

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) trên phạm vi toàn cầu trong 100 năm qua làm cho nhiệt độ tăng, mực nước biển dâng, thiên tai hạn hán, lũ lụt thường xuyên xảy ra, các cơn bão mạnh và có quỹ đạo bất thường gia tăng. Theo dự báo, tại Việt Nam sẽ diễn ra một số biến đổi: nhiệt độ trung bình năm tăng $0,1^0$ mỗi thập kỷ; mực nước biển dâng 5cm mỗi thập niên, sẽ dâng khoảng 33-45cm vào năm 2070 và 100cm đến năm 2100. Nguyên nhân gây ra BĐKH là sự nóng lên toàn cầu chính là do sự gia tăng của khí nhà kính (KNK) do con người tạo ra. Khí mê tan (CH_4) và dioxit cacbon (CO_2) là hai KNK chủ yếu, trong đó CH_4 được sinh ra qua quá trình biến đổi sinh học trong môi trường yếm khí như ở đầm lầy, đất ngập nước...

Kiểm kê KNK ở Việt Nam năm 2000, khu vực nông nghiệp chiếm 43,1% tổng lượng phát thải KNK Quốc gia, mà khu vực trồng lúa nước phát thải CH_4 là chủ yếu (57,5%). Như vậy, để giảm phát thải KNK, một trong những biện pháp là giảm phát thải CH_4 trên vùng trồng lúa nước.

Các kết quả nghiên cứu ở Việt Nam về phát thải CH_4 trên vùng trồng lúa còn ít và mới dừng lại ở mức độ kiểm kê, định tính, chưa có nghiên cứu chi tiết. Đặc biệt là chế độ nước trên ruộng lúa có tác động giảm thiểu phát thải CH_4 như thế nào, tiết kiệm nước ra sao, liên quan đến năng suất vẫn là những câu hỏi còn bỏ ngỏ, chưa được nghiên cứu đầy đủ về cơ sở khoa học và thực tiễn. Vì vậy, đề tài “Nghiên cứu chế độ nước mặt ruộng hợp lý để giảm thiểu phát thải khí mê tan trên ruộng lúa vùng đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng” là rất cần thiết.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Xác định cơ sở khoa học cơ chế hình thành và phát thải mêtan trên ruộng lúa ứng với các chế độ nước khác nhau;
- Xác định chế độ nước mặt ruộng lúa hợp lý để giảm thiểu phát thải mêtan trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng.

3. Phương pháp nghiên cứu

- Nghiên cứu tổng quan lý thuyết và các vấn đề liên quan; kế thừa có chọn lọc những thông tin, số liệu và kết quả nghiên cứu đã có;
- Nghiên cứu thí nghiệm trong phòng và thí nghiệm đồng ruộng;
- Xử lý số liệu và phân tích thống kê, tương quan hồi quy,

4. Đóng góp mới của luận án

- Lần đầu tiên ở Việt Nam định lượng được thế ôxy-hóa khử (Eh) từ -176mV đến -287 mV là điều kiện để hình thành mêtan trong đất phù sa trung tính ít chua ($\text{pH} \approx 7$), bón phân vô cơ + hữu cơ, ngập nước có cây lúa ở đồng bằng sông Hồng. Theo đó, khẳng định cây lúa đóng vai trò quyết định để mêtan đã hình thành trong đất phát thải vào khí quyển, trên đất không cây lúa lượng mêtan phát thải không đáng kể.

- Xác định chế độ nước mặt ruộng theo công thức tưới nông-lộ-phơi giảm thiểu lượng mêtan phát thải trung bình toàn vụ mùa 11,25%, vụ xuân 8,97% so với công thức tưới nông thường xuyên.

- Xác định được tương quan chặt chẽ giữa cường độ mêtan phát thải (Y) và cường độ bốc thoát hơi nước (x) giai đoạn sinh trưởng từ cấy-hồi xanh đến đứng cái-làm đòng, theo phương trình tuyến tính: vụ xuân $Y=9,9631x-25$; $R^2=0,731$; vụ mùa: $Y=30,885 x-97$; $R^2=0,875$ (R- Hệ số tương quan); Tương quan này có ý nghĩa là khi giảm cường độ bốc thoát hơi nước mặt ruộng sẽ giảm thiểu được cường độ mêtan phát thải trên ruộng lúa.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

- Về mặt khoa học, đề tài luận án góp phần làm rõ cơ sở khoa học của cơ chế hình thành và phát thải mêtan (CH_4) trên ruộng lúa nước;

- Về mặt thực tiễn, các kết quả nghiên cứu là một trong những giải pháp nhằm thích ứng với biến đổi khí hậu. Cung cấp thông tin để xây dựng quy trình tưới lúa.

6. Bố cục của luận án

Luận án có 133 trang, 57 bảng biểu, 57 hình vẽ, 74 tài liệu tham khảo; 77 trang phụ lục kết quả tính toán. Nội dung của luận án gồm phần mở đầu, 3 chương, phần kết luận-kiến nghị và tài liệu tham khảo.

Chương I. TỔNG QUAN CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC CÓ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN

1.1. Hiệu ứng khí nhà kính

Mêtan là một trong 6 khí nhà kính chủ yếu gây hiệu ứng khí nhà kính theo Nghị định thư Kyoto, quy đổi gấp 21 lần so với CO₂.

1.2. Quá trình hình thành mêtan

1.2.1. Sự phân giải chất hữu cơ và hình thành mêtan

Khí mêtan (CH₄) có thành phần chủ yếu là cacbon và hydro. Trong quá trình biến đổi của chất hữu cơ, tùy theo điều kiện môi trường mà sản phẩm cuối cùng có thể là CO₂, H₂O, các axit hữu cơ, H₂, và CH₄. Đây là quá trình biến đổi sinh học phức tạp, có sự tham gia của vi sinh vật:

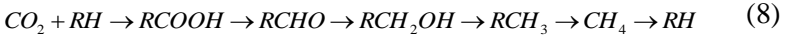
- Sự phân giải của hydrocacbon (zellulo, tinh bột, hemizello): ở điều kiện hiếu khí thì CO₂ và H₂O hình thành; ở điều kiện yếm khí thì các axit hữu cơ, khí CH₄ và H₂ hình thành.

- Sự phân giải của Lignin: ở điều kiện hiếu khí, lignin bị nấm Basidiomyceten và Ascomyceten phân giải. Sự phân giải bắt đầu từ mạch nhánh đến nhóm cacboxyn, nhóm methoxyn phân giải đến nhóm OH. Sau đó các liên kết đôi và mạch vòng bị phá vỡ. Các bước tiếp theo của quá trình phân giải tương tự như hydrat cacbon.

- Sự phân giải của hợp chất hữu cơ chứa ni-tơ: có sự tham gia của vi khuẩn, nấm và hàng loạt enzym. Sau quá trình denaminaza thì NH₃ và axit béo được giải phóng. Sau đó, tương tự như trường hợp của hydro cacbon, ở điều kiện hiếu khí sẽ khoáng hoá thành CO₂, NO₂, SO₄, H₂O và các chất cặn; ở điều kiện yếm khí thì sẽ phân giải thành CH₄, CO₂, H₂, H₂S, NH₃, R-COOH, RNH₂, RSH và chất cặn.

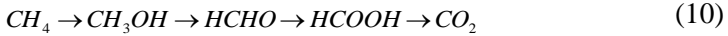
1.2.2. Vi sinh vật và sự hình thành mêtan

Sự chuyển hoá của các chất hữu cơ đơn giản, dưới tác động của vi khuẩn mêtan để hình thành CH₄ có thể biểu diễn bằng hỗn hợp nhiều phản ứng hoá học theo Alexander, M. (1977) [49], như sau:



1.2.3. Sự ôxi hoá mêtan

Quá trình ôxy hoá CH₄ bởi vi khuẩn cũng là một quá trình phức tạp và có thể hình dung theo trình tự sau:



1.2.4. Thế ôxy hoá-khử (Eh) và sự hình thành mêtan

Bảng 1.1: Eh của các hệ ôxy hoá-khử

Hệ ôxy hoá-khử	Eh(mV tại 25°C)	
	Tại pH5	Tại pH7
1. $O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$ Eh=1,23 + 0,0148 log P(O ₂) - 0,059 pH	930	820
2. $NO_3^- + 2H^+ + 2e^- = NO_2^- + H_2O$ Eh= 0,83 - 0,0295 log NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ - 0,059 pH	530	420
3. $MnO_2 + 4H^+ + 2e^- = Mn^{++} + 2H_2O$ Eh= 1,23 - 0,0295 log Mn ⁺⁺ - 0,119 pH	640	410
4. $Fe(OH)_3 + 3H^+ + e^- = Fe^{++} + 3H_2O$ Eh= 1,06 - 0,059 log Fe ⁺⁺ - 0,177 pH	170	-180
5. $SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- = H_2S + 4H_2O$ Eh= 0,30 - 0,0074 log H ₂ S/SO ₄ ²⁻ - 0,074 pH	-70	-220
6. $CO_2 + 8H^+ + 8e^- = CH_4 + 2H_2O$ Eh= 0,17 - 0,095 log P(CH ₄)/P(CO ₂)- 0,059 pH	-120	-240
7. $2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$ Eh= 0,00 - 0,059 pH	-295	-413

Nguồn: Ponnamperuma F.N. từ Russel, E.W. (1978)

1.3. Những yếu tố ảnh hưởng đến sự phát thải mêtan

1.3.1. Ảnh hưởng của chế độ nước và phân bón đến sự phát thải mêtan

Ở Trung Quốc, Ấn Độ, Indonesia, Thái Lan, Hà Quốc và Philippin tiến hành kiểm kê phát thải CH₄ trên ruộng lúa từ năm 1993÷1999 cho thấy: tiêu rút nước giữa vụ giảm CH₄ phát thải so với tưới ngập thường xuyên; các chế độ bón phân khác nhau đều ảnh hưởng đến lượng CH₄ phát thải: bón phân vô cơ NPK giảm CH₄ phát thải so với bón phân hữu cơ, cùng là phân hữu cơ hoặc rơm nếu được ủ thì sẽ giảm CH₄ phát thải... Lượng CH₄ giảm và phát thải ở các chế độ nước mặt ruộng cũng như chế độ phân bón ở mỗi vùng, mỗi nước là khác nhau.

Các kết quả nghiên cứu trong nước cho kết quả tương tự, rút nước giữa vụ năng suất lúa tăng so tưới ngập thường xuyên.

Như vậy, chế độ bón phân và chế độ nước mặt ruộng khác nhau là những yếu tố chính ảnh hưởng trực tiếp đến phát thải CH_4 trên ruộng lúa. Tuy nhiên các kết quả nghiên cứu trên còn mang tính kiểm kê, chưa có sự lý giải về bản chất vấn đề, tại sao rút nước giữa vụ lại giảm phát thải CH_4 so với ngập nước liên tục, cũng như tại sao bón phân vô cơ lại làm giảm phát thải CH_4 so với bón phân hữu cơ...? Giải thích và làm rõ vấn đề này là một trong những nội dung chính của luận án.

1.3.2. Ảnh hưởng của các tính chất lý-hoá học đất đến sự phát thải mêtan

Các nghiên cứu ở nước ngoài về tính chất lý-hoá học của đất ảnh hưởng đến sự phát thải CH_4 khá đầy đủ về lý thuyết cũng như thực tế đo đạc, đã xác định được các giá trị Eh và pH cụ thể ứng với các điều kiện môi trường đất khác nhau cũng như đã xác định được CH_4 hình thành thuận lợi khi Eh= -120 ÷ -300mV [43],[67]. Trong nước, các nghiên cứu về tính chất điện hóa đất lúa ngập nước cũng như ảnh hưởng đến sự phát thải CH_4 mới dừng lại ở các nghiên cứu lý thuyết, chưa có những thí nghiệm cụ thể với các đo đạc thực tế để kiểm chứng hoặc những kết quả cụ thể về giá trị Eh để CH_4 hình thành trong điều kiện đất lúa ngập nước ở Việt Nam.

1.3.3. Ảnh hưởng của trồng lúa và mùa vụ đến sự phát thải mêtan

Dưới góc độ sinh lý thực vật và dinh dưỡng cây trồng, cây lúa không hấp thụ CH_4 . Nhưng nhiều công trình nghiên cứu đã khẳng định rằng việc trồng lúa, tức bản thân cây lúa có ảnh hưởng đến phát thải CH_4 . Tuy nhiên một câu hỏi đặt ra ở trên mà chưa có lời giải thích rõ ràng rằng: CH_4 có phát tán qua cây lúa hay không?

Nouchi,I, Mariko,S.và Aoki,K. (1990) đưa giả thiết: CH_4 hòa tan trong đất và nước xung quanh rễ rồi khuếch tán vào thành vách của tế bào rễ, sau đó được thải qua các lỗ khí của lá và thân cây.

Nghiên cứu trong nước cho thấy: cường độ CH_4 phát thải ở các giai đoạn sinh trưởng của cây lúa là khác nhau, vụ mùa lượng CH_4 phát thải lớn hơn vụ xuân.

Kết luận chương 1

Cơ chế hình thành CH_4 trong môi trường đất lúa ngập nước liên quan chặt chẽ đến quá trình phân giải chất hữu cơ, phụ thuộc hoạt động của vi sinh vật. Sự hình thành và chuyển hoá của CH_4 gắn liền với hàng loạt quá trình oxy hoá- khử sinh học trong đất. Các nghiên cứu ngoài nước cho thấy CH_4 phát thải xảy ra mạnh ở đất ngập nước có Eh thấp ($-120 \div -300\text{mV}$). Trong điều kiện ngập nước liên tục thì phát thải CH_4 xảy ra nhiều hơn và mạnh hơn trường hợp ngập nước không liên tục.

Rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự phát thải CH_4 như: chế độ nước, tính chất đất, hàm lượng chất hữu cơ trong đất, chế độ bón phân, nhiệt độ, cây lúa và mùa vụ. Bón phân hữu cơ sẽ làm tăng phát thải CH_4 , bón phân vô cơ hạn chế được phát thải CH_4 . Đất có hàm lượng chất hữu cơ cao thì phát thải CH_4 sẽ cao, và ngược lại.

Về ảnh hưởng của chế độ nước và cây lúa đến sự phát thải CH_4 ; quan hệ giữa năng suất lúa với giải pháp giảm thiểu phát thải CH_4 và tiết kiệm nước, tuy đã có một số kết quả nghiên cứu ở trong nước nhưng thiếu định lượng chi tiết, còn thiên về định tính và kiểm kê. Lý giải về cơ chế hình thành và phát thải CH_4 trên đất lúa ngập nước chưa rõ ràng và dựa vào các nghiên cứu của nước ngoài, chưa có những nghiên cứu cụ thể để kiểm chứng các tính chất điện hóa đất lúa ngập nước cũng như ảnh hưởng của cây lúa đến sự hình thành và phát thải CH_4 .

Do đó, việc nghiên cứu về cơ chế hình thành và phát thải CH_4 và từ đó đề xuất được giải pháp giảm thiểu phát thải CH_4 trên ruộng lúa trong điều kiện cụ thể ở Việt Nam là rất cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao. Đây cũng là lý do mà đề tài luận án được chọn trong bối cảnh quan tâm chung của Việt Nam cũng như thế giới về thích ứng với biến đổi khí hậu toàn cầu.

Chương II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp thí nghiệm trong phòng

- Mục đích: theo dõi động thái của Eh, pH từ đất khô sang ngập nước trên nền đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng ở chế độ phân bón và chế độ ngập nước khác nhau làm cơ sở thiết kế, bố trí thí nghiệm đồng ruộng.

- Mô hình thí nghiệm trên hệ thống chậu vại. Đất lấy từ ruộng thí nghiệm để khô, giã nhỏ, trộn đều với lượng phân bón theo các công thức. Duy trì lớp nước trên chậu là 5 cm ở các công thức từ ngày đầu đến ngày thứ 29, sau đó để cạn tự nhiên và tháo cạn nước hoàn toàn từ ngày thứ 43 đến ngày thứ 58; mỗi công thức được bố trí nhắc lại 3 lần.

- Công thức thí nghiệm: (i) Đối chứng (PB): không bón phân; (ii) Công thức 1 (PB1): chỉ bón phân vô cơ, liều lượng theo chế độ phân bón ngoài ruộng thí nghiệm; (iii) Công thức 2 (PB2): bón phân vô cơ và hữu cơ, liều lượng theo chế độ phân bón ngoài ruộng thí nghiệm.

2.2. Phương pháp thí nghiệm đồng ruộng

2.2.1. Mục đích thí nghiệm đồng ruộng

- Xác định lượng phát thải CH_4 , lượng bốc-thoát hơi nước thực tế (ETa) và các chỉ tiêu sinh lý, sinh thái, năng suất lúa ứng với chế độ nước mặt ruộng khác nhau vùng đồng bằng sông Hồng (ĐBSH);

- Đề xuất chế độ nước mặt ruộng hợp lý để giảm thiểu phát thải CH_4 , tiết kiệm nước tưới và không làm giảm năng suất lúa.

2.2.2. Địa điểm và điều kiện tự nhiên khu thí nghiệm đồng ruộng

Khu thực nghiệm được chọn tại Trạm thực nghiệm khí tượng nông nghiệp đồng bằng Bắc Bộ thuộc Viện khoa học khí tượng thủy văn và môi trường, thuộc xã Kim Chung, Hoài Đức, Hà Nội, gần Quốc lộ 32, cách Hà Nội 13 km. Có điều kiện tự nhiên đại diện cho đồng bằng sông Hồng.

2.2.4. Các công thức thí nghiệm và chế độ nước trên ruộng lúa

- Đối chứng (ĐC): duy trì ngập nông thường xuyên (NTX) với độ sâu 20 ÷ 30 mm, gặp mưa tăng lên 30 ÷ 60 mm, giai đoạn chín tháo cạn nước.

- Công thức 1 (CT1): tưới nông lộ liên tiếp (NLLT), giai đoạn cây-hồi xanh duy trì lớp nước mặt ruộng 20÷30 mm, đẻ nhánh và các giai đoạn khác duy trì lớp nước 30÷60 mm, rút cạn tự nhiên lộ mặt đất sau đó tưới lên 30÷60 mm, gặp mưa tháo trở lại 30÷60 mm trong ngày; riêng cuối đẻ nhánh: tháo cạn nước lộ mặt ruộng trong một thời gian nhất định; rút cạn nước khi chín vàng.

- Công thức 2 (CT2): tưới nông lộ phơi (NLP), giai đoạn cây-hồi xanh duy trì lớp nước mặt ruộng 20÷30 mm, đẻ nhánh và các giai đoạn khác duy trì lớp nước 30÷60 mm, rút cạn tự nhiên lộ mặt đất 1 đến 2 ngày, sau đó tưới lên 30÷60 mm, gặp mưa tăng lên 60÷90 mm; riêng cuối đẻ nhánh: tháo cạn nước lộ mặt ruộng trong một thời gian 10 ngày; rút cạn nước khi chín vàng.

- Công thức 3 (CT3): tưới giữ ẩm, giai đoạn cây - hồi xanh: duy trì lớp nước 20÷30 mm, gặp mưa tháo trong 1 ngày, các giai đoạn đẻ nhánh, làm đòng, trở bông, ngâm sữa chắc xanh: khi độ ẩm đất giảm đến độ ẩm giới hạn dưới theo các mức 60%, 70% và 80% độ ẩm đất bão hòa thì tưới để nâng độ ẩm đất đạt độ ẩm đất bão hòa (100%).

- Công thức 4 (CT4): đo phát thải CH₄ trên đất không cây lúa, chế độ nước mặt ruộng như đối chứng;

2.2.5. Điều kiện thí nghiệm

Các công thức chỉ khác nhau về chế độ nước, các yếu tố: giống, thời vụ, kỹ thuật canh tác, chế độ bón phân và chăm sóc là như nhau: (i) Giống lúa: DT - 28; (ii) Thời vụ: vụ xuân và vụ mùa theo từng năm; (iii) Kỹ thuật canh tác, chế độ phân bón và chăm sóc: theo tập quán canh tác của nông dân, theo dõi và phòng trừ sâu bệnh kịp thời.

2.2.6. Phương pháp đo đạc, lấy mẫu và phân tích

- Phương pháp đo đạc, lấy mẫu và phân tích CH₄: lấy mẫu kiểu hòm kín hình hộp chữ nhật, kích thước 52x53x53 cm, có khung nhôm xung quanh, các mặt bằng mica dày 5mm. Định kỳ 7 ngày lấy mẫu một lần vào buổi sáng, mỗi vụ lấy 15÷16 đợt. Bắt đầu từ 9 giờ sáng và cứ cách 15 phút lại lấy mẫu một lần cho một hòm khí, các thời điểm để lấy

các mẫu tiếp theo kể từ mẫu đầu tiên là 15, 30, 45 phút. Phân tích bằng máy sắc ký khí GC-14BP, có trang bị FID và cột cacbôxen-1000.

- Mục nước đo bằng thước nhựa và cốc gắn cố định tại các điểm đo, độ ẩm đất xác định bằng thiết bị đo độ ẩm nhanh tại hiện trường của hãng Eijkelkamp (hiệu chỉnh bằng lấy mẫu cân sấy), định kỳ vào 8 giờ, 17 giờ hàng ngày.

- Năng suất: phơi sấy và cân xác định năng suất thực tế.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu và phân tích thống kê tương quan hồi quy

Các kết quả đo đạc được xử lý, kiểm định thống kê, phân tích tương quan hồi quy bằng các phần mềm hỗ trợ của excel.

Kết quả thí nghiệm đồng ruộng từ vụ mùa năm 2003 đến vụ xuân năm 2006 cũng như các kết quả nghiên cứu mô hình trong phòng thí nghiệm được trình bày ở chương 3.

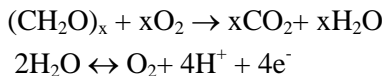
Chương III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Động thái của thế ôxy-hóa khử (Eh) và pH

3.1.1. Động thái của Eh và pH ở thí nghiệm mô hình trong phòng

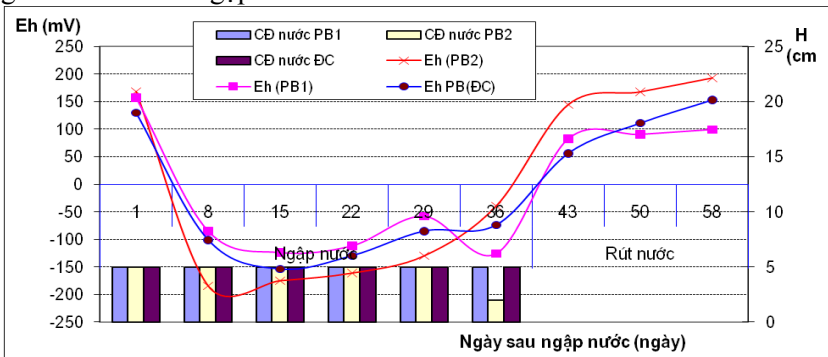
- Động thái Eh: giá trị Eh đều giảm rất mạnh trong khoảng 8 ngày ngập nước: theo công thức PB1, Eh giảm từ 156,9 mV xuống -85 mV; từ 129,8 mV xuống -101 mV theo công thức ĐC và giảm nhiều nhất ở công thức PB2 xuống -184,5 mV. Sau 15 ngày ngập nước, Eh đo được là -124 đến -175,2 mV cũng theo xu thế giảm dần: PB1, PB và nhiều nhất ở công thức PB2 (hình 3.1)

- Từ ngày thứ 8 cho đến ngày thứ 29, Eh biến đổi theo: PB1 > PB (ĐC) > PB2. Được giải thích như sau: Công thức PB2, Eh có giá trị thấp hơn cả. Nguyên nhân là do ảnh hưởng của chất hữu cơ. Khi đất được cung cấp thêm chất hữu cơ (bón phân) thì quá trình khử xảy ra mạnh theo phản ứng:



Electron giải phóng theo sơ đồ trên sẽ thúc đẩy quá trình khử, Eh giảm.

Theo công thức PB1, urê khi đưa vào trong đất sẽ phân giải thành NO_3^- và NH_4^+ ; NO_3^- là chất oxy hóa làm tăng Eh. Phân lân và phân kali có chứa KH_2PO_4 và K_2SO_4 khi bón vào trong đất, phân ly thành PO_4^{3-} và SO_4^{2-} . Đây là những hợp chất oxy hóa làm hạn chế quá trình giảm Eh khi đất ngập nước.



Hình 3.1: Diễn biến thế oxy hoá-khử (Eh) và mực nước tại thí nghiệm trong phòng

- PB2, từ ngày thứ 8 đến ngày thứ 22, Eh đạt ngưỡng (-161,3 mV đến -184,5 mV) hình thành CH_4 ; giá trị Eh đo được theo PB từ ngày thứ 8 đến ngày thứ 22 cũng đạt ngưỡng (-129,7 mV đến -154 mV) hình thành CH_4 ; theo PB1, đến ngày 15, Eh (-124 mV) đạt ngưỡng hình thành CH_4 ;

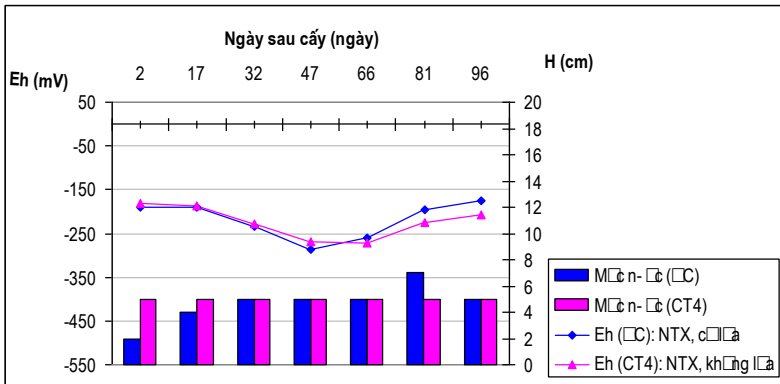
- Ngày thứ 36 đến ngày thứ 58, Eh đo được ở các công thức thí nghiệm không tuân theo quy luật như trên (PB1>PB>PB2), là do chế độ nước thay đổi từ ngập sang cạn và se nứt mặt đất, thế oxy hóa-khử Eh tăng do oxy qua mao dẫn, vết nứt xâm nhập vào đất, chuyển từ môi trường khử sang oxy hóa.

- Động thái pH: pH thay đổi không nhiều trong quá trình ngập nước có thể ít ảnh hưởng đến động thái của sự hình thành CH_4 . Sự ảnh hưởng đến pH nếu có chỉ do nguồn chất hữu cơ (từ phân chuồng), các chất hoá

học có trong phân bón hoá học. Giá trị pH ở các công thức có sự khác nhau nhưng nhìn chung đều dao động quanh giá trị 7.

3.1.2. Động thái của Eh và pH ở thí nghiệm đồng ruộng

- Động thái Eh: Eh ở thí nghiệm đồng ruộng có cây lúa giảm từ -176 mV đến -287mV. Nguyên nhân là do đất ngoài đồng ruộng do đất luôn ẩm ướt, vi khuẩn yếm khí hoạt động mạnh, quá trình khử tăng, nên Eh thấp hơn thí nghiệm trong phòng (hình 3.3).



Hình 3.3. Diễn biến Eh và mực nước trong thí nghiệm đồng ruộng.

- Động thái pH: tương tự như thí nghiệm mô hình, động thái của pH ở thí nghiệm đồng ruộng cũng dao động quanh giá trị 7. Trường hợp đất ngập nước không cấy lúa, pH từ 7,1 đến 7,6; trường hợp đất ngập nước có cấy lúa pH từ 6,7 đến 7,4. Nguyên nhân là đất có phản ứng trung tính, pH trong quá trình ngập nước không biến đổi lớn.

Động thái của Eh và pH cho thấy: đất phù sa trung tính ĐBSH không được bồi hàng năm có những đặc điểm thuận lợi cho sự hình thành và phát thải CH₄.

3.2. Cơ chế hình thành hình thành và phát thải mêtan

3.2.1. Ảnh hưởng của cây lúa đến sự hình thành mêtan

Như đã trình bày, CH₄ hình thành bởi quá trình phân hủy sinh hóa chất hữu cơ, phụ thuộc vào hoạt động của vi sinh vật kỵ khí. Sự hình

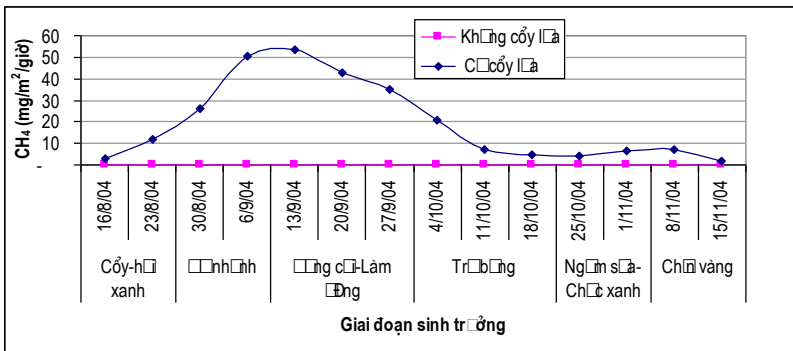
thành CH_4 xảy ra mạnh ở điều kiện yếm khí, ngập nước, đất giàu chất hữu cơ và môi trường đất có Eh từ -120 đến -300mV [43],[67]. Theo kết quả thí nghiệm, đất phù sa trung tính ít chua ($\text{pH}\approx 7$), bón phân vô cơ+hữu cơ (PB2), cấy lúa và ngập nước ở đồng bằng sông Hồng, giá trị Eh đạt từ -176 đến -287mV; khi không cấy lúa, Eh từ -180 đến -273 mV, đều thuộc giới hạn để CH_4 hình thành trong đất.

Theo công thức chỉ bón phân vô cơ (PB1), Eh=-58 đến -125,8mV không thuộc giới hạn để CH_4 hình thành trong đất.

Trong môi trường đất lúa ngập nước, sự hình thành CH_4 và phát thải CH_4 vào không khí là hai quá trình, CH_4 sau khi hình thành trong đất ngập nước nhưng có phát thải được vào không khí ngay hay không, còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố trong đó có yếu tố của cây lúa, sẽ được trình bày ở mục sau.

3.2.2. Ảnh hưởng của cây lúa đến sự phát thải mêtan

Kết quả thí nghiệm cho thấy ảnh hưởng của cây lúa đến sự phát thải CH_4 , cùng điều kiện chăm sóc nhưng ở bể có trồng lúa CH_4 phát thải mạnh (53,32 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{giờ}$). Ngược lại, CH_4 phát thải rất nhỏ, không đáng kể khi không trồng lúa (CT_4). (hình 3.5)



Hình 3.5- Mô phỏng lượng CH_4 phát thải ở các trường hợp có cấy lúa và không cấy lúa vụ mùa 2004.

Kết quả trên được giải thích như sau: trường hợp có cấy lúa, CH_4 phát thải nhờ bộ rễ cây lúa như là một hệ thống mao quản để vận

chuyển CH_4 đã được hình thành trong đất qua rễ, thân rồi phát thảo qua các lỗ khí ở cuống lá (mặt sau của lá) vào khí quyển. Cường độ phát thải CH_4 (có cây lúa) tăng dần từ 3,06 $\text{mg/m}^2/\text{giờ}$ sau 4 ngày cấy và lớn nhất 53,32 $\text{mg/m}^2/\text{giờ}$ sau 25-32 ngày cấy, trùng vào giai đoạn sinh trưởng đứng cái-làm đòng, là giai đoạn cây lúa phát triển mạnh sinh khối về thân, lá và rễ. Bộ rễ lúa phát triển vừa tạo thành hệ thống mao quản lớn vận chuyển CH_4 , vừa tạo điều kiện cho hoạt động của vi sinh vật ở vùng rễ lúa, quá trình bài tiết chất hữu cơ diễn ra mạnh bổ sung chất hữu cơ trong đất thúc đẩy quá trình hình thành CH_4 , càng làm tăng lượng CH_4 phát thải. Sau giai đoạn đứng cái-làm đòng cường độ phát thải CH_4 giảm dần và thấp nhất ở giai đoạn từ chắc xanh đến chín vàng (1,68 đến 7,4 $\text{mg/m}^2/\text{giờ}$), cũng trùng vào giai đoạn sinh khối của rễ và lá lúa giảm dần.

Nguyên nhân cường độ CH_4 phát thải giảm sau giai đoạn đứng cái-làm đòng, vì từ giai đoạn này trở đi sự phát triển của bộ rễ lúa cơ bản đã ổn định, quá trình bài tiết chất hữu cơ từ vỏ rễ lúa giảm mạnh, hơn nữa, có thể keo hidroxyt sắt III bám vào bộ rễ và thành hệ thống mao quản, cùng với các hạt có kích thước nhỏ (hạt sét) dần bít kín hệ thống mao quản của bộ rễ. Mặt khác, hàm lượng mùn (chất hữu cơ) là nguồn để hình thành CH_4 cũng giảm đáng kể.

Quá trình sinh trưởng và phát triển của cây lúa mà chính là hoạt động sống của bộ rễ có ảnh hưởng rất lớn đến sự hình thành và phát thải CH_4 . Đây là vấn đề quan trọng để giải thích và làm rõ hai quá trình: hình thành và phát thải CH_4 trên đất lúa ngập nước. Sự hình thành CH_4 trong đất ngập nước, nếu có cây lúa thì quá trình phát thải CH_4 vào không khí mới diễn ra, không có cây lúa lượng CH_4 phát thải không đáng kể.

3.3. Ảnh hưởng của chế độ nước đến phát thải mêtan trên ruộng lúa

3.3.1. Ảnh hưởng của chế độ nước đến phát thải mêtan vụ mùa

Lượng CH₄ phát thải trung bình theo giai đoạn sinh trưởng của vụ mùa 3 năm thí nghiệm trình bày ở bảng 3.22 đến 3.24; mô phỏng cường độ phát thải CH₄ trung bình ở hình 3.16, cho thấy:

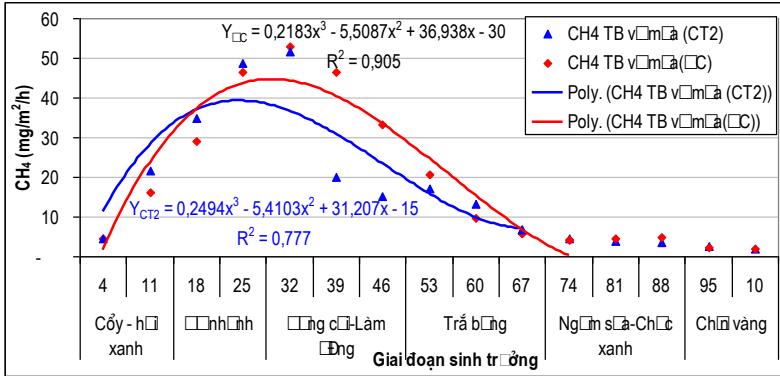
- Diễn biến cường độ phát thải CH₄ trung bình vụ mùa 3 năm: 2003, 2004 và 2005 có xu thế tăng dần từ giai đoạn cây-hồi xanh (4,56±4,61mg/m²/h), đứng cái-làm đòng cao nhất (51,51±53mg/m²/h) sau đó giảm dần ở các giai đoạn còn lại.

Bảng 3.22- Cường độ phát thải CH₄ trung bình vụ mùa 3 năm (2003, 2004 và 2005) theo giai đoạn sinh trưởng

Giai đoạn sinh trưởng	Số ngày sau cấy	Cường độ CH ₄ phát thải vụ mùa 2003		Cường độ CH ₄ phát thải vụ mùa 2004		Cường độ CH ₄ phát thải vụ mùa 2005		Cường độ CH ₄ phát thải trung bình vụ mùa	
		ĐC	CT2	ĐC	CT2	ĐC	CT2	ĐC	CT2
Cây - hồi xanh	4	7,12	5,49	3,06	4,81	3,66	3,37	4,61	4,56
	11	23,24	29,42	12,05	15,45	12,81	19,78	16,03	21,55
Đẻ nhánh	18	41,52	43,78	25,86	31,50	19,78	29,47	29,05	34,92
	25	43,22	39,96	50,26	54,56	45,50	51,29	46,33	48,60
Đứng cái -Làm đòng	32	54,66	57,36	53,32	49,01	51,02	48,17	53,00	51,51
	39	49,99	37,70	42,51	11,88	47,15	10,04	46,55	19,87
	46	28,85	9,29	35,20	16,85	35,64	19,50	33,23	15,21
Trở bông	53	19,31	23,73	20,94	13,67	21,78	14,05	20,68	17,15
	60	11,64	21,67	7,18	8,99	10,01	9,23	9,61	13,30
	67	5,42	5,44	5,03	7,59	6,53	7,09	5,66	6,71
Ngậm sữa-Chắc xanh	74	4,66	2,88	4,06	7,06	4,17	3,67	4,30	4,54
	81	1,30	1,52	6,48	5,98	5,68	3,94	4,49	3,81
	88	2,14	1,51	7,40	3,80	4,64	5,40	4,73	3,57
Chín vàng	95	2,17	2,54	1,68	2,06	3,23	3,36	2,36	2,65
	105	2,01	1,95					2,01	1,95

Bảng 3.23- Cường độ phát thải CH₄ trung bình vụ mùa 3 năm (2003, 2004 và 2005).

Công thức tưới	Cường độ CH ₄ phát thải trung bình vụ mùa (mg/m ² /h)			
	Năm 2003	Năm 2004	Năm 2005	TB các năm
ĐC	19,82	19,65	19,4	19,62
CT2	18,95	16,66	16,54	17,38



Hình 3.16- Mô phỏng cường độ phát thải CH₄ trung bình vụ mùa 3 năm: 2003, 2004 và 2005 theo giai đoạn sinh trưởng.

- Tương quan giữa cường độ CH₄ phát thải (Y) trung bình vụ mùa và giai đoạn sinh trưởng (x), từ cấy-hồi xanh đến trổ bông là chặt chẽ, được mô phỏng theo phương trình bậc 3 (hình 3.16): (R- Hệ số tương quan)

$$Y_{DC} = 0,2183x^3 - 5,5087x^2 + 36,938x - 30; R^2 = 0,905 \quad (3.9)$$

$$Y_{CT2} = 0,2494x^3 - 5,4103x^2 + 31,207x - 15; R^2 = 0,777 \quad (3.10)$$

- Cường độ phát thải CH₄ trung bình vụ mùa của 3 năm thí nghiệm theo CT2 là 17,38 mg/m²/ha giảm 11,4% so đối chứng (ĐC) ; lượng CH₄ phát thải cả vụ trung bình vụ mùa của 3 năm thí nghiệm là 414,97 kg/ha ở CT2 giảm 11,25% so ĐC.

Bảng 3.24: Lượng CH₄ phát thải trung bình vụ mùa 3 năm (2003, 2004 và 2005) theo ĐC, CT2

Trường hợp	Lượng CH ₄ phát thải trung bình vụ mùa (kg/ha)			
	Năm 2003	Năm 2004	Năm 2005	TB các năm
ĐC	494,6	457,2	451,00	467,60
CT2	459,6	401,5	383,82	414,97
Tỷ lệ giảm (%)	7,1	12,2	14,9	11,25

3.3.2. Ảnh hưởng của chế độ nước đến phát thải mêtan vụ xuân

Lượng CH₄ phát thải trung bình theo giai đoạn sinh trưởng của vụ xuân qua 2 năm thí nghiệm được trình bày ở bảng 3.29 đến 3.31; mô

phông cường độ phát thải CH₄ trung bình vụ mùa các năm ở hình 3.21, cho thấy:

- Diễn biến cường độ phát thải CH₄ trung bình vụ xuân 2 năm: 2004 và 2006 có xu thế tăng dần từ giai đoạn sinh trưởng cây-hồi xanh (3, 65ữ4,11mg/m²/h), cao nhất ở cuối giai đoạn đê nhánh (CT2) đến đứng cái-làm đòng (ĐC) (32,77 ữ 37,52 mg/m²/h) sau đó giảm dần ở các giai đoạn còn lại.

Bảng 3.29- Cường độ phát thải CH₄ vụ xuân theo 2 năm 2004 và 2006 theo giai đoạn sinh trưởng

Giai đoạn sinh trưởng	Số ngày sau cấy	CH ₄ vụ xuân 2004		CH ₄ vụ xuân 2006		CH ₄ TB vụ xuân	
		ĐC	CT2	ĐC	CT2	ĐC	CT2
Cây-hồi xanh	2	3,83	4,76	3,47	3,45	3,65	4,11
	9	4,79	6,10	4,34	4,26	4,57	5,18
Đê nhánh	16	5,54	5,83	6,84	6,05	6,19	5,94
	23	20,19	19,80	19,83	16,74	20,01	18,27
	30	29,91	35,83	29,62	29,72	29,77	32,77
Đứng cái-Làm đòng	37	36,01	20,86	39,03	32,17	37,52	26,52
	44	28,79	13,75	30,62	24,76	29,71	19,26
	51	24,60	14,07	25,31	15,71	24,95	14,89
Trở bông	58	18,22	22,28	22,22	13,71	20,22	17,99
	65	14,74	21,15	17,20	15,90	15,97	18,52
Ngâm sữa - Chắc xanh	72	11,11	13,17	13,41	20,74	12,26	16,95
	79	13,93	12,45	10,23	12,67	12,08	12,56
	86	8,60	9,99	8,21	7,66	8,41	8,83
Chín vàng	95	2,54	2,87	3,15	4,28	2,84	3,57
	98			2,82	3,14	2,82	3,14
	105			3,55	3,23	3,55	3,23

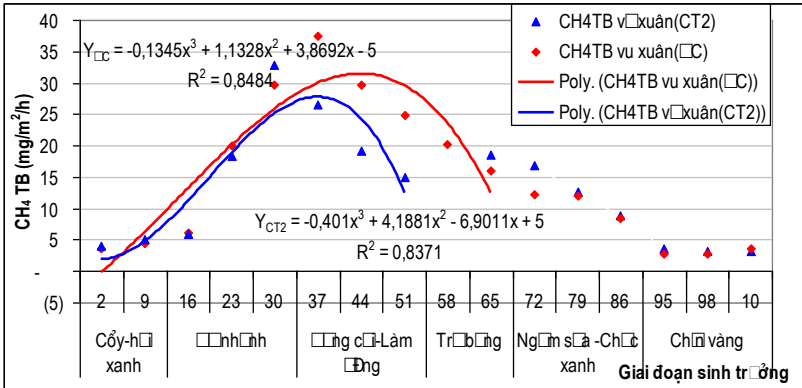
- Tương quan giữa cường độ CH₄ phát thải (Y) và giai đoạn sinh trưởng (x) từ cây-hồi xanh đến trở bông là chặt, được mô phỏng theo phương trình bậc 3 (hình 3.21): (R- Hệ số tương quan)

$$Y_{DC} = -0,1345x^3 + 1,1328x^2 + 3,8692x - 5; R^2 = 0,848 \quad (3.15)$$

$$Y_{CT2} = -0,401x^3 + 4,1881x^2 - 6,9011x + 5; R^2 = 0,837$$

(3.16)

- Cường độ phát thải CH₄ trung bình vụ xuân của 2 năm theo CT2 là 14,05mg/m²/ha giảm 9,06% so ĐC; lượng CH₄ phát thải cả vụ mùa trung bình của 2 năm thí nghiệm ở CT2 là 342,24 kg/ha giảm 8,97% so ĐC (bảng 3.30 và 3.31).



Hình 3.21- Mô phỏng cường độ phát thải CH₄ trung bình vụ xuân năm 2004, 2006 theo giai đoạn sinh trưởng

Bảng 3.30- Cường độ phát thải CH₄ trung bình vụ xuân qua 2 năm 2004 và 2006

Công thức tưới	Cường độ CH ₄ phát thải trung bình vụ xuân (mg/m ² /h)		
	Năm 2004	Năm 2006	TB các năm
ĐC	15,91	14,99	15,45
CT2	14,64	13,38	14,05
Giảm so ĐC	7,98%	10,74%	9,06%

Bảng 3.31: Lượng CH₄ phát thải cả vụ xuân qua 2 năm thí nghiệm 2004, 2006

Trường hợp	Lượng CH ₄ phát thải vụ xuân (kg/ha)		
	2004	2006	TB
ĐC	369,1	382,80	375,95
CT2	340,3	344,17	342,24

Giảm so ĐC	7,8%	10,09%	8,97%
-------------------	-------------	---------------	--------------

3.4. Quan hệ tương tác giữa cường độ phát thải mêtan và cường độ bốc thoát hơi nước mặt ruộng

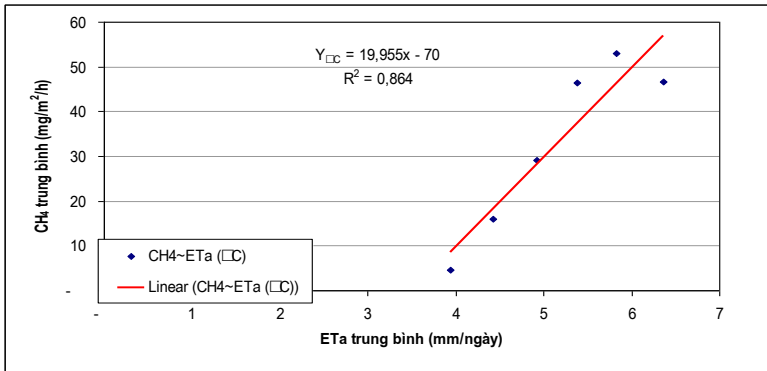
Các kết quả đo đạc vụ mùa cũng như vụ xuân, cường độ ETa và cường độ CH₄ phát thải cùng tăng dần (đồng biến) từ GDST cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đồng, nhưng mức độ tăng của cường độ CH₄ phát thải nhanh hơn cường độ ETa; khi giảm, cường độ CH₄ phát thải cũng giảm nhanh hơn cường độ ETa. Qua phân tích thấy rằng từ GDST cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đồng, cường độ ETa và cường độ CH₄ phát thải có tương quan chặt chẽ; sau GDST đứng cái-làm đồng tương quan không chặt. Phân tích tương quan giữa cường độ CH₄ phát thải và cường độ ETa giai đoạn sinh trưởng từ cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đồng được trình bày ở bảng 3.44, hình 3.35 đến hình 3.38 cho thấy:

Cường độ CH₄ phát thải và cường độ ETa trung bình thuộc các GDST cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đồng có tương quan chặt và rất chặt, được mô phỏng theo phương trình tuyến tính:

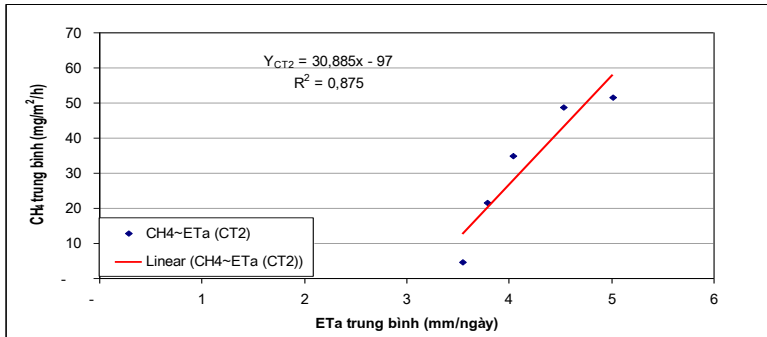
Bảng 3.44- Cường độ ETa và phát thải CH₄ trung bình vụ xuân và mùa qua các năm giai đoạn cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đồng

Giai đoạn sinh trưởng/Công thức thí nghiệm	Vụ mùa			
	ĐC		CT2	
	ETa (mm/ngày)	CH ₄ (mg/m ² /h)	ETa (mm/ngày)	CH ₄ (mg/m ² /h)
Cây-hồi xanh	3,94	4,61	3,54	4,56
	4,43	16,03	3,79	21,55
Đẻ nhánh	4,92	29,05	4,04	34,92
	5,38	46,33	4,53	48,60
Đứng cái-Làm đồng	5,83	53,00	5,02	51,51
	6,36	46,55		
Giai đoạn sinh trưởng/Công thức thí nghiệm	Vụ xuân			
	ĐC		CT2	
	ETa (mm/ngày)	CH ₄ (mg/m ² /h)	ETa (mm/ngày)	CH ₄ (mg/m ² /h)
Cây-hồi xanh	2,98	3,65	2,73	4,11
	3,68	4,57	3,38	5,18

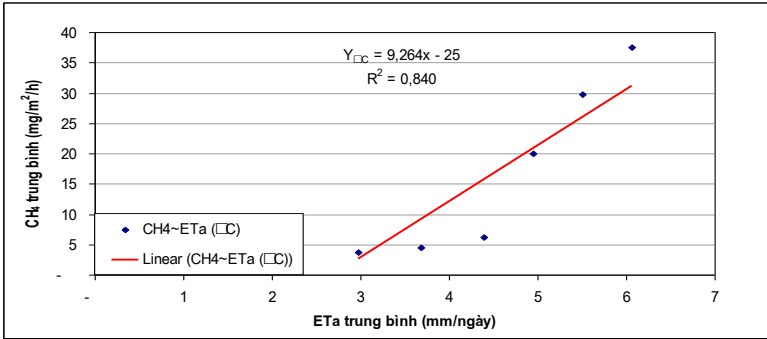
Đề nhánh	4,39	6,19	4,04	5,94
	4,95	20,01	4,42	18,27
Đứng cái-Làm đòng	5,51	29,77	4,80	32,77
	6,06	37,52	5,18	26,52



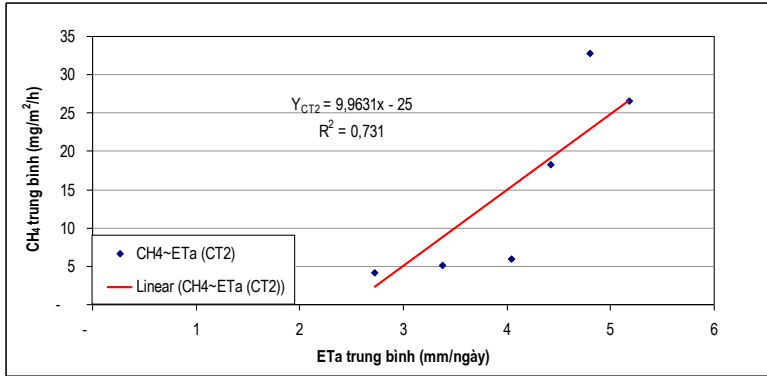
Hình 3.35- Mô phỏng quan hệ tương tác giữa cường độ phát thải CH₄ và ETa trung bình vụ mùa theo ĐC từ cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đòng



Hình 3.36- Mô phỏng quan hệ tương tác giữa cường độ phát thải CH₄ và ETa trung bình vụ mùa theo CT2 từ cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đòng



Hình 3.37- Mô phỏng quan hệ tương tác giữa cường độ phát thải CH₄ và ETa trung bình vụ xuân theo ĐC từ cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đồng



Hình 3.38- Mô phỏng quan hệ tương tác giữa cường độ phát thải CH₄ và ETa trung bình vụ xuân theo CT2 từ cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đồng

+ Vụ mùa:

$$Y_{DC} = 19,955 x - 70; R^2 = 0,864 \quad (3.17)$$

$$Y_{CT2} = 30,885 x - 97; R^2 = 0,875 \quad (3.18)$$

+ Vụ xuân:

$$Y_{DC} = 9,264 x - 25; R^2 = 0,840 \quad (3.19)$$

$$Y_{CT2} = 9,9631 x - 25; R^2 = 0,731 \quad (3.20)$$

Trong đó: Y- cường độ CH₄ phát thải; R- Hệ số tương quan
x- cường độ bốc-thoát hơi nước mặt ruộng (ETa)

Giai đoạn sinh trưởng từ cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đồng có cường độ CH₄ phát thải lớn, cũng trùng hợp với các GDST có cường

độ bốc-thoát hơi nước mặt ruộng lớn, nên mối tương quan giữa cường độ CH_4 phát thải và cường độ bốc-thoát hơi nước trong các GDST này rất có ý nghĩa: giảm cường độ bốc-thoát hơi nước sẽ giảm cường độ CH_4 phát thải.

3.5. Chế độ nước hợp lý để giảm thiểu lượng mêtan phát thải

Từ các kết quả nghiên cứu về tiêu chí để chọn chế độ nước hợp lý cho thấy, chế độ nước mặt ruộng theo công thức CT2 đáp ứng được các tiêu chí về: (i) Giảm lượng CH_4 phát thải trung bình 11,25% (vụ mùa) và 8,97% (vụ xuân); (ii) Tiết kiệm lượng nước trung bình 12,17% (vụ mùa) và 12,2% (vụ xuân); (iii) Năng suất lúa vụ mùa không giảm, vụ xuân có xu thế tăng (9%) so với đối chứng. Trên cơ sở đó chọn chế độ tưới theo CT2 là hợp lý. Tuy nhiên, đây chưa phải là chế độ nước tối ưu.

Về tiết kiệm nước, không giảm hoặc tăng năng suất lúa của chế độ nước theo công thức CT2 cũng phù hợp với các nghiên cứu trước đây ở trong nước, nhưng giảm thiểu lượng CH_4 phát thải theo công thức CT2 là kết quả nghiên cứu bổ sung của tác giả.

Kết luận chương 3

(i) Trên đất phù sa trung tính ít chua bón phân vô cơ kết hợp hữu cơ ủ kỹ, cây lúa, ngập nước ở đồng bằng sông Hồng, động thái Eh biến đổi lớn theo giai đoạn sinh trưởng của cây lúa, giảm dần từ giai đoạn cây-hồi xanh và đạt giá trị nhỏ nhất ở giai đoạn đứng cái làm đòng, rồi tăng dần ở các giai đoạn tiếp theo. Động thái pH ít biến đổi qua các giai đoạn sinh trưởng của cây lúa, dao động trong khoảng $\text{pH} \approx 7$. Giá trị Eh biến đổi từ $-176\text{mV} \div -287\text{mV}$ với $\text{pH} \approx 7$ là điều kiện để hình thành CH_4 trong đất. Cây lúa đóng vai trò chủ yếu để phát thải CH_4 thông qua bộ rễ vừa bài tiết chất hữu cơ trong quá trình phát triển, vừa hình thành như một hệ thống mao quản để vận chuyển CH_4 qua rễ, thân rồi phát thải qua lỗ khí ở cuống lá (mặt sau lá) và phiến lá vào khí quyển. Sự hình thành và phát thải CH_4 trên ruộng lúa là hai quá trình, chỉ khi Eh đạt đến ngưỡng ($-176\text{mV} \div -287\text{mV}$) mới có sự hình thành CH_4 trong đất và chỉ khi có cây lúa mới có

sự phát thải CH₄ đã được hình thành trong đất vào khí quyển, trên ruộng không cấy lúa, lượng CH₄ phát thải không đáng kể.

(ii) Theo công thức ‘nông lộ phơi’, diễn biến cường độ CH₄ phát thải tăng dần từ giai đoạn sinh trưởng cây-hồi xanh, đạt giá trị cao nhất ở đứng cái-làm đòng (51,51mg/m²/h, vụ mùa) và đẻ nhánh (32,77mg/m²/h, vụ xuân) sau đó giảm dần đến giai đoạn chín vàng. Tương quan giữa cường độ CH₄ phát thải và giai đoạn sinh trưởng từ cây-hồi xanh đến trổ bông là chặt chẽ, được mô phỏng theo phương trình bậc 3: (R- Hệ số tương quan)

- Vụ mùa: $Y = 0,2494x^3 - 5,4103x^2 + 31,207x - 15; R^2 = 0,777$

- Vụ xuân: $Y = -0,401x^3 + 4,1881x^2 - 6,9011x + 5; R^2 = 0,837$

(Y- cường độ CH₄ phát thải; x- giai đoạn sinh trưởng của cây lúa)

(iii) Điều kiện đồng bằng sông Hồng với đất phù sa trung tính ít chua, bón phân vô cơ+hữu cơ, cấy lúa, ngập nước, pH≈7, Eh= -176÷ -287mV, theo công thức CT2, cường độ CH₄ phát thải vụ mùa từ 16,54÷18,95 mg/m²/h, trung bình 17,38 mg/m²/h, vụ xuân từ 13,38÷14,64 mg/m²/h, trung bình 14,05 mg/m²/h. Lượng CH₄ phát thải toàn vụ mùa từ 383,82÷459,6 kg/ha, trung bình 414,97 kg/ha, toàn vụ xuân từ 340,30÷342,24 kg/ha, trung bình 342,24 kg/ha.

(iv) Cường độ CH₄ phát thải tăng mạnh từ giai đoạn sinh trưởng cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đòng cũng trùng với cường độ bốc-thoát hơi nước mặt ruộng (ETa) tăng mạnh ở các giai đoạn sinh trưởng đó. Tương quan giữa cường độ CH₄ phát thải và cường độ bốc-thoát hơi nước mặt ruộng (ETa) ở các giai đoạn sinh trưởng từ cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đòng là chặt chẽ, được mô phỏng theo phương trình tuyến tính (theo công thức CT2): (R- Hệ số tương quan)

+ Vụ mùa: $Y = 30,885 x - 97; R^2 = 0,875$

+ Vụ xuân: $Y = 9,9631 x - 25; R^2 = 0,731$

Y- cường độ CH₄ phát thải; x- cường độ bốc-thoát hơi nước mặt ruộng

(v) Ở đồng bằng sông Hồng, chế độ nước mặt ruộng hợp lý để giảm thiểu mêtan phát thải trên ruộng lúa là chế độ nước theo công thức tưới ‘nông-lộ-phơi’ vì đáp ứng được 3 tiêu chí: (i) Giảm thiểu lượng CH₄ phát thải, trung bình vụ mùa 11,25%, vụ xuân 8,97%. (ii) Tiết kiệm

nước, trung bình vụ mùa 12,17%, vụ xuân 12,2%. (iii) Năng suất lúa, vụ mùa không giảm, vụ xuân tăng trung bình 9,0% so với đối chứng.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Đất phù sa trung tính ít chua bón phân vô cơ kết hợp hữu cơ ủ kỹ, cấy lúa, ngập nước ở đồng bằng sông Hồng, động thái Eh biến đổi lớn theo giai đoạn sinh trưởng của cây lúa, giảm dần từ giai đoạn cây-hồi xanh và đạt giá trị nhỏ nhất ở giai đoạn đứng cái làm đòng, rồi tăng dần ở các giai đoạn tiếp theo. Động thái pH ít biến đổi qua các giai đoạn sinh trưởng của cây lúa, dao động trong khoảng $pH \approx 7$. Giá trị Eh biến đổi từ $-176mV \div -287mV$ với $pH \approx 7$ là điều kiện để hình thành CH_4 trong đất. Cây lúa đóng vai trò chủ yếu để phát thải CH_4 thông qua bộ rễ vừa bài tiết chất hữu cơ trong quá trình phát triển, vừa hình thành như một hệ thống mao quản để vận chuyển CH_4 qua rễ, thân rồi phát thải qua lỗ khí ở cuống lá (mặt sau lá) và phiến lá vào khí quyển. Sự hình thành và phát thải CH_4 trên ruộng lúa là hai quá trình, chỉ khi Eh đạt đến ngưỡng ($-176mV \div -287mV$) mới có sự hình thành CH_4 trong đất và chỉ khi có cây lúa mới có sự phát thải CH_4 đã được hình thành trong đất vào khí quyển, trên ruộng không cấy lúa, lượng CH_4 phát thải không đáng kể.

2. Theo công thức tưới “nông-lộ-phơi” (CT2), diễn biến cường độ CH_4 phát thải tăng dần từ giai đoạn sinh trưởng cây-hồi xanh, đạt giá trị cao nhất ở đứng cái-làm đòng ($51,51mg/m^2/h$, vụ mùa) và đẻ nhánh ($32,77mg/m^2/h$, vụ xuân) sau đó giảm dần đến giai đoạn chín vàng. Tương quan giữa cường độ CH_4 phát thải và giai đoạn sinh trưởng từ cây-hồi xanh đến trở bông là chặt chẽ, được mô phỏng theo phương trình bậc 3: (R- Hệ số tương quan)

$$\text{- Vụ mùa: } Y = 0,2494x^3 - 5,4103x^2 + 31,207x - 15; \quad R^2 = 0,777$$

$$\text{- Vụ xuân: } Y = -0,401x^3 + 4,1881x^2 - 6,9011x + 5; \quad R^2 = 0,837$$

Y- cường độ CH_4 phát thải; x- giai đoạn sinh trưởng của cây lúa

3. Điều kiện đồng bằng sông Hồng với đất phù sa trung tính ít chua, bón phân vô cơ+hữu cơ, cấy lúa, ngập nước, $pH \approx 7$, $Eh = -176 \div -287mV$, theo công thức CT2, cường độ CH_4 phát thải vụ mùa từ $16,54 \div 18,95 mg/m^2/h$, trung bình $17,38 mg/m^2/h$, vụ xuân từ $13,38 \div 14,64 mg/m^2/h$, trung bình $14,05 mg/m^2/h$. Lượng CH_4 phát

thải toàn vụ mùa từ 383,82÷459,6 kg/ha, trung bình 414,97 kg/ha, toàn vụ xuân từ 340,30÷342,24 kg/ha, trung bình 342,24 kg/ha.

4. Cường độ CH₄ phát thải tăng mạnh từ giai đoạn sinh trưởng cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đòng cũng trùng với cường độ bốc-thoát hơi nước mặt ruộng (ETa) tăng mạnh ở các giai đoạn sinh trưởng đó. Tương quan giữa cường độ CH₄ phát thải và cường độ bốc-thoát hơi nước mặt ruộng (ETa) ở các giai đoạn sinh trưởng từ cây-hồi xanh đến đứng cái-làm đòng là chặt chẽ, được mô phỏng theo phương trình tuyến tính (theo công thức “nông-lộ-phoi”): (R- Hệ số tương quan)

$$+ \text{Vụ mùa: } Y = 30,885 x - 97; R^2 = 0,875$$

$$+ \text{Vụ xuân: } Y = 9,9631 x - 25; R^2 = 0,731$$

Y- cường độ CH₄ phát thải; x-cường độ bốc-thoát hơi nước mặt ruộng

Sự tương quan này rất có ý nghĩa thực tiễn vì khi có giải pháp giảm được lượng bốc thoát hơi nước mặt ruộng, sẽ giảm được cường độ CH₄ phát thải trên ruộng lúa.

5. ở đồng bằng sông Hồng, chế độ nước mặt ruộng hợp lý để giảm thiểu mêtan phát thải trên ruộng lúa là chế độ nước theo công thức tưới “nông-lộ-phoi” vì đáp ứng được 3 tiêu chí: (i) Giảm thiểu lượng CH₄ phát thải, trung bình vụ mùa 11,25%, vụ xuân 8,97%. (ii) Tiết kiệm nước, trung bình vụ mùa 12,17%, vụ xuân 12,2%. (iii) Năng suất lúa, vụ mùa không giảm, vụ xuân tăng trung bình 9,0% so với đối chứng.

Việc nghiên cứu về cơ chế hình thành - phát thải mêtan và từ đó đề xuất được giải pháp giảm thiểu phát thải mêtan trên ruộng lúa trong điều kiện cụ thể ở Việt Nam là rất cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao. Nội dung và kết quả nghiên cứu của luận án là vấn đề thời sự, quan tâm của Việt Nam cũng như Thế giới để ứng phó với biến đổi khí hậu toàn cầu.

KIẾN NGHỊ

1. Kết quả nghiên cứu có thể tham khảo để xây dựng quy trình tưới lúa; làm tài liệu đào tạo và tuyên truyền cho nông dân nhận thức rõ, áp dụng phương pháp tưới nông lộ phoi có tác dụng giảm thiểu phát thải mêtan, tiết kiệm nước và không giảm năng suất lúa; cung cấp tài liệu xây dựng

Dự án về cơ chế phát triển sạch cho vùng canh tác lúa nước ở đồng bằng sông Hồng của Việt Nam.

2. Do điều kiện hạn chế về thời gian và kinh phí, kết quả của luận án mới chỉ giới hạn cho một loại đất, một chế độ phân bón và một số chế độ nước cho một vùng cụ thể, nên cần được tiếp tục nghiên cứu thí nghiệm trên các loại đất, chế độ bón phân, chế độ nước ở các vùng sinh thái khác nhau để xây dựng hướng dẫn kỹ thuật tưới lúa cho mỗi vùng nhằm giảm thiểu phát thải mêtan, tiết kiệm nước và không làm giảm năng suất.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

1. Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Văn Tinh (2004), “Các giải pháp giảm thiểu phát thải khí mêtan trong nông nghiệp”, *Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 4(40), tr.582-583.
2. Nguyễn Văn Tinh, Nguyễn Mộng Cường, Nguyễn Việt Anh (2004), “Kết quả nghiên cứu bước đầu về phát thải khí mêtan trên ruộng lúa khu vực TP Hồ Chí Minh”, *Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 3(39), tr.376-378.
3. Đinh Vũ Thanh, Nguyễn Việt Anh (2007), “Một số kết quả nghiên cứu về tưới khoa học cho lúa tại khu thực nghiệm khí tượng nông nghiệp Hoài Đức-Hà Tây”, *Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 15(113), tr.61-64.
4. Nguyen Van Tinh, Nguyen Quang Trung, Nguyen Viet Anh, (2007), “Influence of on Farm Water Management to the Methane Emission in the Red River Delta Area-VietNam”, *INWEPF and ICID WG-SDTA Joint Workshop Sustainable Paddy Farming in Asian Monsoon Region*, Rual Research Institute of KRC,Ansan,Korea, pp.143-150.