nghĩa thống kê. Ngược lại, hiệu quả nông học (15,3 kg hạt/kg N bón), hiệu quả thu hồi đạm (50,7%) và tỷ số năng suất riêng phần (34,6 kg/kg) khi tưới khô ngập luân phiên khác biệt có ý nghĩa so với tưới ngập liên tục (14,0 kg hạt/kg N bón, 47,5% và 32,4 kg/kg, theo thứ tự). Cũng trong nghiên cứu này, có sự khác biệt có ý nghĩa khi bón urê bọc polymer (PCU) so với bón NPK viên nén (BBF) và với urê cho tất cả các chỉ tiêu như: năng suất, tổng lượng đạm hấp thu, hiệu quả sử dụng đạm. Bên cạnh đó, không có sự khác biệt thống kê giữa bón phân NPK viên nén với bón phân urê ở tất cả các chỉ số xác định hiệu quả nông học trong cùng chế độ nước tưới. Nghiên cứu của Liu *et al.* (2013) cho kết quả năng suất, tổng lượng đạm hấp thu và tỷ số năng suất riêng phần của hai giống lúa đều cao hơn ở nghiệm thức tưới khô ngập luân phiên so với tưới ngập liên tục. Biện pháp bón phân theo SSNM cũng có năng suất, tổng lượng đạm hấp thu và tỷ số năng suất riêng phần của cả hai giống lúa đều cao hơn so với bón phân theo nông dân (Liu *et al.*, 2013).

Thí nghiệm của Huan *et al.* (2008) vụ hè thu 2006 và vụ đông xuân 2006 - 2007 tại Viện Lúa ĐBSCL với hai chế độ tưới nước riêng biệt thì tưới khô ngập xen kẽ tiết kiệm được 33,3% và 28,6% so với ngập nước thường xuyên, trong khi năng suất có giảm 2,68 - 2,76 tấn/ha và 5,81 - 5,98 tấn/ha so với 2,75 - 2,90 tấn/ha và 6,03 - 6,10 tấn/ha.

Kết quả thí nghiệm của Huỳnh Quang Tín *và ctv* (2015) cho thấy tưới khô ngập xen kẽ kết hợp với qui trình "1 phải 5 giảm" cho năng suất lúa và hiệu quả kinh tế cao hơn so với canh tác truyền thống. Kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học Viện Lúa ĐBSCL cho biết khi áp dụng chế độ tưới theo AWD không ảnh hưởng tới sinh trưởng và năng suất lúa mà giảm được lượng nước tưới qua các vụ lúa thí nghiệm trên vùng đất nhiễm mặn tại Trà Vinh và Sóc Trăng

(Trương Thị Kiều Liên *và ctv* 2016a; 2016b). Dong *et al.* (2012) nghiên cứu lượng đạm trong rễ, rơm và hạt do cây lúa hấp thu từ phân N khi ngập liên tục là 53,9% còn khi tưới khô ngập luân phiên là 58,4%.

Kỹ thuật tưới khô ngập luân phiên nghiên cứu trong việc giảm lượng nước tưới, năng suất lúa và phát thải N_2O được thực hiện chủ yếu trên phân urê. Sự kết hợp giữa tưới khô ngập luân phiên và dạng phân đạm mới cũng sẽ mang lại nhiều lợi ích về mặt môi trường, giảm lượng phân bón, tăng thu nhập và để thích nghi với tình trạng khan hiếm nước tưới cũng rất cần thiết.

CHƯƠNG 3
PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các nghiên cứu trong luận án bao gồm (1) nghiên cứu sự hòa tan và thủy phân của bốn dạng phân đạm urê, urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK chậm tan IBDU (2) khảo sát sự ảnh hưởng của các dạng phân đạm (urê, urê-nBTPT và NPK viên nén) đến lượng đạm trong đất và trong nước theo thời gian (3) nghiên cứu ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến phát thải khí N_2O và năng suất khi áp dụng tưới khô ngập luân phiên và xác định lượng NH_3 bốc thoát khi bón các dạng phân đạm urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU trong điều kiện tưới theo nông dân và (4) khảo sát hiệu quả của bón các dạng phân urê, urê-nBTPT, NPK viên nén trên năng suất, lượng đạm trong rơm và trong hạt, hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi đạm. Lược đồ các nội dung nghiên cứu được trình bày ở Hình 3.1.

Thí nghiệm được thực hiện trên vùng canh tác 3 vụ lúa tại xã Tường Lộc và xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long trên nhóm đất phèn tiềm tàng (Endo- ProtoThionic Gleysols) và tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh trên nhóm đất phù sa ven sông Tiền, sông Hậu (Dystric - Rhodic Gleysols). Ở ĐBSCL, diện tích của nhóm đất chính Gleysols chiếm đến 1,9 triệu ha được nông dân sử dụng chủ yếu để canh tác lúa (Võ Quang Minh & Lê Quang Trí, 2006). Vị trí của các địa điểm nghiên cứu thể hiện trên Bản đồ đất tỉnh Vĩnh Long và tỉnh Trà Vinh (Phụ lục 1).

3.1 NGHIÊN CỨU 1: KHẢO SÁT SỰ HÒA TAN VÀ THỦY PHÂN CỦA CÁC DẠNG PHÂN ĐẠM

Nghiên cứu được thực hiện để xác định sự hòa tan trong nước và thủy phân trong đất của các dạng phân đạm trong điều kiện phòng thí nghiệm để đánh giá mức độ hòa tan và thủy phân của các dạng đạm khác nhau theo thời gian. Các dạng phân đạm được sử dụng trong hai thí nghiệm gồm: phân urê, phân urê-nBTPT, phân NPK viên nén và phân chậm tan NPK IBDU.

3.1.1 Phương tiện

3.1.1.1 Đất thí nghiệm

Đất thí nghiệm được thu từ ruộng canh tác 3 vụ lúa tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long. Vị trí thu mẫu đất nghiên cứu được thể hiện trên Bản đồ đất tỉnh Vĩnh Long (Phụ lục 1).

HIỆU QUẢ CỦA CÁC DẠNG PHÂN ĐẠM TRÊN PHÁT THẢI N_2O, BỐC THOÁT NH_3 VÀ NĂNG SUẤT TRONG CANH TÁC LÚA Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

NGHIÊN CỨU 1:
Khảo sát sự hòa tan và thủy phân của các dạng phân đạm

Xác định mức độ hòa tan trong nước và thủy phân trong đất của các dạng phân đạm trong điều kiện phòng thí nghiệm.
Đất thí nghiệm được thu tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long thuộc nhóm đất phèn tiềm tàng (Endo- ProtoThionic Gleysols).
Các dạng phân đạm sử dụng trong thí nghiệm gồm: urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và phân NPK IBDU.

NGHIÊN CỨU 2:
Khảo sát sự phân bố đạm trong đất và lượng đạm trong nước theo thời gian

Nghiên cứu ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng đạm (NH_4^+ và NO_3^-) trong đất theo độ sâu và trong nước theo thời gian ở điều kiện đồng ruộng.
Thí nghiệm được thực hiện tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh trên nhóm đất phù sa ven sông Tiền, sông Hậu (Dystric - Rhodic Gleysols) và xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long trên nhóm đất phèn tiềm tàng (Endo-ProtoThionic Gleysols).
Các dạng phân đạm gồm: urê, urê-nBTPT, NPK viên nén.

NGHIÊN CỨU 3:
Nghiên cứu sự phát thải N_2O và sự bốc thoát NH_3 trong canh tác lúa

- Nghiên cứu ảnh hưởng của các dạng phân đạm trong điều kiện tưới khô ngập luân phiên và tưới theo nông dân đến sự phát thải N_2O và năng suất lúa.
- Khảo sát ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến sự bốc thoát NH_3 trong điều kiện tưới theo nông dân ở điều kiện đồng ruộng.

Đất và phân bón thí nghiệm tương tự như ở nghiên cứu 1.

NGHIÊN CỨU 4:
Đánh giá ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa và hiệu quả sử dụng phân đạm

Nghiên cứu ảnh hưởng của các liều lượng đạm bón và dạng phân đạm trên:
1) Năng suất lúa
2) Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt
3) Hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi đạm.
Đất và các dạng phân bón thí nghiệm giống như ở nghiên cứu 2.

Hình 3.1: Lược đồ các nội dung nghiên cứu

Đất thí nghiệm thuộc nhóm đất phèn tiềm tàng (Endo- ProtoThionic Gleysols), các tính chất của tầng mặt của đất thí nghiệm thể hiện trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1: Các tính chất của tầng mặt của đất thí nghiệm tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long

Tính chất đất		Giá trị
pH		4,50
EC		0,48
CEC (meq/100g)		9,74
Chất hữu cơ tổng số (%CHC)		4,83
N tổng số (%N)		0,18
NH_4^+ trao đổi (mg/kg)		8,97
NO_3^- trao đổi (mg/kg)		8,82
P tổng số (%P_2O_5)		0,13
P dễ tiêu (mgP/kg)		4,15
K trao đổi (meq/100g)		0,19
Sa cấu:	% cát	3,46
	% thịt	57,98
	% sét	38,56

Ghi chú: pH và EC: trích nước tỷ lệ 1:2.5.
CEC: Trích bằng $BaCl_2$ 0.1M, trích tiếp bằng $MgSO_4$ 0.02M, chuẩn độ $MgSO_4$ dư bằng EDTA 0.01M.
Chất hữu cơ: Phân tích theo phương pháp Walkley-Black.
N tổng số: Vô cơ với H_2SO_4 đậm đặc - $CuSO_4$ - Se, chưng Kjeldahl.
NH_4^+ , NO_3^+: Trích bằng dung dịch KCl 1N, đo theo phương pháp so màu.
P tổng số: Sử dụng acid H_2SO_4 và $HClO_4$ đậm đặc để hòa tan lân; so màu trên máy đo quang phổ.
P dễ tiêu (Bray I): Trích bằng 0.025N HCl + 0.03N NH_4F với tỷ lệ 1:7, so màu trên máy quang phổ.
K trao đổi: Trích bằng $BaCl_2$ không đệm, đo trên máy hấp thu nguyên tử.
Sa cấu: Cấp hạt được xác định bằng phương pháp ống hút Robinson.

Tầng mặt đất thí nghiệm tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long có hàm lượng chất hữu cơ và CEC ở mức trung bình, EC được đánh giá là không ảnh hưởng đến cây trồng và pH đất ở mức thấp. Đất có sa cấu thịt trung bình pha sét. Hàm lượng đạm tổng số được đánh giá ở mức khá, NH_4^+ và NO_3^- trao đổi trong đất đầu vụ ở mức thấp. Hàm lượng lân tổng số đạt khá và lân dễ tiêu ở mức thấp đến đủ. Hàm lượng kali trao đổi ở mức thấp. Với các tính chất của đất thí nghiệm trên thì việc bón bổ sung phân bón để cung cấp hàm lượng dưỡng chất cho cây lúa sinh trưởng, phát triển là rất cần thiết.

3.1.1.2 Phân bón

Các loại phân bón được sử dụng trong thí nghiệm gồm:

- Phân urê 46-0-0 Đạm Phú Mỹ do Tổng công ty Phân bón và Hóa chất Dầu khí sản xuất.

- Phân urê Agrotain 46A$^+$ 46-0-0 sản xuất tại Công ty cổ phần Phân bón Bình Điền với tỷ lệ phối trộn 0,2% chất nBTPT [N-(n-butyl) thiophosphoric triamide].

- Phân NPK viên nén được nén bằng máy từ hỗn hợp urê, DAP và kali clorua. Phân viên nén được phối trộn ở các tỷ lệ về khối lượng tính toán trước để đáp ứng theo các công thức bón phân. Phân viên nén 28-11-10 với trọng lượng viên phân 2,36 g để bón phân cho công thức 80 kgN/ha. Phân viên được nén bằng máy nén phân ở Hợp tác xã Dịch vụ Nông nghiệp Số 1, xã Tam Thành - huyện Phú Ninh - tỉnh Quảng Nam.

- Phân NPK IBDU (Isobutylidene diurea) 12-6-6 viên phân có trọng lượng 6,19 g của nhà sản xuất JCAM Agri. Co., Ltd (Sáp nhập từ Chisso Asahi Co., Ltd. và Mitsubishi Chemical Agri Co., Ltd.).

- Phân DAP 16-45-0 Đình Vũ do Công ty cổ phần DAP - VINACHEM thuộc Tập đoàn Hóa chất Việt Nam sản xuất.

- Phân kali clorua 0-0-60 (Israel Chemicals Ltd.).

Hàm lượng N, P_2O_5, K_2O tổng số trong các loại phân bón được phân tích để kiểm tra lượng dưỡng chất trước khi sử dụng trong các thí nghiệm. Kết quả phân tích hàm lượng các chất dinh dưỡng đa lượng trong phân bón trình bày ở Bảng 3.2.

Bảng 3.2: Hàm lượng dưỡng chất đạm, lân và kali trong các loại phân bón

Loại phân bón	**Hàm lượng dưỡng chất**		
	Đạm tổng số (%N)	**Lân tổng số** (%P_2O_5)	**Kali tổng số** (%K_2O)
Urê	45,9	-	-
Urê-nBTPT	46,1	-	-
NPK viên nén ($^+$)	28,4	10,9	10,0
NPK IBDU	12,3	6,0	6,0
DAP	16,0	44,8	-

Ghi chú: ($^+$): Phân NPK viên nén được nén bằng máy từ hỗn hợp urê, DAP và KCl.
DAP: Diammonium phosphate. IBDU: Isobutylidene diurea. KCl: Kali clorua.
nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Kết quả phân tích hàm lượng ở dạng tổng số của các dưỡng chất đạm, lân và kali chứa trong các sản phẩm phân bón đúng theo công bố của các nhà sản xuất. Đối với phân NPK viên nén thì hàm lượng dưỡng chất trong phân bón như kết quả tính toán hỗn hợp hợp urê, DAP và KCl để nén thành viên. Hàm lượng dưỡng chất đa lượng trong các loại phân bón này được dùng để tính toán lượng phân bón cho các công thức bón phân trong các thí nghiệm.

3.1.1.3 Dụng cụ phân tích mẫu

Các máy móc, dụng cụ để phân tích mẫu đất và mẫu phân bón tại Phòng Thí nghiệm Bộ môn Khoa học Đất - Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng - Trường Đại học Cần Thơ gồm có:

- Máy đo pH và EC Schott.
- Máy đo quang phổ UV-Vis Shimadzu 1800.
- Máy hấp thu nguyên tử Hitachi 180-70.
- Bộ chưng cất đạm Kjeldahl, các bộ vô cơ mẫu đất, phân bón, thực vật.
- Hệ thống hút mẫu Robinson (Eijkelkamp).
- Máy lắc, máy ly tâm, tủ sấy, tủ nung, lò vi sóng, cân phân tích.
- Giấy lọc, bình tam giác, bình định mức, chai nhựa.

3.1.2 Phương pháp nghiên cứu

3.1.2.1 Thí nghiệm xác định sự hòa tan của các dạng phân đạm

Thực hiện thí nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm để xác định sự hòa tan trong nước và thủy phân trong đất của các dạng phân đạm như: urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU.

Xác định sự hòa tan của các dạng phân đạm trong nước trong điều kiện phòng thí nghiệm. Thí nghiệm được bố trí theo thể thức khối đầy đủ ngẫu nhiên (The Randomized Complete Block Design - RCBD) với 4 nghiệm thức và 3 lần lặp lại.

a) Các nghiệm thức thí nghiệm

Các nghiệm thức thí nghiệm xác định sự hòa tan của các dạng phân đạm trong nước được trình bày trong Bảng 3.3.

Bảng 3.3: Các nghiệm thức thí nghiệm sự hòa tan các dạng phân đạm trong nước

Nghiệm thức	Dạng phân đạm
1	Urê + Nước cất
2	Urê-nBTPT + Nước cất
3	NPK viên nén + Nước cất
4	NPK IBDU + Nước cất

b) Chỉ tiêu khảo sát

Khảo sát hàm lượng urê hòa tan trong nước theo thời gian của các dạng phân đạm: urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU.

c) Phương pháp tiến hành

Cân chính xác (dùng cân 3 số lẻ) 0,5 g urê; 0,5 g urê-nBTPT; 1 viên NPK viên nén; 1 viên NPK IBDU cho vào mỗi beaker chứa 50 ml nước cất. Mẫu được trữ ở điều kiện nhiệt độ phòng và được giữ trong tối. Chuẩn bị mỗi thời điểm lấy mẫu cho mỗi nghiệm thức là 3 lọ cũng là 3 lần lặp lại và chuẩn bị mẫu blank (nước cất) cho mỗi đợt phân tích. Trước khi lấy mẫu thì lắc thật đều sau đó lọc qua giấy lọc (Keerthisinghe & Freney, 1994; Carson & Ozores-Hampton, 2012).

d) Thời điểm thu mẫu

Mẫu được thu vào các thời điểm 1 giờ, 2 giờ, 1 ngày sau khi ủ. Riêng đối với phân NPK IBDU tiếp tục thu vào ngày thứ 15 và 1 tháng, 2 tháng và 3 tháng sau khi ủ. Trước khi lấy mẫu thì lắc thật đều, sau đó lọc qua giấy lọc.

e) Phương pháp phân tích

Xác định hàm lượng urê hòa tan trong nước bằng cách hút mẫu đo trực tiếp bằng phương pháp so màu ở bước sóng 440 nm theo Houba *et al*. (1995).

3.1.2.2 Thí nghiệm xác định sự thủy phân của các dạng phân đạm

Xác định sự thủy phân của các dạng phân đạm trong đất ở điều kiện phòng thí nghiệm. Thí nghiệm được bố trí theo thể thức khối đầy đủ ngẫu nhiên (The Randomized Complete Block Design - RCBD) với 4 nghiệm thức và 3 lần lặp lại.

a) Các nghiệm thức thí nghiệm

Các nghiệm thức thí nghiệm xác định sự thủy phân của các dạng phân đạm trong đất được trình bày trong Bảng 3.4.

Bảng 3.4: Các nghiệm thức thí nghiệm sự thủy phân các dạng phân đạm trong đất

Nghiệm thức	Dạng phân đạm
1	Urê + Đất + Nước cất
2	Urê-nBTPT + Đất + Nước cất
3	NPK viên nén + Đất + Nước cất
4	NPK IBDU + Đất + Nước cất

b) Chỉ tiêu khảo sát

Hàm lượng urê và hàm lượng ammonical-N trao đổi trong đất của các dạng phân đạm: urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU.

c) Phương pháp tiến hành

Thực hiện nghiên cứu sự thủy phân theo phương pháp của Keerthisinghe & Freney (1994) và Carson & Ozores-Hampton (2012). Cân chính xác 200 mg urê, 200 mg urê-nBTPT; 1/2 viên NPK viên nén, 1/2 viên NPK IBDU cho vào mỗi chai miệng rộng chứa hỗn hợp gồm 20 g đất và 40 ml mước cất. Ở từng thời điểm thu mẫu cho thêm dung dịch PMA + KCl vào để xác định lượng urê và lượng ammonical-N. Chuẩn bị mỗi thời điểm lấy mẫu cho mỗi nghiệm thức là 3 lọ cũng là 3 lần lặp lại. Chuẩn bị mẫu blank (Đất + nước cất) cho mỗi đợt phân tích. Mẫu được giữ trong tối ở nhiệt độ phòng đến thời điểm lấy mẫu.

d) Thời điểm thu mẫu

Mẫu được thu ở thời điểm sau khi ủ 1, 2, 3, 4, 6, 8 ngày. Riêng đối với phân NPK IBDU tiếp tục thu vào ngày thứ 12 và 1 tháng, 2 tháng sau khi ủ.

e) Phương pháp phân tích

Chuẩn bị các dung dịch trích gồm: dung dịch PMA + KCl và dung dịch pDMAB + HCl.

- Dung dịch PMA + KCl: Hòa tan 0,10 g $C_8H_8HgO_2$ (Phenyl mercuric acetate hay PMA) trong 1 lít nước. Hòa tan 298,4 g KCl trong nước, tiếp tục thêm 200 ml dung dịch PMA vừa pha, lên thể tích đến 1 lít. Tiếp tục hòa loãng bằng cách thêm vào 1 lít nước (tỷ lệ 1 + 1 v/v).

- Dung dịch pDMAB + HCl: Hòa tan 3,2 g $C_9H_{11}NO$ (p-Dimethyl-aminobenzaldehyde hay pDMAB) trong 100 ml ethanol 96% (C_6H_5OH). Thêm 10 ml HCl (ρ = 1,19 g/cm^3) rồi lắc cho đều hỗn hợp. Để qua đêm trước khi sử dụng nhưng không quá 1 tuần.

Phân tích urê: Thêm vào mẫu ủ 100 ml dung dịch PMA + KCl. Dùng pipet hút 5 ml mẫu trích, mẫu blank, mẫu đường chuẩn. Cho thêm 5 ml dung dịch pDMAB + HCl, lắc trộn đều. Đo mẫu sau 30 phút nhưng không được để quá 2 giờ bằng phương pháp so màu, sử dụng bước sóng 440 nm.

Phân tích ammonical-N (NH_4^+ và NH_3): Dung dịch sau khi lọc được so màu để xác định hàm lượng ammonical-N, sử dụng bước sóng 650 nm.

3.1.3 Phân tích mẫu đất, mẫu phân bón và xử lý số liệu thống kê

3.1.3.1 Phân tích mẫu đất

Các tính chất của tầng A (0 - 20 cm) đất thí nghiệm như: pH, độ dẫn điện của đất, khả năng trao đổi cation, hàm lượng chất hữu cơ, thành phần cơ giới, N, P, K dạng tổng số, NO_3^-, NH_4^+ dạng trao đổi; P, K dạng dễ tiêu được phân tích.

Độ chua và độ dẫn điện trong đất được trích ở mẫu đất được nghiền mịn cho qua rây 2 mm và trích bằng nước ở tỷ lệ đất:nước là 1:2,5. Lắc mẫu trong 2 giờ, lọc và đo độ chua bằng pH kế và EC (Electrical conductivity) bằng máy đo độ dẫn điện.

Khả năng trao đổi cation (Cation Exchange Capacity - CEC) được trích bằng dung dịch trích $BaCl_2$ 0,1 M, sau đó trích tiếp bằng $MgSO_4$ 0,02 M. Chuẩn độ hàm lượng $MgSO_4$ dư bằng EDTA 0,01 M.

Chất hữu cơ trong đất được xác định theo phương pháp Walkley & Black. Chất hữu cơ bị oxy hóa bằng $K_2Cr_2O_7$ trong môi trường H_2SO_4 đậm đặc. Lượng nhiệt sinh ra do thêm vào H_2SO_4 để oxy hóa chất hữu cơ, thời gian để hoàn tất phản ứng là 20 - 30 phút. Chuẩn độ $K_2Cr_2O_7$ dư bằng $FeSO_4$.

Đạm tổng số trong đất được phân tích từ mẫu đất sau khi được nghiền rồi cho qua rây 0,5 mm, vô cơ hóa bằng H_2SO_4 đậm đặc thêm hỗn hợp chất xúc tác $CuSO_4$ + K_2SO_4 + Se. Phân tích N tổng số theo phương pháp chưng Kjeldahl. Dùng NaOH đẩy NH_3 ra khỏi $(NH_4)_2SO_4$. NH_3 bốc hơi tác dụng với H_3BO_3 2%. Chuẩn độ dung dịch $NH_4H_2BO_3$ bằng H_2SO_4 0,05 M.

NH_4^+ trao đổi trong đất được trích bằng dung dịch KCl 2 M theo tỷ lệ 1:10, lắc mẫu trong 1 giờ, lọc và hút mẫu xác định bằng cách so màu trên máy đo quang phổ UV-Vis (bước sóng 650 nm) sau 1 - 2 giờ giữ mẫu.

NO_3^- trao đổi trong đất cũng được trích bằng dung dịch KCl 2 M theo tỷ lệ 1:10, lắc 1 giờ. Lọc và hút mẫu, sau đó so màu bằng máy đo quang phổ (bước sóng 540 nm) sau khi giữ mẫu trong tối 6 - 8 giờ.

Lân tổng số trong mẫu đất chuyển thành H_3PO_4 hòa tan bằng hỗn hợp acid H_2SO_4 và $HClO_4$ đậm đặc. Mẫu được xác định bằng phương pháp so màu trên máy đo quang phổ ngọn lửa với bước sóng 880 nm.

Lân hữu dụng trong đất được xác định bằng phương pháp Bray 1. Lân trao đổi được trích bằng hỗn hợp dung dịch 0,025 N HCl + 0,03 N NH_4F, tỷ lệ đất:dung dịch trích là 1:7. Mẫu được xác định bằng phương pháp so màu trên máy đo quang phổ với bước sóng 880 nm.

K trao đổi trong mẫu đất được trích bằng dung dịch $BaCl_2$. Sau đó mẫu được đo bằng máy hấp thu nguyên tử ở bước sóng 766 nm.

3.1.3.2 Phân tích mẫu phân bón

Thực hiện phân tích hàm lượng đạm, lân và kali trong phân bón. Hàm lượng đạm tổng số, lân tổng số và kali tổng số trong các mẫu phân bón được phân tích nhằm để tính toán và kiểm tra hàm lượng chất dinh dưỡng N, P_2O_5, K_2O có trong các loại phân bón. Mẫu phân bón NPK viên nén và NPK IBDU được nghiền rồi cho qua rây 0,5 mm trước khi phân tích mẫu.

Đạm tổng số trong mẫu được vô cơ hóa bằng H_2SO_4 đậm đặc, xúc tác phản ứng bằng hỗn hợp $CuSO_4$ + K_2SO_4 + Se. Phân tích N tổng số theo phương pháp chưng cất Kjeldahl.

Lân tổng số trong mẫu phân bón được phân tích bằng cách dùng hỗn hợp acid H_2SO_4 và $HClO_4$ đậm đặc để chuyển lân trong mẫu thành H_3PO_4 hòa tan. Mẫu được xác định bằng phương pháp so màu trên máy đo quang phổ ngọn lửa với bước sóng 880 nm.

Kali tổng số trong mẫu phân bón được phân tích bằng hỗn hợp acid HF và H_2SO_4 để phá hủy hoàn toàn khoáng sét và phân hủy chất hữu cơ. Mẫu được đo bằng máy hấp thu nguyên tử ở bước sóng 766,5 nm.

3.1.3.3 Phương pháp xử lý số liệu và phân tích thống kê

Đối với phân NPK viên nén và IBDU, lượng NH_4^+-N thủy phân trong dung dịch được tính sau khi loại trừ lượng NH_4^+-N ban đầu có trong phân bón.

Số liệu trong hai thí nghiệm trên được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel trong việc nhập số liệu, tính toán trung bình các nghiệm thức, độ lệch chuẩn và vẽ hình minh họa.

3.2 NGHIÊN CỨU 2: KHẢO SÁT SỰ PHÂN BỐ ĐẠM TRONG ĐẤT VÀ LƯỢNG ĐẠM TRONG NƯỚC THEO THỜI GIAN

Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng đạm (NH_4^+ và NO_3^-) trong đất ở các độ sâu và trong nước theo thời gian ở điều kiện đồng ruộng để đánh giá khả năng cung cấp đạm từ các dạng phân đạm để đáp ứng nhu cầu sinh trưởng và phát triển của cây lúa.

Thí nghiệm này được thực hiện trên lô trống không trồng lúa để hàm lượng đạm trong đất không bị ảnh hưởng bởi sự thu hút đạm của cây lúa. Các lô trống được bố trí vào các lô của 2 thí nghiệm đồng ruộng được thực hiện tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh (vụ đông xuân 2012/2013 và vụ hè thu 2013) và tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long (vụ đông xuân

2013/2014) cùng chung với thí nghiệm trong nghiên cứu 4. Vị trí của các địa điểm nghiên cứu được thể hiện trên Bản đồ đất tỉnh Vĩnh Long và Bản đồ đất tỉnh Trà Vinh (Phụ lục 1).

3.2.1 Phương tiện

3.2.1.1 Đất thí nghiệm

Thí nghiệm đồng ruộng thực hiện tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh và xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long (Phụ lục 1). Các tính chất đất của hai địa điểm nghiên cứu cụ thể như sau:

- Thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh trên nhóm đất phù sa ven sông Tiền, sông Hậu (Dystric - Rhodic Gleysols) với các tính chất đất được mô tả ở Bảng 3.5.

Bảng 3.5: Các tính chất của đất thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

Tính chất đất		Giá trị
pH_{H_2O} (1:2,5)		5,1
pH_{KCl} (1:2,5)		4,1
CEC (meq/100g)		10,7
Chất hữu cơ tổng số (%CHC)		4,7
N tổng số (%N)		0,27
NH_4^+ trao đổi (mg/kg)		3,67
NO_3^- trao đổi (mg/kg)		0,20
P tổng số (%P_2O_5)		0,11
P dễ tiêu (mgP/kg)		6,3
K tổng số (%K_2O)		0,99
K trao đổi (meq/100g)		0,3
Sa cấu: % cát		8,1
% thịt		54,3
% sét		37,6
NH_4^+ trao đổi trong đất (mg/kg)	0 - 3 mm	3,01
	5 cm	5,38
	10 cm	4,15
	20 cm	2,13
NO_3^- trao đổi trong đất (mg/kg)	0 - 3 mm	0,13
	5 cm	0,10
	10 cm	0,06
	20 cm	0,52

Ghi chú: pH: Trích ở tỷ lệ 1:2.5.
CEC: Trích bằng $BaCl_2$ 0.1M, trích tiếp bằng $MgSO_4$ 0.02M, chuẩn độ $MgSO_4$ dư bằng EDTA 0.01M.
Chất hữu cơ: Phân tích theo phương pháp Walkley-Black.
N tổng số: Vô cơ với H_2SO_4 đậm đặc - $CuSO_4$ - Se, chưng Kjeldahl.
NH_4^+ , NO_3^+: Trích bằng dung dịch KCl 1N, đo theo phương pháp so màu.
P tổng số: Sử dụng acid H_2SO_4 và $HClO_4$ đậm đặc để hòa tan lân; so màu trên máy đo quang phổ.
P dễ tiêu (Bray I): Trích bằng 0.025N HCl + 0.03N NH_4F ở tỷ lệ 1:7, so màu bằng máy quang phổ.
K tổng số: Sử dụng hỗn hợp acid HF và H_2SO_4 để công phá mẫu; đo K bằng máy hấp thu nguyên tử.
K trao đổi: Trích bằng $BaCl_2$ không đệm, sau đó đem đo trên máy hấp thu nguyên tử.
Sa cấu: Cấp hạt được xác định bằng phương pháp ống hút Robinson.

Kết quả phân tích các tính chất vật lý và hóa học của tầng mặt đất thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh cho thấy giá trị pH ở mức chua nhiều, CEC ở mức trung bình. Hàm lượng chất hữu cơ tổng số ở mức trung bình, đạm tổng số ở mức giàu, lân tổng số ở mức khá, kali tổng số ở mức trung bình. Hàm lượng đạm (NH_4^+ và NO_3^-) trao đổi, lân dễ tiêu trong đất ở mức thấp, kali trao đổi ở mức trung bình. Đất có sa cấu thịt trung bình pha sét.

- Thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long trên nhóm đất phèn tiềm tàng (Endo- ProtoThionic Gleysols). Các tính chất đất tầng mặt tại điểm thí nghiệm này được trình bày ở Bảng 3.6.

Bảng 3.6: Các tính chất của đất thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long

Tính chất đất	Giá trị
pH_{H_2O} (1:2,5)	5,81
EC (1:2,5) (mS/cm)	0,56
Chất hữu cơ tổng số (%CHC)	3,97
N tổng số (%N)	0,18
NH_4^+ trao đổi (mg/kg)	1,50
NO_3^- trao đổi (mg/kg)	0,17
P dễ tiêu (Olsen) (mg/kg)	17,8
K trao đổi (meq/100g)	0,12

Nguồn: Nguyễn Minh Đông *và ctv* (2013).

Kết quả phân tích hóa học cho thấy giá trị pH gần tối hảo, EC không ảnh hưởng đến cây trồng, hàm lượng chất hữu cơ và đạm tổng số tương đối thấp, lượng NH_4^+-N trao đổi tương đối thấp, lượng NO_3^--N ở mức rất thấp, lượng lân dễ tiêu ở mức trung bình và lượng kali trao đổi ở mức tương đối thấp.

3.2.1.2 Phân bón

Các loại phân bón được sử dụng trong thí nghiệm gồm: Urê 46-0-0 (Đạm Phú Mỹ), Urê Agrotain 46-0-0 (Bình Điền), NPK viên nén 28-11-10 (nén từ hỗn hợp urê+DAP+KCl), NPK IBDU 12-6-6 (JCAM Agri. Co., Ltd), DAP 16-45-0 (Đình Vũ), kali clorua 0-0-60 (Israel Chemicals Ltd.) (được trình bày ở mục 3.1.1.2 trong nghiên cứu 1). Hàm lượng N, P_2O_5, K_2O tổng số trong các loại phân bón được phân tích để kiểm tra lượng dưỡng chất trước khi sử dụng trong các thí nghiệm (Bảng 3.2).

3.2.1.3 Lô trống thí nghiệm

Đặt lô trống có kích thước 1 m x 1 m = 1 m^2 không trồng lúa, ngăn bằng nhựa ở ô thí nghiệm để ngăn rễ lúa hút chất dinh dưỡng từ đất trong lô này. Lô

trống thí nghiệm được đặt ở 3 lặp lại (Rep. I, II, III) của nghiên cứu 4 (Hình 3.9 và Hình 3.10).

3.2.1.4 Dụng cụ phân tích và thu mẫu

Thực hiện việc phân tích hàm lượng đạm (NH_4^+ và NO_3^-) trong các mẫu nước và mẫu đất bằng các phương tiện của Phòng Thí nghiệm Bộ môn Khoa học Đất - Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng - Trường Đại học Cần Thơ.

pH và nhiệt độ nước ruộng được đo trực tiếp trong lô trống bằng máy đo pH Hanna HI 8314. Hiệu chuẩn máy bằng hai dung dịch đệm pH 7,01 (HI 7007) và pH 4,01 (HI 7004).

3.2.2 Phương pháp nghiên cứu

3.2.2.1 Bố trí thí nghiệm và chỉ tiêu khảo sát

Nghiên cứu được thực hiện ở điều kiện đồng ruộng trong nghiên cứu 4 tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh qua 2 vụ lúa (vụ đông xuân 2012/2013 và vụ hè thu 2013) và tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long trong vụ lúa đông xuân 2013/2014.

a) Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm đồng ruộng được bố trí dạng khối đầy đủ ngẫu nhiên (The Randomized Complete Block Design - RCBD) với 3 nghiệm thức và 3 lần lặp lại. Lô trống (không trồng lúa) 1 m^2 đặt vào lô trồng lúa của các thí nghiệm trong nghiên cứu 4 ở cùng dạng phân đạm và liều lượng đạm bón. Các nghiệm thức của nghiên cứu được trình bày ở Bảng 3.7.

Bảng 3.7: Các nghiệm thức thí nghiệm hàm lượng đạm trong nước và trong đất theo thời gian khi bón các dạng phân đạm

Nghiệm thức	Dạng phân đạm
1	Urê
2	Urê-nBTPT
3	NPK viên nén

Ghi chú: Công thức phân bón cho lô trống thí nghiệm là 80-30-30.

b) Chỉ tiêu khảo sát

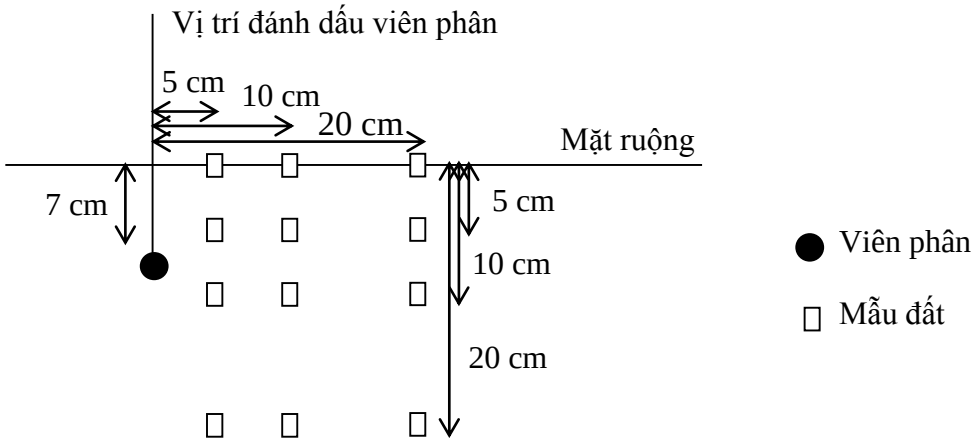
+ pH trong nước ruộng, độ sâu mực nước ruộng ghi nhận và mẫu phân tích hàm lượng đạm (NH_4^+ và NO_3^-) trong nước được thu ở thời điểm 1, 2, 3, 5 NSKB sau các đợt bón vãi 10, 20 và 40 NSKS.

+ Hàm lượng đạm (NH_4^+ và NO_3^-) trong đất theo không gian (độ sâu: lớp đất mặt 0 - 3 mm, 5 cm, 10 cm, 20 cm và chiều ngang: 5 cm, 10 cm).

Thời điểm thu mẫu đất như thực hiện với thu mẫu nước thời điểm 1, 2, 3, 5 NSKB sau các đợt bón vãi 10, 20 và 40 NSKS.

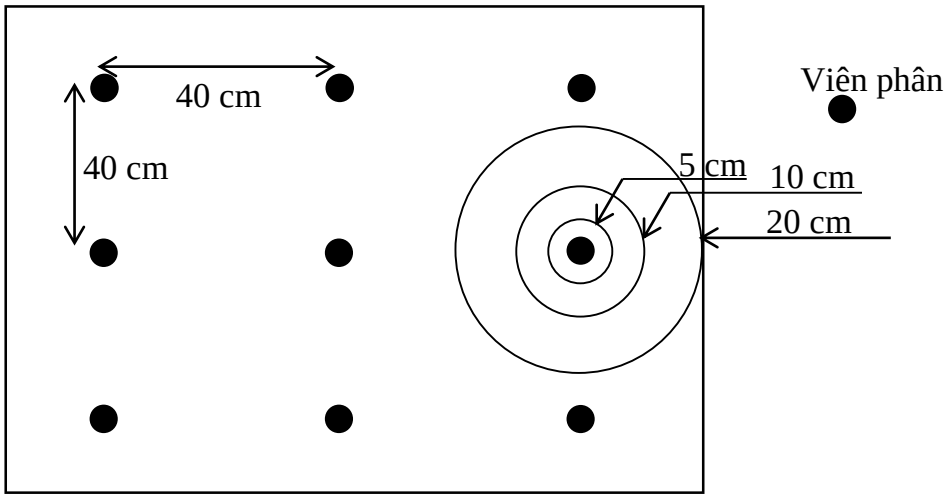
3.2.2.2 Phương pháp thu mẫu nước, mẫu đất

Mẫu nước mặt trong lô thí nghiệm được thu bằng chai nhựa cùng thời điểm với thu mẫu đất để phân tích lượng NH_4^+ và NO_3^- hòa tan.



Hình 3.2: Sơ đồ các vị trí lấy mẫu đất theo chiều sâu ở các vị trí bón phân trong các ô trống không trồng lúa.

Mẫu đất được lấy theo các độ sâu: lớp đất mặt, đất độ sâu 5, 10, 20 cm và theo chiều ngang: 5, 10, 20 cm trong lô trống không trồng lúa đối với nghiệm thức bón vùi (Hình 3.2). Thu gộp theo đường tròn đồng tâm ở các khoảng cách theo chiều ngang 5, 10, 20 cm mang về phòng phân tích. Mỗi lần thu mẫu đất ở một viên phân khác nhau.



Hình 3.3: Sơ đồ lấy mẫu đất theo chiều ngang ở các vị trí vùi viên phân trong ô trống không trồng lúa

3.2.2.3 Phương pháp phân tích NH_4^+ và NO_3^-

NH_4^+ hòa tan và NO_3^- hòa tan trong nước của các mẫu nước được xác định bằng cách lọc và hút mẫu, sau đó tiến hành so màu trên máy quang phổ UV-Vis. Xác định hàm lượng đạm NH_4^+ ở bước sóng 650 nm và NO_3^- ở bước sóng 540 nm.

NH_4^+ và NO_3^- trao đổi trong đất thực hiện trên mẫu đất tươi rồi tính chuyển hàm lượng theo trọng lượng khô (Bremner & Keeney, 1966). Hàm lượng đạm NH_4^+ trao đổi trong đất được trích bằng dung dịch KCl 2M sử dụng mẫu đất tươi 2 g, lắc 1 giờ. Sau đó lọc và hút mẫu xác định bằng cách so màu trên máy quang phổ UV-Vis sau 1 - 2 giờ giữ mẫu. Hàm lượng đạm NO_3^- trao đổi trong đất được trích bằng dung dịch KCl 2M sử dụng mẫu đất tươi 2 g, lắc 1 giờ sau đó đem so màu bằng máy quang phổ UV-Vis sau khi giữ mẫu trong tối 6 - 8 giờ.

3.2.2.4 Phương pháp xử lý số liệu và phân tích thống kê

Hàm lượng đạm (NH_4^+ và NO_3^-) hòa tan trong nước được quy về thể tích nước cùng một thời điểm (ở 1 ngày sau khi bón phân) do đó lượng đạm hòa tan chỉ dùng để so sánh giữa các dạng phân và các ngày sau khi bón trong cùng đợt bón phân. Chuyển đổi hàm lượng NH_4^+ và NO_3^- trao đổi trong đất khi phân tích mẫu đất tươi sang tính theo trọng lượng khô.

Số liệu từ các thí nghiệm trong nghiên cứu này được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel để nhập số liệu, tính toán trung bình các nghiệm thức, sai số chuẩn và vẽ biểu đồ. Phương pháp thống kê mô tả sử dụng sai số chuẩn được áp dụng để so sánh sự khác biệt của các trung bình của nghiệm thức.

3.3 NGHIÊN CỨU 3: NGHIÊN CỨU SỰ PHÁT THẢI N_2O VÀ SỰ BỐC THOÁT NH_3 TRONG CANH TÁC LÚA

Trong nghiên cứu 3, thí nghiệm đo lường sự phát thải N_2O (mục 3.3.1) và bốc thoát NH_3 (mục 3.3.2) được thực hiện trên cùng một thí nghiệm ở xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vào vụ hè thu 2014.

3.3.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên đến sự phát thải N_2O và năng suất trong canh tác lúa

Nghiên cứu được thực hiện để xác định ảnh hưởng của các dạng phân đạm gồm: phân urê, phân urê-nBTPT, phân NPK viên nén và phân chậm tan NPK IBDU đến sự phát thải khí N_2O - khí gây hiệu ứng nhà kính phát thải trực tiếp do sử dụng phân đạm và từ đất nông nghiệp. Thí nghiệm áp dụng 2 biện pháp quản lý nước: Tưới theo nông dân và tưới khô ngập luân phiên. Bên cạnh đó,

thí nghiệm còn khảo sát sự ảnh hưởng của các dạng phân đạm và quản lý nước đến năng suất lúa; hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt; hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi đạm.

3.3.1.1 Phương tiện

Thí nghiệm của nghiên cứu được thực hiện ở điều kiện đồng ruộng trên ruộng canh tác lúa 3 vụ của nông dân tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vào vụ hè thu 2014 (gieo sạ ngày 05/4/2014 và thu hoạch ngày 15/7/2014).

a) Đất thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện trên vùng canh tác 3 vụ lúa tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long trên nhóm đất phèn tiềm tàng (Endo-ProtoThionic Gleysols). Vị trí của địa điểm nghiên cứu được thể hiện trên Bản đồ đất tỉnh Vĩnh Long (Phụ lục 1). Các tính chất của tầng mặt của đất thí nghiệm thể hiện trong Bảng 3.1.

b) Phân bón

Các loại phân bón được sử dụng trong thí nghiệm gồm các loại: phân urê 46-0-0, phân urê Agrotain 46-0-0, phân NPK viên nén 28-11-10 và phân IBDU 12-6-6, phân DAP 16-45-0 và phân KCl 0-0-60 được trình bày ở mục 3.1.1.2 trong Nghiên cứu 1.

Bên cạnh đó thí nghiệm có sử dụng phân super lân 0-16-0 Long Thành, một sản phẩm của Công ty cổ phần Phân bón Miền Nam để bón riêng cho các lô không bón đạm (N0) để cung cấp chất lân cho cây.

c) Giống lúa

Giống lúa sử dụng trong thí nghiệm là OM 6976 sử dụng phổ biến tại địa phương trong những năm gần đây. Theo Viện Lúa ĐBSCL (2012) thì đây là giống lúa được lai tạo có hàm lượng chất sắt cao trong hạt gạo (6 - 8 mg/kg gạo trắng), thời gian sinh trưởng của lúa sạ là 95 - 97 ngày. Giống lúa này có khả năng đẻ nhánh khỏe, mỗi bụi có thể đạt 9 - 11 chồi hữu hiệu. Năng suất tiềm năng của giống có thể đạt 9 tấn/ha.

d) Dụng cụ thí nghiệm

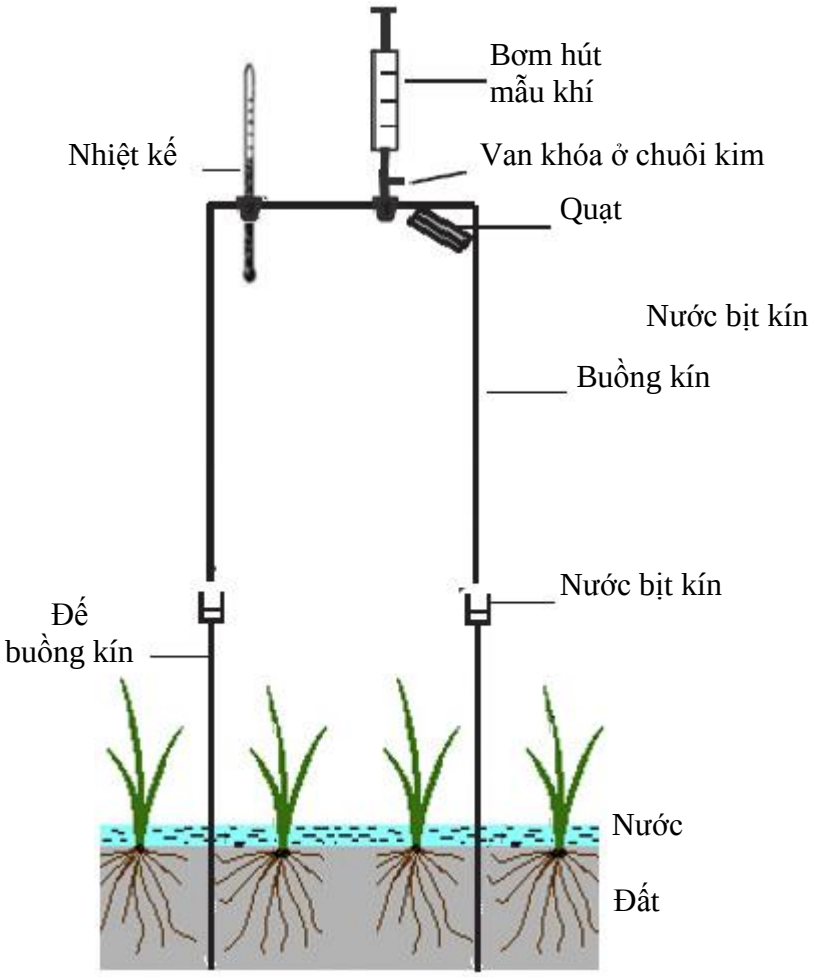
Máy đo thế oxy hóa khử (Eh) Hanna HI 8424 nối với điện cực ORP (Oxidation Reduction Potential) để đo trực tiếp Eh đất ngoài đồng (với dung dịch chuẩn HI 7091M và HI 7092M).

Nhiệt kế rượu có thang đo từ -10 đến 50 ^{o}C chia vạch 0,5 ^{o}C.

Ống tiêm 60 ml có van khóa ở chuôi kim, lọ thu mẫu 5 ml.

Buồng kín thu mẫu N_2O được làm bằng xô nhựa PVC (Polyvinyl-chloride) có thể tích 125 lít. Kích thước của buồng kín như sau: đường kính mặt trong đáy lớn 56 cm, đường kính mặt trong đáy bé 41 cm, cao 65 cm. Các buồng kín được gắn quạt nhỏ để trộn đều không khí lúc thu mẫu. Các thành phần của hệ thống buồng thu mẫu khí N_2O được thể hiện ở Hình 3.4.

Phần đế buồng kín thu mẫu được làm bằng cao su từ nắp của các xô nhựa, diện tích đế là 0,229 m^2. Đế buồng kín được đặt cố định trên ruộng để gắn buồng kín vào, nhằm để giảm các nhiễu loạn của bề mặt đất khi thu mẫu. Đế buồng kín được đặt cao từ mặt đất 10 cm và chèn sâu vào đất 20 cm. Đặt đế buồng kín trước khi thu mẫu 3 ngày và để ngoài đồng cho suốt cả vụ.



Hình 3.4: Các thành phần của hệ thống buồng kín thu mẫu khí N_2O
Nguồn: Yagi & Minami (1990)

e) Ruộng thí nghiệm, dụng cụ canh tác và thuốc bảo vệ thực vật

Ruộng thí nghiệm được đắp bờ (cao 30 cm x rộng 30 cm) để chia lô. Bờ được tấn bằng cao su ở độ sâu đến 30 cm tránh không cho nước di chuyển ngang giữa các lô thí nghiệm. Diện tích mỗi lô trồng lúa là 20 m^2 = 5 m x 4 m.

Các dụng cụ dùng trong canh tác lúa như máy sạ hàng và các dụng cụ làm cỏ, cấy dặm, bón phân, phun thuốc, thu hoạch…

Các loại thuốc bảo vệ thực vật như: thuốc diệt ốc bưu vàng, thuốc diệt cỏ, thuốc trừ sâu cuốn lá lúa, thuốc trừ rầy nâu, thuốc trừ bệnh đạo ôn, thuốc diệt nấm được sử dụng trong quá trình canh tác.

3.3.1.2 Phương pháp nghiên cứu

a) Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên đến sự phát thải N_2O và năng suất trong canh tác lúa được thực hiện ở vụ lúa hè thu 2014.

Thí nghiệm được bố trí kiểu lô phụ (Split-Plot Design), với lô chính là 2 biện pháp quản lý nước: tưới khô ngập luân phiên và tưới theo nông dân, lô phụ là 5 mức độ bao gồm 4 dạng phân đạm và nghiệm thức không bón đạm (Bảng 3.8).

Bảng 3.8: Các nghiệm thức thí nghiệm ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên đến sự phát thải N_2O

Nghiệm thức	Chế độ quản lý nước và dạng phân đạm
W1N0	Tưới theo nông dân + Không bón đạm
W1N1	Tưới theo nông dân + Bón phân urê
W1N2	Tưới theo nông dân + Bón phân urê-nBTPT
W1N3	Tưới theo nông dân + Bón phân NPK viên nén
W1N4	Tưới theo nông dân + Bón phân NPK IBDU
W2N0	Tưới khô ngập luân phiên + Không bón đạm
W2N1	Tưới khô ngập luân phiên + Bón phân urê
W2N2	Tưới khô ngập luân phiên + Bón phân urê-nBTPT
W2N3	Tưới khô ngập luân phiên + Bón phân NPK viên nén
W2N4	Tưới khô ngập luân phiên + Bón phân NPK IBDU

Ghi chú: Công thức phân bón cho thí nghiệm là 80N - $40P_2O_5$ - $40K_2O$.

Đối với chỉ tiêu năng suất, phân tích hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt và hiệu quả sử dụng đạm, mẫu được thu ở đầy đủ các lô với 4 lần lặp lại.

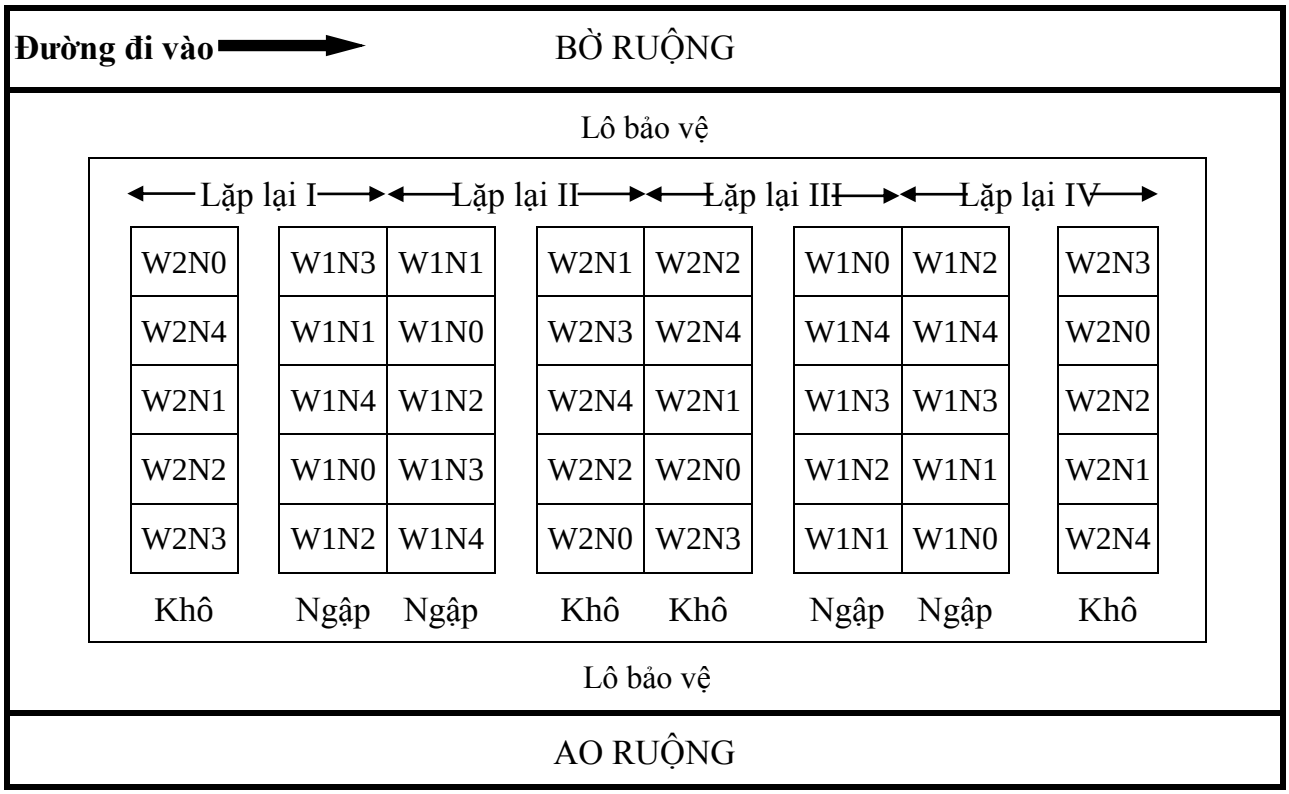
Đối với chỉ tiêu phát thải N_2O, mẫu được thu ở 3 lần lặp lại (thu mẫu ở lặp lại R1, R2 và R3) và không thu mẫu ở lô N0 do mục tiêu nghiên cứu chú trọng khảo sát sự phát thải N_2O từ đất khi có bón các dạng phân đạm khác so sánh với urê không chú trọng sự phát thải N_2O khi không bón đạm. Nghiên cứu chỉ thu mẫu trên 3 lặp lại do nghiên cứu đặt trọng tâm thu mẫu ở nhiều thời điểm (16 thời điểm) để có thể tính tổng phát thải trong 50 ngày ở các dạng phân đạm khác nhau và ở các chế độ quản lý nước khác nhau (1.536 mẫu khí N_2O), nên số mẫu

nhiều, nhân lực và kinh phí hạn chế. Việc thu mẫu N_2O phát thải trên ruộng lúa được thực hiện theo sơ đồ bố trí thí nghiệm ở Hình 3.5.

b) Chỉ tiêu khảo sát

Khảo sát phát thải khí N_2O và các chỉ tiêu liên quan ở giai đoạn từ ngày thứ 10 đến ngày thứ 60 sau khi sạ, năng suất lúa thực tế và hiệu quả sử dụng phân đạm được khảo sát, cụ thể gồm:

- Lượng phát thải khí N_2O của các nghiệm thức khảo sát được xác định ở giai đoạn từ ngày thứ 10 đến ngày thứ 60 sau khi sạ mỗi lần thu cách nhau 3 ngày. Riêng với hai mẫu khí N_2O cuối đợt thu cách nhau 5 ngày (55 và 60 NSKS).
- Eh đất tầng mặt ở độ sâu 5 cm, nhiệt độ không khí trong buồng thu được ghi nhận cùng với các thời điểm thu mẫu khí N_2O.
- Độ sâu mực nước ruộng được đo hàng ngày ở chế độ tưới khô ngập luân phiên.
- Các chỉ tiêu khảo sát như: năng suất thực tế, hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt, hiệu quả sử dụng phân đạm gồm hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi đạm được trình bày trong phần phương pháp của nghiên cứu 4 (Xem ở mục 3.4.2.2).



Hình 3.5: Sơ đồ bố trí thí nghiệm tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long

c) Phương pháp canh tác

- Chuẩn bị đất thí nghiệm

Đất được dọn sạch cỏ, xới sâu 15 cm và san bằng mặt ruộng. Phân lô với diện tích của mỗi lô là 20 m^2 = 5 m x 4 m. Đắp bờ giữa các lô với kích thước rộng 30 cm x cao 30 cm.

- Gieo sạ

Giống sử dụng cho thí nghiệm là OM 6976. Lúa được gieo sạ theo phương pháp sạ hàng với mật độ sạ là 120 kg/ha và khoảng cách giữa các hàng là 20 cm.

- Cách bón phân

Công thức phân bón cho ruộng thí nghiệm là 80-40-40.

+ Đối với phương pháp bón vãi (urê và urê-nBTPT):

Tưới nước ngập ngay trước các đợt bón phân để nhằm hạn chế sự mất đạm. Phân bón được chia làm 3 lần bón theo tỷ lệ ở Bảng 3.9.

Sử dụng phân DAP (Diammonium phosphate) để cung cấp chất lân cho lúa phù hợp với cách bón của nông dân trong vùng và do các loại phân viên nén cũng dùng DAP để nén. Thực tế nghiên cứu đã sử dụng cùng loại DAP là nguồn cung cấp chất lân (riêng ở các ô không bón đạm thì dùng phân super lân) do vậy liều lượng đạm từ urê và urê-nBTPT sẽ thấp hơn so với lượng bón (80 kgN) tương ứng nhưng do sử dụng thống nhất DAP nên liều lượng N ở các dạng là tương đương (73 kgN) nên có thể so sánh được hiệu quả của đạm trong phân urê và phân urê-nBTPT.

Bảng 3.9: Lượng phân đạm, lân và kali bón theo từng đợt bón vãi

Đợt bón phân	**Thời điểm bón phân**	**Lượng phân bón (kg/ha)**		
		N	**P_2O_5**	**K_2O**
Đợt 1 (Bón thúc lần 1)	10 ngày sau khi sạ	16	8	20
Đợt 2 (Bón thúc lần 2)	20 ngày sau khi sạ	32	16	0
Đợt 3 (Bón đón đòng)	40 ngày sau khi sạ	32	16	20
Tổng 3 đợt bón		80	40	40

+ Đối với phương pháp bón vùi (NPK viên nén và NPK IBDU):

Tiến hành vùi viên phân một lần duy nhất vào ngày thứ 10 sau khi sạ. Viên phân được vùi bằng tay ở độ sâu 7 - 10 cm và vùi theo kích thước viên cách viên là 40 cm x 40 cm. Bón vùi phân NPK viên nén có trọng lượng 2,36 g để đạt hàm lượng 80 kgN/ha thì số lượng viên bón là 240 viên trên 20 m^2, số vị trí vùi tương ứng với số viên phân, mỗi vị trí vùi một viên phân. Riêng để đạt hàm lượng 80

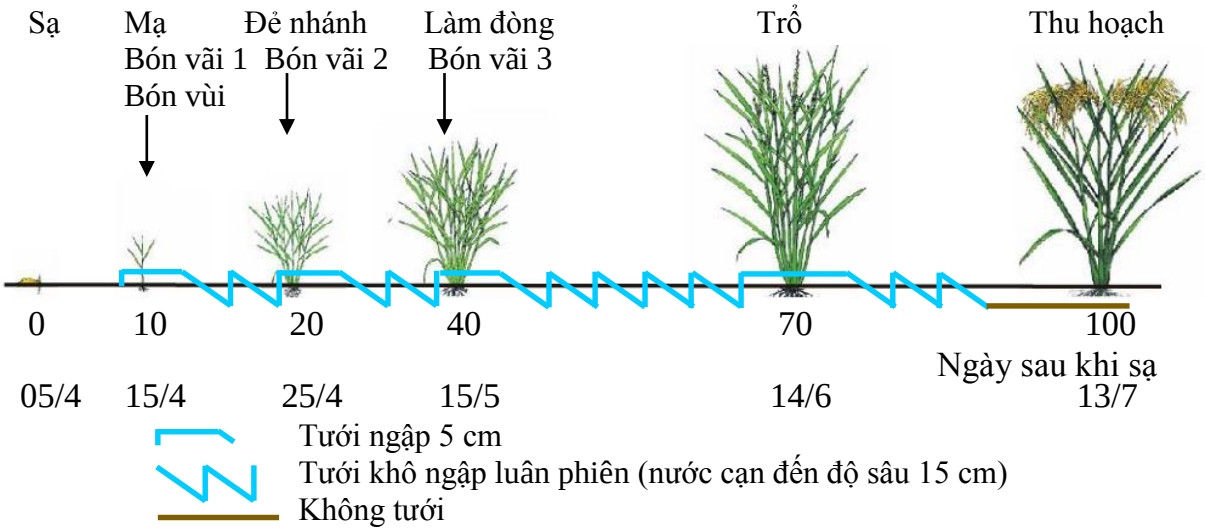
kgN/ha thì tiến hành bón vùi viên phân NPK IBDU có trọng lượng 6,20 g với số lượng viên bón 216 viên cho lô thí nghiệm 20 m^2, tiến hành vùi 2 viên cho mỗi vị trí bón.

Tính toán lượng phân bón NPK để bón trực tiếp cho lúa trong các đế thu mẫu khí N_2O đảm bảo đúng lượng dưỡng chất theo công thức bón phân của thí nghiệm.

d) Biện pháp quản lý nước

Hai chế độ quản lý nước tưới gồm tưới theo nông dân và tưới khô ngập luân phiên được áp dụng trong thí nghiệm, cụ thể như sau:

- Tưới theo nông dân: Ruộng tưới ngập từ 7 - 10 cm, khi ruộng cạn nước thì tiếp tục cho nước vào. Theo cách tưới này thì trên ruộng thường có nước. Tuy nhiên, cách tưới này làm cho giữa các đợt tưới (1 - 3 ngày) không có nước ngập mặt ruộng (độ cao mực nước bằng 0 cm) do không cho nước vào tưới kịp lúc. Phương pháp tưới theo nông dân được chọn để áp dụng thay vì tưới ngập liên tục (5 cm) vì nghiên cứu đặt trọng tâm khảo sát trong điều kiện canh tác thực tế của nông dân ở vùng thí nghiệm và ở ĐBSCL đa số nông dân không duy trì mực nước ngập liên tục 3 - 5 cm trên ruộng mà tưới ngập 7 - 10 cm và khi ruộng cạn nước thì cho nước vào.



Hình 3.6: Mô hình biện pháp quản lý nước tưới khô ngập luân phiên

- Tưới khô ngập luân phiên: Tưới khô ngập luân phiên được thực hiện theo quy trình của IRRI (2009): Trước mỗi đợt bón phân thì tiến hành tưới ngập 5 cm. Sau mỗi lần tưới, mực nước ruộng sẽ hạ thấp dần. Khi mực nước thấp đến độ sâu -15 cm thì tiến hành tưới ngập 5 cm. Trước và sau khi lúa trổ 1 tuần tưới ngập 5 cm và giữ cho đất luôn ngập nước trong giai đoạn này. Trước khi thu

hoạch 2 tuần thì không tưới để cho đất khô. Biện pháp tưới khô ngập luân phiên được minh họa ở Hình 3.6 được áp dụng trong thí nghiệm.

e) Phương pháp thu mẫu, phân tích và tính toán lượng N_2O

Thực hiện thu mẫu khí N_2O phát thải bằng phương pháp buồng kín (closed chamber method) của Yagi & Minami (1990) và Zou *et al.* (2005). Phần đáy buồng kín bằng cao su được đặt cố định ở vị trí thu mẫu. Hàm lượng khí N_2O thu được là mẫu khí phát thải từ lớp đất mặt và qua cây lúa.

Thực hiện thu mẫu theo phương pháp hướng dẫn của Parkin & Ventera (2010) đề xuất. Mẫu được thu ở các thời điểm 0, 10, 20, 30 phút sau khi đặt hệ thống buồng kín. Lượng N_2O phát thải được xác định bằng cách đo nồng độ N_2O trong mẫu khí được thu từ buồng kín gia tăng theo thời gian.

Bơm lấy mẫu không khí trong buồng kín bằng ống tiêm 60 ml có van khóa. Mẫu không khí thường được lấy trong khoảng 9 - 11 giờ sáng. Ghi nhận nhiệt độ trong buồng kín bằng nhiệt kế.

Hàm lượng khí N_2O phát thải trong mẫu khí được xác định bằng máy sắc ký khí SRI 8610C có cột đầu dò bắt electron (ECD) Hayesep-N tại Viện Lúa ĐBSCL. Nhiệt độ của buồng cột là 60 ^oC, áp suất khí H_2 15 là psi, áp suất không khí là 5 psi, áp suất khí N_2 là 19 psi. Cột dùng cho đầu dò ECD là Hayesep-N.

Lượng N_2O phát thải được xác định bằng cách đo nồng độ N_2O trong mẫu khí được thu từ buồng kín và tính toán lượng phát thải qua sự gia tăng lượng N_2O theo thời gian (0, 10, 20, 30 phút) bằng công thức của Parkin *et al.* (2012). Tổng lượng N_2O phát thải trong 50 ngày (từ 10 đến 60 ngày sau khi sạ) được tính toán dựa trên giả định lượng N_2O phát thải thay đổi tuyến tính giữa hai lần thu mẫu liên tiếp.

$$F_{daily} = \frac{\Delta C}{\Delta t}\frac{MW \times 60 \times 24}{R \times (273+T) \times 10^6}\frac{V}{A}$$

Trong đó:

F_{daily}: Lượng N_2O phát thải (mg N_2O-N.m^{-2}.d^{-1}).

$\Delta C/\Delta t$: Hệ số góc của nồng độ N_2O gia tăng theo thời gian từ T0 đến T30 [ΔC: Chênh lệch nồng độ N_2O mẫu trong buồng thu (ppb) và Δt: Khoảng thời gian đóng buồng thu (phút)].

MW: Khối lượng phân tử khí N_2O (44 g/mol).

60: Hệ số chuyển đổi phút thành giờ (min/h).

24: Hệ số tính chuyển giờ thành ngày (h/d).

R: Hằng số chất khí (0,08206 L.atm.mol^{-1}.K^{-1}).

273: Hệ số chuyển đổi ^oC sang K (K).

T: Nhiệt độ bên trong buồng thu (^oC).

10^6: $1x10^{-9}$L/Lx 10^3 (g/mg).

V: Thể tích buồng kính (120 l).

A: Diện tích mặt đáy buồng kính (0,229 m^2).

f) Phân tích hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt

Hàm lượng đạm tổng số trong rơm và trong hạt lúa được vô cơ hóa bằng hỗn hợp acid sulfuric đậm đặc và H_2O_2 và được xác định bằng phương pháp chưng cất Kjeldahl (Xem ở mục 3.4.2.6). Thực hiện phân tích lượng đạm trong rơm và trong hạt tại Viện Lúa ĐBSCL.

g) Phương pháp xử lý số liệu và phân tích thống kê

Số liệu năng suất lúa và các chỉ tiêu về hiệu quả nông học được nhập liệu và xử lý tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel. Năng suất lúa, lượng N trong rơm và N trong hạt được phân tích phương sai theo thể thức lô phụ 4 lần lặp lại, với lô chính là 2 chế độ quản lý nước và lô phụ là 5 mức độ N. Riêng hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi đạm được phân tích phương sai theo thể thức lô phụ 4 lần lặp lại, với lô chính là 2 chế độ quản lý nước và lô phụ là 4 mức độ N. Đối với số liệu về phát thải N_2O được phân tích phương sai theo thể thức lô phụ 3 lần lặp lại với lô chính là 2 chế độ quản lý nước và lô phụ là 4 dạng phân đạm. Sự khác biệt trung bình giữa các nghiệm thức được so sánh bằng kiểm định Tukey trên phần mềm Minitab v16 theo các tài liệu hướng dẫn của Gomez & Gomez (1984), Minitab (2010) và Lawal (2014). Việc so sánh lượng N_2O phát thải của các dạng phân đạm ở từng thời điểm của từng chế độ quản lý nước sẽ được trình bày bằng đồ thị và được so sánh trung bình sử dụng sai số chuẩn (±SE).

3.3.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến bốc thoát NH_3 trong canh tác lúa

Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát sự bốc thoát khí ammonia (NH_3) khi bón các dạng phân đạm khác nhau để đánh giá hiệu quả của các dạng phân này đối với sự mất đạm NH_3 - dạng N mất với lượng lớn nhất trong điều kiện canh tác lúa ở chế độ tưới theo nông dân. Thí nghiệm thực hiện tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long trên ruộng lúa của nông dân vụ hè thu 2014.

3.3.2.1 Phương tiện

Thí nghiệm tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long trên nhóm đất phèn tiềm tàng (Endo- ProtoThionic Gleysols) canh tác 3 vụ lúa.

Các loại phân bón được sử dụng trong thí nghiệm bao gồm: phân urê, phân urê Agrotain, phân NPK viên nén, phân IBDU, phân DAP và phân KCl đã được mô tả trong nghiên cứu 1 (xem ở mục 3.1.1.2).

Thực hiện thu mẫu NH_3 bốc thoát trực tiếp từ ruộng lúa. Mẫu khí NH_3 được thu bằng phương pháp buồng động học (Hình 3.8) theo phương pháp của

Hayashi *et al.* (2006). Hệ thống buồng động lực bao gồm 2 hệ thống: i) Hệ thống buồng thu lấy mẫu NH_3 bốc thoát từ ruộng lúa và ii) Hệ thống thu mẫu NH_3 trong không khí xung quanh.

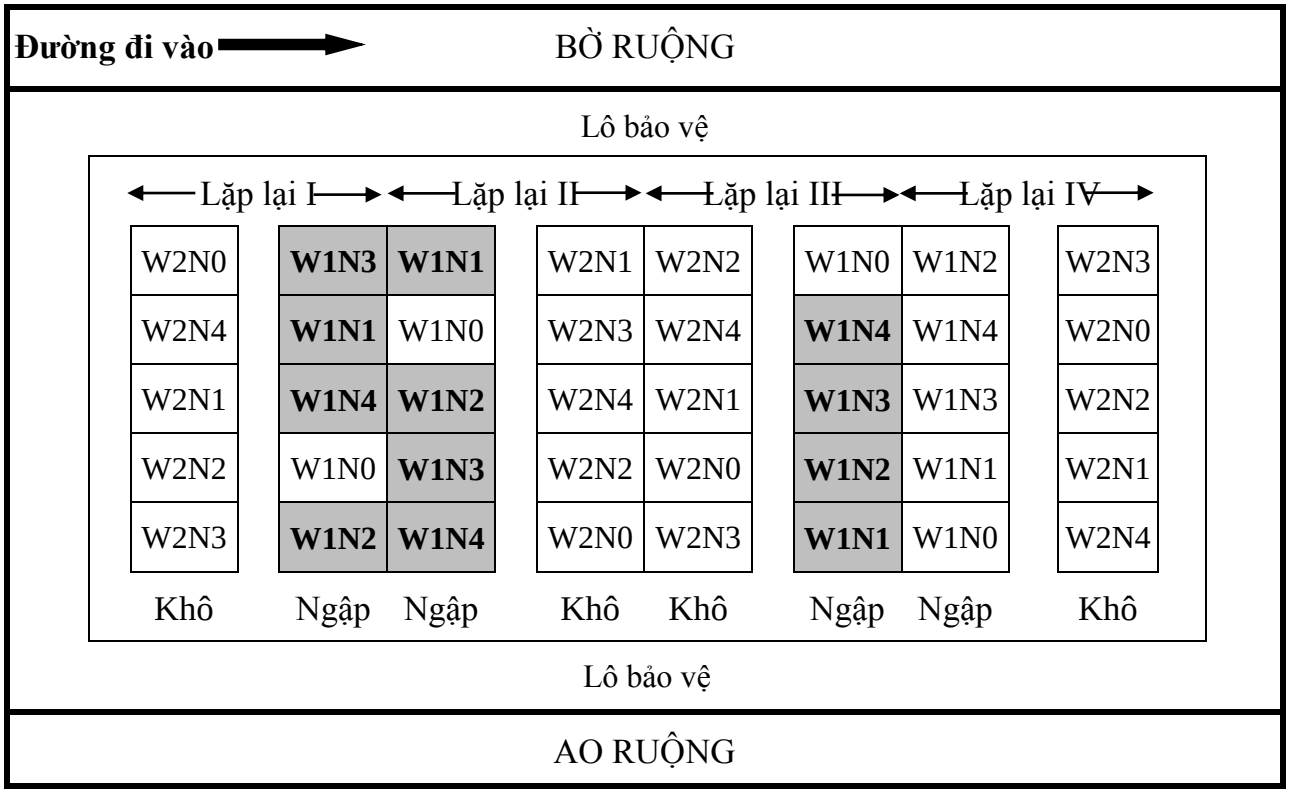
3.3.2.2 Phương pháp nghiên cứu

a) Bố trí thí nghiệm

Xác định NH_3 bốc thoát bằng cách lấy mẫu trên thí nghiệm ở nghiên cứu xác định N_2O trong mục 3.3.1,và được thực hiện trên các lô tưới theo nông dân, với 3 lần lặp lại (Hình 3.7). Các nghiệm thức thí nghiệm ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến sự bốc thoát NH_3 được trình bày ở Bảng 3.10.

Bảng 3.10: Các nghiệm thức thí nghiệm ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến sự bốc thoát NH_3

Số thứ tự	Ký hiệu	Nghiệm thức
1	W1N1	Urê
2	W1N2	Urê-nBTPT
3	W1N3	NPK viên nén
4	W1N4	NPK IBDU



Hình 3.7: Các lô thí nghiệm thu mẫu NH_3 trong nghiên cứu.

Ghi chú: : Các lô thực hiện thu mẫu NH_3.

b) Các chỉ tiêu khảo sát

Hàm lượng khí NH_3 trong các mẫu để xác định sự mất đạm do bốc hơi NH_3 của các dạng phân đạm theo thời gian 1, 3, 5, 7 ngày sau khi bón của đợt bón phân đợt 1 vào 10 ngày sau sạ, đợt 2 vào 20 ngày sau khi sạ và đợt 3 vào 40 ngày sau khi sạ.

pH nước ruộng và nhiệt độ nước, ghi nhận nhiệt độ không khí vào các thời điểm thu mẫu NH_3. Bên cạnh đó, mẫu để xác định hàm lượng ammonium trong nước ruộng cũng được thu vào cùng thời điểm với thu mẫu NH_3.

c) Phương pháp thu mẫu NH_3

Mẫu khí NH_3 được thu bằng phương pháp buồng kín động lực (dynamic chamber method) của Hayashi *et al.* (2006). Hệ thống này bao gồm 2 phần:

i) Hệ thống buồng thu lấy mẫu NH_3 bốc thoát từ ruộng lúa: không khí được lấy từ độ cao 2 m qua hệ thống ống dẫn đi vào buồng kín, rồi đến bộ lọc, tiếp tục đi qua lưu tốc kế đến máy bơm hút không khí.

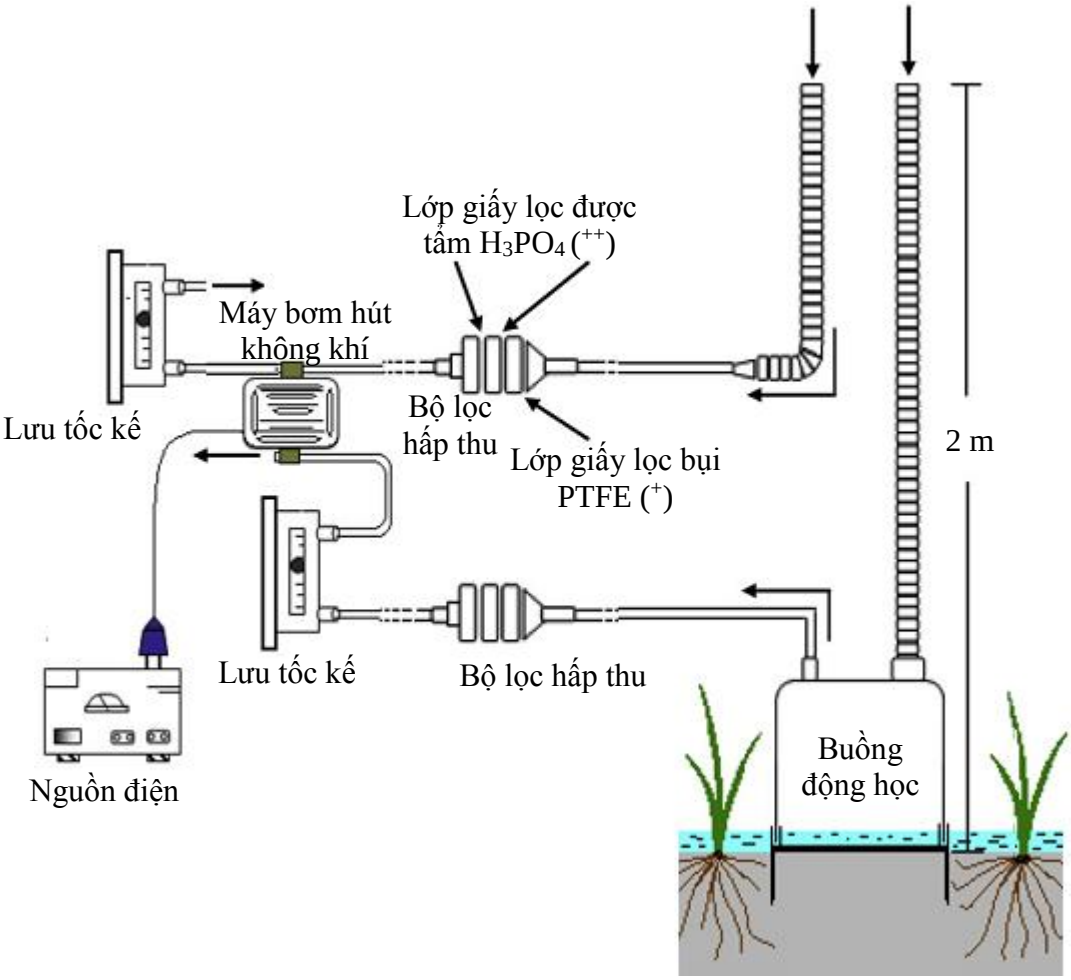
ii) Hệ thống thu mẫu NH_3 trong không khí xung quanh: không khí được lấy từ độ cao 2 m qua hệ thống ống dẫn đến bộ lọc rồi đến máy bơm hút, không khí tiếp tục đi qua lưu tốc kế (Hình 3.8).

Không khí qua hệ thống ống dẫn đến bộ lọc được lọc bụi bởi lớp giấy lọc PTFE Advantec T080A047A kích thước lỗ 0,8 μm. Khí NH_3 bốc thoát sẽ được giữ lại bằng 2 lớp giấy sắc ký chuyên dụng Advantec No. 51A. Giấy sắc ký này đã được làm ẩm bằng glycerin 2% v/v và tẩm với phosphoric acid 5% v/v rồi đưa vào lò vi sóng để chất tẩm thấm đều và được bảo quản trong bọc kín.

Mẫu NH_3 hấp thu trong các giấy lọc sẽ được trích trong ngày hôm sau để xác định hàm lượng NH_4^+ trong mẫu.

Thời gian chạy hệ thống buồng kín được thực hiện 4 giờ cho mỗi ngày thu mẫu (2 giờ vào buổi sáng và 2 giờ vào buổi chiều). Lưu lượng của máy bơm không khí đạt khoảng 15 l/phút.

Mẫu NH_3 bốc thoát được thu vào các ngày thứ 1, 3, 5 và 7 sau các đợt bón phân ở các thời điểm 10, 20 và 40 ngày sau khi sạ. Như vậy, các ngày này tương ứng với các ngày thứ 11, 13, 15, 17, 21, 23, 25, 27, 41, 43, 45, 47 sau khi sạ. Do chỉ có 6 bộ thu nên việc thu mẫu NH_3 của các nghiệm thức urê và urê-nBTRPT vào các ngày 16/4, 18/4, 20/4, 22/4, 26/4, 28/4, 30/4, 02/5, 16/5, 18/5, 20/5, 22/5. Riêng đối với nghiệm thức bón NPK viên nén và NPK IBDU thu mẫu thêm vào ngày thứ 19 sau khi sạ để số liệu được liên tục. Như vậy, mẫu NH_3 bốc thoát của các nghiệm thức NPK viên nén và NPK IBDU thu vào các ngày 15/4, 17/4, 19/4, 21/4, 23/4, 25/4, 27/4, 29/4, 01/5, 15/5, 17/5, 19/5, 21/5.



Hình 3.8: Các bộ phận của hệ thống buồng động học thu mẫu khí NH_3

Ghi chú: Các mũi tên chỉ hương di chuyển của không khí trong hệ thống
(+): Lớp giấy lọc bụi PTFE Advantec T080A047A.
(++): 2 lớp giấy sắc ký chuyên dụng Advantec No. 51A.

Nguồn: Hayashi *et al.* (2006)

d) Phương pháp phân tích

Hàm lượng NH_4^+ trong mẫu nước được xác định bằng phương pháp so màu trên máy quang phổ UV-Vis với bước sóng 650 nm.

Các giấy sắc ký khí hấp thu NH_3 sau khi lấy ra khỏi bộ lọc sẽ được hòa tan ngay trong 10, 20 hay 40 ml nước khử khoáng tùy theo ngày lấy mẫu. Dung dịch sau khi trích NH_3 sẽ được phân tích bằng phương pháp so màu (Blue-indophenol method).

Phân tích hàm lượng NH_4^+ trong các mẫu trích NH_3 được thực hiện tại Phòng Thí nghiệm Hóa học đất của Bộ môn Khoa học Đất - Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng - Trường Đại học Cần Thơ.

Xác định lượng phân đạm bị mất do bốc hơi NH_3 của các phương pháp bón phân, dạng phân đạm theo thời gian. Tính toán lượng NH_3 bốc thoát:

$$F_a = \frac{C_{ch} - C_{amb} \times V}{t \times S}$$

Trong đó: - F_a: Lượng NH_3 bốc thoát ($\mu gN.m^2.h^{-1}$).
- C_{ch}: Lượng NH_3 trong buồng thu có không khí ($\mu gN/m^3$).
- C_{amb}: Lượng NH_3 không khí xung quanh ($\mu gN/m^3$).
- V: Lượng không khí đi qua buồng thu (m^3).
- t: Thời gian thu mẫu NH_3 (h).
- S: diện tích bề mặt bên trong buồng thu (m^2).

Theo các nghiên cứu của Zhu *et al.* (1989) và Hayashi *et al.* (2008) thì lượng bốc thoát NH_3 trung bình ngày gồm buổi sáng và buổi chiều là 12 giờ. Sự bốc thoát NH_3 vào ban đêm thấp hơn và được giả định bằng phân nửa lượng bốc thoát NH_3 so với ban ngày. Như vậy, lượng bốc thoát NH_3 hàng ngày tính trên 18 giờ (gồm 12 giờ vào ban ngày và 6 giờ vào ban đêm).

Watanabe *et al.* (2009) tính lượng NH_3 bốc thoát trên ngày (CumF_{day}) như sau:

$$\text{Cum}F_{day} = 18\frac{F_{mor} + F_{aft}}{2} \qquad (mgN.m^{-2}.d^{-1})$$

Trong đó: - F_{mor}: Lượng NH_3 bốc thoát buổi sáng ($mgN.m^2.h^{-1}$).
- F_{aft}: Lượng NH_3 bốc thoát buổi chiều ($mgN.m^2.h^{-1}$).
- 18: Hệ số tính số giờ bốc thoát trong ngày (h/d).

Tổng lượng bốc thoát NH_3 (%) là tỷ lệ của tổng lượng NH_3 bốc thoát trong 7 ngày sau ba đợt bón phân so với lượng đạm bón. Số liệu tính toán dựa trên giả định lượng bốc thoát NH_3 thay đổi tuyến tính giữa hai ngày đo liên tiếp.

e) Phương pháp canh tác

Phương pháp canh tác đã được trình bày ở phần thí nghiệm ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên đến năng suất và sự phát thải N_2O trong canh tác lúa (Mục 3.4.2.3 trong nghiên cứu 4).

f) Phương pháp xử lý số liệu và phân tích thống kê

Số liệu trong nghiên cứu bốc thoát NH_3 được xử lý tính toán và phân tích tương quan bằng phần mềm Microsoft Excel. Lượng NH_3 bốc thoát ở các nghiệm thức qua các giai đoạn được trình bày bằng đồ thị sử dụng phương pháp thống kê mô tả dùng sai số chuẩn.

3.4 NGHIÊN CỨU 4: ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC DẠNG PHÂN ĐẠM TRÊN NĂNG SUẤT LÚA VÀ HIỆU QUẢ SỬ DỤNG PHÂN ĐẠM

Nghiên cứu ảnh hưởng của các dạng phân đạm gồm: bón vãi phân urê, bón vãi phân urê-nBTPT, bón vùi phân NPK viên nén trên năng suất, hiệu quả sử

dụng phân đạm và hiệu quả kinh tế. Các thí nghiệm của nghiên cứu được thực hiện trong điều kiền đồng ruộng trên ruộng lúa của nông dân tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh qua 2 vụ lúa (đông xuân 2012/2013 và hè thu 2013) và tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long (vụ đông xuân 2013/2014). Vị trí của các địa điểm nghiên cứu được thể hiện trên Bản đồ đất tỉnh Vĩnh Long và Bản đồ đất tỉnh Trà Vinh (xem Phụ lục 1).

Nghiên cứu này được dự kiến thực hiện trên các dạng phân urê-nBTPT, NPK viên nén và dạng phân chậm tan urê bọc polymer. Tuy nhiên, do trong kế hoạch hợp tác với IFDC có thay đổi nên dạng phân chậm tan chưa được cung cấp kịp thời. Ở nghiên cứu 1 và nghiên cứu 3, phân NPK IBDU được sử dụng như nguồn cung cấp dưỡng chất chậm tan cho lúa.

3.4.1 Phương tiện

3.4.1.1 Đất, phân bón, giống lúa, dụng cụ phân tích mẫu

a) Đất thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện trên 2 địa điểm ở vùng canh tác 3 vụ lúa tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh trên nhóm đất phù sa ven sông Tiền, sông Hậu (Dystric - Rhodic Gleysols) và tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long trên nhóm đất phèn tiềm tàng (Endo- ProtoThionic Gleysols). Các tính chất của đất thí nghiệm được trình bày ở nghiên cứu 2 (Bảng 3.5 và Bảng 3.6).

b) Phân bón

Các loại phân bón được sử dụng trong thí nghiệm gồm:

- Phân Urê 46-0-0 (Đạm Phú Mỹ), Urê Agrotain 46-0-0 (Bình Điền), DAP 16-45-0 (Đình Vũ) và kali clorua 0-0-60 Israel Chemicals Ltd.) được trình bày ở mục 3.1.1.2 trong nghiên cứu 1.

- Phân NPK viên nén được nén bằng máy từ hỗn hợp urê, DAP và kali clorua sử dụng cùng loại phân nêu trên. Phân viên nén được phối trộn ở các tỷ lệ tính toán trước để đáp ứng theo các công thức bón phân, với các loại phân viên nén sau:

+ Phân NPK viên nén 28-11-10 với trọng lượng viên phân 1,98 g để bón phân theo công thức 60 kgN/ha và 2,36 g theo công thức 80 kgN/ha. Phân viên được nén bằng máy nén phân ở Hợp tác xã Dịch vụ Nông nghiệp Số 1, xã Tam Thành - huyện Phú Ninh - tỉnh Quảng Nam.

+ Phân NPK viên nén 31-7-9 với trọng lượng viên phân 2,72 g dành cho công thức bón phân 100 kgN/ha nén bằng máy nén phân tại Cơ sở sản xuất phân viên nén dúi sâu Tình Thu, xã Mai Sơn huyện Lục Yên - tỉnh Yên Bái.

Do mỗi cơ sở có các máy nén viên phân có các kích cỡ khác nhau nên phải nhờ đến hai cơ sở sản xuất để có thể nén các viên phân có trọng lượng đạt dưỡng chất theo các công thức bón phân của thí nghiệm.

Phân tích hàm lượng N, P_2O_5, K_2O tổng số trong các loại phân viên nén để kiểm tra hàm lượng dưỡng chất trước khi sử dụng trong các thí nghiệm (Số liệu được trình bày ở Bảng 3.2).

- Phân super lân 0-16-0 (Long Thành) dùng để bón cho các lô không bón đạm (được trình bày ở mục 3.3.1.1 trong nghiên cứu 3).

c) Giống lúa

Giống lúa OM 6976 được sử dụng trong thí nghiệm năng suất là giống sử dụng phổ biến tại địa phương. Các đặc tính của giống lúa được trình bày ở mục 3.3.1.1 trong nghiên cứu 3.

d) Dụng cụ phân tích mẫu

Các máy móc, dụng cụ để phân tích mẫu cây tại Phòng Thí nghiệm Bộ môn Khoa học Đất - Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng - Trường Đại học Cần Thơ.

e) Dụng cụ canh tác

Các dụng cụ dùng trong canh tác lúa như máy sạ hàng và các dụng cụ làm cỏ, cấy dặm, bón phân, phun thuốc, thu hoạch…

3.4.2 Phương pháp nghiên cứu

3.4.2.1 Bố trí thí nghiệm

Các thí nghiện được bố trí để khảo sát ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất và hiệu quả sử dụng phân đạm tại 2 địa điểm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh và xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long.

Thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh được thực hiện qua 2 vụ lúa đông xuân 2012/2013 (gieo sạ ngày 24/12/2012 và thu hoạch ngày 04/4/2013) và vụ hè thu 2013 (gieo sạ ngày 15/5/2013 và thu hoạch ngày 18/8/2013. Thí nghiệm được tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long được tiến hành ở vụ lúa đông xuân 2013/2014 (gieo sạ ngày 13/11/2013 và thu hoạch ngày 22/02/2014).

Đường đi vào → BỜ RUỘNG

Lặp lại — Lô bảo vệ

I	N0	R1N3	R1N1	R3N3	R2N3	R1N2	R2N2	R2N1	R3N2	R3N1
Đường nước										
II	R2N1	R3N2	R3N1	R1N2	R2N2	R3N3	R1N3	R1N1	R2N3	N0
III	R3N3	R2N3	R3N2	R3N1	R1N2	R2N1	N0	R2N2	R1N3	R1N1
Đường nước										
IV	R1N1	R1N3	R1N2	R2N1	R3N1	N0	R3N3	R3N2	R2N2	R2N3

Lô bảo vệ

Lô bảo vệ

(a)

Đường đi vào → BỜ RUỘNG

Lặp lại — Lô bảo vệ

I	N0	R3N3	R3N2	R3N1	R2N2	R2N3	R2N1	R1N1	R1N2	R1N3
Đường nước										
II	R2N3	R2N1	R2N2	N0	R1N2	R1N3	R1N1	R3N2	R3N3	R3N1
III	R1N3	R1N1	R1N2	R2N2	R2N1	R3N2	R3N3	R3N1	R2N3	N0
Đường nước										
IV	R3N1	R3N2	R1N3	R1N2	R1N1	R3N3	R2N3	N0	R2N1	R2N2

Lô bảo vệ

Lô bảo vệ

(b)

Ruộng thí nghiệm

Hình 3.9: Sơ đồ bố trí thí nghiệm năng suất lúa và hiệu quả sử dụng phân đạm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh
(a): Vụ đông xuân 2012/2013 và (b): Vụ hè thu 2013.

Ghi chú: Thực hiện thí nghiệm trên cùng một mảnh ruộng nhưng khác vị trí giữa hai vụ để tránh ảnh hưởng lưu tồn phân bón do bón vùi.

Thí nghiệm được bố trí kiểu khối đầy đủ ngẫu nhiên (The Randomized Complete Block Design - RCBD) với 10 nghiệm thức và 4 lần lặp lại. Các nghiệm thức thí nghiệm năng suất và hiệu quả sử dụng phân đạm được trình bày ở Bảng 3.11. Diện tích mỗi lô thí nghiệm là 20 m^2, với kích thước lô thí nghiệm 4 m x 5 m. Các yếu tố khảo sát của nghiên cứu gồm:

- Liều lượng đạm bón: 60, 80, 100 kgN/ha.
- Dạng phân đạm: bón vãi phân urê, bón vãi phân urê-nBTPT, bón vùi phân NPK viên nén.

Bảng 3.11: Các nghiệm thức thí nghiệm năng suất và hiệu quả sử dụng phân đạm của các dạng phân đạm

Nghiệm thức	Dạng phân đạm và liều lượng đạm bón
N0	Không bón đạm
R1N1	Bón phân urê 60N
R1N2	Bón phân urê-nBTPT 60N
R1N3	Bón phân NPK viên nén 60N
R2N1	Bón phân urê 80N
R2N2	Bón phân NPK viên nén 80N
R2N3	Bón phân urê-nBTPT 80N
R3N1	Bón phân urê 100N
R3N2	Bón phân urê-nBTPT 100N
R3N3	Bón phân NPK viên nén 100N

Bố trí lô không bón đạm (N0) ở mỗi lặp lại để tính hiệu quả sử dụng đạm.

Lặp lại	Lô bảo vệ										
I	R1N3	R2N1	R3N1	R2N3	R3N3	R1N1	N0	R1N2	R2N2	R3N2	
Đường nước											
II	R1N1	R3N1	R2N1	R1N3	R1N2	R2N2	R3N2	R3N3	R2N3	N0	Lô bảo vệ
III	R1N2	R3N2	R2N2	R1N1	N0	R3N3	R2N1	R3N1	R1N3	R2N3	
Đường nước											
IV	N0	R1N2	R3N2	R2N2	R1N1	R3N1	R1N3	R2N3	R3N3	R2N1	
Lô bảo vệ											
BỜ RUỘNG ← **Đường đi vào**											

Hình 3.10: Sơ đồ bố trí thí nghiệm năng suất lúa và hiệu quả sử dụng phân đạm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

3.4.2.2 Chỉ tiêu khảo sát:

Các chỉ tiêu khảo sát bao gồm năng suất thực tế, hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt, hiệu quả sử dụng phân đạm và hiệu quả kinh tế.

a) Năng suất thực tế

Năng suất thực tế được tính từ khối lượng hạt lúa thu hoạch trong khung 2 m x 2,5 m = 5 m^2 của mỗi lô thí nghiệm (Dobermann & Fairhurst, 2000). Lúa thu hoạch mang đi đập lấy hạt, giê sạch rồi cân khối lượng hạt tươi ($W_{thu\ hoạch}$). Mẫu phụ (100 g hạt) được lấy mang đi phơi khô rồi tiến hành đo độ ẩm mẫu phụ khi khô, tính quy đổi trở lại độ ẩm khi thu hoạch ($H_{thu\ hoạch}$). Khối lượng lúa ở độ ẩm 14% ($W_{14\%}$) của lô thu hoạch 5 m^2 được tính theo công thức:

$$W_{14\%} = W_{thu\ hoạch} \times \frac{100 - H_{thu\ hoach}}{100 - 14} \quad \text{(kg)}$$

Khi đó, năng suất thực tế (NSTT) được tính bằng công thức:

$$NSTT = 2 \times W_{14\%} \quad \text{(tấn/ha)}$$

b) Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt

Mẫu cây lúa gồm rơm và hạt cũng như mẫu sinh khối thân được thu để phân tích hàm lượng đạm tổng số trong cây và tính các chỉ tiêu của hiệu quả sử dụng đạm. Mẫu khoảng 10 cây lúa trong lô 0,25 m^2 của lô thí nghiệm được thu để phân tích hàm lượng đạm dạng tổng số trong cây và trong hạt. Mẫu cây thu 3 lặp lại ở lô thí nghiệm từ Rep. I đến Rep. III. Mẫu sinh khối (rơm + hạt) được thu trong mỗi lô một khung 2 m x 2,5 m = 5 m^2, cân khối lượng tươi của cây lúa sau khi cắt sát gốc (Dobermann & Fairhurst, 2000). Mẫu phụ khoảng 200 g (rơm + hạt) lúa tươi mang đi sấy khô ở 70 ^oC đến lúc khối lượng không đổi. Sau đó cân khối lượng khô của mẫu phụ, tính toán quy về sinh khối thân trên 1 ha.

c) Hiệu quả sử dụng phân đạm

Các chỉ tiêu hiệu quả sử dụng đạm được tính toán qua 2 chỉ tiêu: hiệu quả nông học (AE_N) và hiệu quả thu hồi đạm (RE_N) (Dobermann, 2007).

- Hiệu quả nông học là phần năng suất tăng thêm khi bón mỗi kg phân N, được tính theo công thức:

$$AE_N = (Y_N - Y_0)/F_N \quad \text{(kg hạt /kg N bón)}$$

Trong đó: - Y_N là năng suất của lô bón đủ phân NPK (kg/ha).
- Y_0 là năng suất của lô không bón phân N (kg/ha).
- F_N là lượng phân N bón (kg/ha).

- Hiệu quả thu hồi đạm là phần đạm hấp thụ tăng thêm của mỗi kg phân N bón và được tính bằng công thức:

$$RE_N = (U_N - U_0)/F_N \quad (\%)$$

Trong đó: - U_N là tổng lượng N trong sinh khối của lô bón đủ phân NPK (kg/ha).
- U_0 là tổng lượng N trong sinh khối của lô không bón phân N (kg/ha).
- F_N là lượng phân N bón (kg/ha).

d) Hiệu quả kinh tế

Tính toán hiệu quả kinh tế theo các công thức:

- Chi phí = Tổng các chi phí sản xuất lúa
- Thu nhập = Sản lượng x Giá bán
- Lợi nhuận = Chi phí - Thu nhập
- Hiệu quả đồng vốn = Thu nhập / Chi phí.

Tổng các chi phí sản xuất lúa gồm chi phí trung gian và chi phí lao động của nông dân. Trong đó chi phí trung gian bao gồm các chi phí: giống, phân bón, thuốc bảo vệ thực vật, làm đất, tưới, chi phí thu hoạch và thủy lợi phí. Bên cạnh đó, chi phí lao động gồm các công việc quy ra thành tiền như: sửa đất, gieo sạ, làm cỏ, dặm lúa, bón phân, phun thuốc, thăm đồng… Việc xác định giá trong tính toán các chi phí dựa vào việc phỏng vấn nông dân.

Trong khi đó, thu nhập từ mỗi hecta sản xuất lúa được tính toán từ năng suất lúa thí nghiệm nhân với giá lúa tại thời điểm thu hoạch. Lợi nhuận và hiệu quả đồng vốn được tính toán và so sánh giữa các dạng phân đạm và liều lượng đạm bón.

3.4.2.3 Phương pháp canh tác:

a) Chuẩn bị đất

Đất được dọn sạch cỏ, xới sâu 15 cm và san bằng mặt ruộng. Phân lô với diện tích của mỗi lô là 20 m^2 = 5 m x 4 m. Đắp bờ giữa các lô với kích thước rộng 30 cm x cao 30 cm.

b) Gieo sạ

Giống lúa thí nghiệm là OM 6976. Lúa được gieo sạ theo phương pháp sạ hàng với mật độ sạ là 120 kg/ha và khoảng cách giữa các hàng là 20 cm.

c) Cách bón phân

Công thức phân bón nền cho các nghiệm thức thí nghiệm tại Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh và tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long là $30P_2O_5$ - $30K_2O$.

- Đối với phương pháp bón vãi (urê và urê-nBTPT):

Phân bón được chia làm 3 lần bón theo tỷ lệ ở Bảng 3.12. Tưới nước ngập ngay trước các đợt bón phân để nhằm hạn chế sự mất đạm.

Sử dụng phân DAP để cung cấp lân cho lúa phù hợp với cách bón của nông dân trong vùng và các loại phân viên nén cũng dùng DAP để nén. Thực tế nghiên cứu đã sử dụng cùng loại DAP là nguồn cung cấp chất lân (riêng ô không

bón đạm thì mới dùng super lân) do vậy liều lượng đạm từ urê và urê-nBTPT sẽ thấp hơn so với lượng bón tương ứng. Trong các thí nghiệm, sử dụng thống nhất DAP nên liều lượng N ở các dạng là tương đương nhau nên có thể so sánh được hiệu quả của đạm có trong phân urê-nBTPT hay phân NPK viên nén so với phân urê.

Bảng 3.12: Tỷ lệ bón phân đa lượng cho các giai đoạn sinh trưởng của cây lúa

Đợt bón phân	**Thời điểm bón phân**	**Tỷ lệ bón phân cho các đợt bón**		
		N	**P_2O_5**	**K_2O**
Đợt 1 (Bón thúc lần 1)	10 ngày sau khi sạ	1/5	1/5	1/2
Đợt 2 (Bón thúc lần 2)	20 ngày sau khi sạ	2/5	2/5	0
Đợt 3 (Bón đón đòng)	40 ngày sau khi sạ	2/5	2/5	1/2

- Đối với phương pháp bón vùi phân NPK viên nén:

Tiến hành vùi viên phân một lần duy nhất vào ngày thứ 10 sau khi sạ. Viên phân được vùi bằng tay ở độ sâu 7 - 10 cm và vùi theo kích thước viên cách viên là 40 cm x 40 cm. Bón vùi phân NPK viên nén có trọng lượng: 1,98 g, 2,36 g, 2,72 g, để đạt hàm lượng 60, 80 và 100 kgN/ha thì số lượng viên bón lần lượt là 194, 240 và 240 viên trên 20 m^2, số vị trí vùi tương ứng với số viên phân, mỗi vị trí vùi một viên phân.

Các loại thuốc bảo vệ thực vật như: thuốc diệt ốc bưu vàng, thuốc diệt cỏ, thuốc trừ sâu cuốn lá lúa, thuốc trừ rầy nâu, thuốc trừ bệnh đạo ôn, thuốc diệt nấm được sử dụng trong quá trình canh tác.

3.4.2.6 Phân tích hàm lượng đạm trong cây lúa

Hàm lượng đạm tổng số trong rơm và trong hạt lúa được công phá bằng cách vô cơ hóa mẫu trong hỗn hợp acid sulfuric đậm đặc và H_2O_2. Xác định hàm lượng đạm tổng số trong mẫu phân tích bằng phương pháp chưng cất Kjeldahl. Mẫu cây lúa được phân tích tại Phòng Thí nghiệm Bộ môn Khoa học Đất - Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng - Trường Đại học Cần Thơ.

3.4.2.7 Phương pháp xử lý số liệu và phân tích thống kê

Số liệu trong các nghiên cứu được xử lý tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel. Phân tích phương sai dùng kiểm định Tukey so sánh khác biệt trung bình giữa các nghiệm thức trên phần mềm Minitab v16 theo hướng dẫn của Minitab (2010) và Lawal (2014). Số liệu năng suất lúa, lượng đạm trong rơm và trong hạt các thí nghiệm qua ba vụ canh tác được xử lý thống kê bằng cách combine (hợp nhất) dữ liệu của nhiều vụ theo các tài liệu của Gomez & Gomez (1984); Lal (2015) và Moore & Dixon (2015).

CHƯƠNG 4
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

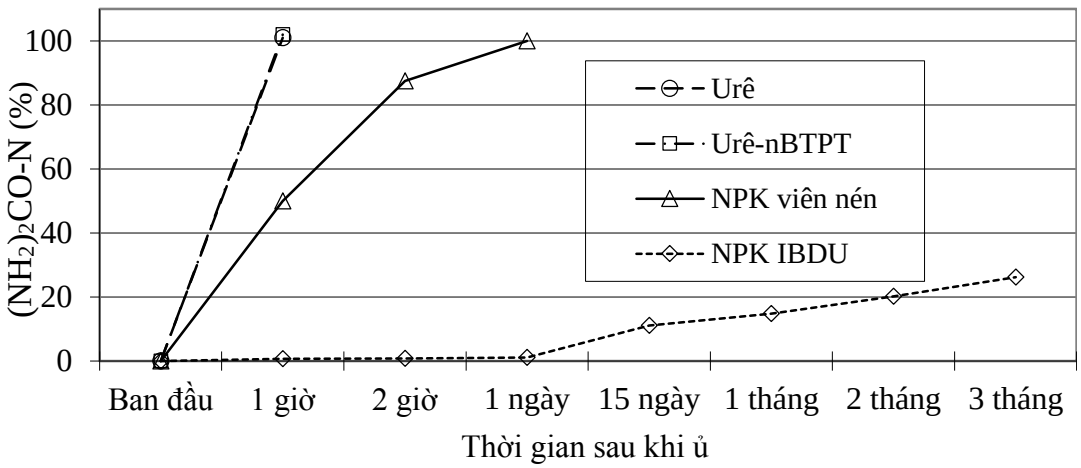
4.1 NGHIÊN CỨU 1: KHẢO SÁT SỰ HÒA TAN VÀ THỦY PHÂN CỦA CÁC DẠNG PHÂN ĐẠM

4.1.1 Sự hòa tan của các dạng phân đạm trong nước

Mức độ hòa tan của các dạng phân đạm trong nước được xác định bằng tỷ lệ urê hòa tan trong nước. Trong đó, tỷ lệ urê hòa tan trong nước được tính bằng phần trăm hàm lượng urê hòa tan ở thời điểm khảo sát so với hàm lượng urê có trong phân bón. Kết quả urê hòa tan (%) của các dạng phân đạm theo thời gian được trình bày ở Hình 4.1.

Tỷ lệ urê hòa tan của phân urê và urê-nBTPT cho thấy sự hòa tan trong nước hai loại phân này diễn ra rất nhanh, chỉ sau 1 giờ đã hòa tan hoàn toàn (100% lượng urê có trong phân bón). Phân NPK viên nén có sự hòa tan urê chậm hơn so phân urê thường và urê-nBTPT do trong bản thân viên nén được kết hợp với một số nguyên tố dinh dưỡng khác và nén lại thành viên. Tuy nhiên, tỷ lệ hòa tan của urê trong phân NPK viên nén chỉ trong vòng 1 ngày là đã hoàn toàn tan hết lượng urê-N chứa trong phân bón.

Kết quả sự hòa tan trong nước của ba loại phân phân urê, urê-nBTPT và NPK viên nén cho thấy các loại phân đều rất dễ tan nên cần rất chú ý trong quá trình bảo quản và vận chuyển. Lượng urê hòa tan nhanh này sẽ thủy phân thành dạng NH_4^+ để cây trồng có thể sử dụng, hấp phụ trong đất hoặc bị mất đạm trực tiếp sau khi bón.



Hình 4.1: Tỷ lệ urê hòa tan trong nước giữa các dạng phân đạm theo thời gian

Ghi chú: IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Kết quả phân tích cho thấy phân NPK IBDU hòa tan rất chậm trong nước. Mặc dù sau khi được ngâm 3 tháng trong nước nhưng phân chỉ hòa tan 26,2% lượng urê-N. Sự phóng thích rất chậm lượng đạm vào trong nước do phân NPK IBDU được sản xuất bằng cách trùng ngưng urê và isobutyraldehyde hình thành cấu trúc hóa học dạng chuỗi polymer và sự hòa tan gắn liền với sự phân giải cấu trúc của IBDU (xem Hình 2.4). Ngoài ra, theo Sartain & Kruse (2001) và Trenkel (2010) trong thành phần IBDU dạng đạm khó tan chiếm đến 90% có thể đã làm cho tỷ lệ urê hòa tan trong nước ở mức thấp.

Theo Trenkel (2010) và Varadachari & Goertz (2010) sự hòa tan phân IBDU phụ thuộc vào pH, nhiệt độ và ẩm độ đất. Trong điều kiện phòng thí nghiệm, phân được nghiên cứu chủ yếu trong môi trường nước cất, pH mẫu ủ gần trung tính do đó đã làm giảm tính hòa tan của IBDU. Trong điều kiện đồng ruộng pH thấp (pH = 4,5) có hiệu quả làm tăng tính hòa tan của phân IBDU biểu hiện qua việc cung cấp đạm tốt cho cây lúa, năng suất, hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi đạm đạt tương đương phân urê.

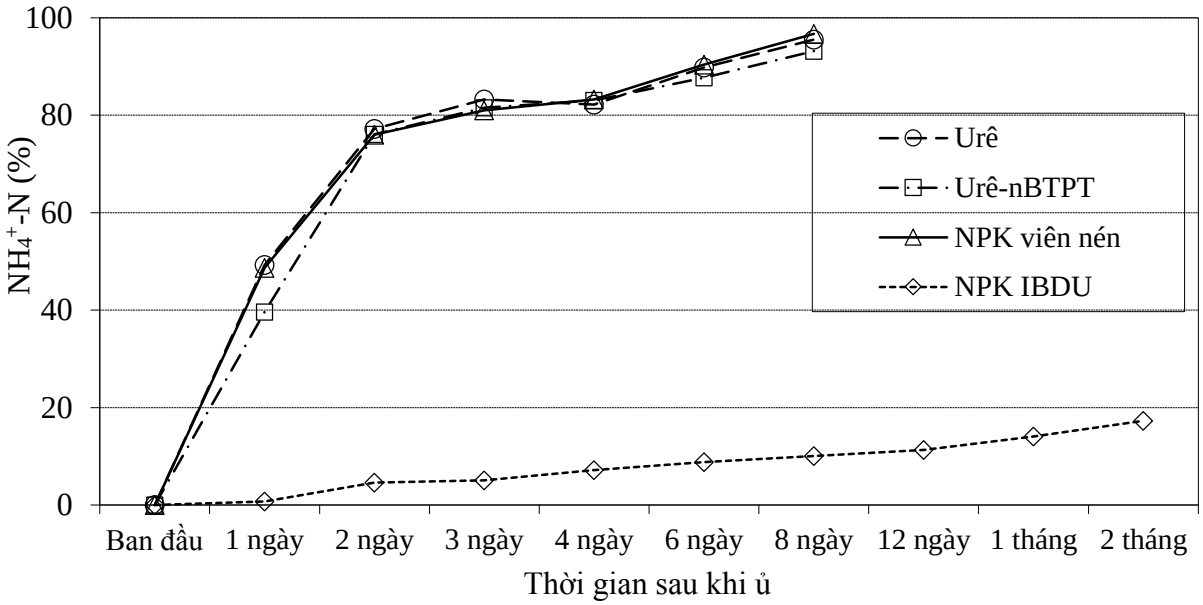
4.1.2 Sự thủy phân của các dạng phân đạm trong đất

Mức độ thủy phân của các dạng phân đạm trong đất được xác định bằng tỷ lệ lượng urê-N thủy phân thành lượng NH_4^+-N trong đất. Cụ thể, tỷ lệ urê-N thủy phân trong đất ở các thời điểm khảo sát được tính bằng tỷ lệ phần trăm hàm lượng NH_4^+-N thủy phân so với hàm lượng urê-N ban đầu có trong phân bón. Hình 4.2 trình bày kết quả thủy phân (%) của các dạng phân đạm theo thời gian.

Khi bón urê vào trong đất phân tử urê sẽ bị phá hủy thông qua quá trình thủy phân. Khi ủ phân urê trong dung dịch đất, tỷ lệ đạm NH_4^+ thủy phân sau 1 ngày là 49,3%, sau 2 ngày là 77,2% và sau 2 ngày là 83,2% (Hình 4.2). Sự thủy phân của phân urê tiếp tục ở các ngày tiếp sau và đến ngày thứ 8 sau khi ủ thì sự thủy phân urê hầu như hoàn toàn (95,5%). Vật liệu urê hạt dễ tan trong nước và đồng thời không có chất ức chế quá trình thủy phân nên tốc độ thủy phân rất nhanh dễ gây mất đạm.

Kết quả thí nghiệm trình bày ở Hình 4.2 cho thấy tỷ lệ NH_4^+-N thủy phân của phân urê-nBTPT sau khi ủ 1 ngày là 39,6%, sau 2 ngày là 76,1%, sau 3 ngày là 81,5%. Trong quá trình thủy phân, tỷ lệ NH_4^+-N thủy phân từ phân urê-nBTPT ở thời điểm 1 ngày sau khi ủ thấp hơn so với urê thường (Hình 4.2). Kết quả NH_4^+ thủy phân từ phân urê-nBTPT cho thấy việc phối trộn chất nBTPT trong phân urê-nBTPT có tác dụng kém trong việc hạn chế sự thủy phân urê thành NH_4^+-N trong dung dịch đất. Ở các thời điểm tiếp sau (từ 2 đến 8 ngày sau khi ủ) tỷ lệ đạm NH_4^+ thủy phân từ urê-nBTPT tương tự so với urê.

Nghiên cứu của Phongpan & Byrnes (1990) khi bón phân urê có hàm lượng ammoniacal-N cao hơn so với bón phân urê-nBTPT cùng liều lượng trong vòng 5 ngày đầu sau khi bón. Kết quả của thí nghiệm khi bón urê-nBTPT cho thấy hiệu quả của chất ức chế nBTPT trong việc trong giảm thủy phân urê trong vòng 3 ngày sau ủ. Do đó có thể nghiên cứu liều lượng phối trộn chất nBTPT trong phân urê để tăng hiệu quả trong việc giảm thủy phân urê dùng trong thí nghiệm.



Hình 4.2: Tỷ lệ NH_4^+-N thủy phân từ phân bón giữa các dạng phân đạm theo thời gian (%)

Ghi chú: IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Tỷ lệ NH_4^+-N thủy phân của phân NPK viên nén tương tự như phân urê do phân NPK viên nén dùng nguyên liệu là phân urê để nén. Ở thời điểm 1 ngày sau khi ủ, tỷ lệ NH_4^+-N thủy phân của nghiệm thức NPK viên nén đến 48,7% hàm lượng urê-N ban đầu chứa trong phân. Sau 2 ngày ủ, tỷ lệ NH_4^+ thủy phân của phân NPK viên nén ở mức 76,0%. Sau 3 ngày ủ, tỷ lệ NH_4^+ thủy phân của phân viên nén lên đến 81,0%. Ở các ngày tiếp sau (4 - 8 ngày sau khi ủ) sự thủy phân của phân NPK viên nén tiếp tục xảy ra và sự thủy phân NH_4^+ hầu như hoàn toàn (96,7%) tính đến ngày thứ 8 sau khi ủ. Tỷ lệ thủy phân NH_4^+-N của phân NPK viên nén ở các thời điểm khảo sát (1 - 8 ngày sau khi ủ) chưa khác biệt so với phân urê có thể do phân NPK viên được nén từ phân urê. Kết quả thủy phân nhanh của phân NPK viên nén chưa thấy hiệu quả trong việc hạn chế sự thủy phân trong điều kiện thí nghiệm trong phòng khi viên phân không được vùi sâu.

Phân NPK IBDU trong dung dịch đất đã bắt đầu thủy phân ở thời điểm 1 ngày sau khi ủ. Tuy nhiên, tỷ lệ NH_4^+-N thủy phân trong dung dịch đất rất thấp

do cấu trúc chậm tan của IBDU nên lượng dinh dưỡng được giải phóng từ từ. Kết quả phân tích cho thấy phân NPK IBDU sau 1 ngày chỉ thủy phân 0,75%, sau 2 ngày 4,6%, sau 3 ngày 5,1%, sau 4 ngày 7,2%, sau 6 ngày 8,8%, sau 8 ngày 10,1%, sau 12 ngày 11,3%, sau 1 tháng 14,1% và sau 2 tháng 17,3% lượng NH_4^+-N so với lượng N ban đầu có trong phân do lượng hòa tan của phân IBDU thấp trong điều kiện thí nghiệm. Hiệu quả thủy phân có thể tăng khi độ hòa tan của phân IBDU tăng trong điều kiện đồng ruộng trong đất có pH thấp (pH = 4,5). Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy phân NPK IBDU có sự hòa tan chậm nhưng hàm lượng N hữu dụng vẫn đáp ứng theo nhu cầu sinh trưởng và phát triển của lúa (Shaviv & Mikkelsen, 1993; Carreres *et al.*, 2003).

Tóm lại, kết quả từ nghiên cứu 1 cho thấy các loại phân đạm urê thường, urê-nBTPT, NPK viên nén tan rất nhanh trong nước trừ phân NPK IBDU tan rất chậm. Sau 1 giờ urê thường và urê-nBTPT đã tan hoàn toàn 100% với hàm lượng urê, riêng phân NPK viên nén hòa tan hoàn toàn sau 1 ngày. Hiệu quả của chất ức chế men thủy phân urease có trong phân urê-nBTPT thể hiện rõ qua lượng NH_4^+-N thủy phân trong vòng 3 ngày sau khi ủ so với phân urê. Phân urê-nBTPT cần được nghiên cứu cách phối trộn với hợp chất nBTPT phù hợp hoặc các chất ức chế sự thủy phân urê khác để tăng hiệu quả trong việc làm giảm sự thủy phân urê. Phân NPK viên nén có hàm lượng đạm bị thủy phân chưa thấy sự khác biệt so với urê thường còn phân NPK IBDU thủy phân rất chậm trong điều kiện thí nghiệm.

4.2 NGHIÊN CỨU 2: KHẢO SÁT SỰ PHÂN BỐ ĐẠM TRONG ĐẤT VÀ LƯỢNG ĐẠM TRONG NƯỚC THEO THỜI GIAN

Nghiên cứu ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến sự phân bố đạm trong đất và lượng đạm trong nước theo thời gian được thực hiện ở điều kiện đồng ruộng trên lô trống không trồng lúa. Các lô trống được bố trí vào các lô của 2 thí nghiệm đồng ruộng tại 2 xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh (vụ đông xuân 2012/2013 và vụ hè thu 2013) và tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long (vụ đông xuân 2013/2014) trong nghiên cứu 4.

4.2.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến pH và hàm lượng đạm trong nước ruộng

4.2.1.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến pH nước ruộng

a) Thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

Dưới sự xúc tác của men urease, khi được bón vào đất ngập nước urê [$(NH_2)_2CO$] sẽ chuyển thành $(NH_4)_2CO_3$ rồi tiếp tục chuyển sang NH_4OH. Khi mới bị thủy phân, urê có phản ứng kiềm nhưng không cao và chỉ thể hiện trong thời gian ngắn. Hình 4.3 ghi nhận pH nước ruộng ở thời điểm các ngày sau khi bón phân (NSKB) của các đợt bón phân.

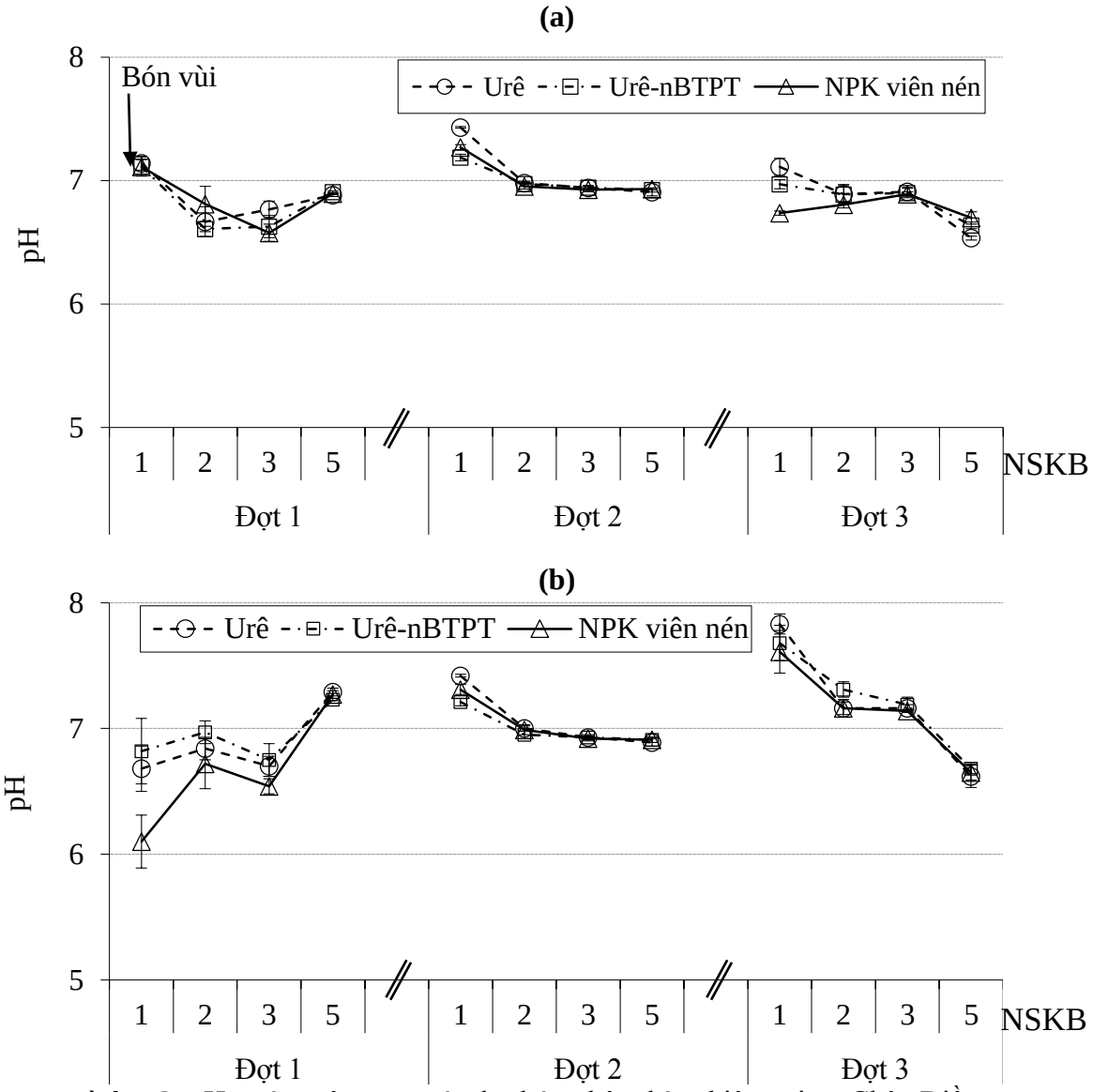
- Vụ đông xuân 2012/2013:

Diễn biến pH nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013 được trình bày trong Hình 4.3a.

Tại thời điểm 1 NSKB, pH của nghiệm thức urê (7,27 - 7,43) và nghiệm thức urê-nBTPT (7,05 - 7,19) có khuynh hướng đạt cao hơn so với nghiệm thức NPK viên nén (6,74 - 7,27). Khuynh hướng pH cao của nghiệm thức bón urê và urê-nBTPT có thể do sự hòa tan nhanh, sự thủy phân cao của hai dạng phân này. Kết quả từ thí nghiệm hòa tan và thủy phân của các dạng phân đạm cho thấy vào thời điểm 1 giờ sau ủ urê và urê-nBTPT đã tan hết (Hình 4.1) và lượng NH_4^+ thủy phân đến 49,3% và 39,6% lượng N theo thứ tự (Hình 4.2). Bón vùi phân NPK viên nén không làm tăng pH nước ruộng có thể do NH_4^+ được hấp phụ trong đất. Ở các ngày tiếp sau (2 - 5 NSKB) không có sự khác biệt rõ rệt về pH trong nước ruộng giữa các kỹ thuật bón.

Nhìn chung, giá trị pH trong nước ruộng được ghi nhận gần bằng 7 tại thời điểm 1 NSKB và thấp hơn 7 trong các thời điểm còn lại của thí nghiệm. Thông thường trên đất phù sa ngọt, giá trị pH nước ruộng ở mức 7,0 sau khi bón urê pH sẽ tăng nhanh và đạt pH cao nhất (pH = 9) vào thời điểm 2 - 3 NSKB, sau đó pH giảm dần và ở giá trị thông thường (Ngô Ngọc Hưng, 2004). Theo kết

quả nghiên cứu của Ngô Ngọc Hưng (2009a) trên loại đất có pH_{H_2O} = 4,3 (Thapto-histic suhic Tropaquepts) có pH nước ruộng chỉ khoảng 6,0 ở điều kiện thông thường, sau khi bón phân urê pH sẽ tăng cao (7,0 - 8,0) vào thời điểm 2 - 3 NSKB, sau đó pH giảm dần và ổn định ở giá trị 6,0. Trong điều kiện thí nghiệm, giá trị pH nước ruộng của thí nghiệm không tăng cao sau khi bón có thể do pH đất ở mức chua nhiều (pH_{H_2O} = 5,1) và điều kiện canh tác của thí nghiệm tiến hành trên đất ngập nước không liên tục, phải bơm nước tưới cho ruộng lúa đã hạn chế sự phát triển của tảo và các điều kiện khử của đất ngập liên tục. Tuy nhiên, theo nghiên cứu của Ferguson *et al.* (1984) cho thấy khi giữ pH nước ruộng thấp sẽ hạn chế được mất đạm dạng NH_3.



Hình 4.3: pH nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

a) vụ đông xuân 2012/2013. b) vụ hè thu 2013.

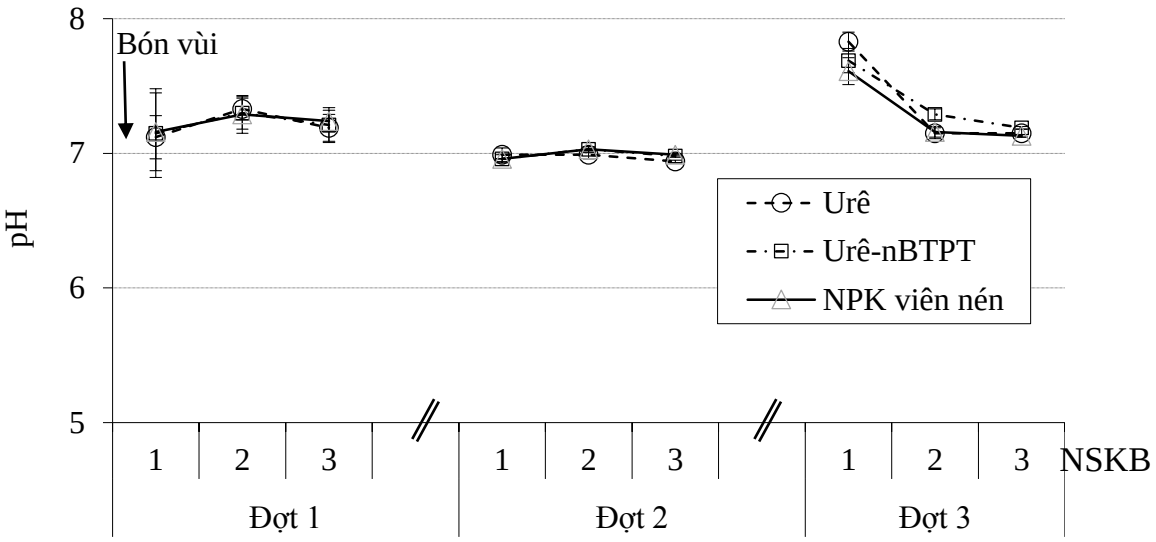
Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide. NSKB: Ngày sau khi bón phân.

- Vụ hè thu 2013:

Diễn biến pH nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013 được trình bày trong Hình 4.3b. Trong vụ hè thu 2013 diễn biến pH nước ruộng ở đợt bón phân thứ nhất và thứ hai của các nghiệm thức thí nghiệm tương tự như diễn biến của pH trong thí nghiệm vụ đông xuân 2012/2013 biến động từ 6,10 - 7,31. Riêng sau đợt bón phân thứ 3, pH nước ruộng (6,65 - 7,83) cao hơn ở đầu vụ (đợt 1) có thể do cuối vụ có mưa.

b) Thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long

Kết quả diễn biến pH nước ruộng sau các đợt bón phân của thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014 được trình bày ở Hình 4.4. pH nước ruộng ở các ngày sau các đợt bón phân không có sự khác biệt rõ giữa các nghiệm thức. Giá trị pH trung bình ở đợt 1 là 7,2 và pH trung bình ở đợt 2 là 7,0 có thể do quản lý nước ngập không liên tục theo cách tưới của nông dân. Vào giai đoạn sau khi bón phân đợt 3, giá trị pH nước ruộng đo được trong khoảng 7,2 - 7,8.



Hình 4.4: pH nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide. NSKB: Ngày sau khi bón phân.

Tóm lại, qua kết quả pH ở 2 điểm thí nghiệm qua 3 vụ lúa cho thấy pH nước ruộng không tăng cao sau khi bón có thể do tính chất đất và điều kiện canh tác. Khi bón phân urê [$(NH_2)_2CO$] phản ứng thủy phân urê sinh ra NH_4^+ và CO_2 trong dung dịch. Sự phóng thích CO_2 và tiêu thụ H^+ sau phản ứng thủy phân

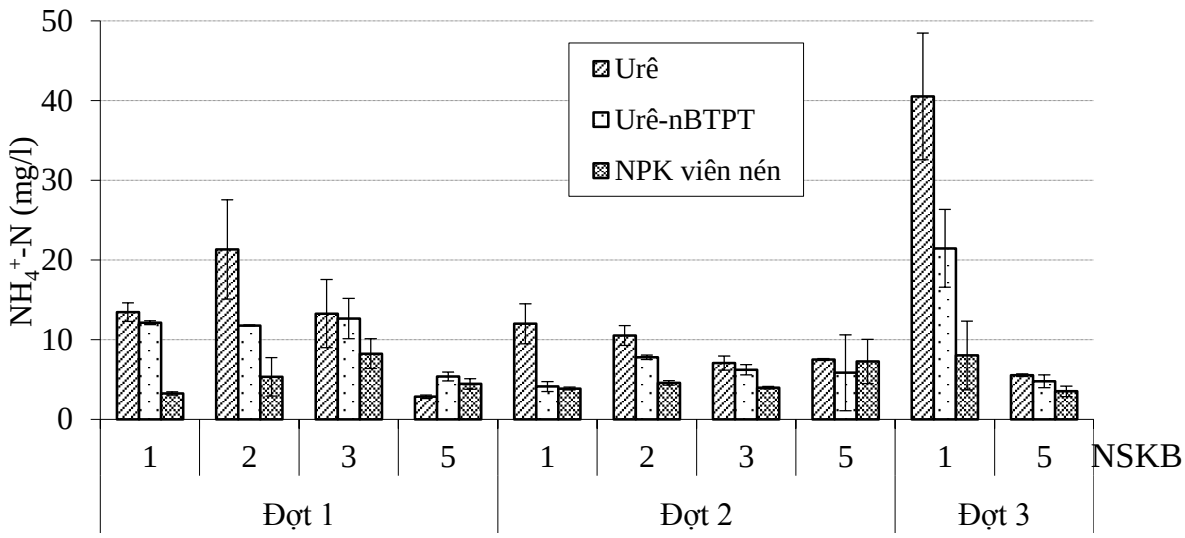
làm tăng pH đất. Tuy nhiên, khả năng đệm của đất có thể chậm lại sự gia tăng pH đất sau các đợt bón phân. Bên cạnh đó, ruộng thí nghiệm phải bơm tưới nước, đất không ở trong trạng thái ngập nước liên tục có thể đã hạn chế sự phát triển của tảo và các điều kiện khử khi ngập liên tục để góp phần tăng pH. pH nước không tăng cao sau các đợt bón phân do pH trong nước bị ảnh hưởng quan trọng bởi sự phát triển của rong tảo và pH đất. Trong điều kiện thí nghiệm, pH đất ở mức thấp (Bảng 3.5 và Bảng 3.6) và sự phát triển của rong tảo kém do nông dân không để nước ngập liên tục, do đó pH nước không tăng cao. Hơn nữa, khi giữ pH nước ruộng thấp sẽ hạn chế được mất đạm dạng NH_3.

4.2.1.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng đạm NH_4^+ trong nước ruộng

a) Thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

- Vụ đông xuân 2012/2013:

Kết quả nghiên cứu trình bày ở Hình 4.5 cho thấy hàm lượng NH_4^+ đối với nghiệm thức urê, hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong vòng 1 - 3 NSKB ở mức 13,44 - 21,32 mg/l và sau đó giảm dần theo thời gian, tại thời điểm 5 NSKB còn 2,83 - 7,5 mg/l. Nghiệm thức urê-nBTPT có hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong lớp nước mặt tại thời điểm 1 - 3 NSKB trong khoảng 12,13 - 12,64 mg/l và giảm dần vào thời gian sau đó. Hàm lượng NH_4^+ của nghiệm thức NPK viên nén ghi nhận khá thấp và ổn định trong suốt mùa vụ (3,23 - 8,24 mg/l).

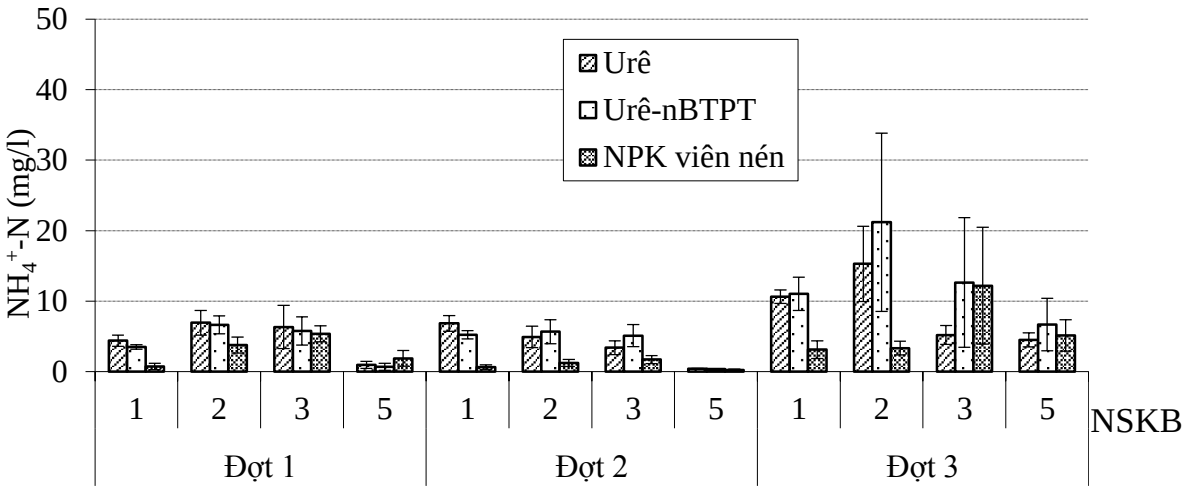


Hình 4.5: Hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền vụ đông xuân 2012/2013

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Nhìn chung, hàm lượng đạm NH_4^+ cao trong nước ở nghiệm thức urê và urê-nBTPT; lượng NH_4^+ thấp ở nghiệm thức NPK viên nén. Điều này được giải thích là do sự hòa tan nhanh và thủy phân cao của phân urê bón khi bón vãi trên bề mặt ruộng. Ở thí nghiệm thủy phân NH_4^+-N trong đất cho thấy sự thủy phân nhanh của phân urê và urê-nBTPT, chỉ sau 3 ngày ủ lượng NH_4^+-N thủy phân của hai loại phân này lần lượt là 83,2% và 81,5% (xem Hình 4.2). Đối với phân NPK viên nén hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong nước ruộng ở mức thấp do viên phân được vùi ở độ sâu 7 - 10 cm trong đất có thể đã tạo điều kiện thuận để đất hấp phụ lượng NH_4^+ thủy phân.

Kết quả này phù hợp với kết quả của Phongpan & Byrnes (1990) khi sử dụng urê-nBTPT có lượng NH_4^+ tăng cao vào thời điểm 1 NSKB và tăng cao nhất vào thời điểm 3 NSKB. Phongpan & Byrnes (1990) cho biết thêm là phân urê-nBTPT vẫn xảy ra tình trạng mất đạm do chảy tràn nếu không kiểm soát lượng nước hay lượng mưa lớn.



Hình 4.6: Hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide. NSKB: Ngày sau khi bón phân.

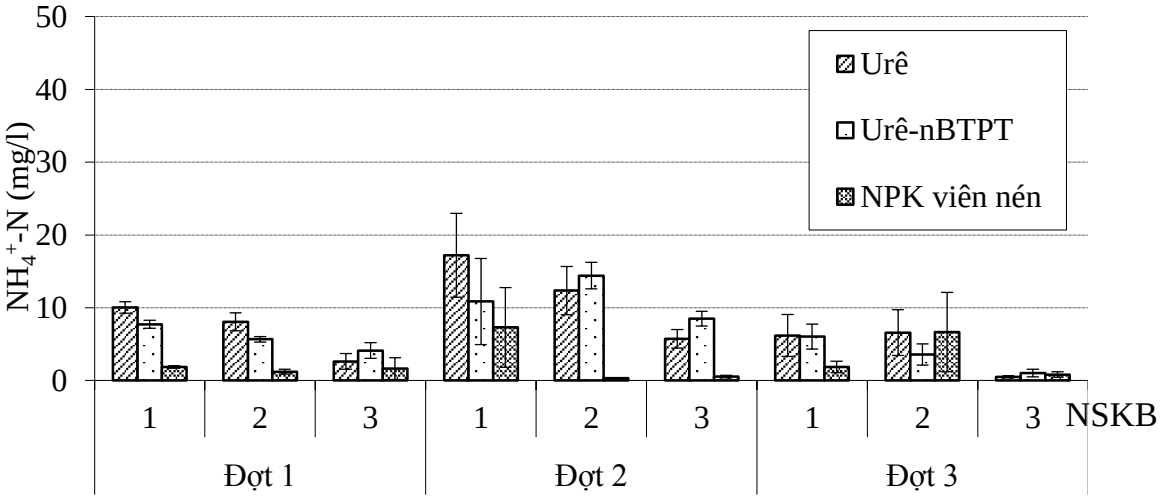
Kết quả thí nghiệm của Naznin *et al.* (2014) và Huda *et al.* (2016) cho thấy hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng của các nghiệm thức bón urê cao hơn nhiều so với bón viên siêu urê hay NPK viên nén; đặc biệt là vào thời điểm 2 NSKB, giảm sau đó và đến 6 NSKB thì hàm lượng NH_4^+-N của tất cả các nghiệm thức đều bằng nhau. Schnier *et al.* (1990) cho rằng phân đạm vùi sâu có NH_3(aq) trong nước giảm đáng kể làm cho sự mất N thấp hơn so với phân bón vãi.

- Vụ hè thu 2013:

Ở vụ hè thu 2013, hàm lượng đạm trong nước của các nghiệm thức cho kết quả tương tự như ở vụ đông xuân. Hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong lớp nước mặt của các nghiệm thức urê và urê-nBTPT có khuynh hướng cao hơn đối với nghiệm thức NPK viên nén. Đối với nghiệm thức urê thường, hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong vòng 1 - 3 NSKB ở mức 4,98 - 9,06 mg/l và sau đó giảm dần theo thời gian, thấp nhất tại thời điểm 5 NSKB (1,93 mg/l). Nghiệm thức urê-nBTPT có hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong lớp nước mặt tại thời điểm 1 - 3 NSKB trong khoảng 6,60 - 11,17 mg/l và giảm dần vào thời gian sau đó. Hàm lượng NH_4^+ của nghiệm thức NPK viên nén ghi nhận khá thấp (1,51 - 6,43 mg/l) và ổn định trong suốt mùa vụ.

b) Thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long

Kết quả nghiên cứu trình bày ở Hình 4.7 cho thấy hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong nước ruộng của các nghiệm thức bón urê thường và urê-nBTPT cao hơn đối với nghiệm thức NPK viên nén. Đối với nghiệm thức urê và urê-nBTPT có hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong vòng 1 - 2 NSKB trong khoảng 6,19 - 19,02 mg/l và 3,57 - 16,21 mg/l; lượng NH_4^+ sau đó giảm dần theo thời gian. Ở các giai đoạn thu mẫu, hàm lượng NH_4^+ của nghiệm thức NPK viên nén ghi nhận khá thấp và ổn định trong suốt mùa vụ (0,35 - 1,83 mg/l).



Hình 4.7: Hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

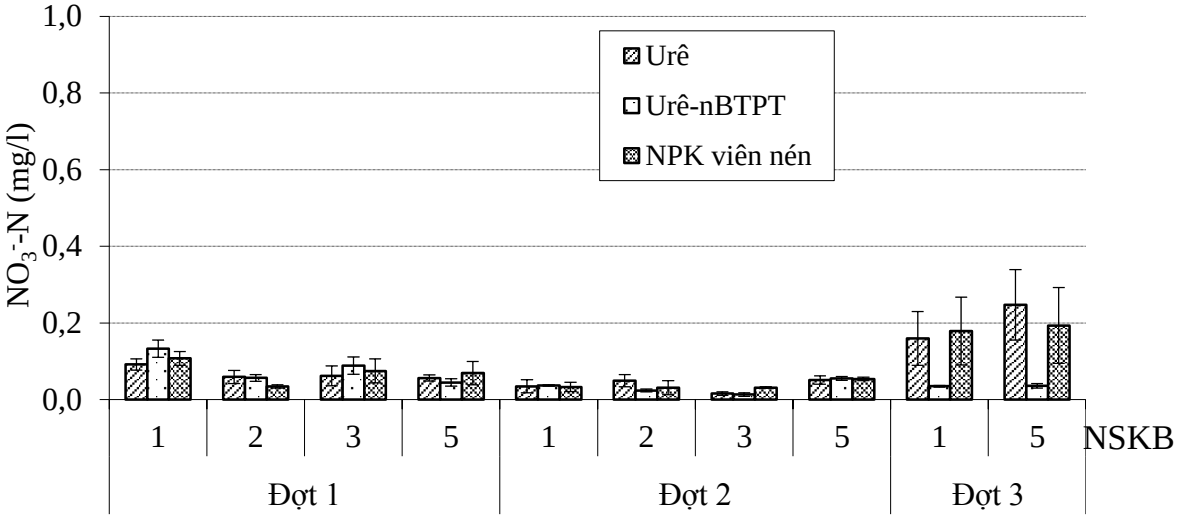
Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide. NSKB: Ngày sau khi bón phân.

Tóm lại, kết quả hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong nước ruộng cho thấy urê và urê-nBTPT bón vãi trên bề mặt sẽ gây ra tập trung NH_4^+ cao trong nước trong vòng 1 - 3 NSKB và sau đó giảm thấp tại thời điểm 5 NSKB sau cùng đợt bón phân. Điều này có thể làm gia tăng sự phát thải N_2O, bốc thoát NH_3, rửa trôi,

chảy tràn. Ngược lại, NPK viên nén được vùi sâu trong đất nên sự tích lũy đạm ở dạng NH_4^+ hòa tan trong nước thường thấp hơn so với 2 loại phân còn lại và ổn định trong suốt mùa vụ. Sự mất N liên quan đến nước mặt thường thấp khi bón vùi sâu phân NPK viên làm giảm nồng độ N hòa tan trong nước và giảm tối thiểu sự mất N thông qua tiến trình bay hơi, chảy tràn.

4.2.1.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng đạm nitrate trong nước ruộng

Hàm lượng đạm nitrate hòa tan thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013 được trình bày ở Hình 4.8. Kết quả cho thấy hàm lượng NO_3^- trong nước ruộng ở mức rất thấp (<0,25 mg/l) thể hiện ở tất cả các dạng phân đạm: urê, urê-nBTPT và NPK viên nén. Điều này có thể do sự hiện diện của vi sinh vật thúc đẩy nitrate hóa thường thấp trong đất ngập nước.



Hình 4.8: Hàm lượng NO_3^- trong nước ruộng sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide. NSKB: Ngày sau khi bón phân.

Tóm lại, kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến pH và hàm lượng đạm trong nước ruộng cho thấy:

- pH nước ruộng của thí nghiệm không tăng cao sau khi bón có thể do tính chất đất và điều kiện canh tác. pH đất ruộng thí nghiệm ở mức chua nhiều và ruộng thí nghiệm không ở tình trạng ngập nước liên tục, phải bơm tưới nước có thể đã hạn chế sự phát triển của tảo và các điều kiện khử của đất ngập liên tục để góp phần tăng pH. Khi giữ pH nước ruộng thấp sẽ góp phần hạn chế được sự mất đạm do bốc thoát NH_3.

- Hàm lượng NH_4^+-N hòa tan trong nước ruộng đạt rất thấp ở nghiệm thức bón phân NPK viên nén so với bón phân urê và urê-nBTPT. Bón phân urê làm cho hàm lượng NH_4^+ tăng cao rõ rệt ở 1 và 2 ngày sau khi bón, lượng này giảm xuống ở ngày thứ 3 và đạt thấp ở ngày thứ 5 sau khi bón phân. Urê thường và urê-nBTPT bón vãi trên bề mặt sẽ gây ra sự tích lũy NH_4^+ cao trong những ngày đầu sau khi bón có thể gây ra sự mất đạm do rửa trôi, bốc thoát NH_3. Bón phân urê-nBTPT cũng làm gia tăng hàm lượng NH_4^+ ở giai đoạn 1 - 3 ngày sau khi bón, tuy nhiên hàm lượng đạm này đạt thấp hơn so với nghiệm thức bón urê ở thời điểm 1 NSKB cho thấy hiệu quả của chất nBTPT kém trong việc làm chậm lại sự thủy phân urê. Ngược lại, phân NPK viên nén được vùi sâu trong đất nên sự tích lũy NH_4^+ và NO_3^- trên bề mặt nước ruộng thấp so với bón urê. Việc bón vùi phân NPK viên nén dẫn đến hàm lượng NH_4^+ trong nước thấp hơn rất nhiều so với bón urê và điều này cho thấy bón vùi sâu có thể làm giảm sự mất đạm do bốc hơi NH_3 và có tác dụng tăng hiệu quả sử dụng đạm, góp phần giảm thiểu sự ô nhiễm môi trường và giảm phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính.

4.2.2 Ảnh hưởng của của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất

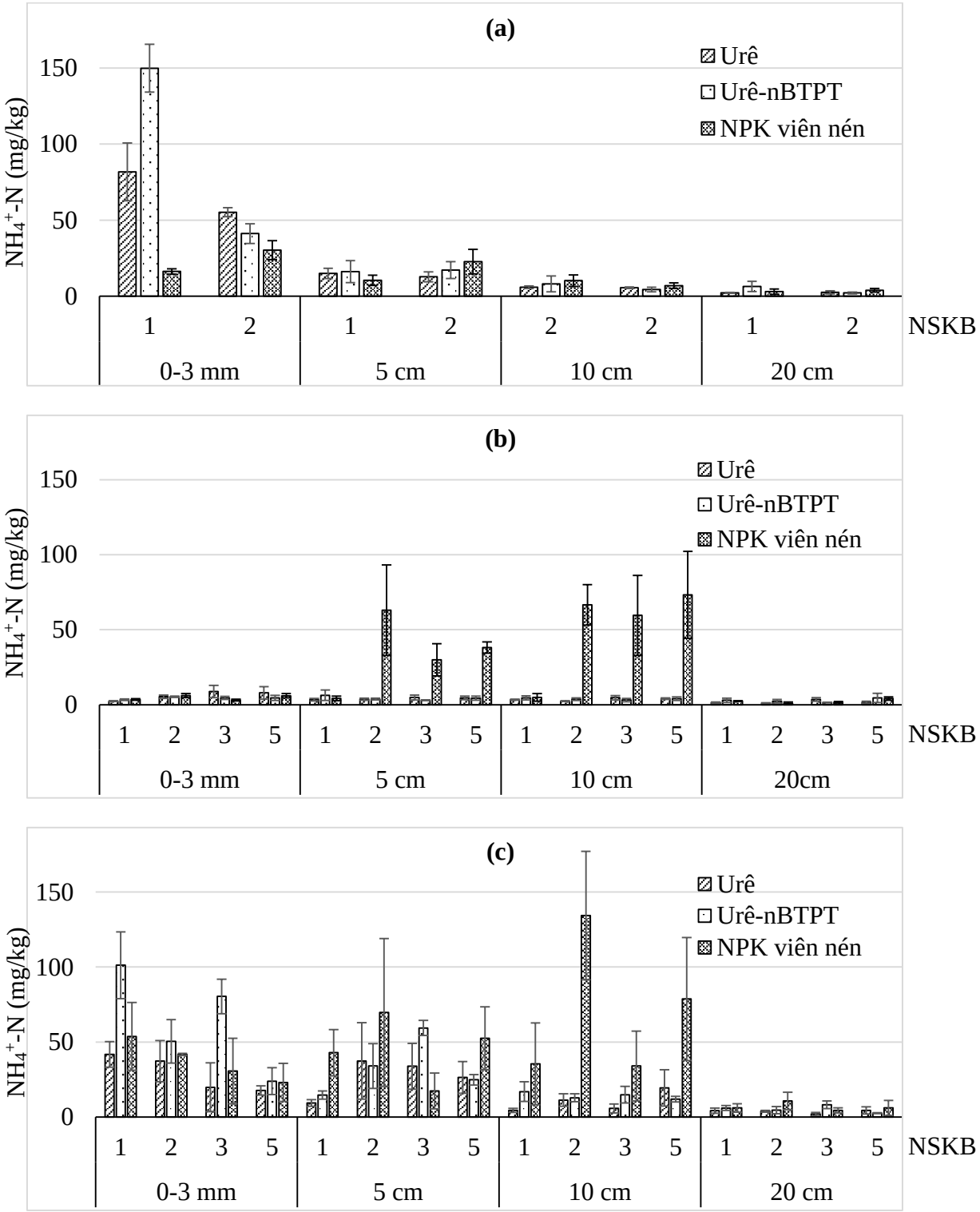
Hàm lượng đạm trao đổi trong đất theo thời gian (1, 2, 3, 5 NSKB), theo độ sâu (0 - 3 mm, 5 cm, 10 cm và 20 cm) và theo khoảng cách (5 cm và 10 cm) được khảo sát. Thí nghiệm được thực hiện tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh qua 2 vụ lúa (đông xuân 2012/2013 và hè thu 2013) và tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014.

4.2.2.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất sau các đợt bón phân

- Trong vụ đông xuân 2012/2013, hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất sau các đợt bón phân của thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh được trình bày ở Hình 4.9. Kết quả cho thấy sau khi bón phân đợt 1, vào thời điểm 1 NSKB, hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất của nghiệm thức urê và urê-nBTPT có khuynh hướng cao ở lớp đất mặt (0-3 mm) (81,80 và 149,84 mg/kg, theo thứ tự) có thể do các loại phân này được bón vãi. Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất của hai nghiệm thức này giảm dần theo độ sâu, thấp nhất là ở độ sâu 20 cm (với các giá trị 2,56 mg/kg; 2,19 mg/kg, theo thứ tự tương ứng). Trong khi đó, nghiệm thức NPK viên nén có hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất thấp và dao động trong khoảng 3,94 - 30,31 mg/kg có thể do NPK viên nén được vùi sâu.

Ở giai đoạn sau khi bón phân đợt 2, hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất ở nghiệm thức NPK viên nén đạt cao nhất ở độ sâu 5 cm và 10 cm và dao động trong khoảng 29,93 mg/kg - 73,20 mg/kg. Tuy nhiên, hàm lượng NH_4^+ trao đổi

trong đất thấp vào đợt bón thứ 2 được ghi nhận ở cả nghiệm thức urê và urê-nBTPT kể cả ở lớp đất mặt đến độ sâu 20 cm có thể do sự không đồng đều giữa các lần lấy mẫu hay do điều kiện quản lý nước.



Hình 4.9: Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013
(a): bón phân đợt 1, (b): bón phân đợt 2, (c): bón phân đợt 3.

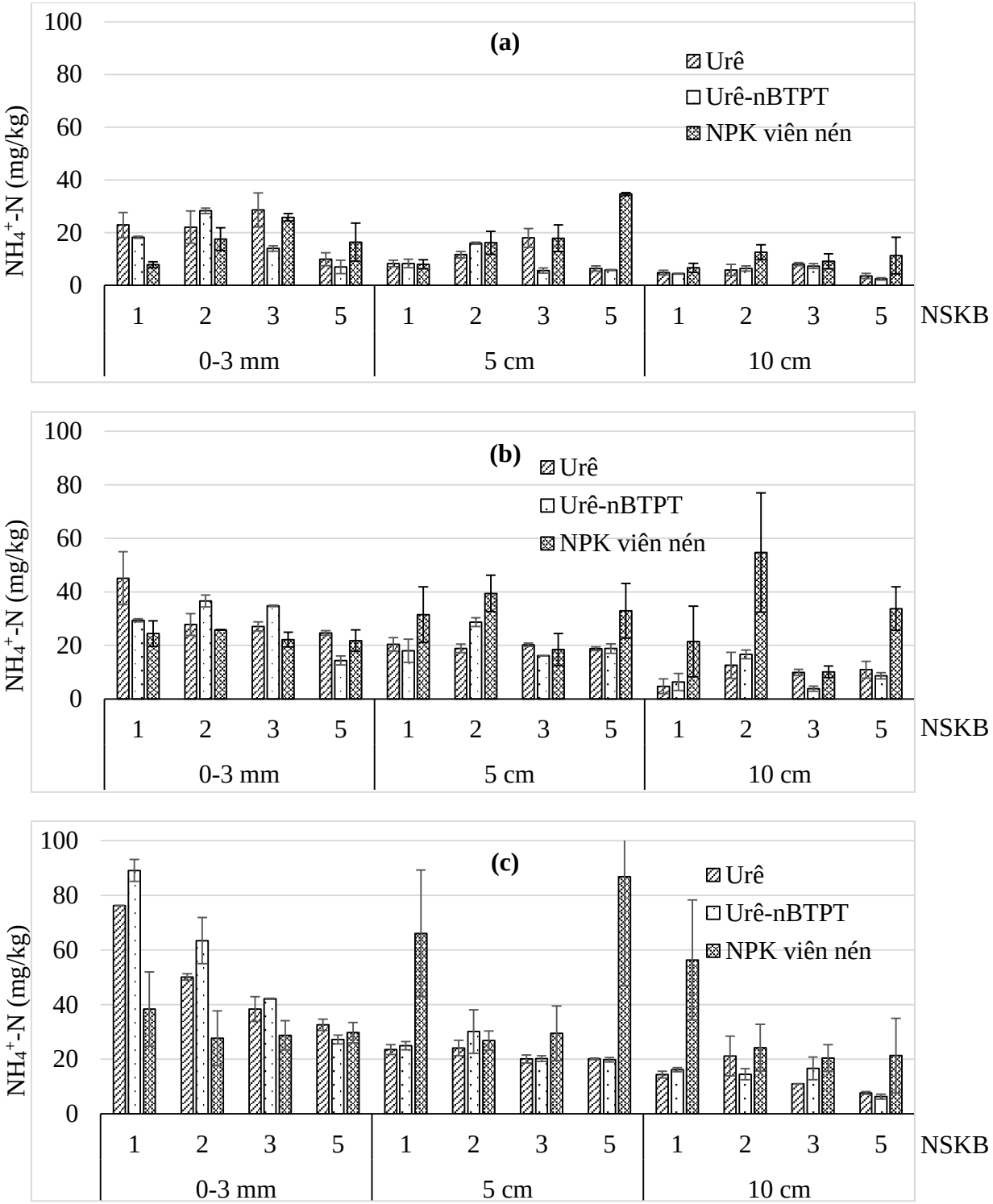
Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide. NSKB: Ngày sau khi bón phân.

Sau khi bón phân đợt 3, nghiệm thức NPK viên nén vẫn thể hiện hàm lượng NH_4^+ cao rõ rệt ở độ sâu 5 cm - 10 cm (17,41 - 134,32 mg/kg). Do NPK vùi trong đất có độ sâu 7 - 10 cm nên hàm lượng NH_4^+ tích lũy ở độ sâu này và được đất giữ lại để cung cấp cho cây. Điều này cho thấy rằng khi vùi phân đạm trong đất, thời gian lưu tồn NH_4^+ lâu hơn nhiều so với phân bón được rãi vào trong lớp nước mặt có thể do NH_4^+ được hấp phụ trên bề mặt keo sét.

Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất ở nghiệm thức bón vãi (urê và urê-nBTPT) có khuynh hướng đạt cao trên bề mặt và thấp ở độ sâu 10 cm và 20 cm. Trong khi đó nghiệm thức vùi sâu phân NPK viên nén thì hàm lượng NH_4^+ vẫn còn lưu tồn cao trong đất ở độ sâu từ 5 cm - 10 cm. Hàm lượng NH_4^+ của nghiệm thức NPK viên nén thường thấp ở trong nước ruộng và trên lớp đất mặt 0 - 3 mm và thấp ở độ sâu 20 cm. Điều này cho thấy rằng khi vùi phân đạm trong đất có thể NH_4^+ được hấp phụ trên bề mặt keo sét làm cho hàm lượng NH_4^+ tập trung trong đất ở độ sâu từ 5 cm - 10 cm, điều này rất có ích sự mất đạm do di chuyển lên bề mặt hay rửa trôi xuống sâu hơn là tương đối nhỏ.

- Trong vụ hè thu 2013, hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất sau các đợt bón phân của thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh được trình bày ở Hình 4.10. Kết quả cho thấy vào thời điểm 1 NSKB của các đợt bón phân 1, hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất của nghiệm thức urê và urê-nBTPT có khuynh hướng đạt cao rõ rệt ở lớp đất mặt (0-3 mm) (với các giá trị 22,89 - 76,23 mg/kg và 18,23 - 89,11 mg/kg, theo thứ tự). Do bón vãi nên hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất của hai nghiệm thức này giảm dần theo độ sâu, thấp nhất là ở độ sâu 10 cm (3,54 - 21,13 mg/kg và 2,41 - 16,65 mg/kg, theo thứ tự). Trong khi đó, nghiệm thức NPK viên nén có hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất ở lớp đất mặt (0 - 3 mm) thấp hơn so với 2 loại phân còn lại, dao động từ 7,81 - 38,34 mg/kg do NPK viên nén được vùi sâu. Riêng ở độ sâu 5 cm và 10 cm, hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất của nghiệm thức NPK viên nén đạt cao nhất và dao động trong khoảng 7,95 - 86,77 mg/kg và 6,64 - 56,34 mg/kg.

Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất có khuynh hướng tương tự ở vụ đông xuân và vụ hè thu. Sau 3 đợt bón phân thì lượng phân N được tích lũy đối với các nghiệm thức bón phân urê và urê-nBTPT làm cho hàm lượng NH_4^+ ở đợt bón phân thứ ba lại cao ở tất cả các tầng đất (mẫu đất được thu từ lô trống không trồng lúa). Riêng đối với nghiệm thức NPK viên nén do sự khuếch tán chậm giữa các khoảng cách bón và độ sâu bón. Kết quả này cũng cho thấy màu sắc lá ở giai đoạn 40 NSKS vẫn còn xanh hơn so với bón urê và urê-nBTPT (Bảng 6.1.5 - Phụ lục 6).



Hình 4.10: Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất sau các đợt bón phân thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013 (a): bón phân đợt 1, (b): bón phân đợt 2, (c): bón phân đợt 3

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide. NSKB: Ngày sau khi bón phân.

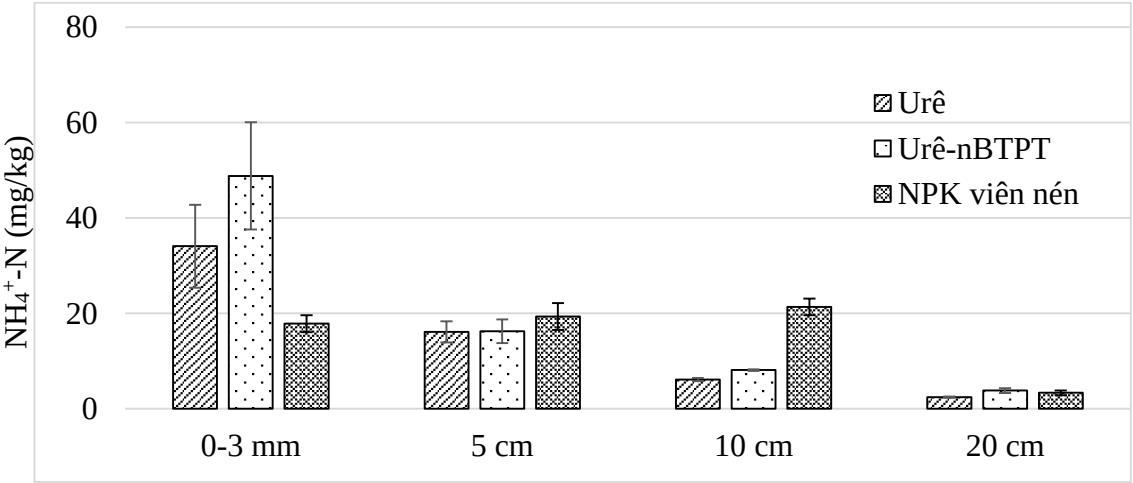
4.2.2.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu

Để khảo sát rõ hơn về ảnh hưởng của các nghiệm thức bón đạm và độ sâu bón đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất, kết quả NH_4^+ được trình bày từ số liệu tính theo trung bình giữa 3 đợt bón và các ngày sau khi bón.

a) Thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

- Vụ đông xuân 2012/2013:

Hình 4.11 cho thấy hàm lượng đạm cao vượt trội được thể hiện ở nghiệm thức bón phân urê và urê-nBTPT (34,09 và 48,84 mg/kg, theo thứ tự) khác biệt rõ so với NPK viên nén (17,84 mg/kg) trong lớp đất trên bề mặt. Bón phân urê và phân urê-nBTPT có hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất cao trong lớp đất trên bề mặt và giảm đáng kể theo chiều sâu. Lượng NH_4^+ trao đổi trong đất tương đương nhau ở độ sâu 5 cm (Hình 4.11). Trong khi đó bón NPK viên nén có hàm lượng NH_4^+ cao ở độ sâu 10 cm (21,33 mg/kg) so với bón urê và urê-nBTPT (6,13 và 8,10 mg/kg, theo thứ tự). Kết quả này cho thấy bón vãi urê và urê-nBTPT làm gia tăng hàm lượng đạm trong lớp đất mặt có thể dễ dẫn đến mất và bón NPK viên nén có đạm tập trung ở lớp đất bên dưới nên có thể cung cấp trực tiếp cho rễ cây trồng và ít bị nitrate hóa, nên ít bị mất đạm ở dạng N_2O.



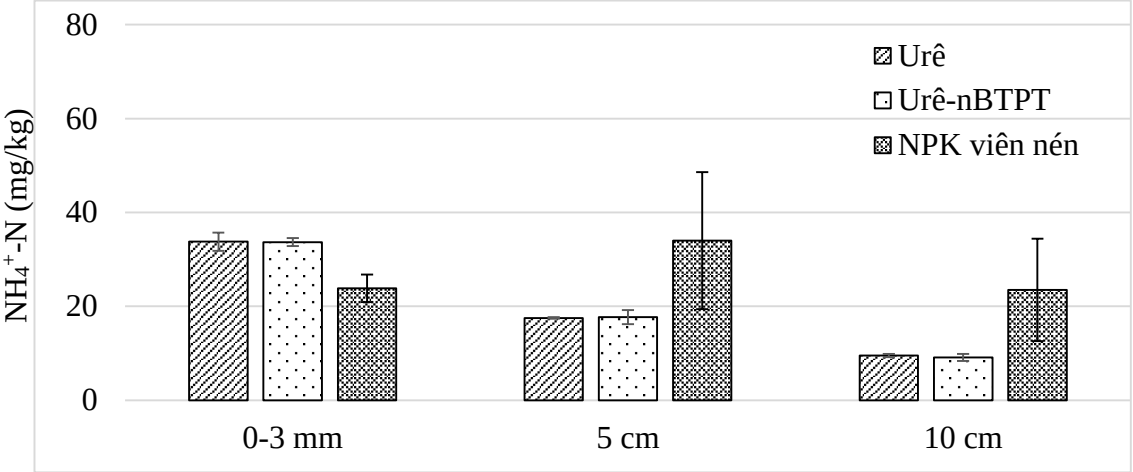
Hình 4.11: Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

- Vụ hè thu 2013:

Hình 4.12 cho thấy hàm lượng đạm trong nghiệm thức bón phân urê thường (33,78 mg/kg) và urê-nBTPT (33,69 mg/kg) cao hơn so với NPK viên nén (23,84 mg/kg) trong lớp đất trên bề mặt. Ở độ sâu 5 cm và 10 cm thì hàm lượng NH_4^+ ở hai nghiệm thức này giảm đáng kể so với phân NPK viên nén.

Trong khi đó, bón phân NPK viên nén có hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất đạt cao ở độ sâu 5 cm và 10 cm (34,00 mg/kg và 23,48 mg/kg) so với 2 loại phân bón còn lại.



Hình 4.12: Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

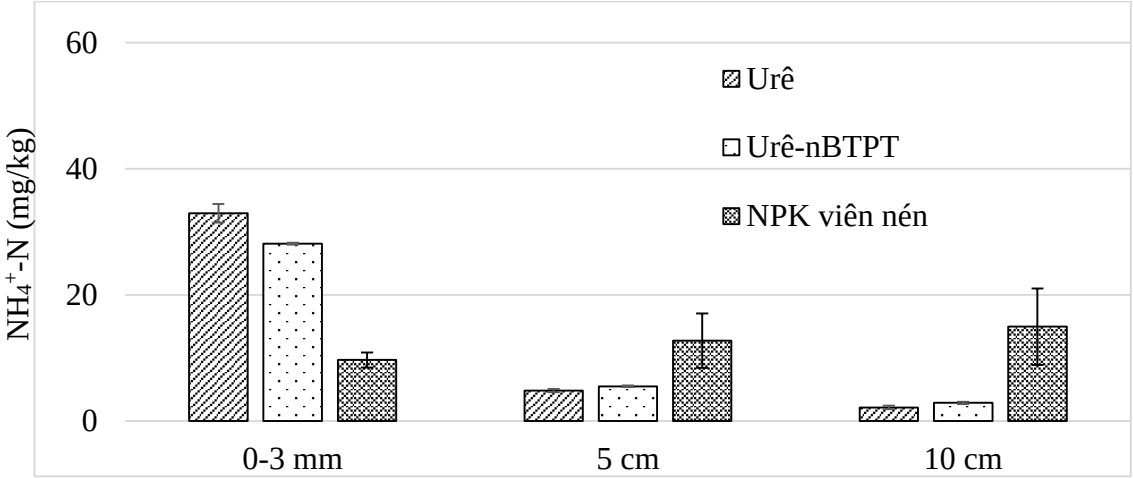
Nhìn chung, hàm lượng đạm (NH_4^+) ở lớp đất trên bề mặt (0-3 mm) của nghiệm thức phân urê và urê-nBTPT tập trung cao hơn nghiệm thức NPK viên nén. Ngược lại, ở độ sâu 5 cm và 10 cm thì hàm lượng đạm của phân NPK viên nén là cao nhất và hàm lượng đạm của urê thường và urê-nBTPT đều thấp hơn so với phân NPK viên nén.

b) Thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long

Kết quả thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long ở Hình 4.13 cho thấy lớp đất bề mặt (0 - 3 mm) hàm lượng đạm trong nghiệm thức bón phân urê (32,94 mg/kg) và urê-nBTPT (28,1 mg/kg) khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức NPK viên nén (9,66 mg/kg). Do cả hai nghiệm thức này được bón vãi trên bề mặt đất nên khả năng hòa tan và thủy phân nhanh trong nước cao làm hàm lượng đạm hiện diện nhiều trên bề mặt, khả năng bị bốc thoát cũng cao hơn.

Ở độ sâu 5 cm, hàm lượng NH_4^+ trao đổi ở hai nghiệm thức urê và urê-nBTPT có khuynh hướng giảm so với phân NPK viên nén. Trong khi phân NPK viên nén có hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất có khuynh hướng đạt cao ở độ sâu 5 - 10 cm (12,72 mg/kg; 14,95 mg/kg) so với loại phân urê (4,79 mg/kg) và urê-nBTPT (5,48 mg/kg). Tuy nhiên sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê.

Ở độ sâu 10 cm, nghiệm thức bón vùi NPK viên nén ở độ sâu 10 cm cho kết quả đạt cao nhất (14,95 mg/kg) và có ý nghĩa ở mức 5% so với các nghiệm thức urê (2,113 mg/kg) và urê-nBTPT (2,86 mg/kg).



Hình 4.13: Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Nhìn chung, ở nghiệm thức bón vùi NPK viên nén cho hàm lượng NH_4^+ đạt cao ở độ sâu 5 cm và 10 cm so với các loại phân còn lại bón vãi phân urê và urê-nBTPT. Phân đạm vùi sâu có thể cung cấp lượng đạm trực tiếp vào trong đất gần với rễ cây, vì vậy cây trồng hấp thu đạm dễ dàng. Qua đó, cách bón này giúp giảm lượng đạm di chuyển vào trong lớp nước mặt, nơi mà có thể xảy ra bốc thoát nhiều chất khí nhà kính hoặc chảy tràn.

4.2.2.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo khoảng cách

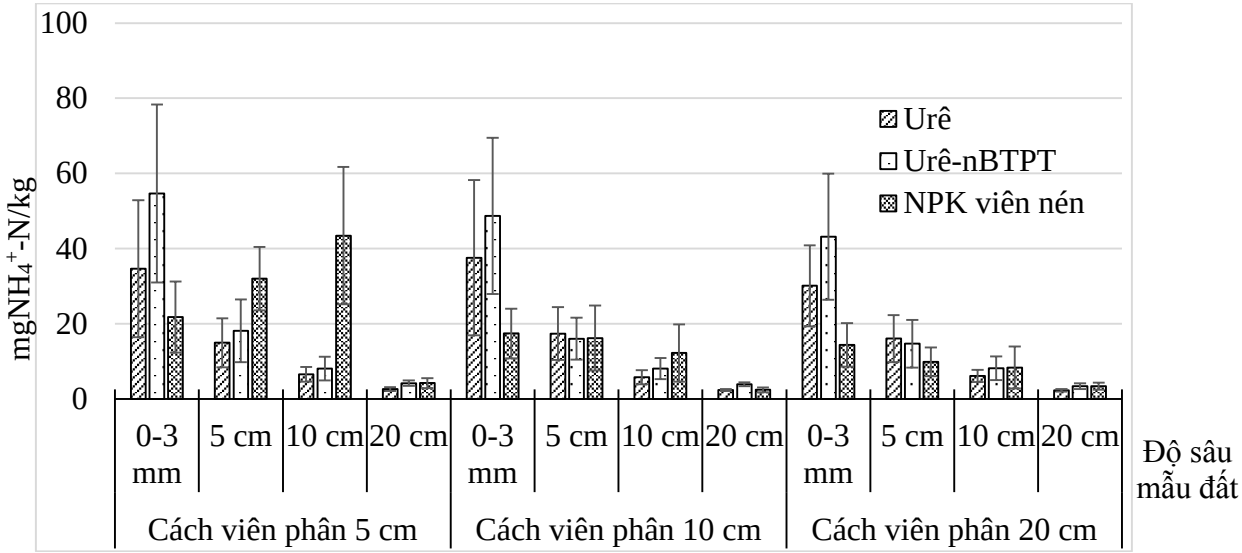
Hàm lượng NH_4^+ của nghiệm thức NPK viên nén vùi sâu cao hay thấp cũng phụ thuộc khoảng cách đến viên phân vùi. Càng ra xa viên phân thì hàm lượng càng giảm, càng gần viên phân thì hàm lượng càng cao. Các số liệu được tính toán để khảo sát các nghiệm thức bón đạm theo khoảng cách xa viên phân 5 cm, 10 cm và 20 cm ở các lớp đất mặt 0 - 3 mm và ở các độ sâu 5 cm, 10 cm, 20 cm. Tính toán trung bình của 3 đợt bón, các ngày sau khi bón theo từng độ sâu riêng biệt.

a) Thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

- Vụ đông xuân 2012/2013:

Đối với urê và urê-nBTPT bón vãi, hàm lượng NH_4^+ không phụ thuộc vào khoảng cách. Vị trí lấy mẫu biến động tùy thuộc vào sự hiện diện ngẫu nhiên

của viên phân. Hàm lượng NH_4^+ ở hai nghiệm thức này đều đạt cao ở bề mặt và thấp ở lớp đất sâu hơn, phân bố khá đều tại khoảng cách lấy mẫu cách 5 cm, cách 10 cm, cách 20 cm.



Hình 4.14: Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo các khoảng cách thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

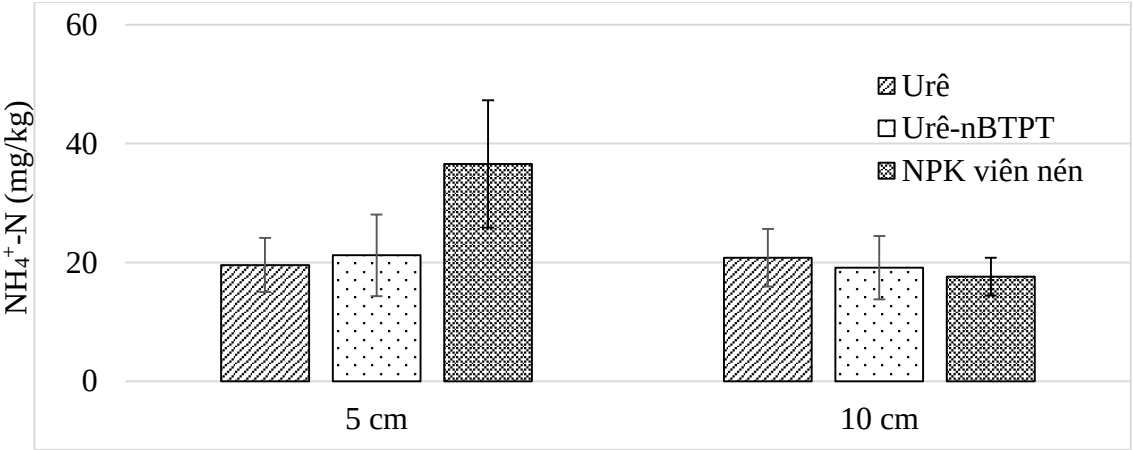
Hình 4.14 cho thấy nghiệm thức NPK viên nén có hàm lượng NH_4^+ tập trung cao tại vị trí cách viên phân 5 cm ở độ sâu 5 cm (32,02 mg/kg) và độ sâu 10 cm (43,45 mg/kg). Hàm lượng NH_4^+ đạt cao thứ 2 là khoảng cách xa viên phân 10 cm ở độ sâu 5 cm (16,19 mg/kg) và độ sâu 10 cm (12,20 mg/kg).

Nhìn chung, khoảng cách xa viên phân 10 cm thì hàm lượng NH_4^+ giảm hơn nhưng không khác biệt nhiều hơn so với khoảng cách xa viên phân 5 cm. Khoảng cách xa viên phân hơn nữa là 20 cm thì hàm lượng NH_4^+ thấp rõ rệt. Điều này cho thấy NPK viên nén có hàm lượng NH_4^+ tập trung cao tại vị trí đặt viên phân cách trong khoảng 5 cm - 10 cm. Do đó, vị trí đặt viên phân cách cây lúa trong khoảng 5 cm - 10 cm phù hợp cho sự hấp thu N của cây vì ở vị trí này hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất đạt cao, cây trồng hấp thu dinh dưỡng dễ dàng. Ngược lại, nếu khoảng cách từ NPK viên nén đến khóm lúa càng xa và bón càng sâu thì thời kì sinh trưởng của cây lúa kéo dài, cây hấp thu N kém và năng suất không cao. Ảnh hưởng của khoảng cách đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất ở lớp đất mặt và ở độ sâu 20 cm không thể hiện rõ vì ở độ sâu này thể hiện rõ do viên phân được vùi ở độ sâu 7 - 10 cm.

- Vụ hè thu 2013:

Kết quả ở Hình 4.15 cho thấy hàm lượng NH_4^+ của hai nghiệm thức bón vãi urê và urê-nBTPT phân bố khá đều tại khoảng cách lấy mẫu 5 cm (19,5;

21,11 mg/kg, theo thứ tự) và 10 cm (20,97; 19,12 mg/kg, theo thứ tự). Đối với nghiệm thức bón vùi NPK thì hàm lượng NH_4^+ đạt khá cao ở khoảng lấy mẫu 5 cm (36,58 mg/kg) và đạt thấp ở khoảng cách 10 cm (17,64 mg/kg), tuy nhiên khoảng cách 10 cm này cây lúa vẫn lấy được đạm từ viên phân.



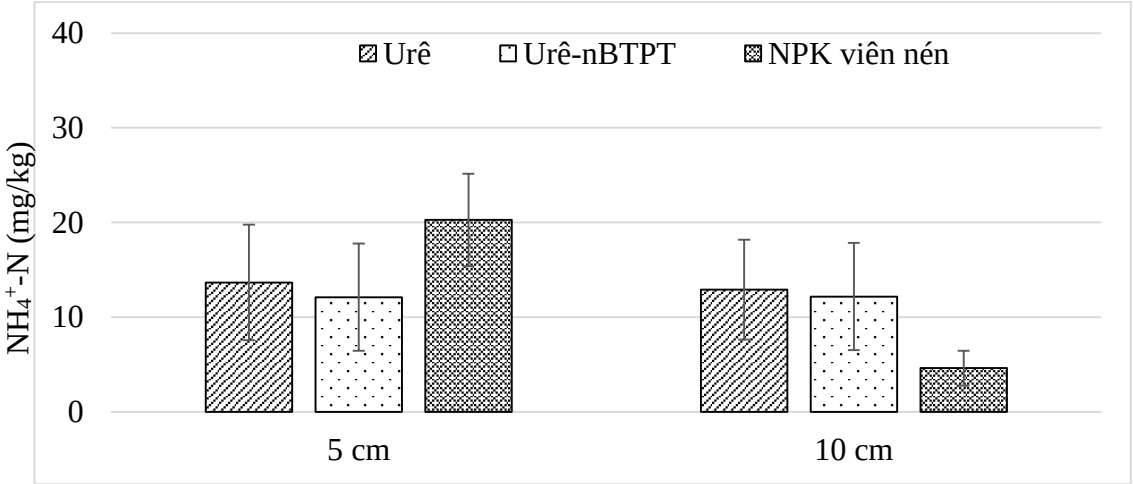
Hình 4.15: Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo các khoảng cách thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Nhìn chung, bón NPK viên thì hàm lượng NH_4^+ ở khoảng cách xa viên phân 10 cm giảm hơn so với khoảng cách xa viên phân 5 cm. Tuy nhiên, ở khoảng cách 10 cm các giá trị hàm lượng NH_4^+ giữa các dạng đạm bón chênh lệch không đáng kể.

b) Thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long

Hình 4.16 trình bày kết quả tính toán các nghiệm thức bón đạm theo khoảng cách xa viên phân 5 cm và 10 cm của thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014.



Hình 4.16: Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo các khoảng cách thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Ở khoảng cách xa viên phân 5 cm, hàm lượng NH_4^+ của nghiệm thức NPK viên nén (20,27 mg/kg) cao so với các nghiệm thức khác, tuy nhiên hàm lượng này thể hiện sự chênh lệch không lớn giữa các nghiệm thức.

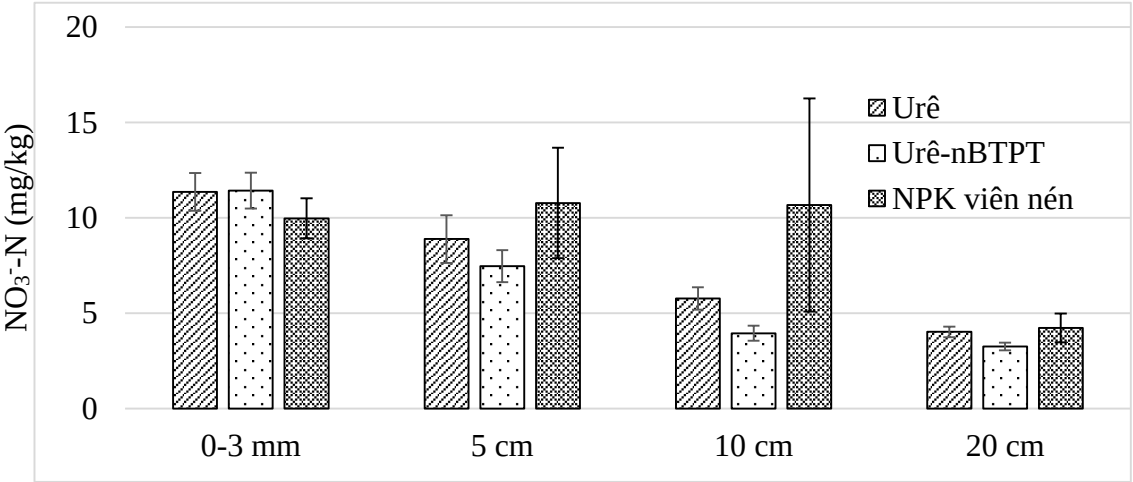
Bón vùi NPK viên nén có hàm lượng NH_4^+ tập trung cao hơn tại vị trí cách viên phân 5 cm so với bón vãi. Ở khoảng cách 10 cm, bón vùi NPK viên có hàm lượng NH_4^+ tương đương với bón vãi. Do đó, nếu sử dụng NPK viên nén để bón phân thì vị trí đặt viên phân cách cây lúa trong khoảng 5 cm thì phù hợp cho sự hấp thu N của cây hơn, vì ở vị trí này hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất đạt cao, cây trồng hấp thu dinh dưỡng dễ dàng. Nếu sử dụng các loại phân bón vãi thì khoảng cách của viên phân với cây lúa không quan trọng vì lúc vãi phân, xác suất tập trung của các viên phân gần cây là rất cao.

4.2.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến hàm lượng NO_3^- trao đổi trong đất

Do hàm lượng đạm NO_3^- trong đất rất thấp nên khảo sát chỉ được thực hiện ở nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013.

4.2.3.1 Khảo sát ảnh hưởng của các dạng phân đạm và độ sâu bón đến hàm lượng NO_3^- trao đổi trong đất

Để khảo sát rõ ảnh hưởng các nghiệm thức và độ sâu đến hàm lượng NO_3^- trao đổi trong đất thì hàm lượng NO_3^- được tính theo trung bình của 3 giai đoạn và trung bình của 4 ngày lấy mẫu.



Hình 4.17: Ảnh hưởng của các nghiệm thức và độ sâu bón lên hàm lượng NO_3^- trao đổi trong đất

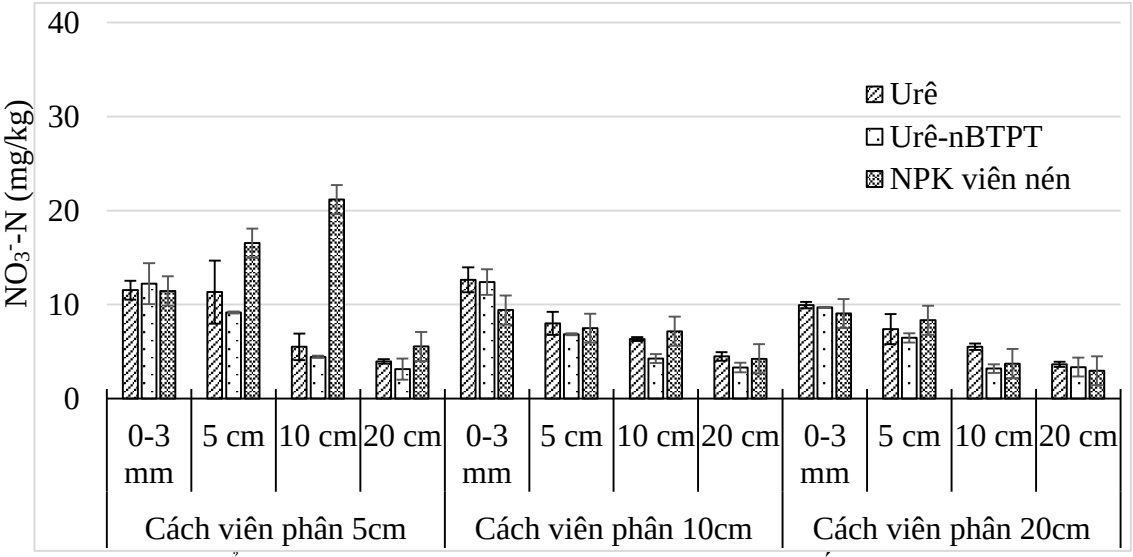
Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Kết quả ở Hình 4.17 cho thấy sự nitrate hóa tập trung nhiều ở tầng mặt được thể hiện ở trong nghiệm thức bón phân urê thường và urê-nBTPT (11,36 mg/kg; 11,42 mg/kg, theo thứ tự) và giảm đáng kể xuống độ sâu 20 cm (4,02 mg/kg; 3,25 mg/kg, theo thứ tự). Do đó, hàm lượng NO_3^- trên bề mặt cao có thể bị mất do rửa trôi, chảy tràn.

Đối với nghiệm thức NPK viên nén, hàm lượng NO_3^- trao đổi đạt cao từ tầng mặt (9,97 mg/kg) đến độ sâu 5 cm (10,78 mg/kg) đến độ sâu 10 cm (10,68 mg/kg) và giảm rõ rệt ở tầng 20 cm (4,23 mg/kg). Điều này cho thấy, hàm lượng NO_3^- ở nghiệm thức bón phân NPK viên nén ít bị trực di xuống tầng khử (độ sâu > 10 cm), có thể khuếch tán lên trên bề mặt theo khe hở trong lúc vùi phân nên xảy ra sự nitrate hóa từ độ sâu 10 cm lên trên bề mặt nước. Kết quả này phù hợp với kết quả của Mohammad (2009) cho rằng tại độ sâu 0 - 15 cm, urê viên vùi sâu đạt hàm lượng N cao đáng kể so với nghiệm thức khác, trong đó nitrate chiếm đa số tổng N khoáng trong đất được thể hiện rõ trong điều kiện ngoài đồng.

4.2.3.2 Khảo sát ảnh hưởng của khoảng cách bón đến hàm lượng NO_3^- trao đổi trong đất

Urê thường và urê-nBTPT không ảnh hưởng đến khoảng cách do hai loại phân này được bón vãi trên bề mặt. Vì vậy, hàm lượng NO_3^- ở các khoảng cách 5 cm, 10 cm, 20 cm khá đều nhau. Điều này được thể hiện rõ trong Hình 4.18. Hàm lượng NO_3^- trao đổi trên lớp đất mặt đạt cao trong nghiệm thức urê thường và urê-nBTPT (biến động 9,39 mg/kg đến 12,62 mg/kg; 9,69 mg/kg - 12,32 mg/kg theo thứ tự) và thấp dần đến độ sâu 20 cm (2,95 mg/kg; 3,34 mg/kg theo thứ tự).



Hình 4.18: Ảnh hưởng các nghiệm thức và khoảng cách đến hàm lượng nitrate trao đổi trong đất

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Trong khi đó nghiệm thức NPK viên nén cho thấy hàm lượng NO_3^- ở những khoảng cách khác nhau khi xa viên phân 5 cm, 10 cm, 20 cm có sự thay đổi. Khoảng cách xa viên phân 5 cm, hàm lượng NO_3^- đạt cao thể hiện ở độ sâu 5 cm (16,53 mg/kg) và 10 cm (21,17 mg/kg); khoảng cách kế tiếp là 10 cm (7,48 mg/kg ở độ sâu 5 cm; 7,15 mg/kg ở độ sâu 10 cm), thấp nhất là khi xa viên phân 20 cm. Điều này được giải thích là do phân NPK viên nén được đặt tại một vị trí nhất định. Vì vậy, càng gần viên phân thì hàm lượng NO_3^- trao đổi cao hơn, xa viên phân thì hàm lượng này thấp.

Tóm lại, kết quả từ nghiên cứu 2 cho thấy:

- pH nước ruộng của thí nghiệm không tăng cao sau khi bón có thể do tính chất chua của đất và ruộng thí nghiệm phải bơm tưới nước nên không ở tình trạng ngập nước liên tục có thể đã hạn chế sự phát triển của tảo và các điều kiện khử.

- Bón vãi phân urê và urê-nBTPT trên bề mặt ruộng sẽ gây ra sự tích lũy NH_4^+ cao trong những ngày đầu sau khi bón có thể gây ra sự mất đạm do rửa trôi, bốc thoát NH_3. Bón phân urê-nBTPT cho thấy hiệu quả của chất nBTPT kém trong việc làm chậm lại sự thủy phân urê ở điều kiện đồng ruộng thể hiện ở hàm lượng NH_4^+ vào thời điểm 1 NSKB thấp hơn so với nghiệm thức bón urê. Ngược lại, phân NPK viên nén được vùi sâu trong đất nên sự tích lũy NH_4^+ trên bề mặt nước ruộng thấp so với bón urê.

- Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất ở nghiệm thức bón vãi urê và urê-nBTPT có khuynh hướng đạt cao trên lớp đất mặt trong khi đó nghiệm thức vùi sâu phân NPK viên nén thì hàm lượng NH_4^+ vẫn còn lưu tồn cao trong đất ở độ sâu 5 cm và 10 cm. Do vậy, vị trí đặt viên phân ở độ sâu 7 - 10 cm giữa 2 hàng lúa và cách cây lúa 10 cm thì thích hợp cho sự thu hút đạm.

- Hàm lượng đạm NO_3^- trong nước của các nhiệm thức ở mức rất thấp. Nghiệm thức NPK viên nén có hàm lượng NO_3^- trao đổi đạt cao ở độ sâu 5 cm và 10 cm so với ở 20 cm. Ở khoảng cách xa viên phân 5 cm, hàm lượng NO_3^- của nghiệm thức NPK viên nén đạt cao ở độ sâu 5 cm và 10 cm.

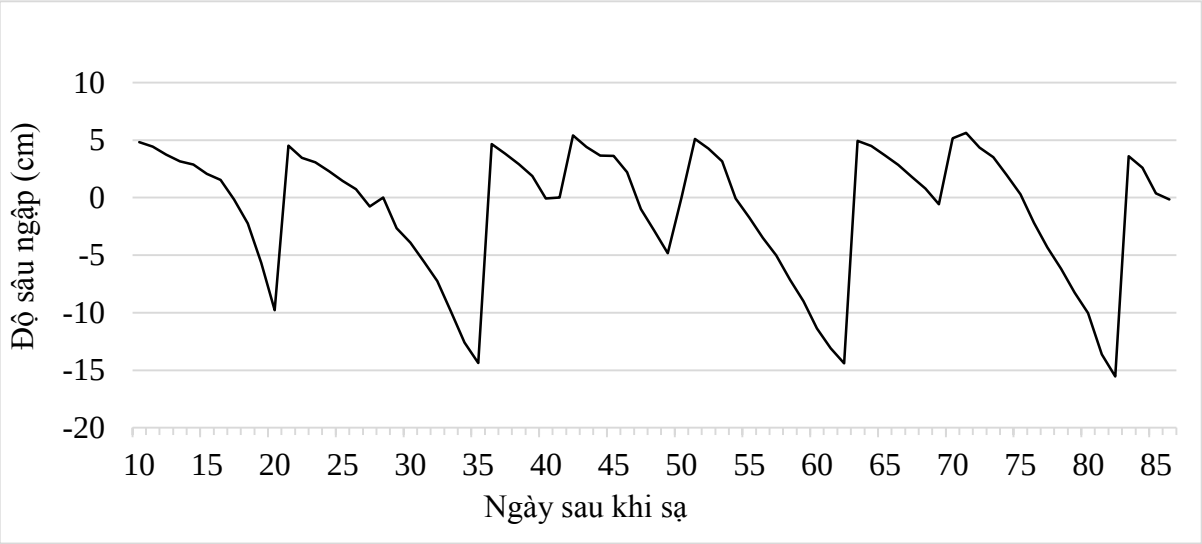
4.3 NGHIÊN CỨU 3: NGHIÊN CỨU SỰ PHÁT THẢI N_2O VÀ SỰ BỐC THOÁT NH_3 TRONG CANH TÁC LÚA

4.3.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên đến sự phát thải N_2O trong canh tác lúa

4.3.1.1 Diễn biến của mực nước ruộng và thế oxy hóa khử trong đất

a) Diễn biến của mực nước ruộng

Ruộng tưới theo nông dân được tưới ngập từ 7 - 10 cm, khi bề mặt ruộng cạn nước thì tiếp tục cho nước vào. Theo cách tưới này thì trên ruộng thường có sự hiện diện của nước. Tuy nhiên, cách tưới này làm cho ruộng không có nước ở một số thời điểm trong vụ do không cho nước vào tưới kịp lúc. Kết quả độ sâu ngập của biện pháp quản lý nước tưới khô ngập luân phiên trong suốt vụ lúa được trình bày ở Hình 4.19.



Hình 4.19: Mực nước ruộng tưới khô ngập luân phiên

Chế độ quản lý nước tưới khô ngập luân phiên trong nghiên cứu này áp dụng quy trình IRRI (2009). Thực hiện quản lý nước khô ở một số giai đoạn phát triển của lúa, khi đất khô đến mực nước sâu 15 cm thì tiến hành tưới ngập 5 cm. Kết quả thí nghiệm ở Hình 4.19 cho thấy mực nước ở chế độ tưới khô ngập luân phiên dao động từ -15,6 cm đến +5,5 cm, có 5 giai đoạn mực nước xuống thấp hơn mặt ruộng. Ở thời điểm 20 ngày sau khi sạ (ngày 25/4/2014) mực nước ruộng xuống thấp hơn mặt đất 10 cm thì tưới ngập lại trước khi bón phân đợt 2. Ở thời điểm 50 ngày sau khi sạ (ngày 25/5/2014) mực nước thấp

hơn mặt đất 5 cm thì bị ảnh hưởng của mưa. Trong suốt vụ thí nghiệm có ba lần mực nước trong ruộng xuống thấp hơn mặt ruộng đến -15 cm.

Biện pháp tưới khô ngập luân phiên đã góp phần làm giảm lượng nước tưới cho lúa trong những giai đoạn không cần thiết nhằm "tiết kiệm nước" trong canh tác lúa. Việc áp dụng kỹ thuật tưới khô ngập luân phiên góp phần làm cho đất thoáng khí tạo điều kiện thuận lợi cho việc khoáng hóa các dưỡng chất trong đất trong đó có chất đạm.

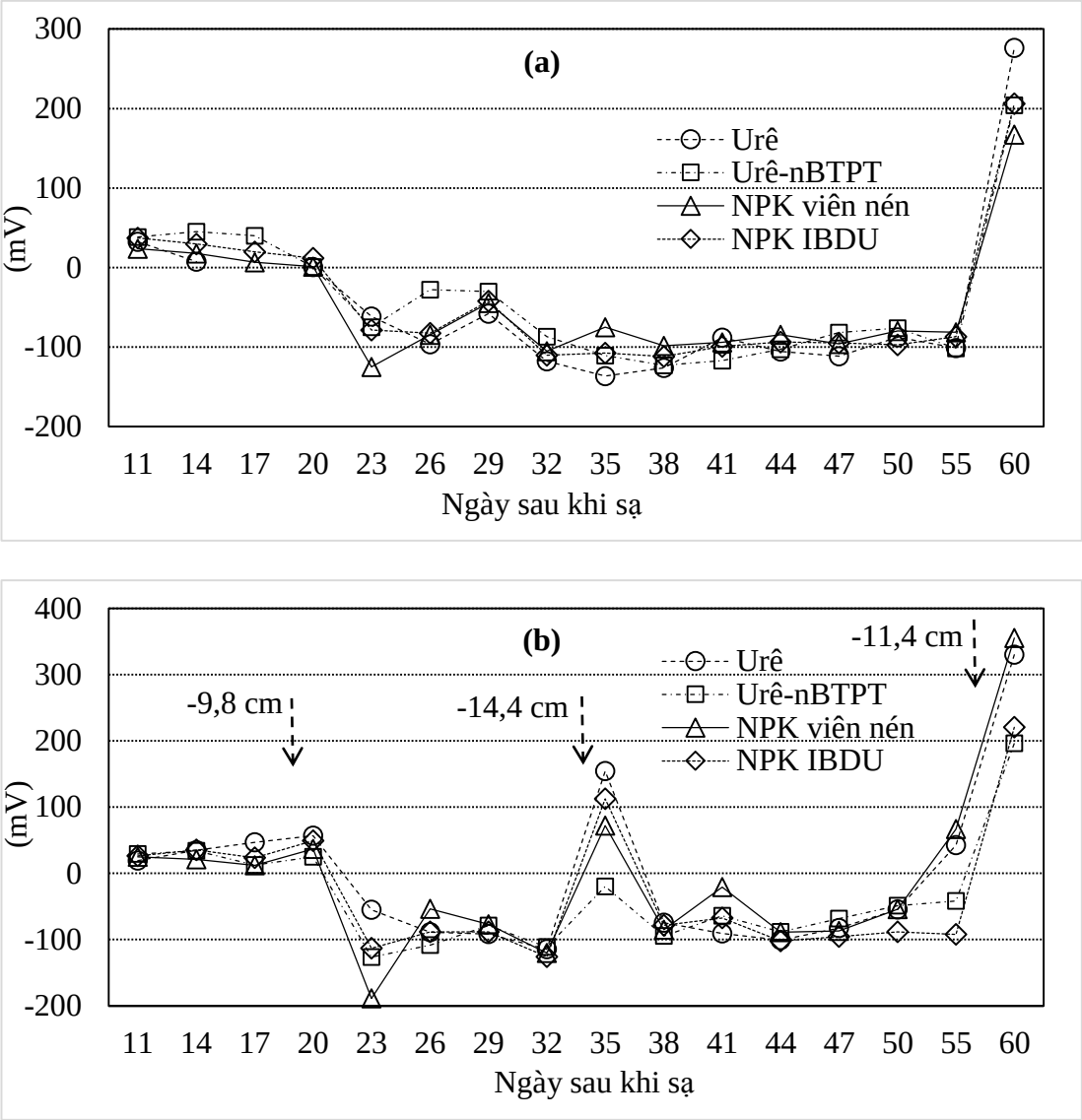
Biện pháp quản lý nước ảnh hưởng đến sự vận chuyển oxy vào trong đất và N_2O ra khỏi đất. Tình trạng ngập nước hay thoáng khí do quản lý nước tưới tác động đến tiến trình nitrate hóa hoặc khử nitrate ảnh hưởng đến sự hình thành và phát thải N_2O.

b) Diễn biến của thế oxy hóa khử trong đất

Theo Garcia & Tiedje (1982) thì tiến trình khử nitrate là tiến trình khử NO_2^- và NO_3^- phóng thích các khí trong đó có khí nhà kính N_2O. Trong tiến trình khử nitrate, N_2O là sản phẩm trung gian bắt buộc và có thể là phẩm cuối cùng của tiến trình phụ thuộc vào điều kiện môi trường (Sorai *et al.*, 2007). Nitrous oxide còn được hình thành như là sản phẩm phụ của tiến trình nitrate hóa dưới điều kiện háo khí và trong tiến trình khử nitrate dưới điều kiện yếm khí. Điều kiện oxy hóa khử (oxidation-reduction) của đất được xác định qua thế oxy hóa khử trong đất. Đất háo khí (Eh cao) hay đất yếm khí (Eh thấp) trong điều kiện đất lúa nước phụ thuộc vào các hoạt động để khô đất hay tưới nước. Thế oxy hóa khử trong đất (Eh) ảnh hưởng trực tiếp đến sự hình thành và phát thải N_2O.

Giá trị thế oxy hóa khử (Eh) ở chế độ tưới theo nông dân ở giai đoạn 11 - 20 ngày sau khi sạ của các nghiệm thức dao động trong khoảng +0,6 đến +45,3 mV và thấp ở giai đoạn 23 - 55 ngày sau khi sạ (-136,3 đến -27,7 mV) (Hình 4.20a). Điều này có thể ảnh hưởng bởi việc giữ nước trên ruộng lúa có nước sau khi sạ dẫn đến đất trong trạng thái khử làm cho Eh giảm thấp. Tuy nhiên, thời điểm 60 ngày sau khi sạ có sự gia tăng Eh đột ngột (+167,3 đến +276,3 mV) là do ruộng khô nước không cho nước vào kịp. Việc quản lý nước chung trong cùng chế độ tưới nên Eh trung bình giữa các dạng phân đạm ít biến động do tình trạng oxy hóa khử trong đất phụ thuộc vào trạng thái ngập nước của đất.

Thế oxy hóa khử trong đất (+)



Hình 4.20: Diễn biến của thế oxy hóa khử trong đất với chế độ tưới theo nông dân (a) và tưới khô ngập luân phiên (b)

Ghi chú: (+): Thế oxy hóa khử trong đất được đo ở độ sâu -5 cm từ mặt đất. Mũi tên biểu thị thời điểm khô nước giữa vụ. IBDU: Isobutidene diurea. nBTPT: n-butyl thiphosphoric triamide.

Ở biện pháp tưới khô ngập luân phiên, diễn biến giá trị Eh biến động theo sự thay đổi của độ sâu ngập và thời gian ngập nước (Hình 4.20b). Trong giai đoạn đầu, do ruộng mới cho nước vào canh tác nên Eh đạt cao (+12,0 đến +35,6 mV) và vào thời điểm 20 ngày sau khi sạ mực nước xuống thấp -9,8 cm thì Eh có sự gia tăng nhẹ (+25,0 đến +57,0 mV). Riêng ở thời điểm 35 NSKS, Eh cao (-20,0 đến +154,3 mV) và thời điểm 60 NSKS giá trị Eh từ 196,0 đến 355,3 mV (Hình 4.20). Hai thời điểm này xuất hiện cùng thời điểm mực nước rút khô đến -15 cm, điều kiện thoáng khí có thể đã thúc đẩy các phản ứng oxy hóa làm tăng Eh. Ở giai đoạn 38 - 50 NSKS, giá trị Eh thấp (-189,0 đến -53,7 mV) có thể đất ở trong trạng thái khử khi đất bị ngập nước.

Việc quản lý đất ngập nước hay để khô đất ảnh hưởng đến thế oxy hóa khử trong đất. Ở biện pháp quản lý nước tưới theo nông dân có Eh thấp ở giai đoạn 23 - 55 NSKS. Trong thí nghiệm này, trên ruộng lúa thường có nước mặc dù có những thời điểm nước rút cạn trước khi tưới ngập trở lại, có thể đã giữ ổn định trạng thái oxy hóa khử trong đất làm cho Eh thấp và ít biến động (trừ thời điểm 60 NSKS). Riêng đối với chế độ tưới khô ngập luân phiên Eh cao ở các thời điểm mực nước thấp hơn mặt ruộng đến 15 cm (35 và 60 NSKS). Điều kiện thoáng khí có thể đã thúc đẩy các phản ứng oxy hóa làm tăng Eh đất.

4.3.1.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên đến lượng N_2O phát thải trong canh tác lúa

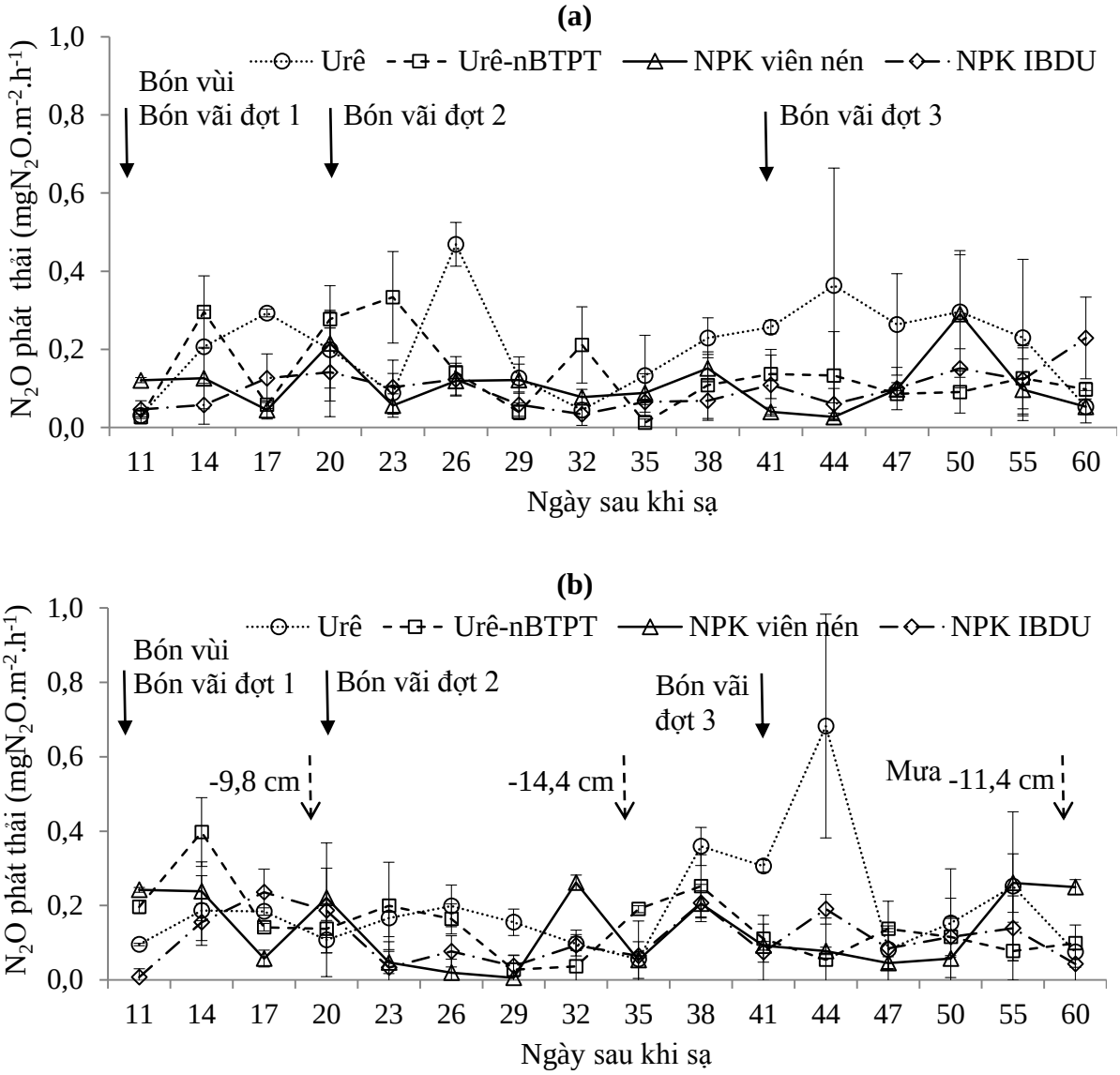
Lượng N_2O phát thải trong điều kiện tưới theo nông dân ở nghiệm thức bón phân urê (0,03 - 0,47 $mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$) cao hơn ở nghiệm thức bón phân urê-nBTPT (0,01 - 0,33 $mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$), đặc biệt là sau bón phân đợt 3 (Hình 4.21). Điều này có thể do tác dụng ức chế men thủy phân urê của chất nBTPT được trộn trong phân bón.

Lượng phát thải cao liên tục nhiều ngày có thể làm tăng tổng lượng phát thải khí N_2O của nghiệm thức bón urê so với bón urê-nBTPT. Điều này có thể do hàm lượng NH_4^+ tăng cao sau mỗi đợt bón phân urê và phân urê-nBTPT (Hình 4.24) nên đã thúc đẩy tiến trình nitrate hóa và làm gia tăng sự hình thành N_2O - một sản phẩm phụ của tiến trình này và sự gia tăng hàm lượng NO_3^- đã thúc đẩy sự khử nitrate làm tăng hàm lượng N_2O. Các kết quả nghiên cứu của Firestone & Davidson (1989); Freney *et al.*, (1997); Hofman & van Cleemput (2004) và Harty *et al.*, (2016) cho thấy sự oxy hóa NH_4^+ của tiến trình nitrate hóa làm tăng sự phát thải N_2O.

Lượng N_2O phát thải của 2 nghiệm thức bón phân NPK viên nén và NPK IBDU thấp và ít biến động trong suốt quá trình phát triển của lúa. Lượng N_2O phát thải của nghiệm thức bón phân NPK viên nén dao động trong khoảng 0,03 - 0,29 $mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$ và nghiệm thức NPK IBDU có giá trị từ 0,01 - 0,23 $mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$. Việc bón vùi viên phân trong đất kết hợp với việc luôn giữ đất trong trạng thái bão hòa có thể đã làm hạn chế tiến trình nitrate hóa làm giảm hàm lượng NO_3^- nên giảm sự khử nitrate kéo theo giảm sự hình thành và phát thải N_2O. Lượng N_2O phát thải của nghiệm thức bón phân NPK viên nén cao hơn các nghiệm thức khác ở thời điểm 11 ngày sau khi sạ. Lượng phát thải cao này có thể do tổng lượng phân NPK viên nén được vùi một lần duy nhất vào 10 NSKS và tính tan nhanh của loại phân này.

Sau đợt bón phân urê và phân urê-nBTPT hàm lượng NH_4^+ trong nước và trong lớp đất mặt cao ở những ngày đầu sau bón phân và giảm dần theo thời gian. Các thời điểm sau các đợt bón vãi có lượng NH_4^+ cao đã thúc đẩy tiến

trình nitrate hóa làm tăng lượng N_2O phát thải. Lượng N_2O phát thải của nghiệm thức bón vùi phân NPK viên nén và NPK IBDU ít biến động trong suốt quá trình phát triển của lúa. Hàm lượng ammonium trong đất thấp khi bón phân vùi sâu trong đất kết hợp với việc luôn giữ đất trong trạng thái bão hòa có thể góp phần làm giảm sự nitrate hóa và sự khử nitrate sau đó dẫn đến lượng N_2O phát thải thấp.



Hình 4.21**:** Lượng N_2O phát thải trên đất lúa giữa các dạng phân đạm (a) tưới theo nông dân và (b) tưới khô ngập luân phiên

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). Mũi tên liền nét biểu thị thời điểm bón phân. Mũi tên đứt nét biểu thị thời điểm khô nước giữa vụ. IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Lượng N_2O phát thải trong điều kiện tưới khô ngập luân phiên của nghiệm thức bón phân urê dao động trong khoảng 0,06 - 0,68 $mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$ (Hình 4.21b). Nghiệm thức urê có lượng N_2O phát thải cao ở 41 và 44 NSKS (1 và 4

NSKB đợt 3) có thể liên quan đến hàm lượng NH_4^+ tăng cao sau các đợt bón phân thúc đẩy sự nitrate hóa và sự khử nitrate sau đó hình thành N_2O (Gaihre *et al*., 2015). Bên cạnh đó, lượng N_2O phát thải của nghiệm thức bón phân urê-nBTPT tương đối thấp và dao động trong khoảng 0,03 - 0,40 $mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$. Tuy nhiên, lượng N_2O phát thải của nghiệm thức urê-nBTPT có xu hướng tăng nhẹ sau các đợt bón phân và sau khi tưới nước ngập lại sau giai đoạn khô nước.

Tương tự như khi quản lý nước ngập thường xuyên, lượng N_2O phát thải cao tập trung vào các ngày sau khi bón và giảm dần ở các ngày tiếp theo sau đó. Bên cạnh đó, việc để khô nước trên ruộng đã tạo điều kiện thuận lợi cho tiến trình khoáng hóa đạm và tiến trình nitrate hóa và khi tưới nước ngập lại đã làm cho đất ở tình trạng khử làm gia tăng sự hình thành khí N_2O. Các tác giả Cai *et al.*, (1997); Zheng *et al.*, (2000); Zou *et al.*, (2005) và Akiyama *et al.*, (2005) cho rằng việc rút nước giữa vụ hoặc canh tác theo chế độ khô ngập xen kẽ với dạng N bón là urê đã làm tăng sự phát thải khí N_2O trên ruộng lúa.

Lượng N_2O phát thải ở nghiệm thức bón phân NPK viên nén dao động trong khoảng 0,006 đến 0,26 $mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$. Tuy nhiên, do phân NPK viên nén được vùi toàn bộ lượng bón vào thời điểm 10 NSKS. Ở các giai đoạn sau, lượng N_2O phát thải có khuynh hướng tăng cao vào các thời điểm mực nước ruộng hạ thấp.

Ở nghiệm thức bón vùi phân IBDU, lượng N_2O phát thải duy trì ở mức thấp (dao động trong khoảng 0,007 - 0,24 $mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$). Từ thời điểm bón đến 17 ngày sau khi sạ lượng N_2O phát thải tăng và bắt đầu giảm dần ở các thời điểm tiếp theo. Tuy nhiên, ở thời điểm 38 và 44 NSKS có lượng phát thải N_2O tăng (lần lượt là 0,21 $mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$ và 0,19 $mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$). Nguyên nhân dẫn đến sự gia tăng lượng N_2O phát thải có thể do ở 2 thời điểm này tưới ngập nước lại giữa vụ sau khi để khô đất. Yan *et al.* (2000) và Peng *et al*. (2011) cũng tìm thấy lượng phát thải cao ở thời điểm 3 - 4 ngày sau khi để đất khô và ở giai đoạn sau các đợt bón phân.

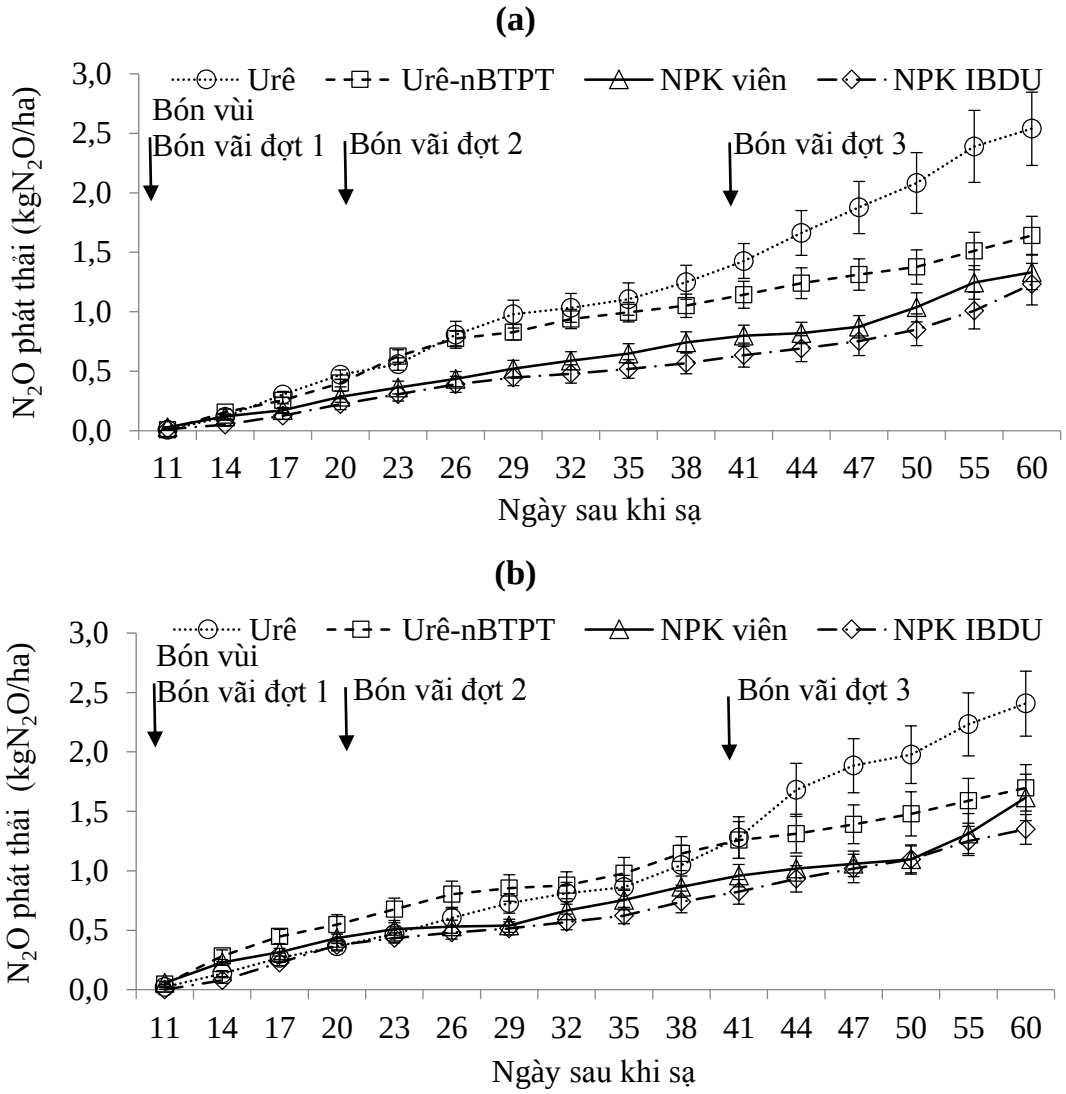
Lượng N_2O phát thải ở nghiệm thức bón phân NPK IBDU ít biến động hơn các nghiệm thức khác. Tuy nhiên, lượng N_2O phát thải biến động hơn ở chế độ tưới khô ngập luân phiên so với tưới theo nông dân. Điều này có thể do việc tưới nước khô ngập luân phiên đã ảnh hưởng đến sự thủy phân của IBDU. Theo nhận định của Trenkel (2010) thì sự thủy phân của phân IBDU bị ảnh hưởng bởi ẩm độ, nhiệt độ và pH đất. Khi pH thấp (≤ 6), nhiệt độ cao, ẩm độ đất cao và kích thước hạt phân nhỏ sẽ làm tăng sự hòa tan của phân IBDU.

Ở chế độ tưới khô ngập luân phiên, lượng phát thải khí N_2O của nghiệm thức bón urê và urê urê-nBTPT tăng cao sau mỗi đợt bón phân và ở những thời điểm tưới nước ngập lại sau khi để khô đất. Tuy nhiên, lượng khí N_2O phát thải

của nghiệm thức bón urê cao hơn urê-nBTPT trong suốt giai đoạn thu mẫu. Lượng N_2O phát thải của nghiệm thức bón phân NPK viên nén và NPK IBDU thấp và chỉ tăng nhẹ ở các giai đoạn đất khô.

4.3.1.3 Tổng lượng N_2O phát thải giữa các dạng phân đạm và chế độ quản lý nước

Hình 4.22 trình bày lượng tích lũy N_2O phát thải giữa các dạng phân đạm của hai chế độ quản lý nước. Kết quả cho thấy lượng tích lũy N_2O của nghiệm thức bón urê cao hơn các nghiệm thức khác ở cả chế độ tưới theo nông dân và tưới khô ngập luân phiên. Trong khi đó, các nghiệm thức bón phân urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU có lượng tích lũy N_2O phát thải giảm thấp so với bón phân urê.



Hình 4.22**:** Lượng tích lũy N_2O phát thải theo thời gian giữa các dạng phân đạm (a) tưới theo nông dân và (b) tưới khô ngập luân phiên

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Kết quả này cho thấy sử dụng chất ức chế men thủy phân urease trong dạng phân đạm (urê-nBTPT) có hiệu quả trong việc giảm phát thải N_2O (Hình 4.22). Bên cạnh đó, bón vùi phân NPK viên nén và phân chậm tan NPK IBDU cũng cho thấy hiệu quả rất rõ trong việc giảm phát thải N_2O thông qua lượng tích lũy N_2O.

Bảng 4.1 trình bày tổng lượng N_2O phát thải giữa các dạng phân đạm và chế độ quản lý nước. Kết quả cho thấy tổng lượng phát thải khí N_2O của nghiệm thức bón phân urê là (2,47 kgN_2O/ha) cao hơn các dạng phân urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU và khác biệt ở mức ý nghĩa 1%. Tổng lượng phát thải khí N_2O giữa các nghiệm thức urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU đạt thấp hơn với các giá trị lần lượt là 1,67; 1,47 và 1,29 kgN_2O/ha và giữa các dạng đạm này không có sự khác biệt thống kê.

Kết quả này cho thấy phân bón có sử dụng chất ức chế men thủy phân urê có thể cung cấp N từ từ cho cây trồng đã làm giảm sự phát thải N_2O so với phân urê. Bên cạnh đó, bón vùi phân NPK viên nén và phân chậm tan NPK IBDU cũng làm cho lượng NH_4^+ và NO_3^- hiện diện thấp trên lớp đất mặt, tập trung ở phần rễ lúa, được cây hấp thu N trực tiếp và hạn chế sự nitrate hóa của phân ở lớp đất mặt vì vậy có thể đã làm giảm sự phát thải khí N_2O. Tương tự bón vùi phân chậm tan NPK IBDU do quá trình hòa tan hóa học của urê trong cấu trúc IBDU diễn ra chậm có thể đã làm giảm sự phát thải khí N_2O.

Bảng 4.1: Tổng lượng N_2O phát thải giữa các dạng phân đạm và chế độ nước

N_2O phát thải (+) (kgN_2O/ha)				
		Chế độ nước (A)		Trung bình của các dạng phân đạm
		Tưới theo nông dân	Tưới khô ngập luân phiên	
Dạng phân đạm (B)	Urê	2,54	2,40	**2,47[a]**
	Urê-nBTPT	1,64	1,70	**1,67[b]**
	NPK viên nén	1,33	1,62	**1,47[b]**
	NPK IBDU	1,25	1,35	**1,29[b]**
Trung bình của các chế độ nước		**1,69**	**1,77**	

F_A = ns, F_B = ** và F_{AB} = ns

Ghi chú: (+): Tổng lượng N_2O phát thải được tính trong 50 ngày (từ 10 - 60 ngày sau khi sạ)
Trong cùng một cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ở mức 1% qua kiểm định Tukey.
ns: khác biệt không ý nghĩa thống kê. IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Kết quả ở Bảng 4.1 cũng cho thấy tổng lượng N_2O phát thải ở chế độ tưới khô ngập luân phiên (1,77 kgN_2O/ha) đạt cao hơn ở chế độ tưới theo nông dân (1,69 kgN_2O/ha) nhưng khác biệt thống kê không ý nghĩa.

Sự phát thải N_2O phụ thuộc vào các chế độ quản lý nước trong suốt mùa vụ. Ảnh hưởng của việc để khô đất và cho ngập lại đất lên sự phát thải N_2O đã được ghi nhận ở nhiều nghiên cứu trước đây. Khi quản lý nước khô ngập luân phiên, đất trong tình trạng oxy hóa và tình trạng khử xen kẽ tạo điều kiện cho hai tiến trình nitrate hóa và khử nitrate xảy ra lần lượt. Điều này đã tạo thuận lợi cho việc gia tăng phát thải khí N_2O từ các ruộng lúa tưới khô ngập luân phiên cao hơn ở chế độ tưới ngập liên tục được ghi nhận ở nhiều nghiên cứu (Cai *et al.*, 1997; Zheng *et al.*, 2000; Zou *et al.*, 2005; Towprayoon *et al.*, 2005; Akiyama *et al.*, 2005; Xing *et al.*, 2009; Peng *et al.*, 2011).

Tuy nhiên, kết quả của thí nghiệm cho thấy lượng N_2O phát thải không khác biệt khi tưới khô ngập luân phiên so với tưới theo nông dân có thể do cách quản lý nước ruộng khác nhau giữa tưới theo nông dân và tưới ngập liên tục ở các nghiên cứu khác. Ở các lô quản lý nước tưới theo nông dân có những thời điểm ruộng cạn nước 1 - 2 ngày giữa các lần tưới khác với quản lý nước ngập liên tục 5 - 7 cm trên mặt ruộng. Trong điều kiện canh tác thực tế ở ĐBSCL, giữa các lần tưới nước vẫn có thời gian cạn nước trên mặt ruộng do nông dân chỉ tưới nước vào khi ruộng vừa cạn nước. Do đó kết quả nghiên cứu đã cho thấy trong điều kiện canh tác thực tế của nông dân ở ĐBSCL biện pháp tưới khô ngập luân phiên đã không làm gia tăng sự phát thải N_2O so với cách tưới của nông dân. Điều này có ý nghĩa quan trọng làm cơ sở cho việc khuyến cáo việc áp dụng bón các dạng phân đạm mới và đẩy mạnh việc ứng dụng biện pháp tưới khô ngập luân phiên trong canh tác lúa ở ĐBSCL.

Tóm lại, tổng lượng N_2O phát thải cao nhất ở nghiệm thức urê. Trong khi đó, bón phân urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU có tổng lượng N_2O phát thải giảm rất ý nghĩa so với bón phân urê. Kết quả này cho thấy dạng phân đạm (urê-nBTPT) có sử dụng chất ức chế men thủy phân urease có hiệu quả trong việc giảm phát thải N_2O. Bên cạnh đó, các dạng phân NPK viên nén và NPK IBDU cũng cho thấy hiệu quả rất rõ trong việc giảm phát thải N_2O. Do đó, việc áp dụng các dạng phân đạm mới (urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU) sẽ góp phần giảm lượng phát khí gây hiệu ứng nhà kính phát thải từ ruộng lúa.

4.3.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và tưới khô ngập luân phiên đến năng suất lúa và hiệu quả sử dụng phân đạm

4.3.2.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và quản lý nước đến năng suất lúa

Kết quả Bảng 4.2 cho thấy năng suất lúa gia tăng khi bón đạm so với không bón đạm. Năng suất lúa trung bình của 4 dạng đạm dao động trong khoảng 4,84 - 5,00 tấn/ha và không khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê giữa các dạng đạm. Điều này có thể ảnh hưởng bởi pH đất thấp (pH = 4,5), pH nước ruộng thấp khoảng ≤ 7 (Hình 4.23) và phân urê được bón vãi trong điều kiện có nước nên

đã hạn chế sự bốc thoát NH_3. Dẫn đến không có khác biệt về sự mất đạm dạng NH_3 giữa các dạng phân đạm (Hình 4.28), do đó dẫn đến chưa ảnh hưởng khác biệt trên năng suất lúa.

Bảng 4.2: Năng suất lúa giữa các dạng phân đạm và chế độ nước

Năng suất lúa (tấn/ha)				
		Chế độ nước (A)		Trung bình của các dạng phân đạm
		Tưới theo nông dân	Tưới khô ngập luân phiên	
Dạng phân đạm (B)	N0	2,81	2,97	**2,89^{b}**
	Urê	4,66	5,10	**4,88^{a}**
	Urê-nBTPT	4,59	5,42	**5,00^{a}**
	NPK viên nén	4,67	5,02	**4,84^{a}**
	NPK IBDU	4,82	5,02	**4,92^{a}**
Trung bình của các chế độ nước		**4,31^{b}**	**4,71^{a}**	

F_A = **, F_B = ** và F_{AB} = ns

Ghi chú: Trong cùng một cột hoặc một hàng các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ở mức 1% qua kiểm định Tukey. ns: khác biệt không ý nghĩa thống kê. N0: Không bón đạm.
IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Kết quả này cho thấy bón phân urê-nBTPT chưa ảnh hưởng rõ nét làm giảm sự thủy phân urê. Điều này thể hiện qua hàm lượng đạm NH_4^+ trong nước sau khi bón phân ở hai nghiệm thức này không khác biệt nhau (Hình 4.24). Do đó hiệu quả của chất ngăn cản hoạt động của men urease chưa hiệu quả rõ trong điều kiện thí nghiệm; cho thấy cần có nghiên cứu trong phối trộn hợp chất này để gia tăng hiệu quả hoặc cần nghiên cứu những hợp chất khác có hiệu quả hơn.

Kết quả nghiên cứu cho thấy phân NPK viên nén và IBDU chỉ bón vùi một lần vào đầu vụ, nhưng đã không làm giảm năng suất lúa, năng suất lúa đạt tương đương bón urê. Hàm lượng đạm NH_4^+ trong đất hiện diện ở lớp đất mặt thấp (Hình 4.11; 4.12 và 4.13) và tập trung ở độ sâu bón 5 cm và 10 cm nên có thể cung cấp đạm hiệu quả cho cây trồng và có thể làm giảm sự mất đạm.

Các thí nghiệm ở Nhật Bản, Hoa Kỳ, Ấn Độ và Philippines cho thấy bón một lần IBDU cho lúa góp phần tăng năng suất (Hamamoto, 1966; Wells & Shockley, 1975; Prasad & De Datta, 1979 và Carreres *et al.*, 2003) cho thấy rằng phân IBDU là nguồn cung cấp N thích hợp trong canh tác lúa nước. Tuy nhiên trong điều kiện thí nghiệm, bón phân IBDU chưa làm tăng năng suất lúa có thể do sự mất đạm dạng NH_3 do bón urê trong điều kiện canh tác của thí nghiệm thấp, nên chưa thấy rõ hiệu quả của bón IBDU nếu so với điều kiện canh tác khác như pH nước ruộng cao, hay bón phân urê trong điều kiện khô nước, phân urê dễ bị bay hơi dạng NH_3. Điều này cũng cho thấy kỹ thuật tưới nước của nông dân không để nước ngập liên tục, có thể hạn chế pH nước ruộng tăng cao, hạn chế phát triển rong tảo và bón phân trong điều kiện cho nước vào

ruộng trước khi bón phân của nông dân ĐBSCL cũng hạn chế phần nào sự mất đạm dạng NH_3.

Năng suất lúa trung bình ở chế độ tưới khô ngập luân phiên là 4,71 tấn/ha và chế độ theo nông dân đạt 4,31 tấn/ha. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi canh tác theo chế độ khô ngập luân phiên có năng suất lúa cao hơn chế độ nước tưới theo nông dân, khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1% (Bảng 4.2).

Áp dụng kỹ thuật tưới khô ngập luân phiên có thể làm tăng năng suất lúa nhờ sự thúc đẩy tiến trình khoáng đạm cho cây lúa hấp thu. Bên cạnh đó, tưới AWD không chỉ cải thiện hàm lượng oxy trong đất cho rễ hô hấp, hấp thụ chất dinh dưỡng mà còn làm giảm sự tích tụ các độc tố trong đất. Biện pháp tưới AWD kích thích sự phát triển của rễ làm cho rễ lúa xuống sâu trong đất có thể đã giúp cây lúa hấp thu chất dinh dưỡng tốt hơn và góp phần cải thiện năng suất.

Trong nhiều nghiên cứu cho thấy tưới khô ngập luân phiên không ảnh hưởng đến năng suất lúa so với tưới ngập liên tục (Cabangon *et al.*, 2001; Dong *et al.*, 2012; Garnett *et al.*, 2015). Tuy nhiên, một số nghiên cứu khi áp dụng tưới khô ngập luân phiên làm tăng năng suất lúa so với tưới ngập liên tục (Belder *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2013; Xue *et al.*, 2013). Trong thí nghiệm này hiệu quả của biện pháp tưới khô ngập luân phiên trên năng suất lúa rất rõ rệt so với tưới theo nông dân. Do đó, kỹ thuật tưới khô ngập luân phiên cần được khuyến cáo cho nông dân áp dụng để tăng năng suất cây trồng và tiết kiệm nước tưới trong tình hình khan hiếm nước tưới như hiện nay ở Đồng bằng sông Cửu Long.

4.3.2.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và quản lý nước đến hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt

Kết quả phân tích hàm lượng đạm trong rơm khi bón các dạng phân N trong khoảng 0,79% đến 0,86% và không khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức bón đạm (Bảng 4.3).

Bảng 4.3: Hàm lượng N tổng số trong rơm giữa các dạng phân đạm và chế độ nước

Hàm lượng đạm trong rơm (%)				
		Chế độ nước (A)		Trung bình của các dạng phân đạm
		Tưới theo nông dân	Tưới khô ngập luân phiên	
Dạng phân đạm (B)	N0	0,66^{b}	0,67^{b}	**0,67^{b}**
	Urê	0,83^{a}	0,81^{ab}	**0,82^{a}**
	Urê-nBTPT	0,87^{a}	0,79^{ab}	**0,83^{a}**
	NPK viên nén	0,84^{a}	0,88^{a}	**0,86^{a}**
	NPK IBDU	0,65^{b}	0,93^{a}	**0,79^{a}**
Trung bình của các chế độ nước		**0,77^{b}**	**0,82^{a}**	

F_A = *, F_B = ** và F_{AB} = **

Ghi chú: Trong cùng một cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ở mức 1% và trong cùng một hàng các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ở mức 5% qua kiểm định Tukey. N0: Không bón đạm. IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Hàm lượng đạm trong rơm ở chế độ tưới khô ngập luân phiên (0,82%) cao hơn và khác biệt rất ý nghĩa so với tưới theo nông dân (0,77%) cho thấy hiệu quả của biện pháp tưới AWD đã tạo tình trạng thoáng khí trong đất, kích thích sự phát triển của rễ góp phần cải thiện sự thu hút đạm của cây trồng.

Hàm lượng đạm trong hạt không chênh lệch giữa không bón N (1,01%) và bón urê (0,95%). Hàm lượng đạm trong hạt giữa các dạng phân đạm mới rất ít biến động (1,11% đến 1,12%). Mặc dù, hàm lượng đạm trong hạt giữa các dạng phân đạm cải tiến cao hơn urê, khác biệt có ý nghĩa thống kê, cho thấy gia tăng sự thu hút đạm khi bón các dạng đạm cải tiến, nhưng sự gia tăng này thấp và chưa có tác dụng làm gia tăng năng suất cây trồng (Bảng 4.4).

Bảng 4.4: Hàm lượng N tổng số trong hạt giữa các dạng phân đạm và chế độ nước

Hàm lượng đạm trong hạt (%)				
		Chế độ nước (A)		Trung bình của các dạng phân đạm
		Tưới theo nông dân	Tưới khô ngập luân phiên	
Dạng phân đạm (B)	N0	0,99^{bc}	1,02^{b}	**1,01^{b}**
	Urê	0,86^{c}	1,05^{ab}	**0,95^{b}**
	Urê-nBTPT	1,14^{a}	1,09^{ab}	**1,12^{a}**
	NPK viên nén	1,14^{a}	1,06^{ab}	**1,11^{a}**
	NPK IBDU	1,06^{ab}	1,18^{a}	**1,12^{a}**
Trung bình của các chế độ nước		**1,04^{b}**	**1,11^{a}**	

F_A = **, F_B = ** và F_{AB} = **

Ghi chú: Trong cùng một cột hoặc một hàng các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ở mức 1% qua kiểm định Tukey. ns: khác biệt không ý nghĩa thống kê. N0: Không bón đạm.
IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Hàm lượng đạm trong hạt ở chế độ tưới khô ngập luân phiên (1,11%) cao hơn và khác biệt rất ý nghĩa so với tưới theo nông dân (1,04%) cho thấy hiệu quả của tình trạng thoáng khí của đất trong cải thiện sự thu hút đạm của cây trồng.

Yang *et al.* (2004) cho rằng việc canh tác lúa dưới điều kiện tưới gián đoạn làm gia tăng khả năng hấp thu các chất dinh dưỡng của cây trồng dẫn đến tăng hàm lượng N trong rơm và trong hạt. Bên cạnh đó, việc tưới khô ngập luân phiên trên ruộng lúa thúc đẩy tiến trình khoáng đạm, từ đó cung cấp thêm lượng N hữu dụng cho cây trồng.

4.3.2.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm và quản lý nước đến hiệu quả sử dụng phân đạm

Bảng 4.5 trình bày hiệu quả nông học khi bón các dạng phân đạm và chế độ quản lý nước tưới. Kết quả cho thấy hiệu quả nông học giữa các dạng phân

đạm ít biến động (21,7 - 23,4 kg hạt/kg N bón). Giữa hai chế độ quản lý nước, hiệu quả nông học của phân đạm ở chế độ tưới khô ngập luân phiên (24,10 kg hạt/kg N bón) cao hơn chế độ tưới theo nông dân (20,80 kg hạt/kg N bón). Tuy nhiên, sự khác biệt về hiệu quả nông học của phân đạm giữa hai chế độ nước không có ý nghĩa về mặt thống kê.

Bảng 4.5: Hiệu quả nông học giữa các dạng phân đạm và chế độ nước

Hiệu quả nông học (kg hạt/kg N bón)				
		Chế độ nước (A)		Trung bình của các dạng phân đạm
		Tưới theo nông dân	Tưới khô ngập luân phiên	
Dạng phân đạm (B)	Urê	20,5	23,7	**22,1**
	Urê-nBTPT	19,7	27,2	**23,4**
	NPK viên nén	20,6	22,8	**21,7**
	NPK IBDU	22,4	22,8	**22,6**
Trung bình của các chế độ nước		**20,8**	**24,1**	

F_A = ns, F_B = ns và F_{AB} = ns

Ghi chú: ns: khác biệt không ý nghĩa thống kê qua kiểm định Tukey. N0: Không bón đạm. IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Kết quả nghiên cứu ở Bảng 4.6 cho thấy hiệu quả thu hồi đạm của bón các dạng đạm urê, urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU lần lượt là 37%, 47%, 39% và 48%. Hiệu quả thu hồi đạm ở chế độ tưới khô ngập luân phiên (47%) cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với ở chế độ tưới theo nông dân (39%).

Bảng 4.6: Hiệu quả thu hồi đạm giữa các dạng phân đạm và chế độ nước

Hiệu quả thu hồi đạm (%)				
		Chế độ nước (A)		Trung bình của các dạng phân đạm
		Tưới theo nông dân	Tưới khô ngập luân phiên	
Dạng phân đạm (B)	Urê	24^b	49^a	**37**
	Urê-nBTPT	49	45	**47**
	NPK viên nén	41	38	**39**
	NPK IBDU	41	55	**48**
Trung bình của các chế độ nước		**39^b**	**47^a**	

F_A = *, F_B = ns và F_{AB} = *

Ghi chú: Trong cùng một hàng các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ở mức 5% qua kiểm định Tukey. ns: khác biệt không ý nghĩa thống kê. N0: Không bón đạm. IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Các kết quả nghiên cứu trước đây về hiệu quả thu hồi đạm (RE_N) cho thấy hiệu quả thu hồi đạm khi bón cho lúa là rất thấp có khi chưa tới 40% (Cassman *et al.*, 2002). Ảnh hưởng của chế độ tưới khô ngập luân phiên làm cho hiệu quả

thu hồi đạm cao hơn chế độ quản lý nước theo nông dân. Hiệu quả thu hồi đạm cao trong thí nghiệm cho thấy khả năng đáp ứng tốt của việc cung cấp chất đạm cho nhu cầu của cây lúa khi áp dụng biện pháp tưới khô ngập luân phiên.

4.3.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến sự bốc thoát NH_3 trong canh tác lúa

Nghiên cứu này (như được trình bày ở phần 3.3.2) được thực hiện trên thí nghiệm đồng ruộng trong nghiên cứu phát thải N_2O ở chế độ tưới theo nông dân.

4.3.3.1 Các yếu tố môi trường ở các thời điểm thu mẫu NH_3 bốc thoát

a) Nhiệt độ nước ruộng và độ sâu mực nước ở các thời điểm thu mẫu

Nhiệt độ nước ruộng của các nghiệm thức được đo trong khoảng 9 - 11 giờ buổi sáng và 13 - 15 giờ buổi chiều. Kết quả ghi nhận nhiệt độ được trình bày ở Bảng 4.7 cho thấy nhiệt độ buổi sáng từ 30,4 - 36,7 ^oC và buổi chiều tử 33,0 - 42,0 ^oC. Nhiệt độ là nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến sự bốc thoát NH_3.

Bảng 4.7: Nhiệt độ nước ruộng thí nghiệm ở các thời điểm thu mẫu

Đợt bón phân	**Nhiệt độ nước ruộng ở các thời điểm thu mẫu ($^+$)**							
	1 NSKB		3 NSKB		5 NSKB		7 NSKB	
	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều
Đợt 1 (10 NSKS)	31,2	38,1	34,2	39,9	36,7	40,2	35,7	42,2
Đợt 2 (20 NSKS)	33,5	39,1	30,4	36,5	31,3	35,2	32,0	33,0
Đợt 3 (40 NSKS)	32,1	35,1	30,9	35,1	30,7	34,6	32,7	35,9

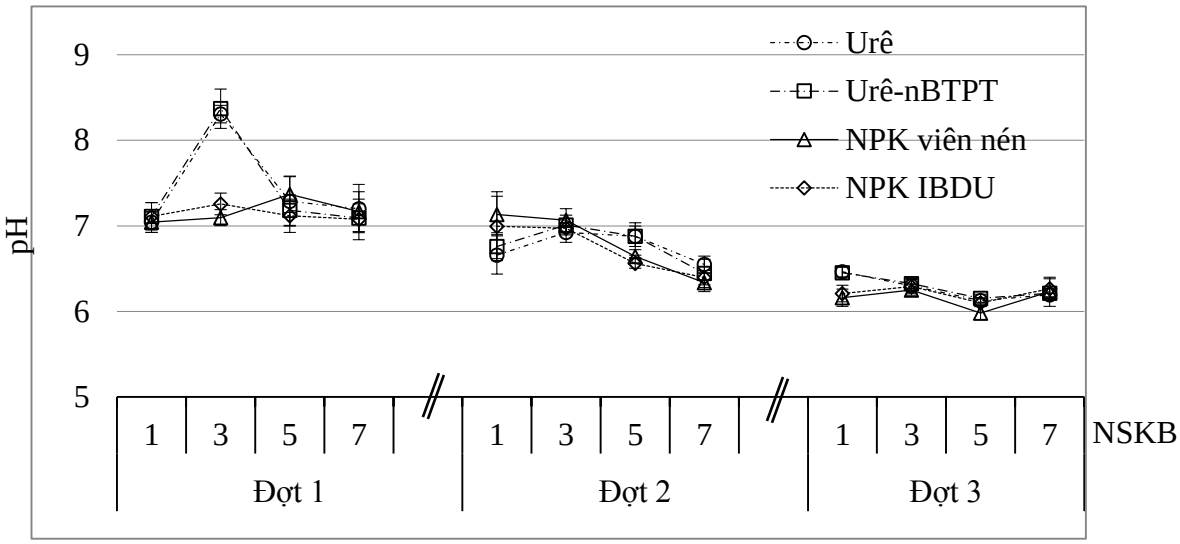
Ghi chú: ($^+$): Số liệu trung bình của các nghiệm thức. IBDU: Isobutidene diurea. nBTPT: n-butyl thiphosphoric triamide. NSKB: Ngày sau khi bón phân. NSKS: Ngày sau khi sạ.

Nhiệt độ càng cao thì lượng tan của phân đạm càng nhanh và sự thủy phân tăng. Nhiệt độ cao sẽ làm gia tăng sự khuếch tán NH_3 từ nước vào không khí. Kết quả nghiên cứu của Freney *et al.* (1981) cho thấy khi bón urê vào ruộng lúa và nước ruộng duy trì ở nhiệt độ cao (45 ^oC) thì NH_4^+ sẽ tồn tại ở dạng NH_3 trong nước sau đó khuếch tán vào không khí. Trong điều kiện thí nghiệm nhiệt độ trung bình trong nước ruộng dưới 42 ^oC có thể không làm tăng khả năng bốc thoát NH_3 do ảnh hưởng của nhiệt độ.

Mực nước ruộng thí nghiệm thực hiện trên ruộng tưới theo nông dân. Trước mỗi đợt bón phân tiến hành tưới nước cho các lô thí nghiệm 7 - 10 cm. Mực nước ruộng nông hay sâu ảnh hưởng đến sự pha loãng nồng độ NH_x-N trong nước ruộng đã ảnh hưởng đến lượng bốc hơi NH_3. Tuy nhiên, các kết quả thí nghiệm của De Datta (1987) và Hayashi *et al.*, (2008) cho thấy độ sâu mực nước ruộng thường không làm thay đổi sự bốc thoát NH_3.

b) pH nước ruộng sau các đợt bón phân

Kết quả thí nghiệm ở Hình 4.23 cho thấy pH nước ruộng ở thời kỳ sau bón phân đợt 1 và đợt 2 của tất cả các nghiệm thức thí nghiệm có giá trị gần bằng 7, riêng ở giai đoạn sau bón phân đợt 3 giá trị pH nước ruộng chỉ ở mức 5,98 - 6,46. Hayashi *et al.* (2008) cho rằng pH là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến sự bốc thoát NH_3. Sự gia tăng pH nước ruộng làm sự bay hơi NH_3.



Hình 4.23: Diễn biến của pH nước ruộng sau các đợt bón phân

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). NSKB: Ngày sau khi bón phân.
IBDU: Isobutidene diurea. nBTPT: n-butyl thiphosphoric triamide.

Kết quả thí nghiệm cho thấy nghiệm thức bón urê và urê-nBTPT có pH nước ruộng tăng cao ngay sau mỗi đợt bón và sau đó giảm dần đi đến ổn định. Tuy nhiên, pH nước ruộng của nghiệm thức bón NPK viên nén và NPK IBDU chỉ tăng nhẹ sau khi bón vùi và dần ổn định ở hai giai đoạn sau đó.

pH ở nghiệm thức bón vãi urê và urê-nBTPT đạt cao ở thời điểm 3 ngày sau khi bón vãi đợt 1 do phản ứng thủy phân urê sinh ra NH_4^+ theo phản ứng:

$$(NH_2)_2CO + H_2O \xrightarrow{\textit{urease trong đất}} (NH_4)_2CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3 + 2H^+ \rightarrow 2NH_4^+ + CO_2\uparrow + H_2O$$

Như vậy, nồng độ H^+ ở vùng rễ cây sẽ giảm dẫn tới pH tăng theo. Bên cạnh đó, rong tảo phát triển mạnh trong điều kiện có đầy đủ lân, đạm và ánh sáng cũng làm tăng pH nước ruộng. Theo Fillery *et al.* (1986) sự phát triển của tảo trên ruộng lúa có thể làm gia tăng đáng kể pH nước ruộng và có liên quan đến các thời kỳ phát triển của cây lúa. Sau giai đoạn bón phân đợt 1, mặt nước ruộng ít bị che sáng vì tán lúa còn nhỏ, tảo phát triển trên ruộng lúa có thể làm gia tăng đáng kể pH nước ruộng.

Một số kết quả nghiên cứu của Fillery *et al.* (1984) và Ngô Ngọc Hưng (2004) cho thấy giá trị pH nước ruộng trên đất phù sa tăng từ 7 lên đến 9 vào thời điểm 2 - 3 ngày sau khi bón urê và sau đó giảm dần đi đến giá trị ổn định. Tuy nhiên, Ngô Ngọc Hưng (2014) cho rằng bón phân urê trên loại đất Thapto-histic sulfic Troaquepts trồng lúa tại Bình Minh - Vĩnh Long có giá trị pH trong khoảng 5,8 - 6,7; pH đất thấp có thể đã giới hạn hoạt động của tảo làm cho pH nước ruộng thấp. Nghiên cứu của Ferguson *et al.*, (1984) chỉ ra rằng tại thời điểm pH ở mức 7,5 có ít hơn 7% ammonial (NH_x) chuyển sang NH_3. Do vậy, khi giữ pH ở mức thấp sẽ hạn chế sự bốc thoát NH_3 từ ruộng lúa.

Giá trị pH của các nghiệm thức trong thí nghiệm này pH được ghi nhận gần trung tính hoặc thấp hơn có thể do đất thí nghiệm là đất phèn tiềm tàng, ngập nước không liên tục. pH ảnh hưởng mạnh nhất đến sự bốc thoát NH_3 và khi giữ pH ở mức thấp sẽ hạn chế được sự bốc thoát NH_3 (Ferguson *et al.*, 1984; Hayashi *et al.*, 2008). Đây cũng có thể là lý do giải thích sự mất đạm dạng NH_3 thấp trong nghiệm thức bón vãi urê trong điều kiện thí nghiệm.

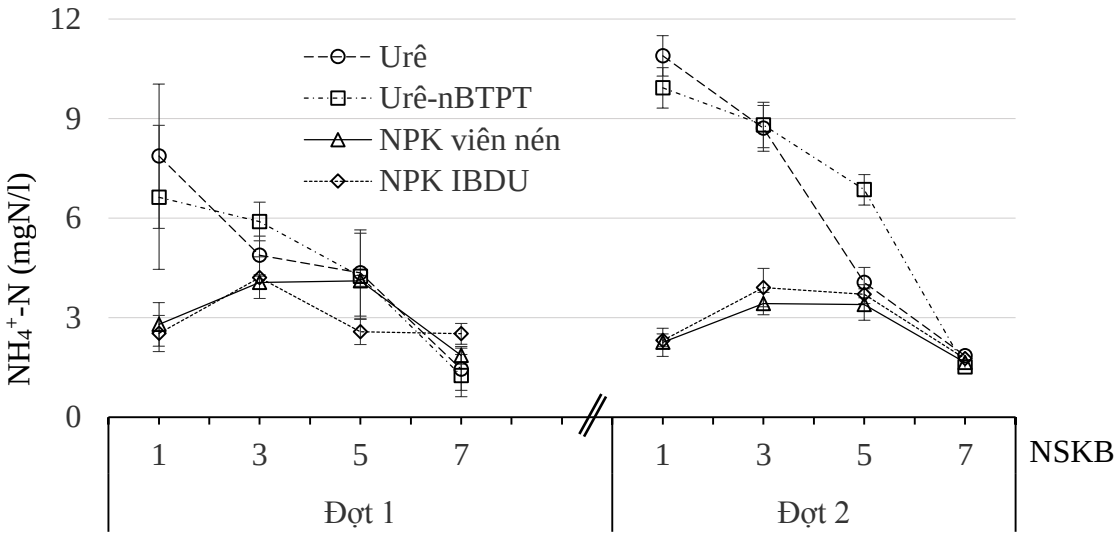
c) Hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau các đợt bón phân

Kết quả thí nghiệm cho thấy, hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong nước của nghiệm thức urê và urê-nBTPT cao hơn đối với nghiệm thức NPK viên nén và NPK IBDU vào những ngày đầu sau khi bón ở cả hai đợt bón phân (Hình 4.24). Ở cả hai đợt bón vãi hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng của nghiệm thức bón urê và urê-nBTPT cao nhất ở 1 ngày sau khi bón và sau đó giảm dần, đến ngày thứ 7 thì lượng này còn rất thấp. Ở nghiệm thức urê và urê-nBTPT, có thể do sự hòa tan và thủy phân nhanh sau khi bón vãi trên mặt ruộng đã làm cho lượng NH_4^+ cao vào những ngày đầu sau khi bón. Fillery *et al.* (1986) tìm thấy kết quả tương tự, hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng tăng nhanh ở 1 - 3 ngày sau khi bón phân urê, sau đó giảm dần và đi đến ổn định vào ngày thứ 7. Phongpan & Byrnes (1990) cho biết hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau khi bón phân urê cao trong vòng 5 ngày đầu và hàm lượng này giảm thấp từ ngày 6 đến ngày 8 so với bón phân urê-nBTPT.

Tuy nhiên, hàm lượng NH_4^+ của nghiệm thức bón urê có khuynh hướng giảm nhanh hơn so với nghiệm thức bón urê-nBTPT làm cho làm lượng NH_4^+ trong nước khi bón urê-nBTPT gần bằng hoặc cao hơn bón urê ở ngày 3 và 5 sau khi bón vãi, mặc dù không khác biệt ý nghĩa thống kê. Do đó, hiệu quả của chất nBTPT còn kém trong việc ức chế sự thủy phân urê.

Hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong nước của nghiệm thức NPK viên nén (1,65 - 4,11 mgN/l) và NPK IBDU (1,77 - 4,21 mgN/l) ở mức thấp hơn hai nghiệm thức bón vãi và dao động không lớn giữa các thời điểm khảo sát. Kết quả thí nghiệm của Kapoor *et al.* (2008) và Naznin *et al.* (2014) cho biết khi bón vùi

sâu phân viên nén thì hàm lượng đạm NH_4^+ trong nước ruộng rất thấp. Fillery *et al.* (1986) cho rằng hàm lượng NH_4^+ trong nước sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến sự bốc thoát NH_3. Mikkelsen *et al.* (1978) cho biết khi phân đạm được vùi trong đất làm giảm lượng NH_4^+ trong nước mặt, giảm thiểu tối đa sự mất đạm.



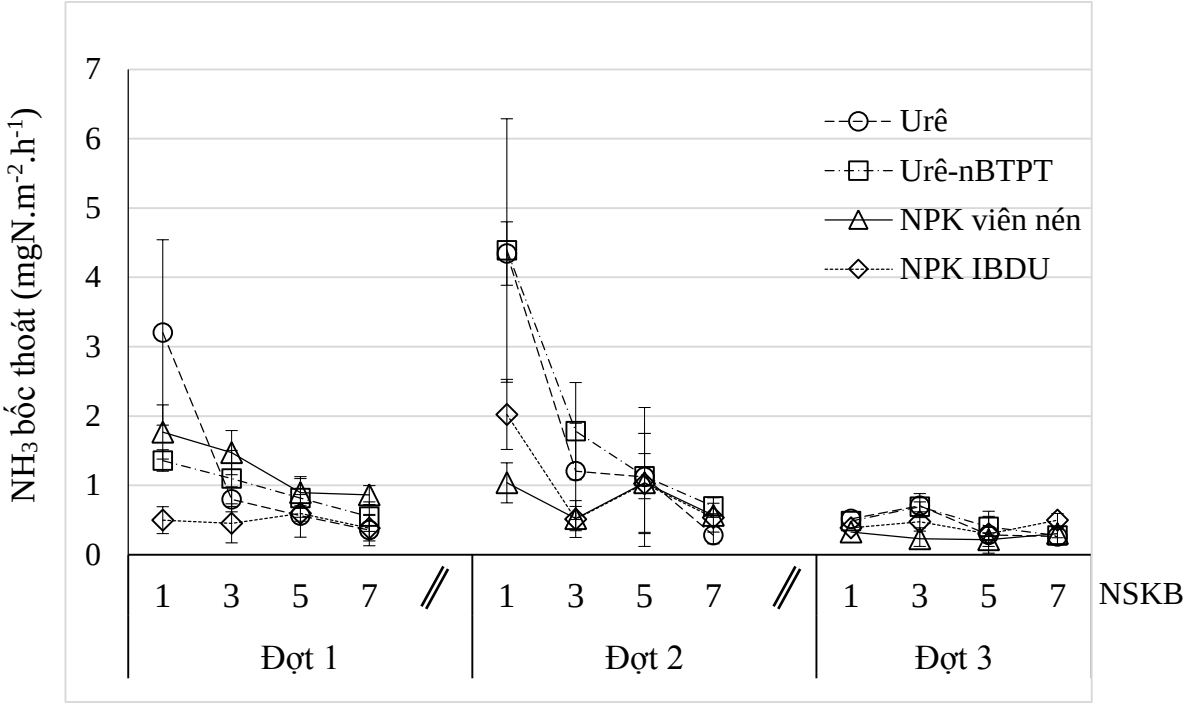
Hình 4.24: Hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau các đợt bón phân

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). NSKB: Ngày sau khi bón phân.
IBDU: Isobutidene diurea. nBTPT: n-butyl thiphosphoric triamide.

Kết quả hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng cho thấy hiệu quả kém của chất nBTPT trong việc làm chậm sự thủy phân urê. Trong khi đó, hàm lượng NH_4^+ trong nước khi bón vùi phân NPK viên nén và NPK IBDU ở mức khá thấp và dao động không lớn như khi bón vãi urê.

4.3.3.2 Lượng NH_3 bốc thoát

Các nghiên cứu của Hayashi *et al.* (2009) và Watanabe *et al.* (2009) cho thấy lượng NH_3 bốc thoát trên đất lúa tập trung vào các ngày ngay sau các đợt bón phân. Tương tự, kết quả thí nghiệm cho thấy lượng NH_3 bốc thoát đối với nghiệm thức bón vãi urê và urê-nBTPT cao ở ngày 1 sau khi bón và giảm dần vào các ngày 3, 5, 7 sau khi bón. Riêng đối với nghiệm thức bón urê lượng NH_3 bốc thoát cao ở thời điểm 1 NSKB đợt 1 và đợt 2 (3,21 và 4,34 $mgN.m^{-2}.h^{-1}$, theo thứ tự). Lượng NH_3 bốc thoát của nghiệm thức urê-nBTPT cao vào thời điểm 1 NSKB đợt 2 (4,39 $mgN.m^{-2}.h^{-1}$). Hàm lượng NH_4^+ hòa tan cao trong nước có thể là nguyên nhân ảnh hưởng lớn đến lượng NH_3 bốc thoát vào những ngày đầu sau khi bón của nghiệm thức urê và urê-nBTPT. Ở thời điểm 1 NSKB đợt 1, bón urê có lượng NH_3 bốc thoát cao hơn so với các nghiệm thức khác và ở thời điểm 1 NSKB đợt 2 bón urê và urê-nBTPT có lượng NH_3 bốc thoát cao hơn bón NPK viên nén hay NPK IBDU.



Hình 4.25: Diễn biến lượng NH_3 bốc thoát qua các thời kỳ của các dạng phân đạm

Ghi chú: Thanh sai số biểu thị sai số chuẩn (±SE). NSKB: Ngày sau khi bón phân.
IBDU: Isobutidene diurea. nBTPT: n-butyl thiphosphoric triamide.

Lượng NH_3 bốc thoát của nghiệm thức NPK viên nén và NPK IBDU ở mức thấp và không biến động lớn ở các thời điểm khảo sát (0,22 - 1,57 $mgN.m^{-2}.h^{-1}$ và 0,30 - 0,59 $mgN.m^{-2}.h^{-1}$, theo thứ tự). Hàm lượng NH_4^+ trong nước ruộng của nghiệm thức NPK viên nén và NPK IBDU thấp trong suốt các thời điểm khảo sát có thể đã hạn chế lượng NH_3 bốc thoát so với nghiệm thức urê và urê-nBTPT.

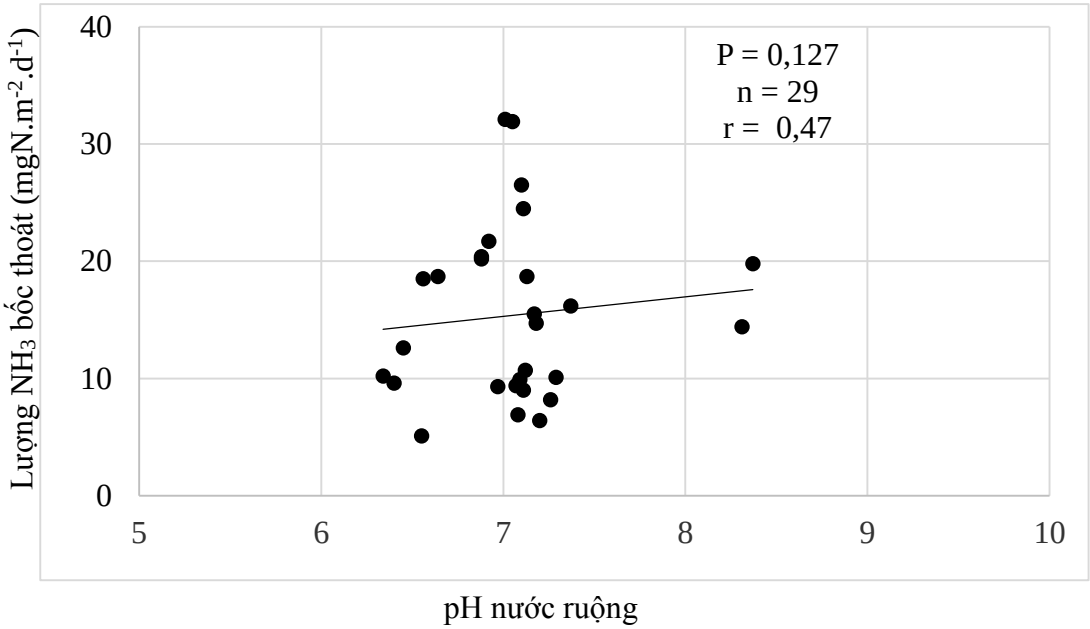
Lượng NH_3 bốc thoát của tất cả các nghiệm thức sau đợt bón phân thứ ba ở mức rất thấp (0,22 - 0,71 $mgN.m^{-2}.h^{-1}$) và không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức. Có thể do đợt bón phân thứ ba tán lúa dày đặc đã làm hạn chế lượng của gió khuếch tán NH_3 từ nước vào không khí, thêm vào đó giá trị pH thấp (5,98 - 6,45) đồng thời cây lúa hấp thu lượng NH_4^+ nhiều hơn trong thời kỳ này.

Tóm lại, lượng NH_3 bốc thoát đối với nghiệm thức bón urê và urê-nBTPT cao ở giai đoạn sau bón phân đợt 1 và giai đoạn sau bón phân đợt 2. Ở hai giai đoạn đầu này, lượng NH_3 bốc thoát đối với nghiệm thức bón vãi urê và urê-nBTPT cao ở ngày 1 sau khi bón và giảm dần vào các ngày 3, 5, 7 sau khi bón. Bón vãi có hàm lượng NH_4^+ cao tập trung trong nước ruộng đã thúc đẩy sự bốc thoát NH_3 ở thời điểm 1 ngày sau khi bón. Đối với cả ba giai đoạn khảo sát, lượng NH_3 bốc thoát ở nghiệm thức bón vùi NPK viên nén và NPK IBDU thấp

điều này có thể do hàm lượng NH_4^+ trong nước thấp. Điều này cho thấy bón vùi phân đạm và phân chậm tan trên đất lúa góp phần làm giảm lượng NH_3 bốc thoát.

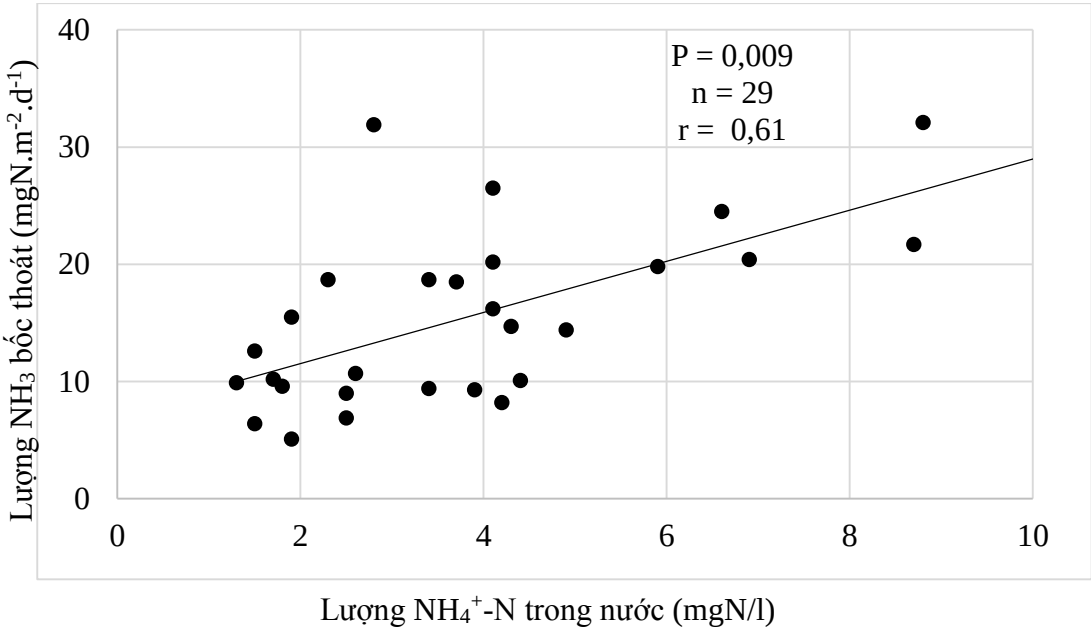
4.3.3.3 Tương quan giữa lượng NH_3 bốc thoát với pH và NH_4^+ trong nước

Hàm lượng NH_3 trong dung dịch [$NH_{3(aq)}$] thay đổi tỷ lệ với NH_4^+ trong nước. Với sự gia tăng pH nước, NH_4^+ được chuyển thành $NH_{3(aq)}$ và dạng này có thể bốc thoát vào không khí. Hình 4.26 biểu diễn mối tương quan giữa lượng NH_3 bốc thoát với pH nước ruộng. Kết quả của thí nghiệm cho thấy sự tương quan giữa lượng NH_3 bốc thoát với pH không có ý nghĩa thống kê (P = 0,127) có thể do pH chỉ ở mức dưới 7 nên ít ảnh hưởng đến sự bay hơi NH_3. Các số liệu nghiên cứu Freney *et al.* (1983) cho thấy ở pH = 7 hàm lượng tương đối của NH_3/NH_4^+ chỉ ở mức 1%.



Hình 4.26: Tương quan giữa lượng NH_3 bốc thoát với pH nước

Kết quả thí nghiệm cho thấy có sự tương quan rất ý nghĩa (P = 0,009) giữa lượng NH_3 bốc thoát với hàm lượng NH_4^+ trong nước với r = 0,61 (Hình 4.27). Lượng NH_4^+ trong nước tăng góp phần làm tăng lượng NH_3 bốc thoát. Kết quả mô phỏng sự bốc thoát NH_3 trên ruộng lúa cho thấy khi tăng nồng độ NH_4^+ trong nước ruộng (10, 20 và 30 ppm) thì lượng NH_3 bốc thoát tăng tương ứng (8,4; 10,2 và 12,2 kgN/ha) (Ngô Ngọc Hưng, 2009b).

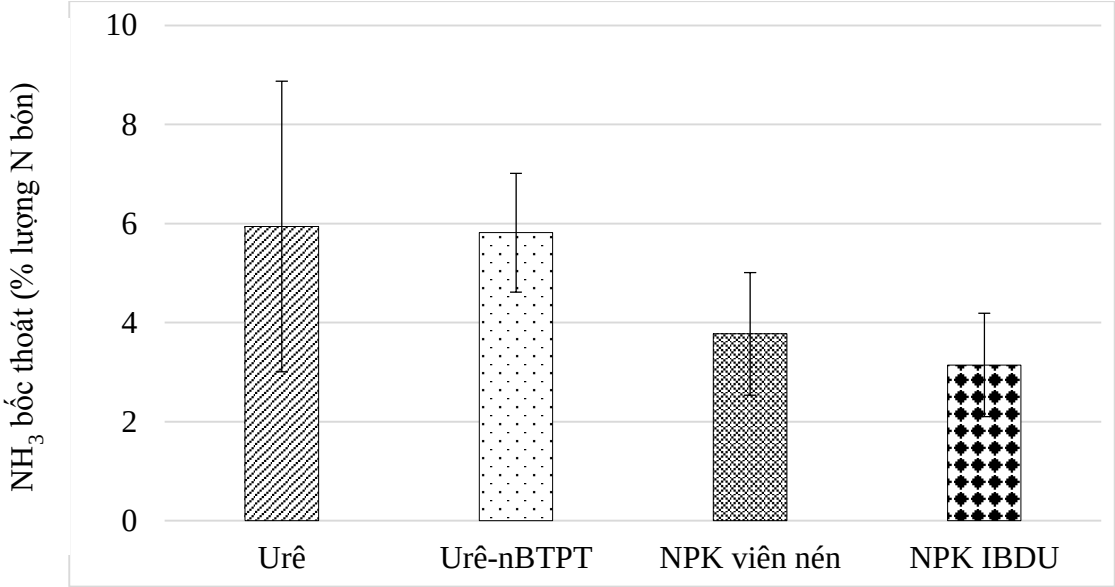


Hình 4.27: Tương quan giữa lượng NH_3 bốc thoát với NH_4^+ trong nước

Trong điều kiện thí nghiệm, pH đất ở mức thấp và tình trạng ngập nước không liên tục đã hạn chế sự phát triển của rong tảo có thể tác động đến pH nước ruộng làm cho pH chỉ ở mức trung tính hoặc thấp hơn (Hình 4.23). Kết quả nghiên cứu đã cho thấy hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong nước tăng đã ảnh hưởng chính đến sự bốc thoát NH_3 trong điều kiện thí nghiệm thể hiện qua mối tương quan giữa hai yếu tố này (Hình 4.27).

4.3.3.4 Tổng lượng NH_3 bốc thoát

Kết quả thí nghiệm cho thấy tổng lượng bốc thoát NH_3 của nghiệm thức bón urê và urê-nBTPT gần bằng nhau đạt tuần tự là 5,94% và 5,82% lượng N bón (tương đương 4,8 kgN/ha và 4,7 kgN/ha). Việc bón urê-nBTPT làm giảm không đáng kể lượng NH_3 bốc thoát so với bón urê thường, có thể do sự oxy hóa hợp chất nBTPT thành nBPTO trong điều kiện ngập nước của ruộng lúa bị hạn chế (Christianson *et al.*, 1990; Freney *et al.*, 1995); ngoài ra trong điều kiện pH nước ruộng ≤7, sự bay hơi NH_3 đạt thấp nên chưa thấy rõ sự khác biệt giữa bón urê-nBTPT và urê thường. Tổng lượng NH_3 bốc thoát của bón phân NPK viên nén và NPK IBDU thấp hơn so với bón phân urê, tương ứng với 3,77% và 3,14% lượng N bón (tương đương 3,0 kgN/ha và 2,5 kgN/ha); tuy nhiên, sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê (Hình 4.28). Qua đó cho thấy bón phân NPK viên nén và NPK IBDU có khuynh hướng giảm một phần sự thất thoát phân đạm dạng NH_3 so với bón phân urê, tuy nhiên chưa khác biệt rõ trong điều kiện canh tác lúa của thí nghiệm.



Hình 4.28: Tổng lượng NH_3 bốc thoát giữa các dạng phân đạm

Ghi chú: Thanh sai số trên đồ thị biểu thị sai số chuẩn (±SE).
IBDU: Isobutidene diurea. nBTPT: n-butyl thiphosphoric triamide.

Sự bốc thoát NH_3 là con đường mất đạm chủ yếu trong canh tác lúa. Theo Ferguson *et al*. (1984) ở pH bằng 7,5 chỉ có khoảng 7% ammonical_N chuyển sang NH_3. Kết quả nghiên cứu của Ngô Ngọc Hưng (2014) khi bón urê với liều lượng 80 kgN/ha thì tổng lượng NH_3 mất là 0,77% đến 1,39% so với lượng bón. Tương tự, kết quả nghiên cứu của Watanabe *et al.* (2009) tại Viện Lúa ĐBSCL cho thấy tổng lượng NH_3 bốc thoát ở mức 14,6% lượng N bón (100 kgN/ha) vào vụ đông xuân 2006/2007 tuy nhiên tổng lượng NH_3 bốc thoát chỉ có 1,7% lượng N bón (80 kgN/ha) vào hè thu 2007. Các tác giả cho rằng lượng NH_3 bốc thoát ở đất phèn thấp hơn ở các loại đất khác và pH nước ruộng thấp có thể góp phần làm giảm lượng bốc thoát NH_3.

Nhìn chung pH nước ruộng trong thí nghiệm của tất cả các nghiệm thức ≤ 7 do đó tổng lượng NH_3 bốc thoát thấp. Lượng đạm mất được xác định bằng phương pháp đo bốc thoát NH_3 trong điều kiện của thí nghiệm này ở mức thấp, nguyên nhân có thể do pH nước ở mức gần bằng hoặc dưới mức trung tính và pH đất ở mức thấp. Bên cạnh đó, việc tưới ngập ruộng ngay trước mỗi đợt bón phân có thể đã góp phần làm hạn chế sự mất đạm dạng NH_3 do phản ứng thủy phân urê trong điều kiện ngập nước sinh ra NH_4^+ trong dung dịch có thể được keo đất hấp phụ.

Tóm lại, kết quả từ nghiên cứu 3 cho thấy hiệu quả của phân urê-nBTPT, phân NPK viên nén và phân NPK IBDU trong việc giảm lượng N_2O phát thải góp phần làm giảm sự phát thải khí nhà kính từ ruộng lúa. Tưới khô ngập luân

phiên có lượng N_2O phát thải tăng thêm không đáng kể so với tưới theo nông dân.

Mặc dù năng suất lúa không khác biệt giữa các dạng đạm bón nhưng việc áp dụng kỹ thuật tưới khô ngập luân phiên góp phần tăng năng suất rất ý nghĩa so với tưới theo nông dân. Tương tự, hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt cũng như hiệu quả thu hồi đạm khi áp dụng biện pháp tưới khô ngập luân phiên cao hơn so với tưới theo nông dân. Do vậy, việc áp dụng các dạng phân đạm như urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU hay biện pháp tưới khô ngập luân phiên cần được khuyến cáo cho nông dân áp dụng nhằm giảm thiểu các tác động môi trường và tiết kiệm nước tưới trong tình hình khan hiếm nước tưới như hiện nay ở Đồng Bằng Sông Cửu Long.

Trong điều kiện pH nước ruộng thấp, lượng NH_3 bốc thoát tương quan rất chặt với lượng NH_4^+ trong nước và sau mỗi đợt bón vãi phân urê và urê-nBTPT lượng NH_3 bốc thoát tăng theo sự gia tăng lượng NH_4^+ trong nước ruộng. Trong điều kiện pH đất ở mức thấp (pH = 4,5), bón phân khi có nước và pH nước ruộng chỉ ở mức gần trung tính có thể đã dẫn đến tổng lượng NH_3 bốc thoát ở mức thấp kể cả khi bón phân đạm urê.

4.4 NGHIÊN CỨU 4: ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC DẠNG PHÂN ĐẠM TRÊN NĂNG SUẤT LÚA VÀ HIỆU QUẢ SỬ DỤNG PHÂN ĐẠM

4.4.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa

4.4.1.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

Kết quả trình bày ở Bảng 4.8 cho thấy năng suất lúa tăng khi lượng đạm bón tăng. Ở vụ đông xuân 2012/2013, năng suất lúa của nghiệm thức urê ở liều lượng bón 80 kgN/ha (5,06 tấn/ha) tương đương với lượng bón 100 kgN/ha (5,38 tấn/ha) cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với năng suất lúa ở liều lượng 60 kgN/ha (3,90 tấn/ha). Kết quả này cho thấy, bón đạm ở liều lượng 80 kgN/ha phù hợp với đặc điểm đất nghiên cứu thể hiện qua năng suất lúa. Bên cạnh đó, đất ruộng được bỏ vụ trong một thời gian dài và trãi qua mùa lũ trước vụ đông xuân làm cho đất cung cấp hàm lượng dưỡng chất trong đất tốt hơn nên chỉ cần bón lượng đạm 80 kgN/ha đã giúp lúa đạt năng suất cao.

Bảng 4.8: Năng suất lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013 và vụ hè thu 2013

Nghiệm thức	**Loại phân đạm**	**Liều lượng phân bón** (kg/ha)	**Năng suất lúa** (tấn/ha)	
			Vụ đông xuân	**Vụ hè thu**
N0	Không bón đạm	0-30-30	2,87^{d}	2,93^{e}
R1N1	Urê	60-30-30	3,90^{c}	3,96^{cd}
R1N2	Urê-nBTPT	60-30-30	4,70^{bc}	4,03^{cd}
R1N3	NPK viên nén	60-30-30	3,94^{c}	3,68^{d}
R2N1	Urê	80-30-30	5,06^{ab}	4,10^{cd}
R2N2	Urê-nBTPT	80-30-30	5,82^{a}	4,41^{bc}
R2N3	NPK viên nén	80-30-30	5,42^{ab}	4,15^{bc}
R3N1	Urê	100-30-30	5,38^{ab}	4,34^{bc}
R3N2	Urê-nBTPT	100-30-30	4,95^{ab}	4,95^{a}
R3N3	NPK viên nén	100-30-30	5,65^{a}	4,56^{ab}
	F		*	**
	CV (%)		*13,5*	*6,8*

Ghi chú: Trong cùng một cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ý nghĩa qua kiểm định Tukey. *: khác biệt ý nghĩa ở mức 5%. **: khác biệt ý nghĩa ở mức 1%.
nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Năng suất lúa ở vụ đông xuân đạt cao ở liều lượng 80 kgN/ha nên đây là liều lượng đạm bón phù hợp ở địa điểm nghiên cứu trong vụ này. Khi bón đạm ở liều lượng 80 kgN/ha, phân urê-nBTPT và phân NPK viên nén cho năng suất cao tương đương (5,82 và 5,42 tấn/ha, theo thứ tự) và năng suất có khuynh

hướng cao hơn lần lượt khoảng 800 và 400 kg/ha so với bón urê năng suất chỉ đạt 5,06 tấn/ha, tuy nhiên sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê.

Đối với vụ hè thu năm 2013, năng suất lúa ở liều lượng bón 60kg N/ha đạt thấp nhất, gia tăng ở liều lượng bón 80kgN/ha và đạt cao nhất ở liều lượng bón 100kgN/ha ở nghiệm thức bón urê-nBTPT và phân NPK viên nén.

Sự gia tăng năng suất lúa ở vụ hè thu khi tăng các liều lượng đạm bón từ 60 kgN/ha đến 100 kgN/ha cho thấy cây lúa đáp ứng tốt với mức độ bón này. Điều kiện canh tác lúa có thể đã ảnh hưởng đến năng suất lúa, vì sau khi thu hoạch lúa đông xuân xong, nông dân tiếp tục xuống giống vụ hè thu sau khi xới khô đất, đất có ít thời gian nghỉ ngơi, lượng dưỡng chất lấy đi ở vụ trước chưa kịp bồi hoàn.

Kết quả ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa đã cho thấy bón phân urê-nBTPT có năng suất lúa vụ hè thu cao hơn so với phân urê ở cùng lượng bón 100 kgN/ha (Bảng 4.8). Cụ thể năng suất khi bón phân urê-nBTPT tăng thêm 610 kg/ha ở vụ hè thu, sự gia tăng này có ý nghĩa thống kê mức α = 1%.

Một số nghiên cứu về bón phân urê-nBTPT cho lúa mang lại hiệu quả trên năng suất như kết quả nghiên cứu của Byrnes *et al.* (1989). Tuy nhiên, một vài nghiên cứu cho kết quả năng suất lúa không gia tăng khi bón phân urê-nBTPT như báo cáo của Phongpan & Byrnes (1990) và Chu Văn Hách & Lê Văn Bảnh (2007). Mặc dù chất ức chế men thủy phân urease có hiệu quả làm chậm sự thủy phân urê nhưng chỉ thể hiện rõ ở thời điểm 1 ngày sau ủ ở điều kiện phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, do trong điều kiện thí nghiệm, lượng đạm mất do bay hơi dạng NH_3 của phân urê ở mức thấp do kỹ thuật bón phân của nông dân tốt, bón phân ngay sau khi bơm nước vào ruộng đã hạn chế sự mất đạm và do pH nước ruộng thấp nên chưa thấy được rõ hiệu quả của chất ức chế men thủy phân urease có trong phân urê-nBTPT trong điều kiện thí nghiệm.

Nghiệm thức bón phân NPK viên nén có năng suất lúa tương đương với bón phân urê ở cả hai vụ đông xuân và hè thu. Kết quả này cho thấy kỹ thuật bón vùi một lần phân NPK viên nén phù hợp trong điều kiện canh tác lúa vì vẫn cho năng suất đạt bằng với phân urê. Kết quả ở phần hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo khoảng cách (Mục 4.2.2.3) cho thấy có thể do bón vùi viên phân NPK làm cho hàm lượng đạm trao đổi trong đất tập trung cao ở độ sâu 5 cm và 10 cm thích hợp cho cây lúa hấp thu đạm. Cụ thể, lượng đạm trong rơm và trong hạt của nghiệm thức bón NPK viên nén cao và khác biệt rất ý nghĩa so với bón urê (Xem Bảng 4.11). Bên cạnh đó, số liệu về so màu lá cho thấy ở thời điểm 40 ngày sau khi sạ (NSKS) màu sắc lá của nghiệm thức bón vùi NPK viên nén

(3,73) cao và khác biệt ý nghĩa so với bón phân urê (3,49) và urê-nBTPT (3,48) (Số liệu ở Bảng 6.1.5 phần Phụ lục 6).

Đối với phân NPK viên nén, các kết quả nghiên cứu của Choudhury & Kennedy (2005) và Kapoor *et al.* (2008) ở Ấn Độ và Bangladesh cho thấy năng suất tăng 4 - 36% khi bón vùi NPK viên nén so với bón vãi phân bón cùng liều lượng và kết quả nghiệm của Nguyễn Thị Lan & Đỗ Thị Hường (2009) ở Việt Nam cho thấy năng suất lúa khi áp dụng bón vùi phân viên cho năng suất cao hơn so với phương pháp bón vãi 400 kg/ha. Bón vùi phân NPK viên nén làm cho hàm lượng NH_4^+-N tập trung cao ở độ sâu 10 cm nên sự mất đạm rất ít do lượng đạm phóng thích chuyển lên trên bề mặt rất ít, được keo đất hấp phụ, dưỡng chất cung cấp trực tiếp cho rễ lúa hấp thu nên giảm thất thoát đạm.

Các dạng phân như urê-nBTPT, NPK viên nén có hiệu quả trong việc tăng hàm lượng đạm trong đất, tăng thu hút đạm. Các số liệu đạm (NH_4^+) trong đất ở các hình (Hình 4.9, 4.10 và 4.14) cho thấy lượng NH_4^+ trong đất của nghiệm thức urê-nBTPT, NPK viên nén cao hơn nghiệm thức urê nhưng chưa thể hiện rõ. Bên cạnh yếu tố phân bón, điều kiện môi trường như ánh sáng, nước, nhiệt độ cũng ảnh hưởng đến sự chuyển hóa các chất trong cây làm ảnh hưởng đến sự tạo thành năng suất hạt. Trong điều kiện vụ hè thu, ánh sáng yếu, việc thu hút đạm hiệu quả khi bón các dạng phân đạm mới có thể tác động hổ trợ làm tăng quá trình quang hợp dẫn đến tăng năng suất lúa so với vụ đông xuân. Ngoài ra do thời gian để đất trống giữa vụ đông xuân và hè thu ngắn, dưỡng chất chưa kịp bồi hoàn nên việc cung cấp đạm hiệu quả từ các dạng phân đạm mới đã cung cấp thêm đạm cho cây trồng, dẫn đến gia tăng năng suất lúa. Do đó đã làm cho hiệu quả của dạng phân có ý nghĩa khác nhau ở vụ hè thu.

Tóm lại, kết quả của thí nghiệm năng suất lúa chưa khác biệt rõ trong 2 vụ thí nghiệm chưa hoàn toàn chứng tỏ hiệu quả của phân urê-nBTPT so với phân urê ở điều kiện đồng ruộng. Bón vùi phân NPK viên nén chưa thấy ảnh hưởng rõ trên năng suất tuy nhiên lượng đạm trong rơm và trong hạt cao hơn và thể hiện ra bên ngoài ở màu sắc lá ở giai đoạn làm đòng.

4.4.1.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long

Năng suất lúa ảnh hưởng bởi dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014 được trình bày ở Bảng 4.9. Kết quả thí nghiệm trên năng suất của cùng dạng phân đạm với các lượng đạm bón 60, 80 và 100 kgN/ha mặc dù có chênh lệch lớn về năng suất giữa các liều lượng bón nhưng sự khác biệt thống kê này không ý nghĩa. Kết quả này có thể do trong quá trình canh tác không chủ động được nước tưới ở một số lô thí nghiệm đã dẫn đến biến động về năng suất.

Bảng 4.9: Năng suất lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Nghiệm thức	**Loại phân đạm**	**Liều lượng phân bón** (kg/ha)	**Năng suất** (tấn/ha)
N0	Không bón đạm	0-30-30	5,66[b]
R1N1	Urê	60-30-30	6,35[ab]
R1N2	Urê-nBTPT	60-30-30	6,79[ab]
R1N3	NPK viên nén	60-30-30	7,08[ab]
R2N1	Urê	80-30-30	7,24[ab]
R2N2	Urê-nBTPT	80-30-30	7,18[ab]
R2N3	NPK viên nén	80-30-30	7,34[a]
R3N1	Urê	100-30-30	6,86[ab]
R3N2	Urê-nBTPT	100-30-30	7,08[ab]
R3N3	NPK viên nén	100-30-30	7,25[ab]
	F		**
	CV (%)		*19,7*

Ghi chú: Trong cùng cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ý nghĩa ở mức 1% qua kiểm định Tukey. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Kết quả trình bày ở Bảng 4.9 cho thấy khi bón cùng lượng phân không có sự khác biệt về năng suất giữa các dạng phân đạm cho lúa trong thí nghiệm. Mặc dù không khác biệt thống kê nhưng kết quả thể hiện khuynh hướng gia tăng năng suất ở nghiệm thức bón NPK viên nén > urê-nBTPT > urê ở cùng lượng N bón. Các nghiệm thức có chênh lệch năng suất lớn giữa các liều lượng đạm bón nhưng không khác biệt có ý nghĩa có thể do các biến động trong quá trình canh tác đã ảnh hưởng đến năng suất các lô thí nghiệm.

4.4.1.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên năng suất lúa qua nhiều vụ thí nghiệm

Bảng 4.10 trình bày kết quả tính toán trung bình và phân tích thống kê hợp nhất số liệu (Combined analysis of data) năng suất lúa qua 3 vụ thí nghiệm.

Kết quả nghiên cứu cho thấy bón phân urê-nBTPT và NPK viên nén ở liều lượng 80 kgN/ha (5,80 tấn/ha và 5,77 tấn/ha, theo thứ tự) có khuynh hướng làm gia tăng năng suất, nhưng không khác biệt có ý nghĩa thống kê so với bón urê ở liều lượng 80 kgN/ha (5,17 tấn/ha), bên cạnh đó làm gia tăng năng suất so với bón urê ở liều lượng 100 kgN/ha (4,83 tấn/ha). Điều này cho thấy bón các dạng phân đạm cải tiến này chưa làm tăng năng suất so với bón urê nhưng liều lượng bón thích hợp cho các dạng phân là 80 kgN/ha qua 3 vụ canh tác.

Nông dân trong vùng hiện nay vẫn sử dụng lượng đạm cao bón cho lúa, do đó kết quả này một lần nữa khẳng định liều lượng bón phù hợp cho lúa là 80 kgN/ha. Việc tiết kiệm lượng phân đạm bón ngoài giảm chi phí đầu tư còn giảm

các tác động môi trường do bón thừa phân bón, nên cần được khuyến cáo đến nông dân.

Bảng 4.10: Năng suất lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón qua 3 vụ thí nghiệm

Nghiệm thức	**Loại phân đạm**	**Liều lượng phân bón** (kg/ha)	**Năng suất** (tấn/ha)
N0	Không bón đạm	0-30-30	3,82[c]
R1N1	Urê	60-30-30	4,74[b]
R1N2	Urê-nBTPT	60-30-30	5,47[ab]
R1N3	NPK viên nén	60-30-30	5,74[a]
R2N1	Urê	80-30-30	5,17[ab]
R2N2	Urê-nBTPT	80-30-30	5,80[a]
R2N3	NPK viên nén	80-30-30	5,77[a]
R3N1	Urê	100-30-30	4,83[b]
R3N2	Urê-nBTPT	100-30-30	5,64[a]
R3N3	NPK viên nén	100-30-30	5,82[a]
	F		**
	CV (%)		*24,6*

Ghi chú: Trong cùng cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ý nghĩa ở mức 1% qua kiểm định Tukey. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Bón phân urê-nBTPT với chất ức chế men thủy phân urease chưa thể hiện rõ hiệu quả trên năng suất lúa qua 3 vụ thí nghiệm do trong điều kiện ngập nước của ruộng lúa có thể hạn chế hiệu quả của chất nBTPT (N-(n-butyl) thiophosphoric triamide) do sự oxy hóa hạn chế nBTPT sang nBTPO - chất ức chế thực sự hoạt động thủy phân của men urease. Bên cạnh đó, pH nước ruộng ở mức trung tính hoặc thấp hơn (Hình 4.3 và Hình 4.4) có thể làm cho lượng đạm mất do bốc thoát NH_3 thấp (Hình 4.28) đã góp phần tăng hiệu quả phân N bón kể cả khi bón phân urê.

Bón vùi phân NPK viên nén cũng chưa làm tăng năng suất rõ nét qua 3 vụ thí nghiệm. Tuy nhiên, việc bón vùi phân NPK viên nén góp phần làm cho hàm lượng NH_4^+-N tập trung cao ở độ sâu 5 cm cũng như ở 10 cm và hạn chế hàm lượng NH_4^+-N trong nước và trong lớp đất mặt góp phần cung cấp dưỡng chất trực tiếp cho rễ lúa hấp thu góp phần giảm thất thoát đạm. Việc bón vùi một lần phân NPK viên nén mà lượng chất đạm (NH_4^+-N) trong đất vẫn tồn lưu đến 40 - 45 NSKS, thể hiện qua màu lá, năng suất lúa tương đương với bón phân urê cho thấy phân NPK viên nén có thể là giải pháp hiệu quả trong giảm các tác động môi trường mà vẫn duy trì năng suất lúa.

Trong điều kiện thí nghiệm, hiệu quả của các dạng phân đạm chưa rõ nét trên năng suất lúa. Tuy nhiên, các kết quả về hàm lượng đạm trong cây và hiệu

quả sử dụng đạm của các dạng phân đạm được trình bày ở các phần tiếp theo cho thấy các dạng phân đạm có hiệu quả trong gia tăng hàm lượng đạm và sự thu hút đạm trong cây, mặc dù hiệu quả sử dụng đạm của các dạng đạm khác nhau chưa rõ nét.

4.4.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt

4.4.2.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

Kết quả thí nghiệm hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013 được trình bày ở Bảng 4.11

Bảng 4.11: Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013

Nghiệm thức	**Loại phân đạm**	**Liều lượng phân bón** (kg/ha)	**Hàm lượng đạm tổng số** (%)	
			Trong rơm	**Trong hạt**
N0	Không bón đạm	0-30-30	$0,51^{d}$	$0,97^{d}$
R1N1	Urê	60-30-30	$0,57^{cd}$	$1,15^{bc}$
R1N2	Urê-nBTPT	60-30-30	$0,60^{abc}$	$1,14^{bc}$
R1N3	NPK viên nén	60-30-30	$0,56^{cd}$	$1,28^{a}$
R2N1	Urê	80-30-30	$0,57^{cd}$	$1,10^{c}$
R2N2	Urê-nBTPT	80-30-30	$0,66^{a}$	$1,22^{ab}$
R2N3	NPK viên nén	80-30-30	$0,66^{a}$	$1,24^{ab}$
R3N1	Urê	100-30-30	$0,56^{cd}$	$1,10^{c}$
R3N2	Urê-nBTPT	100-30-30	$0,64^{ab}$	$1,15^{bc}$
R3N3	NPK viên nén	100-30-30	$0,59^{bc}$	$1,17^{bc}$
	F		*	*
	CV (%)		*5,4*	*4,8*

Ghi chú: Trong cùng một cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ý nghĩa ở mức 5% qua kiểm định Tukey. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Hàm lượng đạm trong rơm ở các liều lượng bón đạm 60, 80 và 100 kgN/ha của cùng dạng phân không khác biệt thống kê (trừ nghiệm thức NPK viên nén có lượng đạm trong rơm ở lượng bón 80 kgN/ha khác biệt thống kê so với ở lượng bón 60 và 100 kgN/ha). Trong điều kiện thí nghiệm, hàm lượng đạm trong hạt không tăng theo liều lượng đạm bón ở cùng dạng phân bón (Bảng 4.11).

Ở lượng bón 80 kgN/ha, nghiệm thức urê-nBTPT và NPK viên nén có hàm lượng đạm trong rơm cùng là 0,66% cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với bón phân urê (0,57%). Tương tự, hàm lượng đạm tổng số trong hạt cao ở nghiệm thức urê-nBTPT và NPK viên nén (1,22% và 1,24%, theo thứ tự) so với urê (1,10%) và sự chênh lệch này khác biệt thống kê có ý nghĩa. Kết quả lượng đạm

tổng số trong rơm và trong hạt cho thấy cây lúa hấp thu đạm từ phân urê-nBTPT và phân NPK viên nén hiệu quả hơn so với bón urê ở lượng bón 80 kgN/ha. Chất ức chế thủy phân men urease trong phân nBTPT có thể làm giảm lượng NH_4^+ thủy phân trong đất tạo điều kiện cho đất hấp phụ NH_4^+ giữ lại cho cây lúa sử dụng tuy nhiên lượng NH_4^+ thủy phân giảm không nhiều so với urê nên chưa làm tăng năng suất. Bón vùi viên phân NPK làm cho hàm lượng đạm trao đổi trong đất tập trung cao ở độ sâu 5 cm - 10 cm và ở thời điểm 40 NSKS vẫn thể hiện hàm lượng NH_4^+ cao rõ rệt ở độ sâu này tạo điều kiện cho cây lúa hấp thu đạm góp phần tăng hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt.

Bảng 4.12: Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Nghiệm thức	**Loại phân đạm**	**Liều lượng phân bón** (kg/ha)	**Hàm lượng đạm tổng số** (%)	
			Trong rơm	**Trong hạt**
N0	Không bón đạm	0-30-30	$0,55^{b}$	0,99
R1N1	Urê	60-30-30	$0,64^{ab}$	1,00
R1N2	Urê-nBTPT	60-30-30	$0,64^{ab}$	0,97
R1N3	NPK viên nén	60-30-30	$0,67^{ab}$	1,04
R2N1	Urê	80-30-30	$0,72^{ab}$	1,02
R2N2	Urê-nBTPT	80-30-30	$0,79^{a}$	1,08
R2N3	NPK viên nén	80-30-30	$0,77^{a}$	1,05
R3N1	Urê	100-30-30	$0,68^{ab}$	1,04
R3N2	Urê-nBTPT	100-30-30	$0,72^{ab}$	1,06
R3N3	NPK viên nén	100-30-30	$0,76^{a}$	1,06
	F		*	ns
	CV (%)		*9,9*	*15,3*

Ghi chú: Trong cùng một cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ý nghĩa ở mức 5% qua kiểm định Tukey. ns: khác biệt thống kê không ý nghĩa. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Trong vụ hè thu 2013, kết quả trình bày ở Bảng 4.12 cho thấy khi bón lượng đạm không làm tăng hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt khi tăng lượng đạm bón của cùng dạng phân. Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt giữa các dạng phân đạm không khác biệt có ý nghĩa thống kê ở cùng lượng bón cho thấy trong điều kiện bón đủ đạm, hàm lượng đạm trong hạt không ảnh hưởng nhiều bởi các yếu tố khác.

4.4.2.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2012/2013

Kết quả thí nghiệm hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014 được trình bày ở Bảng 4.13. Ở nghiệm thức bón urê, khi liều lượng đạm bón tăng dần ở các mức

80 và 100 kgN/ha thì hàm lượng đạm trong rơm tăng (lần lượt là 0,57% và 0,58%) so với khi bón ở lượng 60 kgN/ha (0,55%). Đối với nghiệm thức bón urê-nBTPT, hàm lượng đạm trong rơm đạt cao nhất ở liều lượng đạm bón lượng 80 kgN/ha (0,62%) so với mức bón 60 kgN/ha và 100 kgN/ha (lần lượt là 0,59% và 0,61%). Riêng với nghiệm thức bón NPK viên nén thì hàm lượng đạm trong rơm đạt cao ở liều lượng đạm bón lượng 80 kgN/ha và 100 kgN/ha (0,63% và 0,62%, theo thứ tự) so với mức bón 60 kgN/ha (0,59%). Trong cùng một lượng bón, hàm lượng đạm trong rơm của các dạng phân urê-nBTPT và NPK viên nén khác biệt thống kê rất ý nghĩa so với phân cho thấy hiệu quả hấp thu đạm trong rơm của các dạng phân này.

Bảng 4.13: Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Nghiệm thức	**Loại phân đạm**	**Liều lượng phân bón** (kg/ha)	**Hàm lượng đạm tổng số** (%)	
			Trong rơm	**Trong hạt**
N0	Không bón đạm	0-30-30	$0,51^{f}$	$0,98^{e}$
R1N1	Urê	60-30-30	$0,55^{e}$	$1,06^{d}$
R1N2	Urê-nBTPT	60-30-30	$0,59^{bc}$	$1,11^{cd}$
R1N3	NPK viên nén	60-30-30	$0,59^{bc}$	$1,12^{cd}$
R2N1	Urê	80-30-30	$0,57^{d}$	$1,06^{d}$
R2N2	Urê-nBTPT	80-30-30	$0,62^{a}$	$1,16^{bc}$
R2N3	NPK viên nén	80-30-30	$0,63^{a}$	$1,24^{a}$
R3N1	Urê	100-30-30	$0,58^{cd}$	$1,09^{cd}$
R3N2	Urê-nBTPT	100-30-30	$0,61^{ab}$	$1,21^{ab}$
R3N3	NPK viên nén	100-30-30	$0,62^{a}$	$1,25^{a}$
	F		**	**
	CV (%)		*4,5*	*2,8*

Ghi chú: Trong cùng một cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ý nghĩa ở mức 1% qua kiểm định Tukey. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Bón phân urê-nBTPT và phân NPK viên nén cho lúa có cùng hàm lượng đạm tổng số trong hạt cao hơn và khác biệt rất ý nghĩa so với bón phân urê ở cùng lượng bón 80 và 100 kgN/ha (Bảng 4.13). Năng suất lúa không có sự khác biệt giữa các dạng phân đạm của thí nghiệm nhưng hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt cho thấy được hiệu quả hấp thu đạm cây lúa cao hơn khi bón phân urê-nBTPT hay NPK viên nén so với bón urê ở lượng bón 80 và 100 kgN/ha.

4.4.2.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên lượng đạm trong rơm và trong hạt qua nhiều vụ thí nghiệm

Bảng 4.14 trình bày kết quả tính toán trung bình các nghiệm thức và phân tích thống kê hợp nhất số liệu (Combined analysis of data) hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt qua 3 vụ thí nghiệm. Ở nghiệm thức bón urê, khi liều lượng

đạm bón tăng dần ở các mức bón 60, 80 và 100 kgN/ha thì lượng đạm trong rơm và trong hạt không tăng tương ứng. Đối với nghiệm thức bón urê-nBTPT, hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt đạt cao ở liều lượng đạm bón lượng 80 kgN/ha (lần lượt là 0,69% và 1,14%) so với mức bón 60 kgN/ha (lần lượt là 0,60% và 1,06%) và không khác biệt thống kê ý nghĩa so với mức bón 100 kgN/ha (lần lượt là 0,66% và 1,17%). Tương tự, nghiệm thức bón NPK viên nén có hàm lượng đạm trong rơm (0,68% và 0,66%, theo thứ tự) và trong hạt (1,15% và 1,16%, theo thứ tự) đạt cao ở liều lượng đạm bón lượng 80 kgN/ha và 100 kgN/ha so với mức bón 60 kgN/ha (0,61% và 1,08%, theo thứ tự).

Bảng 4.14: Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón qua 3 vụ thí nghiệm

Nghiệm thức	**Loại phân đạm**	**Liều lượng phân bón** (kg/ha)	**Hàm lượng đạm tổng số** (%)	
			Trong rơm	**Trong hạt**
N0	Không bón đạm	0-30-30	$0,52^{d}$	$0,99^{f}$
R1N1	Urê	60-30-30	$0,59^{cd}$	$1,07^{de}$
R1N2	Urê-nBTPT	60-30-30	$0,60^{bc}$	$1,06^{e}$
R1N3	NPK viên nén	60-30-30	$0,61^{bc}$	$1,08^{de}$
R2N1	Urê	80-30-30	$0,63^{bc}$	$1,08^{de}$
R2N2	Urê-nBTPT	80-30-30	$0,69^{a}$	$1,14^{abc}$
R2N3	NPK viên nén	80-30-30	$0,68^{a}$	$1,15^{ab}$
R3N1	Urê	100-30-30	$0,61^{bc}$	$1,13^{abcd}$
R3N2	Urê-nBTPT	100-30-30	$0,66^{ab}$	$1,17^{a}$
R3N3	NPK viên nén	100-30-30	$0,65^{ab}$	$1,16^{a}$
	F		**	**
	CV (%)		*7,5*	*3,9*

Ghi chú: Trong cùng một cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ý nghĩa ở mức 1% qua kiểm định Tukey. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Kết quả thí nghiệm hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt qua 3 vụ thí nghiệm cho thấy có hàm lượng đạm tổng số trong hạt cao hơn khi bón phân urê-nBTPT (0,69% và 1,14%, theo thứ tự) và phân NPK viên nén (0,68% và 1,15%, theo thứ tự) và khác biệt rất ý nghĩa so với bón phân urê (0,63% và 1,08%, theo thứ tự) ở lượng bón 80 kgN/ha (Bảng 4.14). Năng suất lúa không có sự khác biệt rõ nét giữa các dạng phân đạm của thí nghiệm nhưng hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt cho thấy được hiệu quả hấp thu đạm cây lúa cao hơn khi bón phân urê-nBTPT hay phân NPK viên nén so với bón phân urê ở liều lượng bón 80 kgN/ha.

Kết quả lượng đạm tổng số trong rơm và trong hạt cho thấy cây lúa hấp thu đạm từ phân urê-nBTPT và phân NPK viên nén hiệu quả hơn so với bón urê. Bón vùi viên phân NPK làm cho hàm lượng đạm trao đổi trong đất tập trung cao ở độ sâu 5 cm - 10 cm và đến 40 NSKS vẫn thể hiện hàm lượng NH_4^+ cao

rõ rệt ở độ sâu này tạo điều kiện cho cây lúa hấp thu đạm góp phần tăng hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt.

4.4.3 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hiệu quả sử dụng đạm

4.4.3.1 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hiệu quả nông học

a) Hiệu quả nông học thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

Bảng 4.15 trình bày trong kết quả tính toán hiệu quả nông học (AE_N) thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè tỉnh - Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013 và vụ hè thu 2013. Đối với vụ lúa đông xuân, hiệu quả nông học có khuynh hướng đạt cao ở lượng đạm bón 80 kgN/ha và thấp ở lượng đạm bón 60 kgN/ha và 100 kgN/ha trong cùng dạng phân bón tuy nhiên sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê. Ở liều lượng bón 80 kgN/ha, hiệu quả nông học cũng có khuynh hướng đạt cao theo thứ tự urê-nBTPT (36,94 kg hạt/kg N bón) > NPK viên nén (32,00 kg hạt/kg N bón) > urê thường (27,45 kg hạt/kg N bón), mặc dù sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê.

Bảng 4.15: Hiệu quả nông học giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013 và vụ hè thu 2013

Nghiệm thức	**Loại phân đạm**	**Liều lượng phân bón** (kg/ha)	**Hiệu quả nông học** (kg hạt/kg N bón)	
			Vụ đông xuân	**Vụ hè thu**
R1N1	Urê	60-30-30	$17,34^{d}$	$17,17^{ab}$
R1N2	Urê-nBTPT	60-30-30	$30,57^{abc}$	$18,04^{ab}$
R1N3	NPK viên nén	60-30-30	$17,84^{cd}$	$18,33^{ab}$
R2N1	Urê	80-30-30	$27,45^{abcd}$	$14,63^{ab}$
R2N2	Urê-nBTPT	80-30-30	$36,94^{a}$	$15,28^{ab}$
R2N3	NPK viên nén	80-30-30	$32,00^{ab}$	$18,53^{a}$
R3N1	Urê	100-30-30	$25,20^{abcd}$	$14,10^{b}$
R3N2	Urê-nBTPT	100-30-30	$20,89^{bcd}$	$16,30^{ab}$
R3N3	NPK viên nén	100-30-30	$27,78^{abcd}$	$20,15^{a}$
	F		*	*
	CV (%)		*29,7*	*16,9*

Ghi chú: Trong cùng một cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ý nghĩa ở mức 5% qua kiểm định Tukey. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Tuy nhiên, bón đạm dạng urê-nBTPT và bón phân NPK viên nén đã làm gia tăng hàm lượng N trong thân lá có ý nghĩa thống kê so với urê thường (Bảng 4.11). Đây là kết quả của sự hấp thu đạm tốt của cây khi sử dụng phân urê-nBTPT và NPK viên nén so với phân urê thường. Điều này cho thấy cây hấp thu N cao từ việc bón phân uê-nBTPT và NPK viên nén, giúp cây sinh trưởng và phát triển tốt và góp phần tăng năng suất hạt (Bảng 4.8). Kết quả này cho thấy trong điều kiện thí nghiệm, mặc dù năng suất ở các nghiệm thức bón urê-

nBTPT và bón phân NPK viên nén không khác biệt có ý nghĩa thống kê, nhưng việc bón urê-nBTPT và bón phân NPK viên nén đã có hiệu quả tích cực làm giảm lượng N-NH_4^+ trong nước ruộng (Hình 4.5) do đó có thể làm tăng sự hấp thu đạm.

Riêng với vụ lúa hè thu, hiệu quả nông học gần tương đương nhau giữa các liều lượng đạm bón 60, 80 và 100 kgN/ha trong cùng dạng phân đạm bón (Bảng 4.15). Hiệu quả nông học khi sử dụng phân urê, urê-nBTPT và NPK viên nén cũng không thể hiện sự khác biệt thống kê trong cùng lượng đạm bón.

Kết quả thí nghiệm cho thấy hiệu quả nông học có khuynh hướng đạt cao ở liều lượng đạm bón là 80 kgN/ha đây là lượng đạm bón mà cây lúa hấp thu tốt và góp phần gia tăng năng suất hạt. Đối với các dạng phân đạm thì tương tự như năng suất hạt, hiệu quả nông học khi bón phân đạm urê-nBTPT và phân NPK viên nén chưa thể hiện rõ so với bón phân urê. Mặc dù, năng suất và hiệu quả nông học chưa thể hiện hiệu quả của các dạng phân đạm nhưng bón urê-nBTPT và NPK viên nén có hàm lượng đạm tổng số trong rơm và trong hạt cao ở lượng bón 80 kgN/ha cho thấy cây lúa hấp thu hiệu quả các dạng đạm này.

b) Hiệu quả nông học thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long

Bảng 4.16 trình bày kết quả tính toán hiệu quả nông học của đạm bón thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014. Hiệu quả nông học có khuynh hướng đạt cao ở lượng đạm bón 80 kgN/ha khi bón cùng dạng phân đạm tuy nhiên sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê. Bên cạnh đó, khi bón các dạng phân đạm NPK viên nén, urê-nBTPT và urê không có khác biệt về hiệu quả nông học của đạm bón.

Bảng 4.16: Hiệu quả nông học giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Nghiệm thức	**Loại phân đạm**	**Liều lượng phân bón** (kg/ha)	**Hiệu quả nông học** (kg hạt/kg N bón)
R1N1	Urê	60-30-30	13,00
R1N2	Urê-nBTPT	60-30-30	16,46
R1N3	NPK viên nén	60-30-30	19,39
R2N1	Urê	80-30-30	19,83
R2N2	Urê-nBTPT	80-30-30	18,99
R2N3	NPK viên nén	80-30-30	21,05
R3N1	Urê	100-30-30	18,26
R3N2	Urê-nBTPT	100-30-30	15,97
R3N3	NPK viên nén	100-30-30	17,49
	F		*ns*
	CV (%)		*28,7*

Ghi chú: ns: khác biệt không ý nghĩa thống kê. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

4.4.3.2 Ảnh hưởng của các dạng phân đạm trên hiệu quả thu hồi đạm

Hiệu quả thu hồi đạm giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón của thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè tỉnh - Trà Vinh vụ hè thu 2013 được tính toán và trình bày trong Bảng 4.17.

Bảng 4.17: Hiệu quả thu hồi đạm giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Nghiệm thức	**Loại phân đạm**	**Liều lượng phân bón** (kg/ha)	**Hiệu quả thu hồi đạm** (%)
R1N1	Urê	60-30-30	34[ab]
R1N2	Urê-nBTPT	60-30-30	39[ab]
R1N3	NPK viên nén	60-30-30	33[ab]
R2N1	Urê	80-30-30	27[b]
R2N2	Urê-nBTPT	80-30-30	44[a]
R2N3	NPK viên nén	80-30-30	39[ab]
R3N1	Urê	100-30-30	28[b]
R3N2	Urê-nBTPT	100-30-30	46[a]
R3N3	NPK viên nén	100-30-30	36[ab]
	F		*
	CV (%)		*21,3*

Ghi chú: Trong cùng cột các số có cùng chữ cái theo sau không khác biệt ý nghĩa ở mức 5% qua kiểm định Tukey. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Kết quả thí nghiệm cho thấy hiệu quả thu hồi đạm đạt tương đương ở các liều lượng đạm bón 60, 80 và 100 kgN/ha khi bón các dạng phân đạm. Tuy nhiên, đối với nghiệm thức urê-nBTPT khi bón ở liều lượng đạm 80 và 100 kgN/ha thì hiệu quả thu hồi đạm (tương ứng 44% và 46%) cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với bón phân urê (tương ứng 27% và 28%). Đối với NPK viên nén cho hiệu quả thu hồi đạm (tương ứng 39% và 36%) không khác biệt ý nghĩa so với bón urê ở cùng liều lượng đạm bón 80 và 100 kgN/ha (Bảng 4.17).

Tóm lại, hiệu quả thu hồi đạm cao ở liều lượng đạm bón 100 kgN/ha so với 60 kgN/ha của dạng đạm urê-nBTPT và NPK viên nén. Bên cạnh đó, hiệu quả thu hồi đạm tương đương ở các nghiệm thức bón phân urê-nBTPT, NPK viên nén và phân urê khi bón cùng liều lượng đạm.

4.4.4 Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm

Hiệu quả kinh tế của các dạng phân đạm khác nhau gồm: phân urê, phân urê-nBTPT và phân NPK viên nén ở liều lượng bón đạm 80 kgN/ha.

Việc sử dụng các loại phân có giá thành khác nhau và lượng đạm bón khác nhau làm cho chi phí phân NPK khác nhau. Bên cạnh đó, phương pháp bón vùi tốn nhiều lao động hơn so với bón vãi nếu sử dụng lao động thủ công đã góp

phần tăng thêm chi phí lao động. Riêng đối với nghiệm thức bón vùi NPK viên nén thực hiện bằng biện pháp thủ công nên phải sử dụng đến 12 lao động cho mỗi hecta vùi so với bón vãi chỉ tốn 3,6 lao động cho cả vụ.

Do các dạng phân đạm mới chưa làm tăng năng suất so với bón urê nên việc tính toán hiệu quả chỉ mang tính tham khảo.

4.4.4.1 Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

Các chỉ tiêu hiệu quả kinh tế của sản xuất lúa hai vụ (đông xuân 2012/2013 và hè thu 2013) tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh được trình bày ở Bảng 4.18. Tổng chi phí sản xuất 2 vụ lúa của nghiệm thức urê, urê-nBTPT và NPK viên nén với các giá trị lần lượt là 35,87; 36,96 và 39,49 triệu đồng. Chi phí phân NPK cho các nghiệm thức urê, urê-nBTPT và NPK viên nén tương ứng là 6,08; 7,18 và 8,03 triệu đồng; chiếm 17,0%; 19,4% và 20,3% trong tổng chi phí, theo thứ tự.

Thu nhập từ sản xuất hai vụ lúa của nghiệm thức urê, urê-nBTPT và NPK viên nén lần lượt là 50,94; 58,36 và 54,08 triệu đồng. Năng suất của ở nghiệm thức urê-nBTPT và NPK viên nén cao hơn đã làm tăng thu nhập ở các nghiêm thức này so với nghiệm thức urê. Cụ thể, nghiệm thức urê-nBTPT có thu nhập cao hơn 7,42 triệu đồng (14,6%) và nghiệm thức NPK viên nén tăng thêm 3,14 triệu đồng (5,4%) so với nghiệm thức urê.

Bảng 4.18: Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh với lượng đạm bón 80 kgN/ha

TT	Chỉ tiêu	ĐVT	Dạng phân đạm		
			Urê	Urê-nBTPT	NPK viên
I	**Tổng chi phí** (2 vụ lúa)	**đ/ha**	**35 867 609**	**36 962 989**	**39 494 043**
1	Chi phí trung gian	đ/ha	**28 727 609**	**29 822 989**	**30 674 043**
	Phân NPK	*đ/ha*	*6 082 609*	*7 177 989*	*8 029 043*
2	Chi phí lao động	đ/ha	7 140 000	7 140 000	8 820 000
	Bón phân	*đ/ha*	*720 000*	*720 000*	*2 400 000*
II	**Thu nhập** (2 vụ lúa)	**đ/ha**	**50 941 000**	**58 362 000**	**54 077 000**
1	Vụ đông xuân	đ/ha	27 071 000	31 137 000	28 997 000
	Năng suất	kg/ha	5 060	5 820	5 420
	Giá lúa	đ/kg	5 350	5 350	5 350
2	Vụ hè thu	đ/ha	23 870 000	27 225 000	25 080 000
	Năng suất	kg/ha	4 340	4 950	4 560
	Giá lúa	đ/kg	5 500	5 500	5 500
III	**Lợi nhuận** (2 vụ lúa)	**đ/ha**	**15 073 391**	**21 399 011**	**14 582 957**
IV	**Hiệu quả đồng vốn**	**lần**	**0,52**	**0,72**	**0,48**

Ghi chú: nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Lợi nhuận của các nghiệm thức urê, urê-nBTPT và NPK viên nén tương ứng là 15,07; 21,40 và 14,58 triệu đồng và hiệu quả đồng vốn của các nghiệm thức này lần lượt là 0,52; 0,72 và 0,48 lần. Lợi nhuận và hiệu quả đồng vốn cho thấy nghiệm thức urê-nBTPT có hiệu quả cao nhất, tiếp đến là nghiệm thức urê rồi đến nghiệm thức NPK viên nén. Mặc dù vậy, với việc hiện đại hóa trong nông nghiệp trong đó cơ giới hóa trong bón phân góp phần giảm chi phí lao động thì việc bón phân NPK vùi sẽ có triển vọng.

4.4.4.2 Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Hiệu quả kinh tế của sản xuất lúa vụ đông xuân 2013/2014 tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long với lượng đạm bón 80 kgN/ha được trình bày ở Bảng 4.19. Tổng chi phí của nghiệm thức urê, urê-nBTPT và NPK viên nén trong vụ lúa đông xuân với các giá trị lần lượt là 19,07; 19,66 và 20,53 triệu đồng. Chi phí phân NPK cho các nghiệm thức urê, urê-nBTPT và NPK viên nén lần lượt là 3,25; 3,84 và 3,87 triệu đồng; chiếm 17,1%; 19,5% và 18,9% trong tổng chi phí, tương ứng. Chi phí lao động đối với nghiệm thức NPK viên tăng thêm do bón vùi thủ công.

Thu nhập từ sản xuất lúa vụ đông xuân khi bón 80 kgN/ha của nghiệm thức urê, urê-nBTPT và NPK viên nén lần lượt là 41,63; 41,29 và 42,21 triệu đồng. Các nghiệm thức urê, urê-nBTPT và NPK viên nén có lợi nhuận tương ứng là 22,56; 21,62 và 21,67 triệu đồng và hiệu quả đồng vốn lượt là 1,46; 1,35 và 1,35 lần. Kết quả về lợi nhuận và hiệu quả đồng vốn cho thấy nghiệm thức urê-nBTPT và NPK viên nén tương đương nhau và thấp hơn một ít so với nghiệm thức urê.

Bảng 4.19: Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014 với lượng đạm bón 80 kgN/ha

TT	Chỉ tiêu	ĐVT	Dạng phân đạm		
			Urê	Urê-nBTPT	NPK viên
I	**Tổng chi phí**	**đ/ha**	**19 071 932**	**19 663 780**	**20 533 121**
1	Chi phí trung gian	đ/ha	**15 451 932**	**16 043 780**	**16 073 121**
	Phân NPK	*đ/ha*	*3 251 932*	*3 843 780*	*3 873 121*
2	Chi phí lao động	đ/ha	**3 620 000**	**3 620 000**	**4 460 000**
	Bón phân	*đ/ha*	*360 000*	*360 000*	*1 200 000*
II	**Thu nhập** (Vụ ĐX)	**đ/ha**	**41 630 000**	**41 285 000**	**42 205 000**
	Năng suất	kg/ha	7 240	7 180	7 340
	Giá lúa	đ/kg	5 750	5 750	5 750
III	**Lợi nhuận**	**đ**	**22 558 068**	**21 621 220**	**21 671 879**
IV	**Hiệu quả đồng vốn**	**lần**	**1,46**	**1,35**	**1,35**

Ghi chú: nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

Bón phân urê-nBTPT mang lại hiệu quả kinh tế cao nhất trong các dạng phân đạm. Chưa thấy rõ hiệu quả kinh tế của phân NPK viên nén do bón vùi bằng biện pháp thủ công làm tăng chi phí lao động. Do vậy, cơ giới hóa trong nông nghiệp trong đó có bón phân góp phần giảm chi phí lao động thì việc bón phân NPK vùi sẽ có triển vọng.

Áp dụng mức tăng năng suất 7,6% (tương đương 310 kg/ha))của thí nghiệm trên năng suất tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ lúa hè thu 2013 cho thấy các dạng phân đạm mới có hiệu quả gia tăng lợi nhuận. Ở mức tăng năng suất 7,6%, khi bón urê-nBTPT tăng thêm lợi nhuận ở mức 2,47 triệu đồng và lợi nhuận ngang nhau khi bón NPK viên nén so với lợi nhuận của bón urê cho cả hai vụ lúa tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh. Riêng đối với điều kiện canh tác lúa đông xuân 2013/2014 tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long khi bón urê-nBTPT và NPK viên nén có lợi nhuận tăng thêm lần lượt 2,32 và 1,45 triệu đồng.

Tóm lại, kết quả từ nghiên cứu 4 cho thấy năng suất lúa đạt cao ở lượng bón 80 kgN/ha, tương đương bón 100kg N/ha trong vụ đông xuân và vụ hè thu trên đất phèn tiềm tàng và đất phù sa ven sông, nên một lần nữa khẳng định liều lượng bón phù hợp cho lúa là 80kg N/ha, cần được khuyến cáo để nông dân áp dụng. Trên thực tế, nông dân trong vùng thường bón phân N với liều lượng lớn hơn 100 kgN/ha mỗi vụ cho nên việc giảm liều lượng N bón là cần thiết nhằm giảm chi phí phân N bón và giảm các tác hại môi trường. Bên cạnh đó, phân urê-nBTPT hay NPK viên nén mặc dù chưa thấy được hiệu quả rõ làm tăng năng suất lúa nhưng lượng N trong rơm và trong hạt lúa cao hơn so với bón phân urê ở lượng bón 80 kgN/ha nên cần khuyến cáo áp dụng.

CHƯƠNG 5
KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

5.1 KẾT LUẬN

Bón vãi phân urê và urê-nBTPT trên bề mặt ruộng sẽ gây ra sự tích lũy NH_4^+ cao trong nước ruộng vào những ngày đầu sau khi bón điều này có thể dẫn đến sự mất đạm do rửa trôi, bốc thoát NH_3. Lượng NH_4^+ trao đổi trong đất khi bón vãi urê và urê-nBTPT có khuynh hướng đạt cao trên lớp đất mặt trong khi đó bón vùi sâu phân NPK viên nén đã tạo nên sự tích lũy cao lượng NH_4^+ trong đất ở độ sâu 5 cm và 10 cm, do đó cây lúa có thể thu hút đạm hiệu quả trong suốt vụ, mặc dù phân NPK viên nén được vùi sâu một lần vào 10 ngày sau khi sạ lúa. Hàm lượng NH_4^+ trên lớp đất mặt thấp nên biện pháp vùi sâu phân đạm cũng là một biện pháp có ý nghĩa để giảm các tác hại về môi trường.

Các dạng phân đạm mới như urê-nBTPT, NPK viên nén, IBDU đã làm giảm phát thải khí N_2O so với bón urê thường. Điều này có ý nghĩa rất lớn trong khuyến cáo nông dân bón các dạng phân đạm mới, có hiệu quả làm giảm phát thải khí nhà kính từ canh tác nông nghiệp, góp phần làm giảm ảnh hưởng của canh tác nông nghiệp đến biến đổi khí hậu.

Biện pháp tưới khô ngập luân phiên cho thấy hiệu quả trên năng suất lúa, hiệu quả thu hồi đạm và đã không làm tăng phát thải khí N_2O so với tưới theo nông dân. Đây cũng là một đóng góp mới làm cơ sở cho khuyến cáo áp dụng biện pháp tưới khô ngập luân phiên góp phần tăng năng suất và tiết kiệm nước tưới trong canh tác lúa ứng phó với tình hình khan hiếm nước tưới như hiện nay ở Đồng Bằng Sông Cửu Long.

Đối với đất có pH đất thấp và trong điều kiện bón phân sau khi dẫn nước vào ruộng, tổng lượng NH_3 bốc thoát của phân urê đạt thấp nên đạt tương đương với bón các dạng phân đạm cải tiến mới. Lượng NH_3 bốc thoát tăng theo sự gia tăng lượng NH_4^+ trong nước ruộng sau mỗi đợt bón vãi phân urê và urê-nBTPT. Do đó, cần tiếp tục có các biện pháp cải tiến phân bón và phương pháp bón phân để giảm sự bốc thoát sau các đợt bón của các dạng phân này.

Năng suất lúa đạt cao ở lượng bón 80 kgN/ha tương đương bón 100kg N/ha trong vụ đông xuân và vụ hè thu trên đất phèn tiềm tàng và đất phù sa ven sông Tiền và sông Hậu, nên cần khuyến cáo để nông dân nông dân áp dụng lượng bón 80kg N/ha nhằm giảm chi phí phân bón và giảm các tác hại môi trường. Bón phân urê-nBTPT hay NPK viên nén cho hiệu quả hấp thu đạm trong cây lúa cao hơn khi bón phân urê ở lượng bón 80 kgN/ha, tuy nhiên chưa thấy được hiệu quả rõ làm tăng năng suất lúa. Đối với dạng phân NPK viên nén mặc dù

bón vùi một lần sau khi sạ, nhưng vẫn không làm giảm năng suất, là biện pháp có ý nghĩa trong giảm các tác hại môi trường nên cần được quan tâm.

5.2 ĐỀ XUẤT

Việc bón các dạng phân đạm mới như urê-nBTPT, NPK viên nén và NPK IBDU có ý nghĩa trong việc giảm phát thải khí N_2O cần được khuyến cáo đưa vào sử dụng trong canh tác lúa nhằm giảm thiểu các tác động môi trường.

Kỹ thuật tưới khô ngập luân phiên góp phần tăng năng suất nhưng không tăng lượng N_2O phát thải cần được khuyến cáo cho nông dân áp dụng nhằm tiết kiệm nước tưới trong tình hình khan hiếm nước như hiện nay ở Đồng Bằng Sông Cửu Long.

Lượng NH_4^+ trong nước tăng sau các đợt bón vãi phân urê và urê-nBTPT nên chưa giảm đáng kể bốc thoát NH_3. Do đó, cần tiếp tục có các biện pháp cải tiến trong sản xuất phân urê phối trộn với chất ức chế men urease và phương pháp bón phân để giảm sự bốc thoát NH_3 sau các đợt bón của các dạng phân này nhằm gia tăng hiệu quả sử dụng phân bón.

Cần có thêm các nghiên cứu trên các dạng phân bón có sử dụng chất ức chế men thủy phân urê và một số dạng phân chậm tan mới để đạt hiệu quả cao trong việc giảm phát thải khí nhà kính, tăng hiệu quả sử dụng phân bón và tăng năng suất lúa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Abao Jr, E. B., Bronson, K. F., Wassmann, R. & Singh, U. (2000). Simultaneous records of methane and nitrous oxide emissions in rice-based cropping systems under rainfed conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58(1-3): 131-139.

Akiyama, H., Yagi, K. & Yan, X. (2005). Direct N_2O emissions from rice paddy fields: summary of available data. *Global Biogeochemical Cycles* 19(1).

Arth, I. & Frenzel, P. (2000). Nitrification and denitrification in the rhizosphere of rice: the detection of processes by a new multi-channel electrode. *Biology and Fertility of Soils* 31(5): 427-435.

Adviento-Borbe, M. A. A. & Linquist, B. (2016). Assessing fertilizer N placement on CH_4 and N_2O emissions in irrigated rice systems. *Geoderma* 266: 40-45.

Bateman, E. J. & Baggs, E. M. (2005). Contributions of nitrification and denitrification to N_2O emissions from soils at different water-filled pore space. *Biology and Fertility of Soils* 41(6): 379-388.

Belder, P., Bouman, B. A. M., Cabangon, R., Guoan, L., Quilang, E. J. P., Yuanhua, L., Spiertz, J. H. J. & Tuong, T. P. (2004). Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. *Agricultural Water Management* 65(3): 193-210.

Belder, P., Spiertz, J. H. J., Bouman, B. A. M., Lu, G. & Tuong, T. P. (2005). Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation. *Field Crops Research* 93(2): 169-185.

Bernhard, A. (2010). The nitrogen cycle: Processes, players, and human impact. *Nature Education Knowledge* 3(10): 25.

Bollmann, A. & Conrad, R. (1998). Influence of O_2 availability on NO and N_2O release by nitrification and denitrification in soils. *Global Change Biology* 4(4): 387-396.

Bouman, B. A. M., Lampayan, R. M. & Tuong, T. P. (2007). *Water management in irrigated rice: coping with water scarcity*. International Rice Research Institute.

Bouwman, A. F. (1996). Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46(1): 53-70.

Bouwman, A. F. (1998). Environmental science: Nitrogen oxides and tropical agriculture. *Nature* 392(6679): 866-867.

Bộ môn Thủy Nông & Canh tác - Trường Đại học Nông nghiệp I (2008). *Tài liệu hướng dẫn Kỹ thuật bón phân viên nén sâu cho lúa.* Trường Đại học Nông nghiệp I.

Bronson, K. F., Neue, H. U., Abao, E. B. & Singh, U. (1997). Automated chamber measurements of methane and nitrous oxide flux in a flooded rice soil: I. Residue, nitrogen, and water management. *Soil Science Society of America Journal* 61(3): 981-987.

Buresh, R. J. (1987). Ammonia volatilization from point-placed urea in upland, sandy soils. *Fertilizer Research* 12(3): 263-268.

Buresh, R. J. & De Datta, S. K. (1990). Denitrification losses from puddled rice soils in the tropics. *Biology and Fertility of Soils* 9(1): 1-13.

Buresh, R. J. & Haefele, S. M. (2010). Changes in paddy soils under transition to water-saving and diversified cropping systems. In *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, 9-12 1 - 6 August 2010, Brisbane, Australia: International Union of Soil Sciences.

Byrnes, B. H., Gutser, R. & Amberger, A. (1989). Greenhouse study on the effects of the urease inhibitors phenyl phosphorodiamidate and N-(n-butyl) thiophosphoric triamide on the efficiency of urea applied to flooded rice. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 152(1): 67-72.

Byrnes, B. H. & Freney, J. R. (1995). Recent developments on the use of urease inhibitors in the tropics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 42(1): 251-259.

Cabangon, R. J., Castillo, E. G., Bao, L. X., Lu, G., Wang, G. H., Cui, Y. L., Tuong, T. P., Bouman, B. A. M., Li, Y. H. & Chen, C. D. (2001). Impact of alternate wetting and drying irrigation on rice growth and resource-use efficiency. In *Water-Saving Irrigation for Rice*(Eds R. Barker, R. Loeve, Y. H. Li and T. P. Tuong). International Water Management Institute.

Cai, G. X., Freney, J. R., Muirhead, W. A., Simpson, J. R., Chen, D. L. & Trevitt, A. C. F. (1989). The evaluation of urease inhibitors to improve the efficiency of urea as a N-source for flooded rice. *Soil Biology and Biochemistry* 21(1): 137-145.

Cai, Z. C., Xing, G. X., Yan, X. Y., Xu, H., Tsuruta, H., Yagi, K. & Minami, K. (1997). Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management. *Plant and Soil* 196(1): 7-14.

Cai, Z. C., Xing, G. X., Shen, G. Y., Xu, H., Yan, X. Y., Tsuruta, H., Yagi, K. & Minami, K. (1999). Measurements of CH_4 and N_2O emissions from rice paddies in Fengqiu, China. *Soil Science and Plant Nutrition* 45(1): 1-13.

Cameron, K. C., Di, H. J. & Moir, J. L. (2013). Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Annals of Applied Biology* 162(2): 145-173.

Cao, Y., Tian, Y., Yin, B. & Zhu, Z. (2013). Assessment of ammonia volatilization from paddy fields under crop management practices aimed to increase grain yield and N efficiency. *Field Crops Research* 147(0): 23-31.

Carreres, R., Sendra, J., Ballesteros, R., Valiente, E. F., Quesada, A., Carrasco, D., Leganés, F. & Cuadra, J. G. (2003). Assessment of slow release fertilizers and nitrification inhibitors in flooded rice. *Biology and Fertility of Soils* 39(2): 80-87.

Carson, L. C. & Ozores-Hampton, M. (2012). Methods for determining ditrogen release from controlled-release fertilizers used for vegetable production. *HortScience* 22(1): 20-24.

Cassman, K. G., Dobermann, A. & Walters, D. T. (2002). Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 31(2): 132-140.

Cassman, K. G., Dobermann, A., Walters, D. T. & Yang, H. (2003). Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Review of Environment and Resources* 28(1): 315-358.

CODESPA (2012). *Giải pháp gốc: Phân viên nén dúi sâu FDP đối với công cuộc xóa đói giảm nghèo tại Việt Nam.* Fundación CODESPA.

Chen, G. X., Huang, G. H., Huang, B., Yu, K. W., Wu, J. & Xu, H. (1997). Nitrous oxide and methane emissions from soil - plant systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49(1-3): 41-45.

Chichester, F. W. & Richardson, C. W. (1992). Sediment and nutrient loss from clay soils as affected by tillage. *Journal of Environmental Quality* 21(4): 587-590.

Chien, S. H., Prochnow, L. I. & Cantarella, H. (2009). Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. In *Advances in Agronomy*, Vol. 102, 267-322 (Ed L. S. Donald). Academic Press.

Chien, S. H., Edmeades, D., McBride, R. & Sahrawat, K. (2014). Review of maleic-itaconic acid copolymer purported as urease inhibitor and phosphorus enhancer in soils. *Agronomy Journal* 106(2): 423-430.

Cho, J. Y. (2003). Seasonal runoff estimation of N and P in a paddy field of central Korea. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 65(1): 43-52.

Choudhury, A. T. M. A. & Kennedy, I. R. (2005). Nitrogen fertilizer losses from rice soils and control of environmental pollution problems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36(11-12): 1625-1639.

Christianson, C. B., Byrnes, B. H. & Carmona, G. (1990). A comparison of the sulfur and oxygen analogs of phosphoric triamide urease inhibitors in reducing urea hydrolysis and ammonia volatilization. *Fertilizer Research* 26(1-3): 21-27.

Chu Văn Hách, Nguyễn Thị Hồng Nam, Hồ Trí Dũng & Lê Ngọc Điệp (2006). Phản ứng với phân đạm của các giống lúa cao sản triển vọng. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* 10: 14-16.

Chu Văn Hách & Lê Văn Bảnh (2007). *Nghiên cứu hiệu quả của urê bọc Agrotain coated lên năng suất lúa ở Đồng bằng Sông Cửu Long, Việt Nam.* Viện Nghiên cứu Lúa Đồng bằng Sông Cửu Long.

Crutzen, P. J., Mosier, A. R., Smith, K. A. & Winiwarter, W. (2016). N_2O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. In *A pioneer on atmospheric chemistry and climate change in the anthropocene*, 227-238 (Ed P. J. Crutzen). Springer.

Dalal, R. C., Wang, W., Robertson, G. P. & Parton, W. J. (2003). Nitrous oxide emission from Australian agricultural lands and mitigation options: a review. *Soil Research* 41(2): 165-195.

Davidson, E. A. (1993). Soil water content and the ratio of nitrous oxide to nitric oxide emitted from soil. In *Biogeochemistry of Global Change*, 369-386 (Ed R. S. Oremland). Springer.

Davidson, E. A., Keller, M., Erickson, H. E., Verchot, L. V. & Veldkamp, E. (2000). Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides: Using two functions based on soil nitrogen availability and soil water content, the hole-in-the-pipe model characterizes a large fraction of the observed variation of nitric oxide and nitrous oxide emissions from soils. *BioScience* 50(8): 667-680.

De Datta, S. K. (1981). *Principles and practices of rice production.* International Rice Research Institute.

De Datta, S. K., Cao, Z. & Fillery, I. R. P. (1984). Nitrogen-15 balance and residual effects of urea-N in wetland rice fields as affected by deep placement techniques. *Soil Science Society of America Journal* 48(1): 203-208.

De Datta, S. K. (1985). Availability and management of nitrogen in lowland rice in relation to soil characteristics. In *Wetland Soils, Characterization, Classification, and Utilization*, 247-267 (Ed S. J. Banta). International Rice Research Institute.

De Datta, S. K. (1987). Advances in soil fertility research and nitrogen fertilizer management for lowland rice. In *Efficiency of nitrogen fertilizers for rice*, 27-41: International Rice Research Institute.

De Datta, S. K., Samson, M. I., Obcemea, W. N., Real, J. G. & Buresh, R. J. (1991). Direct measurement of ammonia and denitrification fluxes from urea applied to rice. *Soil Science Society of America Journal* 55(2): 543-548.

Denman, K. L., Brasseur, G., Chidthaisong, A., Ciais, P., Cox, P. M., Dickinson, R. E., Hauglustaine, D., Heinze, C., Holland, E. & Jacob, D. (2007). Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry. In *Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 500-568 (Eds S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller). Cambridge University Press.

Dobermann, A., Dawe, D., Roetter, R. P. & Cassman, K. G. (2000). Reversal of rice yield decline in a long-term continuous cropping experiment. *Agronomy Journal* 92(4): 633-643.

Dobermann, A. (2005). Nitrogen use efficiency - State of the art. In *IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers*Frankfurt, Germany, 28-30 June 2005: International Fertilizer Industry Association.

Dobermann, A. (2007). Nutrient use efficiency - measurement and management. In *the IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices*Brussels, Belgium, 7 - 9 March, 2007: International Fertilizer Industry Association.

Dong, N. M., Brandt, K. K., Sørensen, J., Hung, N. N., Hach, C. V., Tan, P. S. & Dalsgaard, T. (2012). Effects of alternating wetting and drying versus continuous flooding on fertilizer nitrogen fate in rice fields in the Mekong Delta, Vietnam. *Soil Biology and Biochemistry* 47: 166-174.

Đỗ Văn Xê & Đặng Thị Kim Phượng (2010). Phân tích hiệu quả kinh tế của mô hình canh tác nông nghiệp: nghiên cứu trường hợp huyện Cai Lậy, tỉnh Tiền Giang. *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ* 13: 113-119.

Engel, R., Liang, D. L., Wallander, R. & Bembenek, A. (2010). Influence of urea fertilizer placement on nitrous oxide production from a silt loam soil. *Journal of Environmental Quality* 39(1): 115-125.

Fageria, N. K. & Baligar, V. C. (2001). Lowland rice response to nitrogen fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32(9-10): 1405-1429.

Fageria, N. K. (2013). Nitrogen. In *Mineral nutrition of rice*, 105-189: CRC Press.

FAO & IFA (2001). *Global estimates of gaseous emissions of NH_3, NO and N_2O from agricultural land.* Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Fertilizer Industry Association.

FAOSTAT (2016). Metadata. http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Statistics Division. Accessed on 01/10/2016.

Ferguson, R. B., Kissel, D. E., Koelliker, J. K. & Basel, W. (1984). Ammonia volatilization from surface-applied urea: Effect of hydrogen ion buffering capacity. *Soil Science Society of America Journal* 48(3): 578-582.

Fillery, I. R. P., Simpson, J. R. & De Datta, S. K. (1984). Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from flooded rice. *Soil Science Society of America Journal* 48(4): 914-920.

Fillery, I. R. P. & Vlek, P. L. G. (1986). 4. Reappraisal of the significance of ammonia volatilization as an N loss mechanism in flooded rice fields. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 9(1): 79-98.

Fillery, I. R. P., Roger, P. A. & De Datta, S. K. (1986). Ammonia volatilization from nitrogen sources applied to rice fields: II. Floodwater properties and submerged photosynthetic biomass. *Soil Science Society of America Journal* 50(1): 86-91.

Firestone, M. K. & Davidson, E. A. (1989). Microbiological basis of NO and N_2O production and consumption in soil. *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere* 47: 7-21.

Franzen, D., Goos, R. J., Norman, R. J., Walker, T. W., Roberts, T. L., Slaton, N. A., Endres, G., Ashley, R., Staricka, J. & Lukach, J. (2011). Field and laboratory studies comparing Nutrisphere-nitrogen urea with urea in North Dakota, Arkansas and Mississippi. *Journal of Plant Nutrition* 34(8): 1198-1222.

Freney, J. R., Denmead, O. T., Watanabe, I. & Craswell, E. T. (1981). Ammonia and nitrous oxide losses following applications of ammonium sulfate to flooded rice. *Australian Journal of Agricultural Research* 32(1): 37-45.

Freney, J. R., Simpson, J. R. & Denmead, O. T. (1983). Volatilization of ammonia. In *Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems*, 1-32: Springer.

Freney, J. R., Trevitt, A. C. F., Datta, S. K., Obcemea, W. N. & Real, J. G. (1990). The interdependence of ammonia volatilization and denitrification as nitrogen loss processes in flooded rice fields in the Philippines. *Biology and Fertility of Soils* 9(1): 31-36.

Freney, J. R., Keerthisinghe, D. G. & Peoples, M. B. (1994). Inhibition of urease activity in flooded soils by phenylphosphorodiamidate and N-(n-butyl) thiophosphorictriamide. *Soil Biology and Biochemistry* 26(8): 1059-1065.

Freney, J. R., Keerthisinghe, D. G., Phongpan, S., Chaiwanakupt, P. & Harrington, K. J. (1995). Effect of urease, nitrification and algal inhibitors on ammonia loss and grain yield of flooded rice in Thailand. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 40(3): 225-233.

Garcia, J. L. & Tiedje, J. M. (1982). 7. Denitrification in rice soils. *Microbiology of Tropical Soils and Plant Productivity* 5: 187.

Garnett, L., Condon, J., Khoi, C. M. & Macdonald, B. (2015). Phosphorus fertiliser requirements of rice under alternate wetting and drying irrigation in the Vietnamese Mekong Delta. In *Building Productive, Diverse and Sustainable Landscapes*: Proceedings of the 17th ASA Conference, 20 - 24 September 2015, Hobart, Australia.

Ghosh, S., Majumdar, D. & Jain, M. (2003). Methane and nitrous oxide emissions from an irrigated rice of North India. *Chemosphere* 51(3): 181-195.

Giblin, A. E., Tobias, C. R., Song, B., Weston, N., Banta, G. T. & Rivera-Monroy, V. H. (2013). The importance of dissimilatory nitrate reduction to ammonium (DNRA) in the nitrogen cycle of coastal ecosystems. *Oceanography* 26(3): 124-131.

Gomez, K. A. & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research.* John Wiley & Sons.

Goossens, A., Visscher, A. D., Boeckx, P. & Cleemput, O. V. (2001). Two-year field study on the emission of N_2O from coarse and middle-textured Belgian soils with different land use. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60(1): 23-34.

Hamamoto, M. (1966). *Isobutylidene diurea as a slow acting nitrogen fertiliser and the studies in this field in Japan.* Proceedings of the Fertiliser Society No. 90 in London on January 27th, 1966.

Harrison, R. & Webb, J. (2001). A review of the effect of N fertilizer type on gaseous emissions. In *Advances in Agronomy*, Vol. 73, 65-108: Academic Press.

Harty, M. A., Forrestal, P. J., Watson, C. J., Mcgeough, K. L., Carolan, R., Elliot, C., Krol, D., Laughlin, R. J., Richards, K. G. & Lanigan, G. J. (2016). Reducing nitrous oxide emissions by changing N fertiliser use from calcium ammonium nitrate (CAN) to urea based formulations. *Science of The Total Environment* 563–564: 576–586.

Hayashi, K., Nishimura, S. & Yagi, K. (2006). Ammonia volatilization from the surface of a Japanese paddy field during rice cultivation. *Soil Science and Plant Nutrition* 52(4): 545-555.

Hayashi, K., Nishimura, S. & Yagi, K. (2008). Ammonia volatilization from a paddy field following applications of urea: Rice plants are both an absorber and an emitter for atmospheric ammonia. *Science of The Total Environment* 390: 485-494.

Hayashi, K., Hayakawa, A., Akiyama, H. & Yagi, K. (2009). Measurement of ammonia volatilization loss using a dynamic chamber technique: A case study of surface-incorporated manure and ammonium sulfate in an upland field of light-colored Andosol. *Soil Science and Plant Nutrition* 55(4): 571-581.

Hayashi, K. (2013). Nitrogen fertilizer applications as a source of atmospheric ammonia. In *Technical Bulletins* Food & Fertilizer Technology Center - FFTC.

Hayatsu, M., Tago, K. & Saito, M. (2008). Various players in the nitrogen cycle: Diversity and functions of the microorganisms involved in nitrification and denitrification. *Soil Science and Plant Nutrition* 54(1): 33-45.

Heffer, P. (2013). *Assessment of fertilizer use by crop at the global level 2010-2010/11*. International Fertilizer Industry Association.

Herridge, D. F., Peoples, M. B. & Boddey, R. M. (2008). Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and Soil* 311(1-2): 1-18.

Hirel, B., Tétu, T., Lea, P. J. & Dubois, F. (2011). Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. *Sustainability* 3(9): 1452-1485.

Hofman, G. & van Cleemput, O. (2004). *Soil and plant nitrogen.* International Fertilizer Industry Association.

Houba, V. J. G., Van der Lee, J. J. & Novozamsky, I. (1995). *Soil and plant analysis - A series of syllabi, Part 5B: Soil analysis procedures, other procedures.* Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University.

Huan, T. T. N., Khuong, T. Q., Hach, C. V., Tan, P. S. & Buresh, R. (2008). Effect of seeding rate and nitrogen management under two different water regimes on grain yield, water productivity and profitability of rice production *Omonrice* 16: 81-87.

Huda, A., Gaihre, Y. K., Islam, M. R., Singh, U., Islam, M. R., Sanabria, J., Satter, M. A., Afroz, H., Halder, A. & Jahiruddin, M. (2016). Floodwater ammonium, nitrogen use efficiency and rice yields with fertilizer deep placement and alternate wetting and drying under triple rice cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 104(1): 53-66.

Humphreys, E., Muirhead, W. A., Melhuish, F. M., White, R. J. G. & Chalk, P. M. (1987). Fertilizer nitrogen recovery in mechanized dry seeded rice. In *Efficiency of nitrogen fertilizers for rice*, 107-118: International Rice Research Institute.

Hung, N. N., Singh, U., Xuan, V.-T., Buresh, R. J., Padilla, J. L., Lap, T. T. & Nga, T. T. (1995). Improving nitrogen-use efficiency of direct-seeded rice on alluvial soils of the Mekong River Delta. In *Vietnam and IRRI: A Partnership in Rice Research: Proceedings of a Conference Held in Hanoi, Vietnam, 4-7 May 1994*, 137-149: International Rice Research Institute.

Huỳnh Quang Tín, Trần Thị Huyền Trang, Võ Văn Bình, Trần Kim Tính và Nguyễn Văn Sánh (2015). Ảnh hưởng của kỹ thuật tưới đến năng suất và phát thải methane (CH_4) trong sản xuất lúa tại Gò Công Tây - Tiền Giang. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* Số 38 (2): 55-63.

IFA (2012). Fertilizer Outlook 2012 - 2016. In *80th IFA Annual Conference* (Eds P. Heffer and M. Prud'homme). 21-23 May 2012 Doha, Qatar: International Fertilizer Industry Association.

IFADATA (2016). IFADATA statistics. http://www.fertilizer.org/Statistics. International Fertilizer Industry Association. Accessed on 01/10/20156.

IFDC (2003). More rice with reduced loss of urea. In *An IFDC Project to Improve Fertilizer Nitrogen Efficiency for Rice Production*: International Fertilizer Development Center (IFDC).

IFDC (2013). *More rice with improved nitrogen efficiency: Deep placement of urea supergranules.* International Fertilizer Development Center (IFDC).

IRRI (2009). Saving water: alternate wetting and drying (AWD). In *IRRI Rice Fact Sheet*, Available from: http://www.knowledgebank.irri.org/factsheetsPDFs/ watermanagement_FSAWD3.pdf. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute (IRRI).

Ishii, S., Ikeda, S., Minamisawa, K. & Senoo, K. (2011). Nitrogen cycling in rice paddy environments: past achievements and future challenges. *Microbes and Environments/JSME* 26(4): 282-292.

Islam, M. S., Rahman, F. & Hossain, A. T. M. S. (2011). Effects of NPK briquette on rice (*Oryza sativa*) in tidal flooded ecosystem. *The Agriculturists* 9(1-2): 37-43.

Jayaweera, G. R. & Mikkelsen, D. S. (1990). Ammonia volatilization from flooded soil systems: A computer model. I. Theoretical aspects. *Soil Science Society of America Journal* 54(5): 1447-1455.

JCAM Agri (2013). Type of controlled fertilizers. JCAM Agri, Co., Ltd. Truy cập ngày 20/10/2013 tại http://www.jcam-agri.co.jp/en/product/index.html.

Jetten, M. S. M., van Niftrik, L., Strous, M., Kartal, B., Keltjens, J. T. & Op den Camp, H. J. M. (2009). Biochemistry and molecular biology of anammox bacteria. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology* 44(2-3): 65-84.

Johnson, C., Albrecht, G., Ketterings, Q., Beckman, J. & Stockin, K. (2005). Nitrogen basics - The nitrogen cycle. *Agronomy Fact Sheet Series. Cornell University Cooperative Extension*.

Johnson-Beebout, S. E., Angeles, O. R., Alberto, M. C. R. & Buresh, R. J. (2009). Simultaneous minimization of nitrous oxide and methane emission from rice paddy soils is improbable due to redox potential changes with depth in a greenhouse experiment without plants. *Geoderma* 149(1): 45-53.

Jones, C. A., Koenig, R. T., Ellworth, J. W., Brown, B. D. & Jackson, G. D. (2007). *Management of urea fertilizer to minimize volatilization.* Montana State University Extension.

Kant, S., Bi, Y. M. & Rothstein, S. J. (2011). Understanding plant response to nitrogen limitation for the improvement of crop nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany* 62(4): 1499-1509.

Kapoor, V., Singh, U., Patil, S. K., Magre, H., Shrivastava, L. K., Mishra, V. N., Das, R. O., Samadhiya, V. K., Sanabria, J. & Diamond, R. (2008). Rice growth, grain yield, and floodwater nutrient dynamics as affected by nutrient placement method and rate. *Agronomy Journal* 100(3): 526-536.

Keerthisinghe, D. G. & Freney, J. R. (1994). Inhibition of urease activity in flooded soils: Effect of thiophosphorictriamides and phosphorictriamides. *Soil Biology and Biochemistry* 26(11): 1527-1533.

Keerthisinghe, D. G., Lin, X. J., Luo, Q. X. & Mosier, A. R. (1995). Effect of encapsulated calcium carbide and urea application methods on denitrification and N loss from flooded rice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 45(1): 31-36.

Kimura, M. (2000). Anaerobic microbiology in waterlogged rice fields. In *Soil biochemistry*, Vol. 10, 35-138 (Eds J. M. Bollarg and G. Stotzky). New York: Marcel Dekker.

Kool, D. M., Wrage, N., Oenema, O., Harris, D. & Van Groenigen, J. W. (2009). The ^{18}O signature of biogenic nitrous oxide is determined by O exchange with water. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 23(1): 104-108.

Kreye, C., Dittert, K., Zheng, X., Zhang, X., Lin, S., Tao, H. & Sattelmacher, B. (2007). Fluxes of methane and nitrous oxide in water-saving rice production in north China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 77(3): 293-304.

Krupnik, T. J., Six, J., Ladha, J. K., Paine, M. J. & van Kessel, C. (2004). An assessment of fertilizer nitrogen recovery efficiency by grain crops. In *Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizer Use on Food Production and the Environment*(Eds A. R. Mosier, J. K. Syers and J. R. Freney). The Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE 65).

Kumar, U., Jain, M. C., Pathak, H., Kumar, S. & Majumdar, D. (2000). Nitrous oxide emission from different fertilizers and its mitigation by nitrification inhibitors in irrigated rice. *Biology and Fertility of Soils* 32(6): 474-478.

Ladha, J. K., Pathak, H., J Krupnik, T., Six, J. & van Kessel, C. (2005). Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Advances in Agronomy* 87: 85-156.

Lal, K. (2015). Combined analysis of data. In *Advances in data analytical techniques*, II_211-II_217 (Eds R. Parsad, V. K. Gupta, L. M. Bhar and V. K. Bhatia). http://www.iasri.res.in/ebook/ebadat/index.htm: Indian Agricultural Statistics Research Institute (I.C.A.R.).

Lan, T., Han, Y., Roelcke, M., Nieder, R. & Car, Z. (2014). Sources of nitrous and nitric oxides in paddy soils: Nitrification and denitrification. *Journal of Environmental Sciences* 26(3): 581-592.

Lawal, B. (2014). *Applied statistical methods in agriculture, health and life sciences.* Springer.

Li, F., Fan, X., Liu, F. & Wang, Q. (2004). Effects of controlled release fertilizers on N_2O emission from paddy field. *Chinese Journal of Applied Ecology* 15(11): 2170-2174.

Liu, L., Chen, T., Wang, Z., Zhang, H., Yang, J. & Zhang, J. (2013). Combination of site-specific nitrogen management and alternate wetting and drying irrigation increases grain yield and nitrogen and water use efficiency in super rice. *Field Crops Research* 154: 226-235.

Lý Ngọc Thanh Xuân, Nguyễn Quốc Khương, Nguyễn Minh Đông & Ngô Ngọc Hưng (2011). Ảnh hưởng của biện pháp tưới nước tiết kiệm đến hiệu quả sử dụng đạm và năng suất lúa trên đất trồng lúa. *Tạp chí Khoa học Đất* 36: 82-84.

Majumdar, D. (2003). Methane and nitrous oxide emission from irrigated rice fields: Proposed mitigation strategies. *Current Science* 84(10): 1317-1326.

Majumdar, D. (2013). Biogeochemistry of N_2O uptake and consumption in submerged soils and rice fields and implications in climate change. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 43(24): 2653-2684.

Masscheleyn, P. H., DeLaune, R. D. & Patrick Jr, W. H. (1993). Methane and nitrous oxide emissions from laboratory measurements of rice soil suspension: effect of soil oxidation-reduction status. *Chemosphere* 26(1): 251-260.

Mikkelsen, D. S., De Datta, S. K. & Obcemea, W. N. (1978). Ammonia volatilization losses from flooded rice soils. *Soil Science Society of America Journal* 42(5): 725-730.

Minami, K. (1992). Effect of nitrification inhibitors and slow-release fertilizer on emission of nitrous oxide from fertilized soils. In *Division of Environmental Planning Research Reports 8*, 137-146.

Minitab (2010). *Meet Minitab 16*. Minitab, Inc.

Mohanty, S. K., Singh, U., Balasubramanian, V. & Jha, K. P. (1998). Nitrogen deep-placement technologies for productivity, profitability, and environmental quality of rainfed lowland rice systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 53(1): 43-57.

Moore, K. J. & Dixon, P. M. (2015). Analysis of combined experiments revisited. *Agronomy Journal* 107(2): 763-771.

MONRE (2010). *Viet Nam's second national communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change.* Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE).

Moore, K. J. & Dixon, P. M. (2015). Analysis of combined experiments revisited. *Agronomy Journal* 107(2): 763-771.

Mosier, A. R., Duxbury, J. M., Freney, J. R., Heinemeyer, O. & Minami, K. (1996). Nitrous oxide emissions from agricultural fields: Assessment, measurement and mitigation. *Plant and Soil* 181: 95-108.

Mosier, A., Syers, J. K. & Freney, J. R. (2004). *Scope 65: Agriculture and the nitrogen cycle: assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment.* Island Press.

Naznin, A., Afroz, H., Hoque, T. S. & Mian, M. H. (2014). Effects of PU, USG and NPK briquette on nitrogen use efficiency and yield of BR22 rice under reduced water condition. *Journal of the Bangladesh Agricultural University* 11(2): 215-220.

Novoa, R. & Loomis, R. S. (1981). Nitrogen and plant production. *Plant and Soil* 58(1-3): 177-204.

Ngô Ngọc Hưng (2004). Ảnh hưởng các thời kỳ bón phân urea trên hoạt động phiêu sinh thực vật và sự mất đạm ruộng lúa. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* 2: 202-203.

Ngô Ngọc Hưng (2009a). Giảm thiểu bốc thoát amoniac trên đất lúa ngập nước bằng kỹ thuật bón thấm urê và sử dụng chế phẩm Copper-Zinc. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* 6: 26-31.

Ngô Ngọc Hưng (2009b). Tiến trình bốc hơi amoniac và sự mất đạm trên đất lúa ngập nước. In *Tính chất tự nhiên và những tiến trình làm thay đổi độ phì nhiêu đất Đồng bằng Sông Cửu Long*, 250-265: Nhà xuất bản Nông nghiệp.

Ngô Ngọc Hưng (2014). *Nghiên cứu biện pháp canh tác lúa nhằm giảm phát thải khí nhà kính ở Đồng bằng sông Cửu Long.* Báo cáo tổng kết Đề tài khoa học và công nghệ cấp bộ - B2012-16-13.

Nguyễn Minh Đông, Châu Minh Khôi, Nguyễn Đỗ Châu Giang, Lâm Văn Thông & Bùi Gia Tuyên (2013). Hiệu quả của sản phẩm urea hạt đục Cà Mau có bổ sung chế phẩm nâng cao hiệu quả sử dụng đạm (N1, N2, A1, H1) trên sinh trưởng và năng suất lúa thu đông 2013. In *Kết quả thí nghiệm và định hướng nghiên cứu phát triển sản phẩm urea - TE Cà Mau sử dụng trên lúa tại Đồng bằng Sông Cửu Long*: Báo cáo tổng kết đề tài hợp tác nghiên cứu giữa Trường Đại học Cần Thơ và Công ty TNHH MTV Phân bón Dầu khí Cà Mau.

Nguyễn Mỹ Hoa, Đỗ Bá Tân, Ngô Thanh Sang & Võ Thị Gương (2014). Hiệu quả kinh tế các mô hình canh tác cây trồng ở vùng xâm nhập mặn thấp huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre. *Tạp chí Khoa học - Đại học Cần Thơ* Số chuyên đề 2014(3): 31-37.

Nguyễn Quốc Khương, Lý Ngọc Thanh Xuân, Nguyễn Minh Đông & Ngô Ngọc Hưng (2012). Ảnh hưởng của kỹ thuật tưới luân phiên lên sự khoáng hóa đạm của đất phù sa trồng lúa ở đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ* 23a: 129-136.

Nguyễn Tất Cảnh (2005). *Sử dụng phân viên nén trong thâm canh lúa.* Nhà xuất bản Nông nghiệp.

Nguyễn Thị Lan & Đỗ Thị Hường (2009). Xác định liều lượng đạm viên nén bón cho lúa tại Thái Bình và Hưng Yên *Tạp chí Khoa học và Phát triển - Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội* 7(2): 152-157.

Nguyễn Văn Bộ, Mai Văn Trịnh, Bùi Thị Phương Loan, Lê Quốc Thanh, Phạm Anh Cường & Nguyễn Lê Trang (2016). Urea-Agrotain và phát thải khí nhà kính. In *Hội thảo Quốc gia về Khoa học Cây trồng lần thứ hai*, 80-85: Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam.

Nguyễn Văn Sánh (2009). Năng suất và lợi tức sản xuất lúa cao sản ở đồng bằng sông Cửu Long giai đoạn 1995 - 2006. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* 8: 8-12.

Panda, D., Mahata, K. R., Sen, H. S. & Patnaik, S. (1989). Transformation and loss of nitrogen due to leaching and ammonia volatilization in wetland rice (Oryza Sativa) soil. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 59(2): 91-96.

Parkin, T. B. & Ventera, R. T. (2010). Chamber-based trace gas flux measurements. In *Sampling Protocols*, 3-1 - 3-39 (Ed R. F. Follett). US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

Parkin, T. B., Venterea, R. T. & Hargreaves, S. K. (2012). Calculating the detection limits of chamber-based soil greenhouse gas flux measurements. *Journal of Environmental Quality* 41(3): 705-715.

Pathak, H., Bhatia, A., Prasad, S., Singh, S., Kumar, S., Jain, M. & Kumar, U. (2002). Emission of nitrous oxide from rice-wheat systems of Indo-Gangetic plains of India. *Environmental Monitoring and Assessment* 77(2): 163-178.

Peng, S., Hou, H., Xu, J., Mao, Z., Abudu, S. & Luo, Y. (2011). Nitrous oxide emissions from paddy fields under different water managements in southeast China. *Paddy and Water Environment* 9(4): 403-411.

Ponnamperuma, F. N. (1972). The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy* 24: 29-96.

Postgate, J. R. (1998). *Nitrogen fixation, 3rd edition.* Cambridge University Press.

Poth, M. & Focht, D. D. (1985). 15N kinetic analysis of N_2O production by *Nitrosomonas europaea*: an examination of nitrifier denitrification. *Applied and Environmental Microbiology* 49(5): 1134-1141.

Prasad, R. & De Datta, S. K. (1979). Increasing fertilizer nitrogen efficiency in wetland rice. In *Nitrogen and Rice Symposium Proceedings*, 465-484: International Rice Research Institute.

Phạm Sỹ Tân & Chu Văn Hách (2013). Bón phân cho lúa vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Trong *Hội thảo quốc gia về nâng cao hiệu quả quản lý và sử dụng phân bón tại Việt Nam* 154-167 (Nguyễn Văn Bộ biên tập). Cần Thơ, ngày 05/3/2013: Nhà xuất bản Nông nghiệp.

Phongpan, S. & Byrnes, B. H. (1990). The effect of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide on the efficiency of urea application in a flooded rice field trial in Thailand. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 25(3): 145-151.

Phongpan, S., Freney, J. R., Keerthisinghe, D. G. & Chaiwanakupt, P. (1995). Use of phenylphosphorodiamidate and N-(n-butyl) thiophosphorictriamide to reduce ammonia loss and increase grain yield following application of urea to flooded rice. *Fertilizer Research* 41(1): 59-66.

Raun, W. R. & Johnson, G. V. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal* 91(3): 357-363.

Rawluk, C. D. L., Grant, C. A. & Racz, G. J. (2001). Ammonia volatilization from soils fertilized with urea and varying rates of urease inhibitor nBTPT. *Canadian Journal of Soil Science* 81(2): 239-246.

Reddy, K. R. & Patrick, W. H. (1986). 5. Denitrification losses in flooded rice fields. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 9(1): 99-116.

Reimann, J., Jetten, M. M. & Keltjens, J. (2015). Metal Enzymes in "Impossible" Microorganisms Catalyzing the Anaerobic Oxidation of Ammonium and Methane. In *Sustaining Life on Planet Earth: Metalloenzymes Mastering Dioxygen and Other Chewy Gases*, Vol. 15, 257-313 (Eds P. M. H. Kroneck and M. E. S. Torres). Springer.

Robertson, G. P. & Groffman, P. M. (2007). Nitrogen transformations. In *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*, 341-364 (Ed E. A. Paul). Springer.

Saggar, S., Bolan, N. S., Bhandral, R., Hedley, C. B. & Luo, J. (2004). A review of emissions of methane, ammonia, and nitrous oxide from animal excreta deposition and farm effluent application in grazed pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 47(4): 513-544.

Saggar, S., Singh, J., Giltrap, D. L., Zaman, M., Luo, J., Rollo, M., Kim, D. G., Rys, G. & van der Weerden, T. J. (2013). Quantification of reductions in ammonia emissions from fertiliser urea and animal urine in grazed pastures with urease inhibitors for agriculture inventory: New Zealand as a case study. *Science of The Total Environment* 465(0): 136-146.

Sander, B. O., Samson, M. & Buresh, R. J. (2014). Methane and nitrous oxide emissions from flooded rice fields as affected by water and straw management between rice crops. *Geoderma* 235: 355-362.

Sartain, J. B. & Kruse, J. K. (2001). *Selected fertilizers used in turfgrass fertilization.* University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, EDIS.

Savant, N. K. & De Datta, S. K. (1979). Nitrogen release patterns from deep placement sites of urea in a wetland rice soil. *Soil Science Society of America Journal* 43(1): 131-134.

Savant, N. K. & James, A. F. (1985). Urea release from Osmocote® fertilizers in water and simulated wetland rice soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 16(10): 1071-1078.

Schnier, H., Dingkuhn, M., De Datta, S., Marqueses, E. & Faronilo, J. (1990). Nitrogen-15 balance in transplanted and direct-seeded flooded rice as affected by different methods of urea application. *Biology and Fertility of Soils* 10(2): 89-96.

Scholten, J. H. M. (1992). Increasing urea-N efficiency for transplanted lowland rice by pneumatic injection: Yield and economics at the farm level. *Fertilizer Research* 33(2): 107-114.

Shaviv, A. & Mikkelsen, R. L. (1993). Slow release fertilizers for a safer environment maintaining high agronomic use efficiency. *Fertilizer Research* 35: 1-12.

Shaviv, A. (2001). Advances in controlled-release fertilizers. *Advances in Agronomy* 71: 1-49.

Shaw, L. J., Nicol, G. W., Smith, Z., Fear, J., Prosser, J. I. & Baggs, E. M. (2006). Nitrosospira spp. can produce nitrous oxide via a nitrifier denitrification pathway. *Environmental Microbiology* 8(2): 214-222.

Singh, U., Cassman, K. G., Ladha, J. K. & Bronson, K. F. (1995). Innovative nitrogen management strategies for lowland rice systems. In *Fragile lives in fragile ecosystems. Proceedings of the International Rice Research Conference*, 229-254: International Rice Research Institute.

Singh, U., Wilkens, P., Jahan, I., Sanabria, J. & Kovach, S. (2010). Enhanced efficiency fertilizers. In *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, 9-12 1-6 August 2010, Brisbane, Australia: International Union of Soil Sciences.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M. & Smith, J. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363(1492): 789-813.

Sorai, M., Yoshida, N. & Ishikawa, M. (2007). Biogeochemical simulation of nitrous oxide cycle based on the major nitrogen processes. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 112(G1).

Stres, B., Danevčič, T., Pal, L., Fuka, M. M., Resman, L., Leskovec, S., Hacin, J., Stopar, D., Mahne, I. & Mandic-Mulec, I. (2008). Influence of temperature and soil water content on bacterial, archaeal and denitrifying microbial communities in drained fen grassland soil microcosms. *FEMS Microbiology Ecology* 66(1): 110-122.

Sun, H., Zhou, S., Fu, Z., Chen, G., Zou, G. & Song, X. (2016). A two-year field measurement of methane and nitrous oxide fluxes from rice paddies under contrasting climate conditions. *Scientific Reports* 6: 28255.

Suratno, W., Murdiyarso, D., Suratmo, F. G., Anas, I., Saeni, M. S. & Rambe, A. (1998). Nitrous oxide flux from irrigated rice fields in West Java. *Environmental Pollution* 102(1): 159-166.

Towprayoon, S., Smakgahn, K. & Poonkaew, S. (2005). Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from drained irrigated rice fields. *Chemosphere* 59(11): 1547-1556.

Tô Lan Phương, Trần Minh Hải, Nguyễn Kim Chung & Đặng Kiều Nhân (2012). Ảnh hưởng của phân BioGro, phương pháp tưới tiết kiệm nước đến năng suất và phát thải khí nhà kính trên ruộng lúa *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ* 22a: 8-16.

Tổng cục Thống kê (2015). *Niên giám thống kê tóm tắt 2015*. Nhà xuất bản Thống kê.

Thomson, A. J., Giannopoulos, G., Pretty, J., Baggs, E. M. & Richardson, D. J. (2012). Biological sources and sinks of nitrous oxide and strategies to mitigate emissions. *Philosophical Transactions B* 367(1593): 1157-1168.

Trenkel, M. E. (2010). *Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture.* International Fertilizer Industry Association.

Trương Thị Kiều Liên, Chu Văn Hách, Nguyễn Văn Bộ, Nguyễn Thị Thanh Tuyền, Đinh Thị Hải Minh, Võ Thị Thảo Nguyên, Chu Thị Hồng Anh, Lê Thị Hồng Huệ, Nguyễn Thị Hồng Nam (2016a). Đánh giá tác động của giống và chế độ tưới tới việc giảm thiểu tác hại của mặn hóa do biến đổi khí hậu tại Trà Vinh thuộc ĐBSCL. Trong *Hội thảo Quốc gia về Khoa học Cây trồng lần thứ hai*. 11-12/8, TP. Cần Thơ. Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam.

Trương Thị Kiều Liên, Chu Văn Hách, Nguyễn Thị Thanh Tuyền, Đinh Thị Hải Minh, Võ Thị Thảo Nguyên, Chu Thị Hồng Anh, Lê Thị Hồng Huệ, Nguyễn Thị Hồng Nam (2016b). Nghiên cứu các giải pháp thích ứng và giảm thiểu rủi ro cho canh tác lúa do tác động của biến đổi khí hậu trên vùng đất nhiễm mặn tại Sóc Trăng. Trong *Hội thảo Quốc gia về Khoa học Cây trồng lần thứ hai*. 11-12/8, TP. Cần Thơ. Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam.

USAID (2013). Deep placement of NPK briquettes: Increasing yields while reducing fertilizer costs. In *AAPI news bulletin*, Vol. 26: Accelerating Agriculture Productivity Improvement (AAPI).

Ussiri, L. & Jetten, M. S. M. (2012). Anaerobic ammonium-oxidizing bacteria: unique microorganisms with exceptional properties. *Microbiology and molecular biology reviews* 76(3): 585-596.

Ussiri, D. & Lal, R. (2013). *Soil emission of nitrous oxide and its mitigation.* Springer.

van Niftrik, L. & Jetten, M. S. M. (2012). Anaerobic ammonium-oxidizing bacteria: unique microorganisms with exceptional properties. *Microbiology and molecular biology reviews* 76(3): 585-596.

van Noordwijk, M. & Scholten, J. (1994). Effects of fertilizer price on feasibility of efficiency improvement: case study for an urea injector for lowland rice. *Fertilizer Research* 39(1): 1-9.

Van, T. V., Berge, O., Ke, N. S., Balandreau, J. & Heulin, T. (2000). Repeated beneficial effects of rice inoculation with a strain of *Burkholderia vietnamiensis* on early and late yield components in low fertility sulphate acid soils of Vietnam. *Plant and Soil* 218(1-2): 273-284.

Varadachari, C. & Goertz, H. M. (2010). Slow-release and controlled-release nitrogen fertilizers. In *Bulletins on regional assessment of reactive nitrogen*, 1-42 (Ed B. Singh). Indian Nitrogen Group, Society.

Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam (2012). *Hướng dẫn Quản lý dinh dưỡng cho cây lúa theo vùng đặc trưng ở Việt Nam.* Nhà xuất bản Nông nghiệp.

Vitosh, M. L., Johnson, J. W. & Mengel, D. B. (1995). Nitrogen losses from soil *Michigan State University Extension - Extension Bulletin E-2567*: 1-2.

Vlek, P. L. G. & Craswell, E. T. (1979). Effect of nitrogen source and management on ammonia volatilization losses from flooded rice-soil systems. *Soil Science Society of America Journal* 43(2): 352-358.

Vlek, P. L. & Craswell, E. T. (1981). Ammonia volatilization from flooded soils. *Fertilizer Research* 2(4): 227-245.

Vlek, P. L. G. & Byrnes, B. H. (1986). 7. The efficacy and loss of fertilizer N in lowland rice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 9(1): 131-147.

Võ Minh Kha (1996). *Hướng dẫn thực hành sử dụng phân bón.* Nhà xuất bản Nông nghiệp.

Võ Quang Minh & Lê Quang Trí (2006). Đất Đồng bằng sông Cửu Long phân loại theo Hệ thống WRB-FAO (tỷ lệ 1:250.000). *Tạp chí Khoa học - Đại học Cần Thơ* Tuyển tập Công trình Nghiên cứu Khoa học 2006: 147-156.

Võ Thị Gương & Trần Bá Linh (2009). Quản lý dinh dưỡng trong canh tác lúa ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ An Giang* 5: 5-7.

Võ Thị Gương, Nguyễn Minh Đông & Châu Minh Khôi (2010). Chất lượng chất hữu cơ và khả năng cung cấp đạm của đất thâm canh lúa ba vụ và luân canh lúa - màu. *Tạp chí Khoa học - Đại học Cần Thơ* 16(b): 147-154.

Watanabe, T., Son, T. T., Hung, N. N., Truong, N. V., Giau, T. Q., Hayashi, K. & Ito, O. (2009). Measurement of ammonia volatilization from flooded paddy fields in Vietnam. *Soil Science and Plant Nutrition* 55(6): 793-799.

Watson, C. J., Miller, H., Poland, P., Kilpatrick, D. J., Allen, M. D. B., Garrett, M. K. & Christianson, C. B. (1994). Soil properties and the ability of the urease inhibitor *N*(n-butyl) thiophosphoric triamide (nBTPT) to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Biology and Biochemistry* 26(9): 1165-1171.

Wells, B. R. & Shockley, P. A. (1975). Conventional and controlled-release nitrogen sources for rice. *Soil Science Society of America Journal* 39(3): 549-551.

WMO (2011). The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2010. In *World Meteorological Organization Greenhouse Gases Bulletin No. 7*. World Meteorological Organization (WMO).

Xing, G. X., Zhao, X., Xiong, Z. Q., Yan, X. Y., Xu, H., Xie, Y. & Shi, S. (2009). Nitrous oxide emission from paddy fields in China. *Acta Ecologica Sinica* 29(1): 45-50.

Xu, X., Zhou, L., Van Cleemput, O. & Wang, Z. (2000). Fate of urea-^{15}N in a soil-wheat system as influenced by urease inhibitor hydroquinone and nitrification inhibitor dicyandiamide. *Plant and Soil* 220(1-2): 261-270.

Xue, Y., Duan, H., Liu, L., Wang, Z., Yang, J. & Zhang, J. (2013). An improved crop management increases grain yield and nitrogen and water use efficiency in rice. *Crop Science* 53(1): 271-284.

Yagi, K. & Minami, K. (1990). Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. *Soil Science and Plant Nutrition* 36(4): 599-610.

Yan, X., Du, L., Shi, S. & Xing, G. (2000). Nitrous oxide emission from wetland rice soil as affected by the application of controlled-availability fertilizers and mid-season aeration. *Biology and Fertility of Soils* 32(1): 60-66.

Yang, C., Yang, L., Yang, Y. & Ouyang, Z. (2004). Rice root growth and nutrient uptake as influenced by organic manure in continuously and alternately flooded paddy soils. *Agricultural Water Management* 70(1): 67-81.

Ye, Y., Liang, X., Chen, Y., Liu, J., Gu, J., Guo, R. & Li, L. (2013). Alternate wetting and drying irrigation and controlled-release nitrogen fertilizer in late-season rice. Effects on dry matter accumulation, yield, water and nitrogen use. *Field Crops Research* 144: 212-224.

Yoshida, T. & Padre, B. C. (1974). Nitrification and denitrification in submerged Maahas clay soil. *Soil Science and Plant Nutrition* 20(3): 241-247.

Yu, K. (2011). Redox potential control on cumulative global warming potentials from irrigated rice fields. In *Understanding Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Management*, 121-134 (Eds L. Guo, A. Gunasekara and L. McConnell). American Chemical Society.

Zheng, X., Wang, M., Wang, Y., Shen, R., Gou, J., Li, J., Jin, J. & Li, L. (2000). Impacts of soil moisture on nitrous oxide emission from croplands: a case study on the rice-based agro-ecosystem in Southeast China. *Chemosphere-Global Change Science* 2(2): 207-224.

Zhu, Z. L., Cai, G. X., Simpson, J. R., Zhang, S. L., Chen, D. L., Jackson, A. V. & Freney, J. R. (1989). Processes of nitrogen loss from fertilizers applied to flooded rice fields on a calcareous soil in north-central China. *Fertilizer Research* 18(2): 101-115.

Zhu, G., Wang, S., Wang, Y., Wang, C., Risgaard-Petersen, N., Jetten, M. S. M. & Yin, C. (2011). Anaerobic ammonia oxidation in a fertilized paddy soil. *The ISME Journal* 5(12): 1905-1912.

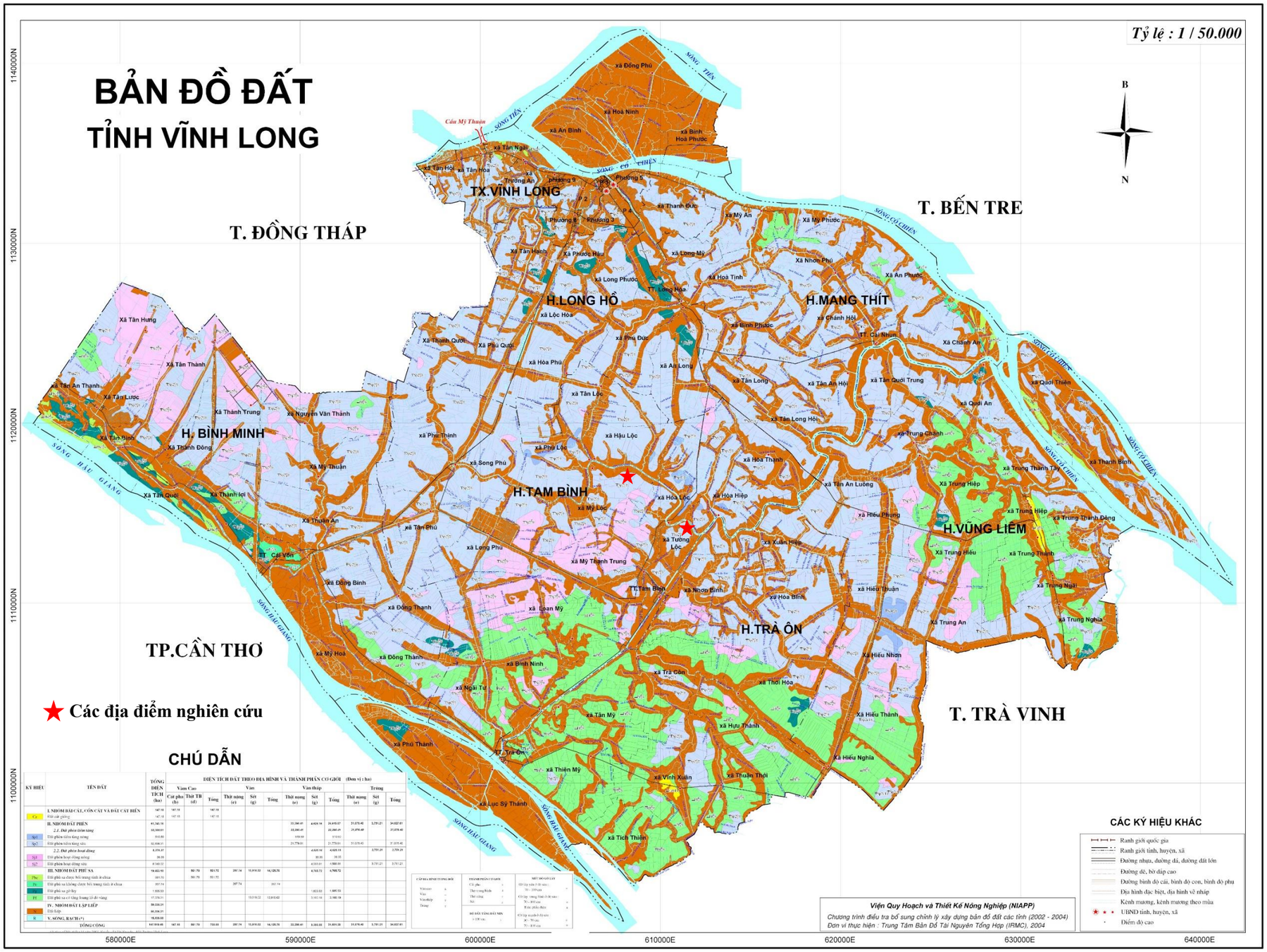
Zimmer, M. (2000). Molecular mechanics evaluation of the proposed mechanisms for the degradation of urea by urease. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics* 17(5): 787-797.

Zou, J., Huang, Y., Jiang, J., Zheng, X. & Sass, R. L. (2005). A 3-year field measurement of methane and nitrous oxide emissions from rice paddies in China: Effects of water regime, crop residue, and fertilizer application. *Global Biogeochemical Cycles* 19(2): 1-9.

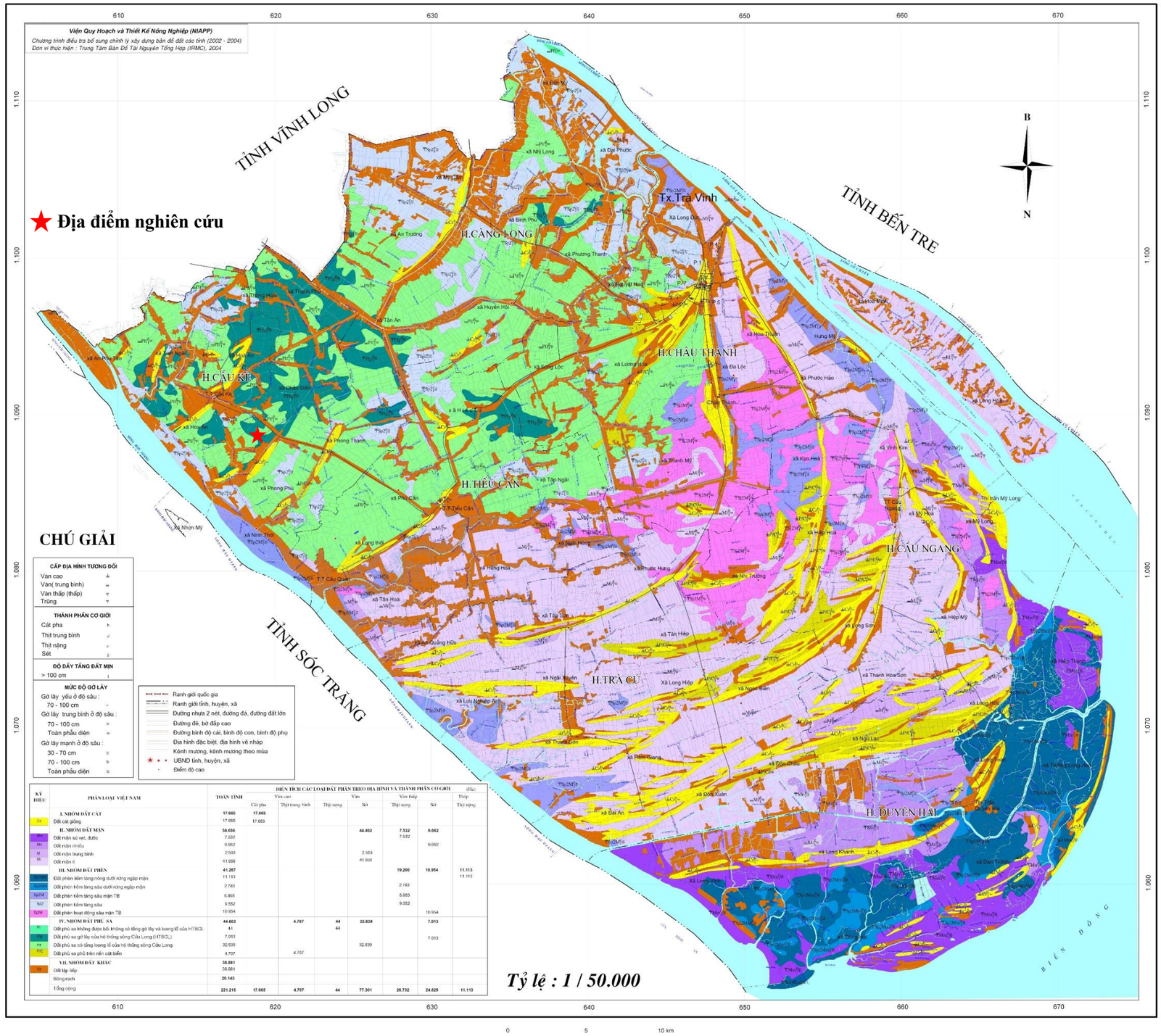
Zou, J., Huang, Y., Zheng, X. & Wang, Y. (2007). Quantifying direct N_2O emissions in paddy fields during rice growing season in mainland China: Dependence on water regime. *Atmospheric Environment* 41(37): 8030-8042.

PHỤ LỤC 1

VỊ TRÍ CỦA CÁC ĐIỂM NGHIÊN CỨU TRÊN BẢN ĐỒ ĐẤT TỈNH VĨNH LONG VÀ TỈNH TRÀ VINH



BẢN ĐỒ ĐẤT TỈNH TRÀ VINH



PHỤ LỤC 2
HÀM LƯỢNG URÊ-N HÒA TAN VÀ NH_4^+-N THỦY PHÂN CỦA CÁC DẠNG PHÂN ĐẠM THEO THỜI GIAN

2.1 Hàm lượng urê-N hòa tan trong nước của các dạng phân đạm theo thời gian

Nghiệm thức	Lượng urê-N hòa tan trong nước (%)$^+$						
	1 giờ	2 giờ	1 ngày	15 ngày	1 tháng	2 tháng	3 tháng
Urê	47,1±0,16						
Urê-nBTPT	47,2±0,06						
NPK viên nén	14,0±0,17	24,5±0,86	28,1±0,08				
NPK IBDU	0,07±0,00	0,09±0,00	0,14±0,01	1,33±0,03	1,78±0,06	2,43±0,06	3,14±0,06

Ghi chú: $^+$: Hàm lượng urê-N (%) có trong phân ở dạng hòa tan trong trong nước (n = 3). Giá trị theo sau dấu ± biểu thị độ lệch chuẩn (SD). IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

2.2 Hàm lượng đạm (NH_4^+-N) thủy phân của các dạng phân đạm trong đất theo thời gian

Thời gian sau khi ủ	Đạm (NH_4^+-N) thủy phân trong đất (%)$^{++}$			
	Urê	Urê-nBTPT	NPK viên nén	NPK IBDU
1 ngày	22,7±0,02	18,2±0,06	9,4±0,32	0,09±0,01
2 ngày	35,5±0,11	35,0±0,05	17,0±0,19	0,55±0,01
3 ngày	38,1±0,13	37,2±0,31	18,4±0,07	0,61±0,01
4 ngày	38,3±0,07	38,2±0,09	19,0±0,11	0,86±0,01
6 ngày	41,3±0,07	40,3±0,12	25,3±0,27	1,06±0,03
8 ngày	43,9±0,06	42,8±0,12	27,1±0,21	1,21±0,01
12 ngày				1,36±0,05
1 tháng				1,69±0,01
2 tháng				2,08±0,06

Ghi chú: $^{++}$: Hàm lượng NH_4^+-N (%) thủy phân từ phân bón (n = 3). Giá trị theo sau dấu ± biểu thị độ lệch chuẩn (SD). IBDU: Isobutylidene diurea. nBTPT: N-(n-butyl) thiophosphoric triamide.

PHỤ LỤC 3
pH, HÀM LƯỢNG ĐẠM TRONG NƯỚC VÀ TRONG ĐẤT SAU CÁC ĐỢT BÓN PHÂN

3.1 Kết quả số liệu pH, hàm lượng đạm trong nước và trong đất thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013

3.1.1 Kết quả số liệu phân tích các chỉ tiêu hóa học trong nước

3.1.1.1 pH trong nước mặt ở lô không trồng lúa theo thời gian của 3 đợt bón phân đạm

Đợt bón phân	NSKB	Nghiệm thức			SE		
		Urê	NPK viên	Urê-nBTPT	Urê	NPK viên	Urê-nBTPT
Đợt 1	1	7,14	7,11	7,11	0,06	0,06	0,08
	2	6,67	6,81	6,61	0,12	0,14	0,02
	3	6,77	6,58	6,63	0,07	0,07	0,09
	5	6,88	6,89	6,91	0,01	0,01	0,01
Đợt 2	1	7,43	7,27	7,19	0,01	0,02	0,03
	2	6,98	6,95	6,97	0,01	0,02	0,02
	3	6,94	6,93	6,94	0,02	0,02	0,01
	5	6,91	6,93	6,92	0,03	0,01	0,02
Đợt 3	1	7,27	6,74	7,05	0,07	0,02	0,04
	2	6,98	6,83	6,98	0,08	0,03	0,07
	3	6,95	6,92	6,97	0,03	0,02	0,04
	5	6,53	6,70	6,64	0,02	0,05	0,03

3.1.1.2 NH_4^+ trong nước mặt theo thời gian của 3 đợt bón phân đạm ở lô không trồng lúa

Đợt bón phân	NSKB	Nghiệm thức			SE		
		Urê	NPK viên	Urê-nBTPT	Urê	NPK viên	Urê-nBTPT
Đợt 1	1	13,44	3,23	12,13	1,16	0,21	0,23
	2	21,32	5,31	11,77	6,25	2,42	0,07
	3	13,25	8,24	12,64	4,28	1,86	2,55
	5	2,83	4,42	5,38	0,23	0,65	0,56
Đợt 2	1	11,98	3,86	4,11	2,52	0,18	0,62
	2	10,51	4,56	7,78	1,26	0,27	0,27
	3	7,04	3,96	6,20	0,89	0,16	0,65
	5	7,50	7,25	5,83	0,12	2,78	4,77
Đợt 3	1	40,52	8,01	21,46	7,95	4,33	4,90
	5	5,52	3,50	4,76	0,15	0,66	0,80

3.1.1.3 NO_3^- trong nước mặt theo thời gian của 3 đợt bón phân đạm ở lô không trồng lúa

Đợt bón phân	NSKB	Nghiệm thức			SE		
		Urê	NPK viên	Urê-nBTPT	Urê	NPK viên	Urê-nBTPT
Đợt 1	1	0,09	0,11	0,13	0,015	0,018	0,022
	2	0,06	0,03	0,06	0,017	0,004	0,009
	3	0,06	0,08	0,09	0,026	0,032	0,023
	5	0,06	0,07	0,04	0,008	0,030	0,010
Đợt 2	1	0,03	0,03	0,04	0,017	0,012	0,002
	2	0,05	0,03	0,02	0,016	0,018	0,004
	3	0,02	0,03	0,01	0,005	0,002	0,004
	5	0,05	0,05	0,06	0,011	0,005	0,005
Đợt 3	1	0,16	0,18	0,04	0,122	0,153	0,002
	5	0,25	0,19	0,04	0,159	0,171	0,006

3.1.2 Kết quả số liệu phân tích các chỉ tiêu hóa học trong đất

3.1.2.1 NH_4^+ trao đổi trong đất ở giai đoạn 1

	Độ sâu								SE							
	3mm		5cm		10cm		20cm		3mm		5cm		10cm		20cm	
Nghiệm thức	1NSKB	2NSKB	1NSKB	2NSKB	1NSKB	2NSKB	1NSKB	2NSKB	1NSKB	2NSKB	1NSKB	2NSKB	1NSKB	2NSKB	1NSKB	2NSKB
Urê	81,80	55,28	14,96	12,84	5,96	5,56	2,31	2,56	19,00	2,92	3,35	3,28	0,87	0,50	0,16	1,02
NPK viên	16,30	30,31	10,44	22,81	10,32	6,97	3,05	3,94	1,78	6,20	3,39	8,10	3,78	1,79	1,81	1,17
Urê-nBTPT	149,84	41,18	16,25	17,20	8,09	4,39	6,53	2,19	15,72	6,45	7,22	5,52	5,20	1,51	3,37	0,54

3.1.2.2 NH_4^+ trao đổi trong đất ở giai đoạn 2

Nghiệm thức	Độ sâu															
	3mm				5cm				10cm				20cm			
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB
Urê	2,41	5,31	8,77	7,87	3,37	3,69	4,82	4,56	3,32	2,39	4,63	4,10	1,41	1,05	3,47	1,62
NPK viên	3,54	6,03	3,09	5,92	4,21	63,01	29,93	38,15	4,93	66,61	59,55	73,20	2,45	1,04	1,64	4,15
Urê-nBTPT	3,33	5,32	4,47	4,59	6,33	3,77	2,99	4,38	4,51	3,67	3,10	4,04	2,95	2,32	1,47	4,50

Nghiệm thức	SE															
	3mm				5cm				10cm				20cm			
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB
Urê	0,20	1,03	4,05	4,25	0,84	0,70	1,56	1,20	0,34	0,09	1,50	0,51	0,41	0,32	1,17	0,68
NPK viên	0,45	1,40	0,67	1,45	1,53	30,12	10,79	3,75	2,52	13,53	26,68	28,96	0,25	0,77	0,45	1,06
Urê-nBTPT	0,54	0,44	1,02	1,71	3,56	0,67	0,12	1,37	1,36	0,91	1,06	1,12	1,43	1,24	0,18	3,08

3.1.2.3 NH_4^+ trao đổi trong đất ở giai đoạn 3

Nghiệm thức	Độ sâu															
	3mm				5cm				10cm				20cm			
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB
Urê	41,81	37,26	19,81	17,76	9,35	37,35	33,84	26,41	4,42	11,28	5,72	19,43	4,23	3,86	1,96	4,41
NPK viên	53,74	41,74	30,65	23,07	42,91	69,71	17,41	52,45	35,48	134,32	34,01	78,69	6,04	10,73	4,39	6,04
Urê-nBTPT	101,21	50,45	80,45	23,87	14,67	34,02	59,37	24,80	16,91	12,85	14,87	11,96	6,02	4,65	8,19	2,61

	SE															
	3mm				5cm				10cm				20cm			
Nghiệm thức	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB
Urê	8,53	13,67	16,31	3,08	2,16	25,47	15,30	10,54	1,32	4,20	2,95	12,06	1,67	0,58	1,14	2,36
NPK viên	22,60	0,63	21,84	12,68	15,42	49,29	11,94	20,97	27,23	42,72	23,21	40,99	2,73	5,74	1,71	5,06
Urê-nBTPT	22,28	14,47	11,51	8,95	2,76	14,93	5,01	3,51	6,58	2,62	5,55	1,92	1,62	2,41	2,54	0,29

3.1.2.4 NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu

	Độ sâu				SE			
Nghiệm thức	3mm	5cm	10cm	20cm	3mm	5cm	10cm	20cm
Urê	34,09	16,11	6,13	2,42	8,70	2,23	0,35	0,15
NPK viên	17,84	19,35	21,33	3,33	1,80	2,81	1,74	0,52
Urê-nBTPT	48,84	16,26	8,10	3,81	11,22	2,50	0,18	0,51

3.1.2.5 Ảnh hưởng của các nghiệm thức, khoảng cách đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất

Nghiệm thức	Khoảng cách xa viên phân											
	Cách viên phân 5cm				Cách viên phân 10cm				Cách viên phân 20cm			
	3mm	5cm	10cm	20cm	3mm	5cm	10cm	20cm	3mm	5cm	10cm	20cm
Urê	34,60	14,92	6,53	2,65	37,56	17,36	5,78	2,35	30,11	16,05	6,10	2,27
NPK viên	21,75	32,02	43,45	4,20	17,40	16,19	12,20	2,43	14,37	9,83	8,35	3,34
Urê-nBTPT	54,65	18,10	8,07	4,18	48,70	16,00	8,08	3,90	43,18	14,69	8,16	3,35

,

Nghiệm thức	SE											
	Cách viên phân 5cm				Cách viên phân 10cm				Cách viên phân 20cm			
	3mm	5cm	10cm	20cm	3mm	5cm	10cm	20cm	3mm	5cm	10cm	20cm
Urê	18,23	6,55	1,94	0,51	20,67	7,03	1,89	0,25	10,77	6,25	1,60	0,31
NPK viên	9,46	8,42	18,29	1,34	6,62	8,64	7,63	0,64	5,78	3,83	5,61	0,94
Urê-nBTPT	23,71	8,36	3,12	0,74	20,75	5,59	2,79	0,52	16,79	6,35	3,17	0,77

3.1.2.6 Ảnh hưởng các dạng đạm và độ sâu bón đến hàm lượng đạm NO_3^- trao đổi trong đất

	Độ sâu				SE			
Nghiệm thức	3mm	5cm	10cm	20cm	3mm	5cm	10cm	20cm
Urê	11,36	8,89	5,77	4,02	0,99	1,25	0,59	0,28
NPK viên	9,97	10,78	10,68	4,23	1,05	2,90	5,59	0,76
Urê-nBTPT	11,42	7,47	3,95	3,25	0,94	0,84	0,40	0,20

3.1.2.7 Ảnh hưởng của nghiệm thức, khoảng cách đến hàm lượng NO_3^- trong đất

	Khoảng cách xa viên phân											
	Cách viên phân 5cm				Cách viên phân 10cm				Cách viên phân 20cm			
Nghiệm thức	3mm	5cm	10cm	20cm	3mm	5cm	10cm	20cm	3mm	5cm	10cm	20cm
Urê	11,52	11,32	5,49	3,94	12,62	7,98	6,32	4,48	9,93	7,37	5,49	3,63
NPK viên	11,44	16,53	21,17	5,53	9,42	7,48	7,15	4,22	9,04	8,33	3,71	2,95
Urê-nBTPT	12,20	9,14	4,42	3,12	12,38	6,84	4,24	3,29	9,69	6,45	3,18	3,34

Nghiệm thức	SE											
	Cách xa viên phân 5cm				Cách xa viên phân 10cm				Cách xa viên phân 20cm			
	3mm	5cm	10cm	20cm	3mm	5cm	10cm	20cm	3mm	5cm	10cm	20cm
Urê	1,00	3,35	1,42	0,25	1,32	1,23	0,19	0,46	0,33	1,61	0,34	0,27
NPK viên	5,33	7,83	12,56	0,76	2,81	0,45	0,72	0,78	1,85	0,62	0,56	0,06
Urê-nBTPT	2,18	0,10	0,12	1,12	1,36	0,11	0,47	0,51	0,05	0,50	0,46	1,01

3.2 Kết quả số liệu pH, hàm lượng đạm trong nước và trong đất thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

3.2.1 Kết quả số liệu phân tích các chỉ tiêu hóa học trong nước

3.2.1.1 pH trong nước mặt ở lô có trồng lúa theo thời gian của 3 đợt bón phân đạm

Đợt bón phân	NSKB	Nghiệm thức			SE		
		Urê	NPK viên	Urê-nBTPT	Urê	NPK viên	Urê-nBTPT
Đợt 1	1	6,61	5,99	6,79	0,16	0,29	0,33
	2	6,85	6,69	6,94	0,08	0,14	0,12
	3	6,62	6,56	6,76	0,10	0,08	0,13
	5	7,29	6,94	7,21	0,03	0,28	0,02
Đợt 2	1	7,45	7,22	7,27	0,05	0,00	0,03
	2	7,01	6,96	6,94	0,03	0,02	0,02
	3	6,92	6,92	6,92	0,01	0,01	0,01
	5	6,99	6,88	6,86	0,05	0,06	0,05
Đợt 3	1	7,63	7,36	7,52	0,07	0,10	0,09
	2	7,19	7,15	7,23	0,04	0,04	0,04
	3	7,15	7,16	7,13	0,03	0,01	0,01
	5	6,54	6,64	6,63	0,15	0,09	0,07

3.2.1.2 Hàm lượng NH_4^+ trong nước mặt theo thời gian của 3 đợt bón phân đạm

Đợt bón phân	NSKB	Nghiệm thức			SE		
		Urê	NPK viên	Urê-nBTPT	Urê	NPK viên	Urê-nBTPT
Đợt 1	1	4,41	0,75	3,52	0,79	0,45	0,32
	2	6,94	3,78	6,64	1,76	1,15	1,27
	3	6,34	5,36	5,79	3,07	1,14	2,00
	5	0,97	1,90	0,71	0,52	1,09	0,50
Đợt 2	1	6,85	0,63	5,24	1,10	0,36	0,60
	2	4,94	1,25	5,67	1,50	0,50	1,71
	3	3,40	1,73	5,12	0,97	0,57	1,58
	5	0,42	0,26	0,38	0,06	0,11	0,04
Đợt 3	1	10,64	3,14	11,05	0,96	1,25	2,36
	2	15,30	3,34	21,20	5,33	0,98	12,64
	3	5,21	12,20	12,65	1,35	8,30	9,20
	5	4,50	5,15	6,70	0,99	2,21	3,72

3.2.2 Kết quả số liệu phân tích các chỉ tiêu hóa học trong đất

3.2.2.1 Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất ở đợt 1

Nghiệm thức	Độ sâu											
	3mm				5cm				10cm			
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB
Urê	22,89	22,09	28,58	9,92	8,26	11,63	17,99	6,37	4,83	5,75	8,04	3,54
NPK viên	7,81	17,52	25,79	16,40	7,95	16,16	17,87	34,64	6,64	12,55	9,10	11,24
Urê-nBTPT	18,23	28,27	13,97	6,97	8,28	15,97	5,60	5,82	4,42	6,40	7,28	2,41

Nghiệm thức	SE											
	3mm				5cm				10cm			
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB
Urê	4,73	6,10	6,45	2,43	1,20	1,24	3,54	0,95	0,83	2,15	0,58	1,00
NPK viên	1,15	4,31	1,41	7,18	1,72	4,36	5,08	0,51	1,70	2,82	2,87	6,95
Urê-nBTPT	0,39	1,06	1,03	2,58	1,62	0,36	0,96	0,21	0,20	1,00	0,91	0,40

3.2.2.2 Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất ở đợt 2

Nghiệm thức	Độ sâu											
	3mm				5cm				10cm			
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB
Urê	45,11	27,79	27,07	24,67	20,42	18,86	20,23	18,75	4,71	12,54	9,90	10,93
NPK viên	24,41	25,78	22,17	21,76	31,48	39,41	18,45	32,92	21,44	54,69	10,10	33,70
Urê-nBTPT	29,32	36,61	34,74	14,34	18,00	28,68	1611	18,80	6,32	16,65	3,81	8,61

Nghiệm thức	SE											
	3mm				5cm				10cm			
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB
Urê	9,91	4,05	1,66	0,87	2,51	1,59	0,63	0,67	2,72	4,83	1,13	3,14
NPK viên	4,77	0,11	2,77	3,99	18,08	6,81	6,01	17,63	13,20	38,54	2,16	14,11
Urê-nBTPT	0,59	2,24	0,31	1,71	4,33	1,62	0,05	1,78	3,20	1,63	1,00	1,14

3.2.2.3 Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất ở đợt 3

Nghiệm thức	Độ sâu											
	3mm				5cm				10cm			
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB
Urê	76,23	50,11	38,34	32,58	23,50	24,13	20,11	20,09	14,38	21,13	10,97	7,68
NPK viên	38,34	27,66	28,73	29,72	66,06	26,82	29,47	86,77	56,34	24,22	20,42	21,34
Urê-nBTPT	89,11	63,41	42,14	27,22	24,95	30,11	20,23	19,80	16,18	14,46	16,60	6,30

Nghiệm thức	SE											
	3mm				5cm				10cm			
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	5NSKB
Urê	0,13	1,16	4,54	2,10	1,81	2,83	1,47	0,28	1,22	7,26	0,10	0,46
NPK viên	13,62	10,02	5,33	3,76	40,19	3,53	9,99	69,07	37,98	8,54	4,94	13,65
Urê-nBTPT	4,03	8,48	0,19	1,59	1,49	7,97	1,07	0,77	0,74	2,03	4,17	0,87

3.2.2.4 Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu

Nghiệm thức	Độ sâu			SE		
	3mm	5cm	10cm	3mm	5cm	10cm
Urê	33,78	17,53	9,53	1,95	0,19	0,32
NPK viên	23,84	34,00	23,48	2,96	14,6	10,9
Urê-nBTPT	33,69	17,70	9,12	0,88	1,51	0,76

3.2.2.5 Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo khoảng cách

Nghiệm thức	Khoảng cách	
	Cách viên phân 5cm	Cách viên phân 10cm
Urê	19,59	20,79
NPK viên	36,58	17,64
Urê-nBTPT	21,22	19,12

3.3 Kết quả số liệu pH, hàm lượng đạm trong nước và trong đất thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Trà Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

3.3.1 Kết quả số liệu phân tích các chỉ tiêu hóa học trong nước

3.3.1.1 pH trong nước mặt ở các lô nghiệm thức theo thời gian của 3 đợt bón phân đạm

Nghiệm thức	**pH trung bình**								
	Đợt 1			Đợt 2			Đợt 3		
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB
Urê	7,12	7,33	7,19	6,99	6,99	6,94	7,83	7,15	7,15
NPK viên	7,16	7,29	7,24	6,96	7,03	6,99	7,61	7,16	7,13
Urê-nBTPT	7,15	7,30	7,21	6,96	7,03	6,98	7,69	7,29	7,19

Nghiệm thức	**SE**								
	Đợt 1			Đợt 2			Đợt 3		
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB
Urê	0,08	0,06	0,09	0,04	0,03	0,03	0,09	0,05	0,03
NPK viên	0,03	0,08	0,07	0,03	0,01	0,07	0,19	0,08	0,02
Urê-nBTPT	0,08	0,05	0,09	0,03	0,05	0,05	0,16	0,06	0,07

3.3.1.2 Hàm lượng NH_4^+ trong nước mặt theo thời gian của 3 đợt bón phân đạm

Nghiệm thức	**$mgNH_4^+$ –N/L**								
	Đợt 1			Đợt 2			Đợt 3		
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB
Urê	10,04	8,07	2,62	17,22	12,35	5,74	6,19	6,58	0,50
NPK viên	1,85	1,22	1,63	7,30	0,31	0,53	1,86	6,65	0,82
Urê-nBTPT	7,72	5,67	4,12	10,86	14,41	8,49	6,02	3,57	1,03

Nghiệm thức	**SE**								
	Đợt 1			Đợt 2			Đợt 3		
	1NSKB	2NSKB	3NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB	1NSKB	2NSKB	3NSKB
Urê	0,80	1,23	1,09	5,77	3,33	1,28	2,87	3,13	0,15
NPK viên	0,17	0,32	1,49	5,48	0,07	0,17	0,81	5,45	0,36
Urê-nBTPT	0,54	0,37	1,07	5,93	1,82	1,01	1,72	1,44	0,54

3.3.2 Kết quả số liệu phân tích các chỉ tiêu hóa học trong đất

3.3.2.1 Hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất theo độ sâu

Nghiệm thức	**Độ sâu**			**SE**		
	3 mm	5 cm	10 cm	3 mm	5 cm	10 cm
Urê	32,94	4,79	2,13	1,49	0,26	0,29
NPK viên	9,66	12,72	14,95	1,18	7,49	10,49
Urê-nBTPT	28,10	5,48	2,86	0,05	0,13	0,17

3.3.2.2 Ảnh hưởng của các nghiệm thức, khoảng cách đến hàm lượng NH_4^+ trao đổi trong đất

Nghiệm thức	**Khoảng cách xa viên phân**		**SE**	
	5 cm	10 cm	5 cm	10 cm
Urê	13,67	12,9	10,58	9,13
NPK viên	20,27	4,62	4,89	1,84
Urê-nBTPT	12,11	12,18	8,01	8,02

PHỤ LỤC 4

PHÁT THẢI N_2O, NĂNG SUẤT VÀ HIỆU QUẢ SỬ DỤNG ĐẠM CỦA 4 DẠNG PHÂN ĐẠM Ở 2 CHẾ ĐỘ NƯỚC

4.1 Phát thải N_2O của 4 dạng phân đạm ở 2 chế độ nước

4.1.1 Lượng phát thải N_2O giữa các dạng phân đạm ở các chế độ quản lý nước

	Lượng phát thải N_2O ($mgN_2O.m^{-2}.h^{-1}$)							
Ngày sau khi sạ	Tưới khô ngập luân phiên				Tưới theo nông dân			
	Urê	Urê-nBTPT	NPK viên	NPK IBDU	Urê	Urê-nBTPT	NPK viên	NPK IBDU
11	0,031	0,027	0,121	0,046	0,096	0,196	0,242	0,007
14	0,207	0,296	0,126	0,058	0,186	0,398	0,238	0,155
17	0,293	0,058	0,045	0,126	0,184	0,141	0,057	0,236
20	0,199	0,277	0,216	0,141	0,107	0,137	0,220	0,187
23	0,088	0,333	0,056	0,103	0,166	0,199	0,047	0,033
26	0,469	0,141	0,119	0,123	0,199	0,164	0,020	0,077
29	0,127	0,039	0,121	0,058	0,155	0,027	0,006	0,037
32	0,045	0,212	0,077	0,034	0,097	0,037	0,262	0,093
35	0,133	0,012	0,089	0,066	0,056	0,190	0,053	0,065
38	0,229	0,109	0,152	0,069	0,359	0,252	0,205	0,207
41	0,257	0,137	0,040	0,109	0,306	0,111	0,092	0,074
44	0,364	0,133	0,027	0,060	0,683	0,054	0,078	0,190
47	0,264	0,086	0,098	0,100	0,081	0,137	0,045	0,085
50	0,296	0,091	0,290	0,151	0,153	0,115	0,058	0,116
55	0,230	0,126	0,097	0,122	0,252	0,077	0,261	0,139
60	0,053	0,098	0,053	0,229	0,075	0,098	0,250	0,043

	SE							
Ngày sau khi sạ	Tưới khô ngập luân phiên				Tưới theo nông dân			
	Urê	Urê-nBTPT	NPK viên	NPK IBDU	Urê	Urê-nBTPT	NPK viên	NPK IBDU
11	0,003	0,018	0,006	0,023	0,038	0,090	0,058	0,005
14	0,094	0,093	0,079	0,050	0,078	0,118	0,062	0,132
17	0,010	0,010	0,023	0,062	0,055	0,039	0,030	0,003
20	0,098	0,023	0,148	0,114	0,001	0,114	0,073	0,080
23	0,050	0,117	0,030	0,069	0,119	0,080	0,029	0,010
26	0,056	0,040	0,036	0,042	0,095	0,061	0,010	0,067
29	0,036	0,019	0,059	0,030	0,067	0,012	0,001	0,015
32	0,018	0,097	0,020	0,029	0,051	0,006	0,112	0,060
35	0,103	0,009	0,049	0,007	0,073	0,153	0,039	0,018
38	0,051	0,085	0,035	0,050	0,056	0,065	0,043	0,159
41	0,017	0,063	0,012	0,076	0,027	0,049	0,018	0,050
44	0,301	0,112	0,010	0,040	0,245	0,040	0,050	0,038
47	0,130	0,008	0,017	0,054	0,019	0,003	0,010	0,051
50	0,146	0,053	0,162	0,050	0,095	0,088	0,028	0,009
55	0,200	0,078	0,079	0,087	0,126	0,020	0,228	0,007
60	0,041	0,018	0,020	0,104	0,063	0,037	0,137	0,007

4.1.2 Tổng lượng N_2O phát thải trong 50 ngày

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	2	0,06733	0,03367	0,51	0,613
Chế độ nước (A)	1	0,04003	0,04003	0,61	0,451
Lặp lại*Chế độ nước	2	0,26653	0,13327	2,02	0,175
Phân đạm (B)	3	4,88304	1,62768	24,69	0,000
Chế độ nước*Phân đạm	3	0,13461	0,04487	0,68	0,581
Sai số	12	1,05760	0,07542		
Tổng	23	6,18262			
CV_A (%) = 21,1 và CV_B (%) = 16,0					

4.2 Số liệu và kết quả thống kê năng suất; hàm lượng N trong rơm, hạt; hiệu quả nông học và hiệu quả thu hồi N

4.2.1 Năng suất lúa thí nghiệm tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ hè thu 2014

Dạng phân đạm	**Năng suất lúa** (tấn/ha)				
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Lặp lại IV**	**Trung bình**
			Tưới theo nông dân		
N0	2,85	2,85	2,53	3,00	2,81
Urê	4,74	4,74	4,43	4,72	4,66
Urê-nBTPT	5,06	3,80	4,74	4,74	4,59
NPK viên nén	4,74	4,74	4,43	4,74	4,67
NPK IBDU	4,59	5,06	4,90	4,74	4,82
			Tưới khô ngập luân phiên		
N0	3,00	2,85	2,85	3,16	2,97
Urê	5,22	5,22	4,90	5,06	5,10
Urê-nBTPT	5,22	4,90	6,33	5,22	5,42
NPK viên nén	4,43	5,06	4,74	5,85	5,02
NPK IBDU	5,22	5,53	5,06	4,27	5,02

4.2.2 Bảng ANOVA năng suất lúa thí nghiệm tại xã Tường Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ hè thu 2014

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	0,0330	0,0110	0,06	0,980
Chế độ nước (A)	1	1,5716	1,5716	8,63	0,007
Lặp lại*Chế độ nước	3	0,1809	0,0603	0,33	0,803
Phân đạm (B)	4	26,3673	6,5918	36,19	0,000
Chế độ nước*Phân đạm	4	0,5761	0,1440	0,79	0,543
Sai số	24	4,3720	0,1822		
Tổng	39	33,1009			
CV_A (%) = 27,8 và CV_B (%) = 7,6					

4.2.3 Hàm lượng N trong rơm

Dạng phân đạm	Hàm lượng N trong rơm (%)				
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Lặp lại IV**	**Trung bình**
			Tưới theo nông dân		
N0	0,63	0,69	0,62	0,71	0,66
Urê	0,87	0,84	0,84	0,78	0,83
Urê-nBTPT	0,87	0,81	0,87	0,91	0,87
NPK viên nén	0,80	0,94	0,84	0,80	0,84
NPK IBDU	0,66	0,64	0,63	0,69	0,65
			Tưới khô ngập luân phiên		
N0	0,67	0,64	0,64	0,73	0,67
Urê	0,98	0,85	0,74	0,67	0,81
Urê-nBTPT	0,81	0,85	0,70	0,81	0,79
NPK viên nén	0,97	0,83	0,92	0,81	0,88
NPK IBDU	0,94	0,87	0,91	1,01	0,93

4.2.4 Bảng ANOVA lượng N trong rơm

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	0,011833	0,003944	0,90	0,454
Chế độ nước (A)	1	0,021865	0,021865	5,01	0,035
Lặp lại*Chế độ nước	3	0,012777	0,004259	0,98	0,421
Phân đạm (B)	4	0,184296	0,046074	10,55	0,000
Chế độ nước*Phân đạm	4	0,146078	0,036519	8,36	0,000
Sai số	24	0,104809	0,004367		
Tổng	39	0,481657			
CV_A (%) = 18,5 và CV_B (%) = 8,3					

4.2.5 Hàm lượng N trong hạt

Dạng phân đạm	Hàm lượng N trong hạt (%)				
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Lặp lại IV**	**Trung bình**
			Tưới theo nông dân		
N0	0,98	1,07	0,89	1,01	0,99
Urê	0,81	0,85	0,87	0,90	0,86
Urê-nBTPT	1,19	1,11	1,13	1,15	1,14
NPK viên nén	1,06	1,25	1,12	1,20	1,16
NPK IBDU	1,07	1,04	1,02	1,11	1,06
			Tưới khô ngập luân phiên		
N0	1,01	1,02	1,01	1,02	1,02
Urê	1,04	1,03	1,08	1,03	1,05
Urê-nBTPT	1,13	1,22	0,94	1,08	1,09
NPK viên nén	1,06	1,11	1,08	0,99	1,06
NPK IBDU	1,13	1,26	1,12	1,19	1,18

4.2.6 Bảng ANOVA lượng N trong hạt

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	0,023829	0,007943	2,38	0,095
Chế độ nước (A)	1	0,026522	0,026522	7,93	0,010
Lặp lại*Chế độ nước	3	0,013234	0,004411	1,32	0,291
Phân đạm (B)	4	0,167237	0,041809	12,50	0,000
Chế độ nước*Phân đạm	4	0,463508	0,154503	33,51	0,000
Sai số	24	0,117837	0,003343		
Tổng	39	0,428339			
CV_A (%) = 6,2 và CV_B (%) = 5,4					

4.2.7 Hiệu quả nông học

Dạng phân đạm	**Hiệu quả nông học** (kg hạt/kg N bón)				
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Lặp lại IV**	**Trung bình**
		Tưới theo nông dân			
Urê	21,03	21,03	21,03	19,04	20,53
Urê-nBTPT	24,54	10,52	24,54	19,28	19,72
NPK viên nén	21,03	21,03	21,03	19,28	20,59
NPK IBDU	19,28	24,54	26,29	19,28	22,35
		Tưới khô ngập luân phiên			
Urê	24,54	26,29	22,78	21,03	23,66
Urê-nBTPT	24,54	22,78	38,56	22,78	27,16
NPK viên nén	15,77	24,54	21,03	29,79	22,78
NPK IBDU	24,54	29,79	24,54	12,27	22,78

4.2.8 Bảng ANOVA hiệu quả nông học

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	88,93	29,64	1,04	0,398
Chế độ nước (A)	1	87,18	87,18	3,06	0,097
Lặp lại*Chế độ nước	3	35,45	11,82	0,42	0,744
Phân đạm (B)	3	13,60	4,53	0,16	0,922
Chế độ nước*Phân đạm	3	53,32	17,77	0,62	0,608
Sai số	18	512,10	28,45		
Tổng	31	790,59			
CV_A (%) = 15,3 và CV_B (%) = 23,8					

4.2.9 Hiệu quả thu hồi đạm

Dạng phân đạm	**Hiệu quả thu hồi đạm** (%)				
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Lặp lại IV**	**Trung bình**
		Tưới theo nông dân			
Urê	23	21	30	23	24
Urê-nBTPT	44	35	61	57	49
NPK viên nén	34	43	42	42	41
NPK IBDU	34	40	47	43	41
		Tưới khô ngập luân phiên			
Urê	60	21	51	65	49
Urê-nBTPT	46	37	51	46	45
NPK viên nén	31	34	33	52	38
NPK IBDU	51	67	53	47	55

4.2.10 Bảng ANOVA hiệu quả thu hồi đạm

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	484,15	161,38	1,70	0,202
Chế độ nước (A)	1	487,47	487,47	5,15	0,036
Lặp lại*Chế độ nước	3	168,09	56,03	0,59	0,628
Phân đạm (B)	3	750,68	250,23	2,64	0,081
Chế độ nước*Phân đạm	3	1159,24	386,41	4,08	0,022
Sai số	18	1704,10	94,67		
Tổng	31	4753,72			
CV_A (%) = 17,4 và CV_B (%) = 22,6					

4.2.11 Bảng chiều cao cây và số chồi lúa ơ sác giai đoạn sinh trưởng

	Chiều cao cây (cm)			Số chồi		
Ngày sau khi sạ	20	40	60	20	40	60
			Tưới theo nông dân			
N0	31	48	68	80	130	103
Urê	32	51	85	129	161	109
Urê-nBTPT	32	56	85	128	146	118
NPK viên	37	65	87	155	175	96
NPK IBDU	34	56	83	128	157	120
			Tưới khô ngập luân phiên			
N0	31	56	71	83	124	85
Urê	33	55	81	136	162	107
Urê-nBTPT	32	53	79	112	129	122
NPK viên	34	64	92	151	169	103
NPK IBDU	32	53	70	151	151	117

PHỤ LỤC 5
SỐ LIỆU BỐC THOÁT NH_3

5.1 Nhiệt độ không khí và nước ruộng thí nghiệm

5.1.1 Nhiệt độ không khí ở các thời điểm thu mẫu

Đợt bón phân	Đợt 1 (10 NSKS)				Đợt 2 (20 NSKS)				Đợt 3 (40 NSKS)			
Ngày sau khi sạ	11	13	15	17	21	23	25	27	41	43	45	47
Nhiệt độ không khí (^oC)	34,7	35,5	35,4	35,2	34,1	34,4	34,4	32,1	33,7	34,3	34,5	34,9
Nhiệt độ nước (^oC)	34,4	38,7	38,4	38,2	36,3	33,5	32,3	32,5	33,6	33,0	33,4	34,3

NSKS: Ngày sau khi sạ

5.1.2 Nhiệt độ nước ruộng thí nghiệm ở các thời điểm thu mẫu

Nghiệm thức	**Nhiệt độ nước ruộng ở các thời điểm thu mẫu ($^+$)**							
	Đợt 1 (10 NSKS)							
	1 NSKB		3 NSKB		5 NSKB		7 NSKB	
	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều
Urê	30,6	37,8	32,4	38,8	35,3	39,3	35,7	42,2
Urê-nBTPT	31,6	37,6	31,9	38,6	35,6	40,2	35,4	42,6
NPK viên nén	31,0	38,3	36,2	41,2	38,0	40,6	33,6	41,3
NPK IBDU	31,6	38,7	36,1	41,0	37,8	40,8	33,3	41,7
	Đợt 2 (20 NSKS)							
	1 NSKB		3 NSKB		5 NSKB		7 NSKB	
	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều
Urê	31,6	36,6	29,0	36,1	31,6	35,2	32,9	32,2
Urê-nBTPT	31,4	36,4	29,4	36,3	31,0	35,1	32,2	32,8
NPK viên nén	35,6	41,5	31,7	36,7	31,0	-	31,4	33,3
NPK IBDU	35,4	41,7	31,5	37,0	31,6	-	31,5	33,7
	Đợt 3 (40 NSKS)							
	1 NSKB		3 NSKB		5 NSKB		7 NSKB	
	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều
Urê	31,6	37,3	30,2	36,1	31,6	36,5	32,2	36,4
Urê-nBTPT	31,6	36,8	30,0	35,5	30,7	36,5	31,8	35,6
NPK viên nén	32,8	32,8	31,3	33,6	30,1	32,4	32,3	35,8
NPK IBDU	32,3	33,3	32,0	35,2	30,4	32,9	34,3	35,8

Ghi chú: IBDU: Isobutidene diurea. nBTPT: n-butyl thiphosphoric triamide. NSKB: Ngày sau khi bón phân. NSKS: Ngày sau khi sạ.

5.2 Hàm lượng ammonium hòa tan trong nước ruộng

5.2.1 Hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong nước của thời kỳ bón phân thứ nhất

	mgNH_4^+-N/l			
Nghiệm thức	11NSKS	13NSKS	15NSKS	17NSKS
Urê	$7,9^a$	4,9	4,4	1,5
Urê-nBTPT	$6,6^{ab}$	5,9	4,3	1,3
NPK viên nén	$2,8^b$	4,1	4,1	1,9
NPK IBDU	$2,5^b$	4,2	2,6	2,5
F-tính	**	*ns*	*ns*	*ns*
CV (%)	*30,0*	*21,0*	*30,5*	*34,4*

5.2.2 Hàm lượng NH_4^+ hòa tan trong nước của thời kỳ bón phân thứ hai

Nghiệm thức	mgNH_4^+-N/l			
	21NSKS	23NSKS	25NSKS	27NSKS
Urê	10,9[a]	8,7[a]	4,1	1,9
Urê-nBTPT	9,9[a]	8,8[a]	6,9	1,5
NPK viên nén	2,3[b]	3,4[b]	3,4	1,7
NPK IBDU	2,3[b]	3,9[b]	3,7	1,8
F-tính	**	**	*ns*	*ns*
CV (%)	*32,5*	*13,2*	*30,0*	*33,1*

5.3 Số liệu bốc thoát ammonia

5.3.1 Lượng NH_3 bốc thoát của các dạng phân đạm

Nghiệm thức	mg NH_3-N/m^2/ngày											
	Thời kỳ bón phân thứ 1 (10NSKS)				Thời kỳ bón phân thứ 2 (20NSKS)				Thời kỳ bón phân thứ 3 (40NSKS)			
	11	13	15	17	21	23	25	27	41	43	45	47
Urê	57,7	14,4	10,1	6,4	78,2	21,7	20,2	5,1	9,3	12,8	5,2	4,8
Urê-nBTPT	24,5	19,8	14,7	9,9	79,0	32,1	20,4	12,6	8,7	12,5	7,3	5,0
NPK viên nén	31,9	26,5	16,2	15,5	18,7	9,4	18,7	10,2	6,0	4,2	3,9	5,5
NPK IBDU	9,0	8,2	10,7	6,9	36,4	9,3	18,5	9,6	7,0	8,6	5,4	9,0

5.3.2 Tổng lượng NH_3 bốc thoát của các dạng phân đạm

Nghiệm thức	Lặp lại	Tổng lượng NH_3 bốc thoát (kg NH_3-N/ha)			
		Giai đoạn bón phân thứ 1	Giai đoạn bón phân thứ 2	Giai đoạn bón phân thứ 3	Tổng
Urê	1	0,6	1,9	0,4	2,9
	2	2,9	3,8	0,6	7,3
	3	1,6	1,7	0,8	4,1
Urê-nBTPT	1	0,8	2,2	0,8	3,8
	2	1,7	2,4	0,5	4,6
	3	1,3	3,7	0,6	5,6
NPK viên nén	1	1,7	0,5	0,2	2,4
	2	1,5	0,7	0,4	2,6
	3	1,8	1,9	0,5	4,2
NPK IBDU	1	0,5	2,1	0,6	3,2
	2	1,0	1,3	0,5	2,8
	3	0,5	0,7	0,4	1,6

NSKS: Ngày sau khi sạ

PHỤ LỤC 6

NĂNG SUẤT LÚA, LƯỢNG ĐẠM TRONG RƠM VÀ TRONG HẠT, HIỆU QUẢ SỬ DỤNG ĐẠM VÀ HIỆU QUẢ KINH TẾ

6.1 Năng suất lúa

6.1.1 Năng suất lúa thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013

Lượng đạm (kg/ha)	**Năng suất lúa** (tấn/ha)				
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Lặp lại IV**	**Trung bình**
0	3,32	2,78	2,89	2,47	2,86
			Urê		
60	3,60	4,03	4,44	3,54	3,90
80	4,43	4,52	5,87	5,42	5,06
100	5,37	4,43	5,61	6,12	5,38
			Urê-nBTPT		
60	4,32	5,08	4,97	4,43	4,70
80	6,15	5,63	6,20	5,30	5,82
100	4,27	5,69	5,63	4,22	4,95
			NPK viên nén		
60	3,63	3,56	4,08	4,48	3,93
80	5,96	4,98	6,29	4,46	5,42
100	5,69	6,33	4,35	6,21	5,64

6.1.2 Bảng ANOVA năng suất lúa thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	1,7282	0,5845	0,64	0,593
Nghiệm thức	9	18,4383	2,0487	2,26	0,050
Sai số	26	23,5629	0,0963		
Tổng	38	43,7294			

6.1.3 Năng suất lúa thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Lượng đạm (kg/ha)	**Năng suất lúa** (tấn/ha)				
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Lặp lại IV**	**Trung bình**
0	2,52	2,85	3,15	3,19	2,93
			Urê		
60	3,75	3,91	4,10	4,08	3,96
80	3,95	4,21	4,09	4,15	4,10
100	3,86	4,39	4,46	4,65	4,34
			Urê-nBTPT		
60	4,49	3,37	4,05	4,21	4,03
80	4,11	4,71	4,43	4,4	4,41
100	4,74	5,11	5,14	4,79	4,95
			NPK viên nén		
60	3,83	3,87	3,56	3,59	3,71
80	3,84	4,26	4,08	4,43	4,15
100	4,20	4,06	4,84	5,14	4,56

6.1.4 Bảng ANOVA năng suất lúa thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	0,63802	0,21267	2,65	0,069
Nghiệm thức	9	10,52436	1,16937	14,56	0,000
Sai số	27	2,16818	0,08030		
Tổng	39	13,33056			

6.1.5 Ảnh hưởng các liều lượng và dạng N bón đến màu sắc lá qua các giai đoạn sinh trưởng

Nhân tố		**Màu sắc lá**		
		20 NSKS	**40 NSKS**	**60 NSKS**
Liều lượng đạm bón (A)	60N	3,48	3,53	3,52[b]
	80N	3,54	3,63	3,61[a]
	100N	3,63	3,53	3,68[a]
Dạng phân đạm (B)	Urea thường	3,58	3,49[b]	3,63
	NPK viên nén	3,58	3,73[a]	3,62
	Urea nBTPT	3,51	3,48[b]	3,57
F(A)		*ns*	*ns*	**
F(B)		*ns*	**	*ns*
F(AxB)		*ns*	*ns*	*ns*

Ghi chú: Trong cùng một cột các số có ký tự theo sau giống nhau thì khác biệt không ý nghĩa, ở mức ý nghĩa 5%
Nguồn: Võ Thành Tâm, 2014. "Hiệu quả của các dạng phân đạm trên năng suất lúa trồng trên đất phù sa ở Xã Châu Điền, Huyện Cầu Kè, Tỉnh Trà Vinh". Luận văn tốt nghiệp đại học chuyên ngành Khoa Học Đất, Khoa Nông nghiệp & Sinh học Ứng Dụng, Trường Đại Học Cần Thơ.

6.1.6 Năng suất lúa thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Lượng đạm (kg/ha)	**Năng suất lúa** (tấn/ha)				
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Lặp lại IV**	**Trung bình**
0	5,83	5,81	5,70	5,29	5,66
		Urê			
60	6,28	6,83	5,29	6,98	6,35
80	6,14	7,78	8,36	6,69	7,24
100	7,93	5,14	7,24	7,13	6,86
		Urê-nBTPT			
60	6,19	7,36	6,63	6,96	6,79
80	6,52	7,83	7,05	7,30	7,18
100	5,81	6,72	8,64	7,14	7,08
		NPK viên nén			
60	7,47	6,44	7,02	7,38	7,08
80	6,60	8,03	7,96	6,78	7,34
100	8,20	7,11	6,34	7,36	7,25

6.1.7 Bảng ANOVA năng suất lúa thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	0,5500	0,1833	0,26	0,850
Nghiệm thức	9	9,7570	1,0841	3,562	0,017
Sai số	27	18,7222	0,6934		
Tổng	39	29,0291			

6.1.8 Bảng ANOVA năng suất lúa giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón qua 3 vụ thí nghiệm

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Vụ mùa	2	176,6632	88,3316	279,52	0,000
Lặp lại(Vụ mùa)	9	2,5685	0,2854	0,90	0,527
Nghiệm thức	9	45,9696	5,1077	16,16	0,000
Vụ mùa * Nghiệm thức	18	7,8433	0,4357	1,38	0,165
Sai số	81	25,5972	0,3160		
Tổng	119	20,4697			

6.2 Hàm lượng đạm trong rơm và trong hạt

6.2.1 Hàm lượng đạm tổng số trong rơm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013

Lượng đạm (kg/ha)	**Hàm lượng đạm tổng số trong rơm** (%)			
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Trung bình**
0	0,53	0,52	0,47	0,51
		Urê		
60	0,49	0,63	0,58	0,57
80	0,60	0,62	0,59	0,60
100	0,53	0,54	0,60	0,56
		Urê-nBTPT		
60	0,58	0,57	0,56	0,57
80	0,64	0,70	0,64	0,66
100	0,63	0,68	0,66	0,66
		NPK viên nén		
60	0,52	0,56	0,59	0,56
80	0,64	0,59	0,68	0,64
100	0,59	0,60	0,58	0,59

6.2.2 Hàm lượng đạm tổng số trong hạt thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013

Lượng đạm (kg/ha)	**Hàm lượng đạm tổng số trong hạt** (%)			
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Trung bình**
0	0,99	0,93	0,99	0,97
		Urê		
60	1,12	1,19	1,15	1,16
80	1,07	1,11	1,11	1,09
100	1,11	1,06	1,11	1,09
		Urê-nBTPT		
60	1,28	1,25	1,31	1,28
80	1,31	1,12	1,28	1,24
100	1,19	1,15	1,18	1,17
		NPK viên nén		
60	1,14	1,12	1,17	1,14
80	1,13	1,26	1,26	1,22
100	1,23	1,18	1,05	1,15

6.2.3 Hàm lượng đạm tổng số trong rơm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Lượng đạm (kg/ha)	**Hàm lượng đạm tổng số trong rơm** (%)			
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Trung bình**
0	0,60	0,48	0,57	0,55
		Urê		
60	0,68	0,61	0,64	0,64
80	0,69	0,60	0,64	0,64
100	0,76	0,65	0,61	0,67
		Urê-nBTPT		
60	0,83	0,61	0,73	0,72
80	0,97	0,71	0,69	0,79
100	0,85	0,68	0,77	0,77
		NPK viên nén		
60	0,69	0,69	0,67	0,68
80	0,85	0,59	0,73	0,72
100	0,71	0,73	0,83	0,76

6.2.4 Hàm lượng đạm tổng số trong hạt thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Lượng đạm (kg/ha)	**Hàm lượng đạm tổng số trong hạt** (%)			
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Trung bình**
0	1,04	0,97	0,96	0,99
		Urê		
60	1,04	1,00	0,96	1,00
80	1,01	0,93	0,97	0,97
100	0,99	1,12	1,01	1,04
		Urê-nBTPT		
60	1,02	1,03	1,03	1,02
80	1,10	1,05	1,10	1,08
100	1,07	1,02	1,05	1,05
		NPK viên nén		
60	1,11	1,04	0,96	1,04
80	1,05	1,11	1,02	1,06
100	1,14	0,97	1,07	1,06

6.2.5 Hàm lượng đạm tổng số trong rơm thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Lượng đạm (kg/ha)	**Hàm lượng đạm tổng số trong rơm** (%)			
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Trung bình**
0	0,51	0,50	0,52	0,51
		Urê		
60	0,55	0,54	0,55	0,55
80	0,59	0,59	0,58	0,59
100	0,59	0,60	0,59	0,59
		Urê-nBTPT		
60	0,58	0,57	0,59	0,58
80	0,60	0,61	0,61	0,61
100	0,61	0,63	0,62	0,62
		NPK viên nén		
60	0,56	0,58	0,57	0,57
80	0,61	0,62	0,63	0,62
100	0,63	0,62	0,63	0,63

6.2.6 Hàm lượng đạm tổng số trong hạt thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Lượng đạm (kg/ha)	**Hàm lượng đạm tổng số trong hạt** (%)			
	Lặp lại I	**Lặp lại II**	**Lặp lại III**	**Trung bình**
0	0,98	0,98	0,99	0,98
		Urê		
60	1,05	1,06	1,06	1,06
80	1,12	1,11	1,10	1,11
100	1,12	1,13	1,12	1,12
		Urê-nBTPT		
60	1,10	1,05	1,13	1,09
80	1,20	1,21	1,20	1,21
100	1,25	1,26	1,25	1,25
		NPK viên nén		
60	1,06	1,08	1,05	1,06
80	1,18	1,11	1,19	1,16
100	1,20	1,25	1,28	1,24

6.2.7 Bảng ANOVA hàm lượng đạm tổng số trong rơm giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón qua 3 vụ thí nghiệm

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Vụ mùa	2	0,232328	0,116164	64,27	0,000
Lặp lại(Vụ mùa)	9	0,087281	0,014547	8,05	0,000
Nghiệm thức	9	0,198812	0,022090	12,22	0,000
Vụ mùa * Nghiệm thức	18	0,037009	0,002056	1,14	0,345
Sai số	81	0,097603	0,001807		
Tổng	119	0,653034			

6.2.8 Bảng ANOVA hàm lượng đạm tổng số trong hạt giữa các dạng phân đạm với các liều lượng đạm bón qua 3 vụ thí nghiệm

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Vụ mùa	2	0,240331	0,120166	59,55	0,000
Lặp lại(Vụ mùa)	9	0,012605	0,002101	1,04	0,409
Nghiệm thức	9	0,275909	0,030657	15,19	0,000
Vụ mùa * Nghiệm thức	18	0,162623	0,009035	4,48	0,000
Sai số	81	0,108961	0,002018		
Tổng	119	0,800430			

6.3 Hiệu quả sử dụng đạm

6.3.1 Bảng ANOVA hiệu quả nông học thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ đông xuân 2012/2013

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	211,06	73,69	1,21	0,330
Nghiệm thức	8	1398,81	174,85	2,88	0,020
Sai số	24	1456,16	60,67		
Tổng	35	2866,04			

6.3.2 Bảng ANOVA hiệu quả nông học thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	49,32	16,44	2,14	0,122
Nghiệm thức	8	174,86	21,86	2,84	0,023
Sai số	24	184,43	7,68		
Tổng	35	408,61			

6.3.3 Bảng ANOVA hiệu quả nông học thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	3	237,08	79,03	1,29	0,302
Nghiệm thức	8	119,67	14,96	0,24	0,978
Sai số	24	1475,36	61,47		
Tổng	35	1832,11			

6.3.4 Bảng ANOVA hiệu quả thu hồi đạm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh vụ hè thu 2013

Nguồn biến động	Độ tự do	Tổng bình phương	Trung bình bình phương	F-tính	Mức ý nghĩa
Lặp lại	2	0,00160	0,00080	0,12	0,884
Nghiệm thức	8	0,10319	0,01290	2,01	0,012
Sai số	16	0,10290	0,00643		
Tổng	26	0,20769			

6.4 So sánh hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm

6.4.1 Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Châu Điền - huyện Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh

STT	Chỉ tiêu	ĐVT	Urê	Urê-nBTPT	NPK viên
I	**Tổng chi phí**	**đ/ha**	**35 867 609**	**36 962 989**	**39 494 043**
1	**Chi phí trung gian**	**đ/ha**	**28 727 609**	**29 822 989**	**30 674 043**
	Giống	đ/ha	3 300 000	3 300 000	3 300 000
	Phân NPK	đ/ha			8 029 043
	Đạm	đ/ha	3 142 609	4 237 989	
	Lân	đ/ha	1 720 000	1 720 000	
	Kali	đ/ha	1 220 000	1 220 000	
	Thuốc trừ sâu & BVTV	đ/ha	9 080 000	9 080 000	9 080 000
	Làm đất	đ/ha	2 000 000	2 000 000	2 000 000
	Tưới	đ/ha	3 325 000	3 325 000	3 325 000
	Thu hoạch + vận chuyển lúa	đ/ha	4 640 000	4 640 000	4 640 000
	Thủy lợi phí	đ/ha	300 000	300 000	300 000
2	**Chi phí lao động (gia đình)**	**đ/ha**	**7 140 000**	**7 140 000**	**8 820 000**
	Sửa đất	đ/ha	760 000	760 000	760 000
	Gieo sạ	đ/ha	480 000	480 000	480 000
	Làm cỏ	đ/ha	480 000	480 000	480 000
	Dặm lúa	đ/ha	1 200 000	1 200 000	1 200 000
	Bón phân	đ/ha	720 000	720 000	2 400 000
	Phun thuốc	đ/ha	1 440 000	1 440 000	1 440 000
	Thăm đồng	đ/ha	1 200 000	1 200 000	1 200 000
	Công khác	đ/ha	860 000	860 000	860 000
3	**Khấu hao tài sản**	**đ/ha**			
4	**Khác**	**đ/ha**			
II	**Thu nhập**	**đ/ha**	**50 941 000**	**58 362 000**	**54 077 000**
1	Vụ đông xuân	đ/ha	27 071 000	31 137 000	28 997 000
	Năng suất	kg/ha	5 060	5 820	5 420
	Giá lúa	đ/kg	5 350	5 350	5 350
2	Vụ hè thu	đ/ha	23 870 000	27 225 000	25 080 000
	Năng suất	kg/ha	4 340	4 950	4 560
	Giá lúa	đ/kg	5 500	5 500	5 500
III	**Lợi nhuận**	**đ/ha**	**15 073 391**	**21 399 011**	**14 582 957**
IV	**Hiệu quả đồng vốn**	**lần**	**0,52**	**0,72**	**0,48**

Ghi chú: Số liệu tính cho hai vụ lúa: vụ đông xuân 2012/2013 và vụ hè thu 2013

Số liệu năng suất lúa trung bình các lô có lượng đạm bón 80 kgN/ha

6.4.2 Hiệu quả kinh tế giữa các dạng phân đạm thí nghiệm tại xã Mỹ Lộc - huyện Tam Bình - tỉnh Vĩnh Long vụ đông xuân 2013/2014

STT	Chỉ tiêu	ĐVT	Urê	Urê-nBTPT	NPK viên
I	**Tổng chi phí**	**đ/ha**	**19 071 932**	**19 663 780**	**20 533 121**
1	**Chi phí trung gian**	**đ/ha**	**15 451 932**	**16 043 780**	**16 073 121**
	Giống	đ/ha	1 650 000	1 650 000	1 650 000
	Phân NPK	đ/ha			3 873 121
	Đạm	đ/ha	1 363 043	1 954 891	
	Lân	đ/ha	1 195 556	1 195 556	
	Kali	đ/ha	693 333	693 333	
	Thuốc trừ sâu & BVTV	đ/ha	5 330 000	5 330 000	5 330 000
	Làm đất	đ/ha	2 000 000	2 000 000	2 000 000
	Tưới	đ/ha	500 000	500 000	500 000
	Thu hoạch + v.chuyển lúa	đ/ha	2 420 000	2 420 000	2 420 000
	Thủy lợi phí	đ/ha	300 000	300 000	300 000
2	**Chi phí lao động**	**đ/ha**	**3 620 000**	**3 620 000**	**4 460 000**
	Sửa đất	đ/ha	380 000	380 000	380 000
	Gieo sạ	đ/ha	240 000	240 000	240 000
	Làm cỏ	đ/ha	240 000	240 000	240 000
	Dặm lúa	đ/ha	600 000	600 000	600 000
	Bón phân	đ/ha	360 000	360 000	1 200 000
	Phun thuốc	đ/ha	720 000	720 000	720 000
	Thăm đồng	đ/ha	600 000	600 000	600 000
	Công khác	đ/ha	480 000	480 000	480 000
3	**Khấu hao tài sản**	**đ/ha**			
4	**Khác**	**đ/ha**			
II	**Thu nhập**	**đ/ha**	**41 630 000**	**41 285 000**	**42 205 000**
1	Vụ đông xuân	đ/ha	41 630 000	41 285 000	42 205 000
	Năng suất	kg/ha	7 240	7 180	7 340
	Giá lúa	đ/kg	5 750	5 750	5 750
III	**Lợi nhuận**	**đ/ha**	**22 558 068**	**21 621 220**	**21 671 879**
IV	**Hiệu quả đồng vốn**	**lần**	**1,46**	**1,35**	**1,35**

Ghi chú: Năng suất lúa trung bình các lô có lượng đạm bón 80kgN/ha

s