



Original Article

Current Situation and Solutions for Methane (CH₄) Emission in Paddy Rice Cultivation in Vietnam

Dong Phu Hao¹, Nguyen Thanh Binh^{1,*}, Le Hoang Anh²

¹University of Ho Chi Minh City, 12 Nguyen Van Bao, Ward 4, Go Vap, Ho Chi Minh City, Vietnam

²University of Natural Sciences, Vietnam National University, Ho Chi Minh City,
27 Nguyen Van Cu, Ward 4, District 5, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 04 November 2022

Revised 03 February 2023; Accepted 10 March 2023

Abstract: Paddy rice production emits a significant amount of greenhouse gas, particularly methane (CH₄). The purpose of this review is to assess the current status of CH₄ emissions from paddy rice cultivation in Vietnam and propose solutions for reducing CH₄ emissions. CH₄ emissions from paddy rice cultivation account for 49.7 million tons of CO₂eq (CO₂ equivalent) per year in Vietnam. Soil texture, watering regime, and paddy cultivation technique are important in influencing CH₄ emissions. Applications of advanced farming techniques such as the System of Rice Intensification (SRI), Alternate Wetting and Drying (AWD), and the use of biochar are among the recommended solutions. In summary, paddy rice production is the main source of CH₄ emissions, which causes devastating effects on the global climate. Therefore, solutions that may both reduce GHG emissions and increase economic efficiency should be put into practice.

Keyword: Greenhouse gas, methane, paddy rice cultivation, agriculture.

* Corresponding author.

E-mail address: nguyenbinh@iuh.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4909>

Phát thải khí metan (CH₄) trong sản xuất lúa nước tại Việt Nam: hiện trạng và giải pháp

Đông Phú Hào¹, Nguyễn Thanh Bình^{1,*}, Lê Hoàng Anh²

¹Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh,

12 Nguyễn Văn Bảo, Phường 4, Gò Vấp, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh,

27 Nguyễn Văn Cừ, Phường 4, Quận 5, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận ngày 04 tháng 11 năm 2022

Chỉnh sửa ngày 03 tháng 02 năm 2023; Chấp nhận đăng ngày 10 tháng 3 năm 2023

Tóm tắt: Sản xuất lúa nước phát thải một lượng lớn khí nhà kính (KNK), đặc biệt là khí metan (CH₄). Bài tổng quan này có mục tiêu đánh giá hiện trạng phát thải khí CH₄ trong canh tác lúa nước ở Việt Nam và đề xuất các giải pháp hạn chế quá trình phát thải CH₄. Các kết quả nghiên cứu cho thấy khí CH₄ phát thải trong canh tác lúa nước hằng năm ở nước ta khoảng 49,7 triệu tấn CO₂tđ (CO₂ tương đương). Yếu tố ảnh hưởng đến phát thải CH₄ trong canh tác lúa liên quan đến thành phần cơ giới của đất, chế độ tưới nước, kỹ thuật canh tác. Các nhóm giải pháp hạn chế phát thải khí CH₄ bao gồm ứng dụng kỹ thuật canh tác tiên tiến như hệ thống canh tác lúa cải tiến (*System of Rice Intensification - SRI*), kỹ thuật tưới ngập khô xen kẽ (*Alternate Wetting and Drying - AWD*) và sử dụng than sinh học (TSH). Tóm lại, sản xuất lúa nước phát thải CH₄ rất lớn, do đó cần hiện thực hóa các giải pháp, vừa giúp giảm phát thải KNK vừa mang lại hiệu quả kinh tế.

Từ khóa: KNK, metan, canh tác lúa nước, nông nghiệp.

1. Mở đầu

Phát thải KNK

Phát thải KNK là một trong những nguyên nhân gây biến đổi khí hậu (BĐKH) đang tác động mạnh mẽ đến hầu hết các quốc gia trên thế giới ở nhiều lĩnh vực khác nhau. Gần đây, Hội nghị lần thứ 26 Các bên tham gia Công ước khung của Liên Hợp Quốc về BĐKH (COP26) 2021 ở Glasgow, Scotland, Vương quốc Anh đã khẳng định đưa phát thải ròng toàn cầu về 0 vào giữa thế kỷ này nhằm hiện thực hóa thỏa thuận Paris đã ký trước đây với mục tiêu giữ cho nhiệt độ trung bình toàn cầu vào cuối thế kỷ tăng dưới

2 °C so với thời kỳ tiền công nghiệp. Gần 100 quốc gia cũng cam kết đến năm 2030 sẽ cắt giảm 30% lượng phát thải khí CH₄, được xem là một trong những cách tốt nhất để giảm hiệu ứng nhà kính [1]. Theo “Chiến lược quốc gia về BĐKH giai đoạn đến năm 2050” vừa được phê duyệt theo Quyết định số 896/QĐ-TTg ngày 26/7/2022, Việt Nam đặt mục tiêu phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050. Cụ thể, tổng phát thải cacbon trong các lĩnh vực phát thải chủ yếu là năng lượng, nông nghiệp, chất thải, các quá trình công nghiệp chỉ còn khoảng 185 triệu tấn CO₂tđ (lượng CO₂ tương đương)-cân bằng với lượng hấp thụ cacbon đạt được từ lĩnh vực lâm nghiệp, sử

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: nguyenthanhbinh@iuh.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4909>

dụng đất [2]. Để thực hiện lộ trình này, Việt Nam cần phải tham gia sâu và thực chất vào nỗ lực chung của toàn cầu, phải chuyển đổi mạnh mẽ sang phát triển phát thải ở mức thấp các KNK.

Theo cáo tổng hợp 2014 của Ủy ban liên chính phủ về BĐKH (IPCC), các KNK bao gồm cacbon đioxit (CO_2), nitơ oxit (N_2O), metan (CH_4), hidro-florua-cacbon (HFCs), perfloro-cacbon (PFCs), sulfur hexaflorit (SF_6) [3]. Dựa theo nguồn gốc phát sinh các KNK từ hoạt động của con người được chia thành 4 nhóm như sau: i) Phát thải từ năng lượng, là nguồn phát thải KNK lớn nhất hiện nay chiếm 65% tổng lượng phát thải. Phát thải trong lĩnh vực năng lượng chủ yếu từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch, tiêu biểu là từ các nhà máy điện và nhà máy lọc dầu [4];

ii) Phát thải từ các quá trình công nghiệp và sử dụng sản phẩm (IPPU) là lượng KNK phát sinh trong các quy trình xử lý công nghiệp; iii) Phát thải từ nông nghiệp, lâm nghiệp và sử dụng đất với các loại KNK chủ yếu là CH_4 và N_2O từ chăn nuôi, trồng lúa nước, đất canh tác nông nghiệp, hoạt động đốt trong sản xuất nông nghiệp. Lĩnh vực nông nghiệp, lâm nghiệp và sử dụng đất đóng góp khoảng 30% lượng phát thải KNK toàn cầu, chủ yếu là do CO_2 phát thải từ những thay đổi trong sử dụng đất và CH_4 , N_2O từ trồng trọt và chăn nuôi gia súc; và iv) Phát thải từ chất thải bao gồm các nguồn phát sinh KNK chính trong lĩnh vực chất thải từ bãi chôn lấp chất thải rắn, xử lý sinh học chất thải rắn, thiêu hủy và đốt theo phương thức đốt mở chất thải.

Bảng 1. Kiểm kê KNK và kịch bản phát thải thông thường của Việt Nam đến 2030

(Đơn vị: triệu tấn $\text{CO}_2\text{tđ}$)

Lĩnh vực	2014	2020	2025	2030
Năng lượng	171,6	347,5	500,7	678,4
Nông nghiệp	89,8	104,5	109,2	112,1
Lâm nghiệp và sử dụng đất	-37,5	-35,4	-37,9	-49,2
Chất thải	21,5	31,3	38,1	46,3
Các quá trình công nghiệp	38,6	80,5	116,1	140,3
Tổng	284,0	528,4	726,2	927,9

Nguồn: Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2020.

Theo Bộ Tài nguyên và Môi trường, tổng lượng phát thải KNK của nước ta theo kiểm kê KNK năm 2014 là 284,0 triệu tấn $\text{CO}_2\text{tđ}$ và tăng gấp 3,26 lần (927,9 triệu tấn $\text{CO}_2\text{tđ}$) so với kịch bản phát thải thông thường (BAU) vào năm 2030, trong đó lĩnh vực nông nghiệp có mức phát thải đứng thứ 3 (Bảng 1).

Phát thải KNK trong nông nghiệp

Nông nghiệp là ngành kinh tế quan trọng của quốc gia, cơ cấu nông nghiệp ở Việt Nam bao gồm ngành trồng trọt, chăn nuôi, lâm nghiệp và thủy sản. Trong đó, trồng trọt đóng một vai trò quan trọng trong an ninh lương thực quốc gia, tạo sinh kế cho người dân và đóng góp vào kim ngạch xuất khẩu. Tuy nhiên, các hoạt động sản xuất nông nghiệp nói chung và trồng trọt nói riêng cũng ảnh hưởng đến môi trường toàn cầu

thông qua tác động của BĐKH. Nhiều nghiên cứu đã khẳng định rằng nông nghiệp chính là một trong những nguồn phát thải KNK chính.

Tổng lượng phát thải KNK năm 2016 tại Việt Nam là 316,7 triệu tấn $\text{CO}_2\text{tđ}$ trong đó lĩnh vực nông lâm nghiệp là 98,7 triệu tấn $\text{CO}_2\text{tđ}$, chiếm khoảng 30% tổng lượng phát thải KNK cả nước [4]. Tuy nhiên, ngành nông nghiệp cũng đã đóng góp đáng kể trong việc hấp thụ trở lại khoảng 54,6 triệu tấn $\text{CO}_2\text{tđ}$ thông qua các hoạt động phát triển bảo vệ rừng và quản lý sử dụng đất. Đây là những nỗ lực đáng ghi nhận của ngành nông nghiệp đóng góp vào thực hiện cam kết giảm phát thải KNK của Việt Nam đối với thế giới. Trong nông nghiệp, lượng phát thải KNK từ canh tác lúa nước đóng góp nhiều nhất khoảng 49,7 triệu tấn $\text{CO}_2\text{tđ}$, chiếm 50% tổng

lượng phát thải trong nông nghiệp. Các loại KNK trong nông nghiệp lớn nhất là CH₄ phát thải 66,5 triệu tấn CO₂tđ (chiếm 67,4%) và

kế tiếp là phát thải N₂O từ đất canh tác nông nghiệp với lượng phát thải khoảng 15,0 triệu tấn (chiếm 15,2%).

Bảng 2. Kết quả kiểm kê KNK của Việt Nam trong nông nghiệp (nghìn tấn CO₂tđ)

Nguồn phát thải	CH ₄	N ₂ O
1. Năng lượng	22.345,35	1.195,63
2. Các quá trình công nghiệp và sử dụng sản phẩm	-	24,12
3. Nông, lâm nghiệp và sử dụng đất, trong đó:	66.544,64	15.014,44
Chăn nuôi	15.553,10	2.960,27
Tiêu hóa thức ăn	12.421,74	-
Quản lý chất thải vật nuôi	3.131,36	2.960,27
Đốt sinh khối	1.298,52	325,61
Phát thải trực tiếp của đất		7.754,11
Phát thải gián tiếp từ đất		3.752,55
Gián tiếp của quản lý chất thải vật nuôi		221,90
Canh tác lúa	49.693,02	
4. Chất thải	17.948,30	1.988,07
Tổng phát thải ròng	106.838,29	18.222,26

Nguồn: Tổng hợp từ Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2020.

Như vậy, sản xuất nông nghiệp đóng góp vào việc phát thải KNK theo nhiều nguồn khác nhau, trong đó canh tác lúa là nguồn phát thải lớn nhất (Bảng 2). Sản xuất nông nghiệp là ngành kinh tế quan trọng ở Việt Nam và việc canh tác ngập nước thường xuyên trên ruộng là điều kiện quan trọng gây phát thải CH₄. Theo giá trị quy đổi tiềm năng ấm lên toàn cầu (Global Warming potentials - GWP), 1 tấn khí CH₄ gây hiệu ứng KNK tương đương với 28 tấn CO₂ [4].

Cơ chế phát thải CH₄ trong môi trường trồng lúa nước

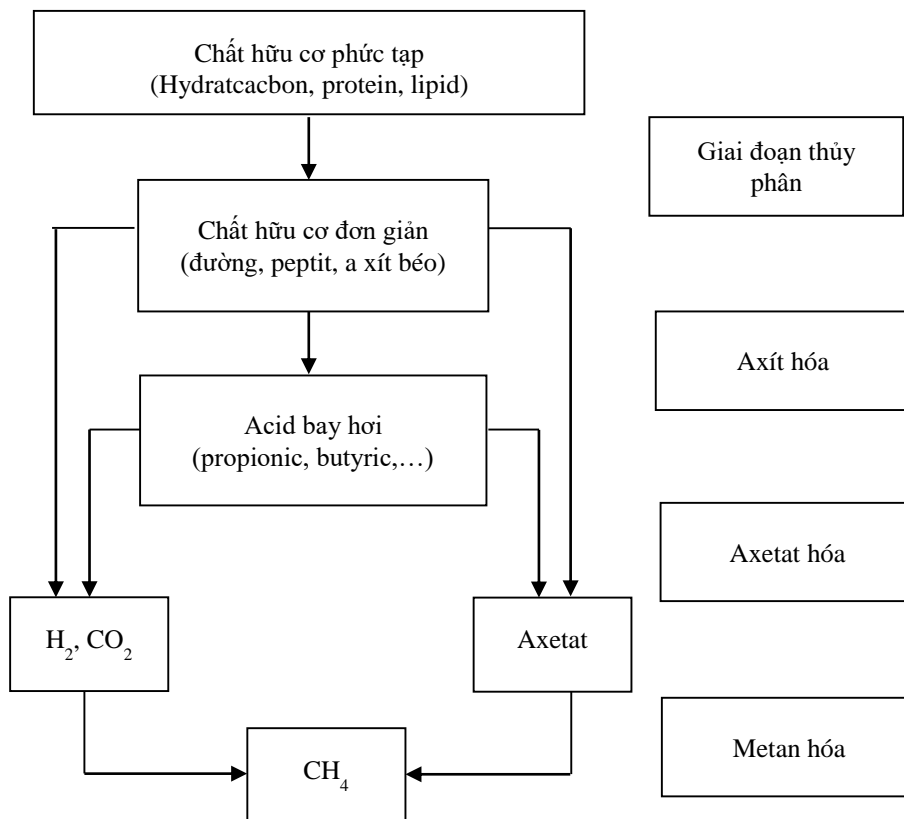
Đất ngập nước tạo ra một môi trường đồng đều cho cây lúa sinh trưởng và hút chất dinh dưỡng. Trong môi trường đất ngập nước, rễ lúa thường thiếu O₂ và quá trình khử O₂ xảy ra hàng loạt, việc trao đổi khí giữa đất và không khí bị cản trở. Chỉ vài giờ sau khi ngập nước, các vi sinh vật (VSV) đã sử dụng hết O₂ có trong nước hoặc rút ra từ đất. Nồng độ khí CO₂, CH₄, H₂ và acid hữu cơ tăng lên rõ rệt do hoạt động của các VSV yếm khí. Hoạt động của VSV đóng vai trò quan trọng trong quá trình hình thành và giải phóng khí CH₄. Các VSV duy trì sự sống bằng

cách phá vỡ liên kết cacbon của các hợp chất hữu cơ hòa tan. Sau khi hoàn thành quá trình này, các electron được chuyển từ cacbon hữu cơ hòa tan sang các electron nhận. Trong số các chất oxy hóa thường có trong đất, O₂ có năng lượng tự do Gibbs thấp nhất nên được xem là máy thu nhận electron đầu tiên. Quá trình chuyển electron, O₂ ion hóa sẽ được kết hợp với C tách ra để hình thành CO₂ trong tế bào VSV. Trong điều kiện yếm khí một vài ngày, các chất oxy hóa chủ yếu, như O₂, nitrat, mangan (Mn⁴⁺), sắt (Fe³⁺) và sulfat sẽ bị cạn kiệt bởi các chất phân hủy, chất khử nitơ, vi khuẩn mangan, vi khuẩn sắt và vi khuẩn lưu huỳnh. Trong trường hợp này, nhóm VSV methanogen sẽ được kích hoạt để sử dụng hydro như là một chất chấp nhận electron sẽ sản sinh ra CH₄ [5]. Con đường chính tạo ra CH₄ trong đất ngập nước gồm phản ứng CO₂ với H₂ (xuất phát từ hợp chất hữu cơ) CO₂ + 4H₂ → CH₄ + 2H₂O và phản ứng để cacbon (chuyển vị) của axit acetic CH₃COOH → CH₄ + CO₂ [6].

Methanogens là nhóm VSV sống trong môi trường yếm khí trong đất, nước hoặc trong ruột của động vật. Methanogens chủ yếu sử dụng

axetat (đóng góp khoảng 80% vào sản xuất CH_4) như một chất nền carbon và một chất nền khác như H_2/CO_2 cũng đóng góp 10-30% vào sản xuất CH_4 [7]. Axetat và hydro được tạo thành bằng cách lên men từ các chất hữu cơ bị thủy phân. Tuy nhiên, ngập úng ruộng lúa cắt đứt nguồn cung cấp oxy từ khí quyển vào đất, dẫn đến quá trình lên men kỵ khí các chất hữu cơ trong đất, tạo ra CH_4 . Sự phân hủy kỵ khí chất hữu cơ thành CH_4 gồm bốn bước chính và có liên quan đến

năm nhóm VSV khác biệt sinh lý [8]: i) Thủy phân polyme bằng các vi khuẩn lên men thủy phân; ii) Tạo axit từ hợp chất hữu cơ đơn giản bằng vi khuẩn lên men; iii) Tạo axetat từ các chất chuyển hoá lên men bằng vi khuẩn kỵ khí tùy tiện hoặc các sinh vật kỵ khí bắt buộc (nonmethanogenic); và iv) Hình thành CH_4 từ H_2/CO_2 , axetat, các hợp chất methyl hóa đơn giản hoặc các rượu.



Hình 1. Các giai đoạn phân hủy kỵ khí chất hữu cơ.

Trong ruộng lúa bị ngập nước, CH_4 là sản phẩm cuối cùng của quá trình phân hủy các vật chất hữu cơ bởi VSV trong điều kiện yếm khí. Một phần khí CH_4 tạo ra sẽ bị oxy hóa bởi các VSV methanotrophs trong lớp đất mặt xung quanh rễ cây, phần còn lại phát thải vào khí quyển chủ yếu bằng con đường khuếch tán qua hệ thống mạch thông khí. Sự phát thải CH_4 phụ thuộc vào tính chất lý hoá và sinh học đất, kỹ

thuật canh tác cũng như đặc điểm thời tiết khí hậu. CH_4 phát sinh trong đất ở vùng rễ lúa, được vận chuyển thông qua hệ mô khí của lá và thân cây lúa. Khí đi từ đất vào các lỗ hút của rễ, qua thân, bẹ lá, lá và thoát ra khí quyển. Lượng khí CH_4 phát tán thông qua hệ mô khí của thân cây lúa chiếm 90% tổng lượng phát thải CH_4 của đất lúa ngập nước [9].

Bảng 3. Phát thải CH₄ từ canh lúa trong một số nghiên cứu tại Việt Nam

TT	Tác giả	Loại hình canh tác	Tính chất	Phát thải CH ₄	Tổng phát thải quy đổi* (tấn CH ₄ /ha/năm)	Tài liệu tham khảo
1	Phạm Quang Hà và cộng sự	Nhà lưới, ngập nước liên tục trong chậu thí nghiệm trên 2 loại đất ĐB sông Hồng	Có bón phân:			[18]
			Đất phù sa	15733 (mg/m ² /vụ)	2435	
			Đất bạc màu	18050 (mg/m ² /vụ)	2793	
			Không bón phân			
			Đất phù sa	20032 (mg/m ² /vụ)	3100	
2	Chu Sỹ Huân và cộng sự	Trên ruộng ngập nước với 4 loại đất tại Thái Bình	Đất mặn 2 vụ lúa	542,6 (kg/ha/năm)	4198	[19]
			Đất phù sa 2 vụ lúa	593,7 (kg/ha/năm)	4594	
			Phù sa 2 lúa 1 màu	666,1 (kg/ha/năm)	5154	
			Đất phèn	740,8 (kg/ha/năm)	5732	
3	Huỳnh Quang Tín và cộng sự	Thực nghiệm trên ruộng lúa tại Tiền Giang	Ngập khô xen kẽ	64,29 kg/ha/vụ	995	[20]
			1 Phái 5 Giảm	292,01 kg/ha/vụ	4519	
			Tưới truyền thống	348,44 kg/ha/vụ	5392	
4	Nguyễn Văn Bộ và cộng sự	Canh tác 2 vụ thu tại 4 điểm thí nghiệm với hình thức bón phân khác nhau	Đạm urê màu trắng			[21]
			Vụ Mùa	443-506 kg/ha/vụ	6885-7830	
			Vụ Xuân	231,2-486,5 kg/ha/vụ	3578 -7528	
			Đạm vàng urea 46A ⁺			
			Vụ Mùa	437 -573 kg/ha/vụ	6762-8867	
5	Nguyễn Kim Thu và cộng sự	Canh tác trên ruộng với 3 mô hình dùng rom rạ tại Cần Thơ	Cày vùi rom rạ	190 kg/ha/vụ	2940	[22]
			Phun nấm Trichoderma lên rom và cày vùi	180 kg/ha/vụ	2785	
			Đốt rom rạ	155 kg/ha/vụ	2399	
6	Trần Sỹ Nam và cộng sự	Phòng thí nghiệm tại Cần Thơ kết hợp TSH	Than trâu	747±17 mg/kg	1555	[23]
			Không than trâu	932±17 mg/kg	1442	
7	Trần Thị Kim Loan và cộng sự	Canh tác lúa trên ruộng ở 2 chế độ nước khác nhau tại Huế	Ngập thường xuyên			[24]
			Vụ Hè Thu	360,6 kg/ha	5580	
			Vụ Đông Xuân	345,9 kg/ha	5353	
			Tưới ướt khô xen kẽ			
			Vụ Hè Thu	197,5 kg/ha	3056	
Vụ Đông Xuân	192,6 kg/ha	2980				
Lượng phát thải trung bình					4856	

2. Hiện trạng phát thải khí nhà kính metan từ lúa ngập nước trên thế giới và ở Việt Nam

Trên thế giới

Canh tác lúa nước góp phần vào quá trình BĐKH thông qua phát thải CH₄. Trong nông

ngiệp, canh tác lúa ngập nước là một trong những nguồn thải CH₄ lớn nhất [10]. Phát thải CH₄ từ ruộng lúa chiếm khoảng 10% khí thải CH₄ toàn cầu [11] và tập trung ở các vùng đất trồng lúa có tưới. Đất trồng lúa được tưới tiêu chiếm 60% tổng diện tích lúa trên toàn thế giới,

nhưng tạo ra 78% CH₄ phát thải [12]. Lúa là cây trồng quan trọng trên thế giới và nó được trồng trên hơn 167,25 triệu ha đất trên toàn cầu [13]. Những nơi có diện tích canh tác lúa nước lớn trên thế giới tập trung tại các vùng nhiệt đới, cận nhiệt đới và một phần của vùng ôn đới như các khu vực Trung và Mỹ Latinh, Châu Phi và Đông Nam Á. Đông Nam Á đóng góp 90% lượng phát thải CH₄ từ canh tác lúa toàn cầu và Châu Phi, Nam Mỹ phát thải tương ứng 3,5% và 4,7% [14]. Ở Châu Á, Trung Quốc, Ấn Độ, Indonesia, Bangladesh, Việt Nam, Myanmar và Thái Lan là những quốc gia sản xuất lúa chiếm ưu thế lớn. Theo dự báo tăng trưởng kinh tế sẽ trở nên sôi động hơn trong tương lai chủ yếu ở Châu Á. Trong dân số Châu Á khoảng 4200 triệu người thì có khoảng 2700 triệu (60%) sống nhờ vào cây lúa. Vì dân số châu Á dự kiến sẽ tiếp tục tăng, nên tổng diện tích trồng lúa ở châu Á cũng sẽ tăng lên [14]. Nhu cầu tiêu thụ cao sẽ trồng nhiều lúa hơn đồng nghĩa với phát thải CH₄ thêm vào bầu không khí. Theo tính toán, để sản xuất 1 kg hạt gạo, ruộng lúa đóng góp vào khoảng 100 g CH₄ vào bầu khí quyển. Hệ số phát thải cơ sở CH₄ mặc định là 1,3 kg CH₄/ha/ngày trong canh tác lúa bị ngập úng liên tục [15].

Ở Việt Nam

Theo số liệu của Tổng cục Thống kê, tổng diện tích lúa của Việt Nam trên 7277,8 nghìn ha với tổng sản lượng lúa hàng năm trên 42,69 triệu tấn [16]. Với tổng diện tích đất lúa như vậy, việc phát thải KNK từ canh tác lúa và phát thải từ các hoạt động của ngành nông nghiệp Việt Nam khoảng 43% tổng lượng khí hiệu ứng nhà kính quốc gia, tương đương 65 đến 150 triệu tấn/năm. Khí CH₄ phát thải từ các hệ thống lúa nước ở Việt Nam chiếm 57,5% [17] của tổng lượng phát thải KNK của toàn nền sản xuất nông nghiệp quốc gia.

Các giá trị trong cột này được chúng tôi tính lại dựa vào kết quả của nghiên cứu tương ứng. Các giả thuyết để tính giá trị này là 1 năm 2 vụ lúa (lấy trung bình) và tổng diện tích lúa ở Việt Nam khoảng 7737,1 nghìn ha (theo Bộ Tài nguyên và Môi trường 2016). Công thức tính Tổng CH₄ quy đổi = CH₄ phát thải/2 vụ*tổng diện tích canh tác lúa.

Bảng 3 cho thấy lượng CH₄ phát thải hằng năm biến động từ 995 đến 8867 (tấn CH₄/ha/năm), với giá trị trung bình là 4856 (tấn CH₄/ha/năm). Tổng lượng phát thải do Bộ Tài nguyên Môi trường công bố năm 2020 là 49,693 nghìn tấn CO₂ tđ tương đương 1987 (tấn CH₄/ha/năm). Như vậy lượng phát thải CH₄ có biến động rất lớn, phụ thuộc vào các điều kiện khác nhau (loại đất, kỹ thuật sử dụng, mùa vụ, nhiệt độ, mức độ ngập nước,...). Lượng phát thải CH₄ thấp ở các mô hình canh tác lúa áp dụng kỹ thuật tưới ngập khô xen kẽ và sử dụng TSH, tương ứng chỉ chiếm 20,5% và 32% so với phát thải trung bình. Mô hình canh tác tưới truyền thống, sử dụng phân đạm ure trắng, canh tác trên đất phù sa 2 lúa 1 màu và đất phèn có mức phát thải cao nhất.

3. Các yếu tố ảnh hưởng đến phát thải CH₄

Phát thải CH₄ trong canh tác lúa nước phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Việc kiểm soát nhiệt độ, chế độ nước tưới, phân bón và các kỹ thuật canh tác phù hợp sẽ góp phần làm giảm lượng CH₄.

Giống lúa, rễ lúa và các giai đoạn sinh trưởng ảnh hưởng lượng phát thải CH₄

Các giống lúa khác nhau có ảnh hưởng đáng kể đến CH₄ do có sự biến đổi lớn về thành phần và hàm lượng các chất tiết ra từ rễ. Các đặc điểm sinh lý học của rễ tương quan thuận và có ý nghĩa với năng suất hạt, trong khi chiều dài rễ, hoạt động oxy hóa của rễ, tổng số rễ và diện tích bề mặt hấp thụ tích cực tương quan nghịch và có ý nghĩa với tổng CH₄ phát thải [25]. Tuy nhiên, cây lúa có thể tăng cường sản xuất CH₄ bằng cách cung cấp cơ chất cho quá trình phân hủy các sản phẩm hữu cơ nhờ các vi khuẩn lên men metan (quá trình tạo methanogenesis) thông qua việc sản xuất ra rễ và chất tiết ra từ rễ có chứa cacbohydrat và axit amin. Các chất dinh dưỡng này kích thích các hoạt động của VSV và dẫn đến sự gia tăng CH₄ phát thải. Hơn 90% tổng lượng CH₄ thải ra vào giai đoạn đầu sinh trưởng của cây lúa đến trước khi thu hoạch và thay đổi trong suốt thời kỳ sinh trưởng cây lúa. Lượng

CH₄ phát thải thấp trong giai đoạn đầu sinh trưởng của cây lúa. Lý giải điều này có thể do mức độ phát sinh methanogenesis thấp trong giai đoạn này. Ở giai đoạn sinh trưởng và lúa chín lượng phát thải cao vì giai đoạn này đã tích lũy nhiều đường và các axit béo.

Quản lý đồng ruộng (bón phân, quản lý nước, quản lý rơm rạ sau thu hoạch, các hoạt động canh tác) đối với sản xuất CH₄

Việc bón phân hữu cơ làm tăng dinh dưỡng trong đất, gia tăng đáng kể các hoạt động của VSV, nhất là methanogens chiếm ưu thế trong đất trồng lúa, do đó lượng phát thải CH₄ cũng gia tăng. Trong sản xuất lúa, quản lý nước và phân đạm cũng là những những yếu tố dẫn đến phát thải KNK. Mô hình kết hợp quản lý tưới khô xen kẽ với bón phân đạm theo bảng so màu lá cho kết quả lượng phát thải CH₄ giảm 31% so với đối chứng, đạt 176,2 kg/ha/vụ so với đối chứng 252,20 kg/ha/vụ [26]. Về mặt quản lý nước, tưới tiêu có kiểm soát có thể làm giảm CH₄ vì trong điều kiện ngập nước liên tục gây ra hạn chế oxy, từ đó thúc đẩy các hoạt động tạo methanogenesis giải phóng nhiều CH₄ phát thải [20].

Phương thức canh tác và điều kiện phân bón cũng ảnh hưởng đến lượng phát thải CH₄. Với hình thức xen kẽ (2 vụ lúa 1 vụ mùa) có đỉnh phát thải CH₄ muộn hơn so với đất canh tác trên 2 vụ lúa liên tục nhưng lượng phát thải cao hơn 75%. Lượng CH₄ trong ruộng chuyên 2 vụ lúa đạt cực đại 413,7 mg/m²/ngày sau 61-67 ngày cấy trong khi lượng phát thải ở ruộng (2 vụ lúa, 1 vụ màu) đỉnh phát thải đạt 540,6 mg/m²/ngày sau 73-77 ngày cấy. Có sự khác biệt này do chế độ phân bón khác nhau giữa phương thức canh tác. Ruộng chuyên 2 vụ lúa sử dụng phân vô cơ nên cây trồng dễ hấp thu hơn, cây lúa sinh trưởng nhanh vì thế đỉnh phát thải cũng sớm. Trong khi ruộng (2 vụ lúa, 1 vụ màu) chủ yếu bón phân chuồng hoai mục nên phải mất một thời gian để VSV phân giải nên giai đoạn sinh trưởng cây lúa chậm hơn và đỉnh phát thải CH₄ cũng muộn hơn [27]. Bón phân đạm (urê 46A⁺) không ảnh hưởng đến phát thải CH₄ trong ruộng lúa ở cả 2 vụ thí nghiệm tại Nam Định, thậm chí trên đất phù sa nhiễm mặn còn có xu hướng làm tăng phát thải

CH₄, có thể lý giải do hiệu quả sử dụng phân đạm khi bón urê 46A⁺ cao hơn nên VSV trong đất hoạt động tốt hơn làm cho quá trình phân hủy hữu cơ nhanh hơn, làm tăng phát thải CH₄ trên ruộng lúa. Lượng CH₄ phát thải dao động từ 158,7-473,2 kg CH₄/ha/vụ đối với vụ Xuân và 437-573 kg CH₄/ha/vụ ở vụ Mùa [21].

Kỹ thuật quản lý nước tưới theo 1P6G cũng góp phần tăng năng suất và giảm phát thải CH₄. Nghiên cứu tại Tiền Giang đã ghi nhận kỹ thuật 1P6G không ảnh hưởng đến sự phát triển của cây lúa mà ngược lại việc xiết nước nhiều lần/vụ lúa làm tăng đường kính lóng và độ dày lóng giúp cây chắc khỏe, ít sâu bệnh. Kỹ thuật tưới theo 1P6G tăng năng suất 11% và lợi nhuận cao hơn 29% so với đối chứng. Việc áp dụng kỹ thuật tưới theo 1P6G trong thí nghiệm đã giảm 5,9 tấn CO₂tđ/ha/vụ. Kỹ thuật 1P6G tạo ra 1 tấn lúa chỉ phát thải 0,2 tấn CO₂tđ/ha/vụ trong khi đối chứng phát thải 1,1 tấn CO₂tđ/ha/vụ, tương ứng lượng CH₄ phát thải biến động trong khoảng 0-12,9 mg/m²/giờ so với nghiệm thức đối chứng canh tác tưới nước thông thường luôn có lượng phát thải cao dao động cao từ 7,9-334,2 mg/m²/giờ [20].

Việc quản lý phụ phẩm nông nghiệp bằng cách vùi rơm rạ hoặc đốt rơm rạ trên đồng ruộng cũng ảnh hưởng đến phát thải CH₄. Nghiên cứu của Nguyễn Kim Thu và cộng sự cho thấy phát thải CH₄ từ vùi rơm rạ 190 (kg/ha/vụ) so với mô hình đốt rơm rạ trên ruộng là 155 (kg/ha/vụ) [22]. Ngoài ra, việc cày vùi rơm rạ không làm gia tăng cường độ và tổng lượng khí CH₄ phát thải so với các phương pháp xử lý rơm rạ bằng chế phẩm nấm *Trichoderma* sp. sau đó cày vùi rơm rạ và đốt đồng. Một thí nghiệm tại Cần Thơ cho thấy các biện pháp xử lý rơm đến cường độ phát thải khí CH₄ cho kết quả phát thải khí thấp ở giai đoạn 6-20 ngày sau sạ (36-95 mg/m²/ngày), giai đoạn từ 27-41 phát thải (93-212 mg/m²/ngày) và giai đoạn 48-62 và 69-90 ngày phát thải CH₄ khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa cả ba mô hình xử lý rơm bằng cách vùi rơm trực tiếp sau thu hoạch; phun nấm *Trichoderma* sp trực tiếp lên rơm, rạ sau đó cày vùi và đốt rơm và rạ [22]. Nghiên cứu này cho thấy việc vùi rạ trên đất ruộng lúa trong

nghiên cứu có tốc độ phát thải khí ở hầu hết các giai đoạn sinh trưởng và phát triển của cây lúa chỉ sai khác trong phạm vi sai số không có ý nghĩa về mặt thống kê so với đốt rơm rạ và phân nấm *Trichoderma* sp và vùi rạ.

Nhiều nghiên cứu trên thế giới ghi nhận rằng TSH có khả năng làm giảm phát thải khí CH₄. Nghiên cứu sử dụng TSH cho một thí nghiệm ngoài đồng trên đất trồng lúa ở Trung Quốc, Yanan và cộng sự [28] kết luận rằng TSH có thể làm giảm phát thải khí CH₄ từ 29,7 đến 15,6%, khi so với công thức không sử dụng TSH. Ở Nhật Bản Pratiwi and Shinogi [29] ghi nhận rằng TSH khi sử dụng ở mức 2 đến 4% làm giảm phát thải khí CH₄ trong đất trồng lúa nước từ 45,2 đến 54,9%, so với không sử dụng TSH. Từ đó, nhóm tác giả kết luận rằng mức độ giảm phát thải khí CH₄ có tỷ lệ thuận với mức độ sử dụng TSH. Các lý do làm giảm phát thải CH₄ của TSH bao gồm: i) Làm tăng pH của đất từ đó làm tăng quá trình oxy hóa sinh học CH₄; ii) Tỷ lệ C/N của TSH cao; và iii) Tỷ lệ phần C hữu cơ dễ tiêu của TSH thấp. Tương tự, nghiên cứu của Liu và cộng sự [30] cũng báo cáo rằng TSH có tác dụng làm giảm phát thải khí CH₄ từ đất trồng lúa nước đến 40% so với không sử dụng TSH. Lý do giải thích cho quan sát này là do pH của đất tăng lên sau khi sử dụng TSH.

Một số nghiên cứu trong nước cũng cho thấy nếu bổ sung TSH có thể giảm lượng phát thải CH₄. Một nghiên cứu trên đất trồng lúa tại Bình Thủy, Cần Thơ ghi nhận tổng lượng phát thải khí CH₄ sau 21 ngày thí nghiệm của nghiệm thức đối chứng (không được bổ sung TSH) cao nhất (0,556 mg CH₄/kg), khác biệt có ý nghĩa với nghiệm thức có bổ sung TSH, lần lượt giảm 21,83% và 49,64% so với đối chứng [31]. Ngoài ra, Nam và cộng sự [23] cho rằng bổ sung TSH có tác dụng giảm phát thải CH₄ từ đất trong điều kiện ngập nước liên tục. TSH từ vỏ trấu sản xuất trong phòng thí nghiệm và TSH trấu thương mại làm giảm lần lượt 14%-18% và 16%-20% phát thải khí CH₄ so với nghiệm thức đối chứng. Bổ sung TSH từ trấu ở mức 1% có khả năng giảm phát thải KNK tốt hơn các mức khác trong thí nghiệm này. TSH từ trấu sản xuất trong phòng thí nghiệm và than trấu bán thương mại không có sự

khác biệt trong việc giảm phát thải CH₄ khi áp dụng lượng TSH bổ sung vào đất ở 0,2% và 0,5%. Bổ sung 1% than trấu thương mại cho hiệu quả giảm phát thải CH₄ và tổng CO₂tốt hơn so với than trấu trong phòng thí nghiệm.

TSH làm giảm lượng CH₄ phát thải trong đất có thể lý giải bằng cơ chế: i) Sự tác động TSH bổ sung (pH TSH 8,3-9,37) làm pH trong môi trường ủ tăng cao làm ức chế sự phát triển của VSV sinh CH₄; ii) Vật liệu sản xuất than từ vỏ trấu sau khi nhiệt phân thành TSH hình thành nhiều lỗ nhỏ, tạo không gian trống giúp chứa và giữ lại oxy để VSV tiêu thụ CH₄ methanotrophs phát triển trong giai đoạn hiếu khí ban đầu; và iii) Ngoài ra TSH có nhiều lỗ rỗng có khả năng hấp phụ giữ lại C, làm hạn chế sự phát thải lên khí quyển.

Tính chất đất (thành phần cơ giới, hàm lượng chất hữu cơ, pH, Eh) và nhiệt độ ảnh hưởng đến phát thải CH₄

Phát thải khí CH₄ từ đất lúa ngập nước phụ thuộc nhiều vào tính chất đất. Nghiên cứu của Xiong [32] cho rằng đất có tỷ lệ cấp hạt cát cao cho phát thải khí CH₄ cao hơn đất tỷ lệ cấp hạt cát thấp. Tương tự, kết quả nghiên cứu của K. R. Brye [33] cho thấy đất sét cho phát thải khí CH₄ theo mùa thấp hơn đất cát đến 23%. Trong một nghiên cứu trên 18 loại đất khác nhau ở Trung Quốc, tác giả Huang [34] kết luận rằng phát thải khí CH₄ phụ thuộc tuyến tính vào hàm lượng cấp hạt cát trong đất, và không phụ thuộc vào hàm lượng C hữu cơ trong đất; loại đất cũng không có vai trò ảnh hưởng đến phát thải khí CH₄. Các tác giả cho rằng nguồn C cho phát thải CH₄ từ các dịch tiết từ rễ lúa, lá, và phân hữu cơ; trong lúc đó C hữu cơ có sẵn trong đất đóng vai trò thấp trong việc phát thải CH₄ vì hầu hết lượng C này ở dạng axit humic khó tiêu. Tuy nhiên, Yao và cộng sự [35] kết luận rằng tỷ lệ phát thải CH₄ có mối liên hệ chặt với lượng C hữu cơ dễ tiêu trong đất. Trong một nghiên cứu khác của Huang [36] ghi nhận rằng lượng CH₄ phát thải từ 20 loại đất nghiên cứu có thể được dự báo bằng phương trình hai biến số là hàm lượng cát và hàm lượng C hữu cơ trong đất và hệ số quyết định cho phương trình đa biến này đến 0,85. Như vậy,

thành phần cơ giới (tỷ lệ sét-cát) và hàm lượng C chất hữu cơ có vai trò quan trọng trong quá trình phát thải CH_4 . Hai yếu tố này có sự liên hệ với nhau. Trong đất có thành phần cơ giới nhẹ (đất có tỷ lệ cát cao) thường có hàm lượng C hữu cơ tổng số thấp và ngược lại đối với đất có thành phần cơ giới nặng [37]. Mặt khác, đất có thành phần sét chiếm ưu thế sẽ bảo vệ C hữu cơ, làm cho phần lớn C hữu cơ khó bị phân hủy. Do đó, phát thải CH_4 vừa phụ thuộc vào thành phần cơ giới đất vừa phụ thuộc và tính chất của chất hữu cơ phát thải thành CH_4 trong điều kiện yếm khí. Hai yếu tố này có sự tương tác lẫn nhau, ảnh hưởng đến phát thải CH_4 từ đất lúa nước.

Biện pháp quản lý nước ngập liên tục đã tạo nên môi trường đất trở nên yếm khí dẫn đến phát thải khí CH_4 cũng cao, đặc biệt khi giữ mực nước ngập liên tục 15 cm thì phát thải khí CH_4 tăng 27,5-33,0% [38]. Phạm Quang Hà và cộng sự đã đánh giá mức độ phát thải CH_4 từ đất phù sa sông Hồng và đất xám bạc màu trồng lúa ở Miền Bắc Việt Nam [18] cho thấy loại đất trồng lúa có ảnh hưởng đến lượng CH_4 phát thải. Đối với các loại đất trồng lúa khác nhau thì cường độ phát thải khí CH_4 cũng khác nhau. Đất phù sa có tiềm năng phát thải CH_4 thấp hơn đất bạc màu từ 12,8-14,0%. Cường độ phát thải CH_4 cao nhất vào giai đoạn từ khi lúa đẻ nhánh tới đa đến kết thúc phân hóa đòng, khoảng 45-60 ngày sau cấy. Kết quả nghiên cứu phát thải KNK trên ba loại đất chính trồng lúa tại Thái Bình [19] cho thấy động thái phát thải trong vụ mùa ở tất cả các điểm đo trên các loại đất khác nhau đều có chung một xu hướng tăng phát thải ngay sau khi cấy và đạt tốc độ phát thải tối đa đến 28 $\text{mg CH}_4/\text{m}^2/\text{giờ}$ trong giai đoạn từ đẻ nhánh đến phân hóa hoa, sau đó phát thải giảm dần đến khi thu hoạch.

Bên cạnh đó, nhiệt độ là một trong những yếu tố quyết định đến quá trình phát thải CH_4 , nhiệt độ đất tăng dẫn đến tăng lượng CH_4 . Ảnh hưởng của nhiệt độ đến phát thải CH_4 trong đất lúa đã được nghiên cứu bởi Hattori và cộng sự [39], họ phát hiện ra rằng trong đất ngập nước liên tục, nhiệt độ tối ưu sinh ra CH_4 là 40 °C, trong điều kiện tưới không liên tục nhiệt độ tối ưu là 45 °C. Bên cạnh đó, điện thế oxy hóa khử

(Eh) và độ pH đất cũng góp phần kiểm soát quá trình sinh CH_4 trong đất trồng lúa. Vi khuẩn methanogenic nhạy cảm với axit. Độ pH đất giảm nhẹ có thể làm giảm lượng CH_4 phát thải. Sự gia tăng nhẹ độ pH của đất (cao hơn khoảng 0,2 đơn vị so với độ pH của đất tự nhiên) dẫn đến việc tăng cường CH_4 sinh ra lần lượt từ 11 đến 20% và 24 đến 25% ở Eh được kiểm soát là -250 và -200 mV [40]. Những kết quả này cho thấy rằng sự giảm nhẹ độ pH của đất có thể giảm được CH_4 sản xuất trên đất trồng lúa.

4. Các giải pháp hạn chế phát thải CH_4

Qua phân tích hiện trạng, cơ chế cũng như các yếu tố ảnh hưởng đến phát thải CH_4 trong canh tác lúa nước, dưới đây là một số giải pháp được khuyến cáo áp dụng.

Sử dụng TSH và quản lý hiệu quả phụ phẩm (rom rạ, trấu): kỹ thuật vùi rom rạ sau thu hoạch có thể làm tăng năng suất cây trồng trên 10% và tăng khả năng giữ ẩm, cải thiện tính chất đất. Để đạt hiệu quả cao, rom rạ nên được ủ với các chế phẩm vi sinh trước khi sử dụng. Tuy nhiên, giải pháp này cần thời gian ủ để phân hủy rom rạ trước khi sử dụng. Nếu rom rạ phân hủy không hoàn toàn sẽ làm gia tăng phát thải CH_4 và cạnh tranh dinh dưỡng giữa VSV với rễ lúa non. Việc tận dụng rom rạ, trấu để sản xuất TSH là giải pháp hiệu quả góp phần giảm KNK hiện nay [22]. Phụ phẩm sau thu hoạch có thể được nhiệt phân với nhiệt độ 350-600 °C trong điều kiện yếm khí để sản xuất TSH có hàm lượng các bon từ 40-50%. TSH có hàm lượng cacbon và CEC cao làm tăng khả năng giữ nước và chất dinh dưỡng trong đất, do vậy tăng khả năng giữ NH_4^+ và nâng cao hiệu quả sử dụng đạm, giảm phát thải KNK. Bón TSH vào đất không chỉ tăng năng suất cây trồng, tiết kiệm được lượng phân bón mà còn cải tạo tính chất của đất.

Áp dụng kỹ thuật tưới ngập khô xen kẽ (AWD): kỹ thuật này sử dụng chu trình rút nước và tưới nước xen kẽ, giữ mực nước trong ruộng ở mức độ tốt nhất cho sự sinh trưởng cây lúa trong suốt một vụ. Kỹ thuật này đã được Viện

Nghiên cứu lúa quốc tế (IRRI) và các chuyên gia trồng trọt khuyến cáo nhiều nhất vì giảm 20% lượng nước tưới nhưng không giảm năng suất và trong một số trường hợp còn làm năng suất do số bông hữu hiệu tăng cao và cây lúa có khả năng chống đổ tốt hơn. Việc áp dụng kỹ thuật AWD đã được IRRI chứng minh làm giảm hiệu quả phát thải KNK, đặc biệt là CH₄ khoảng 30-70% so với tưới ngập liên tục trong quá trình canh tác lúa [41].

Ứng dụng hệ thống canh tác lúa cải tiến (SRI): SRI là phương pháp canh tác lúa sinh thái và hiệu quả, tăng năng suất nhưng lại giảm chi phí đầu vào như giống, phân bón, thuốc trừ sâu và nước tưới. Những kỹ thuật cơ bản của phương pháp này bao gồm: cây mạ non (11-15 ngày), cây một dảnh, cây thưa, giữ ẩm cho đất, làm cỏ sục bùn và bón phân hữu cơ. Một trong những nội dung cơ bản và quan trọng của SRI là thay đổi về kỹ thuật tưới nước. Trong canh tác SRI, lúa phát triển trong điều kiện không ngập nước liên tục. Nước được rút hết trong thời gian giữa vụ và kết hợp tưới khô, ướt xen kẽ làm cho đất thoáng khí. Đất chuyển đổi điều kiện kỵ khí sang điều kiện hiếu khí. Quá trình này sẽ giảm khả năng sinh khí CH₄, nhưng có thể sẽ làm gia tăng phát thải N₂O.

Biện pháp/kỹ thuật canh tác tổng hợp tiên tiến (3 giảm 3 tăng (3G3T), 1 phải 5 giảm (1P5G): kỹ thuật 3G3T hướng đến giảm lượng giống (giảm 50%); giảm lượng phân đạm, điều tiết lượng đạm bón nhờ việc sử dụng bảng so màu lá lúa (Leaf Color Chart–LCC) có thể giảm đến 20-30 kgN/ha và giảm số lần phun thuốc bảo vệ thực vật (không phun trong 40 ngày sau gieo/sạ). Hiện nay, kỹ thuật này đã được phát triển thành 1 phải 5 giảm (1P5G), và hiện nay là 1 phải và 6 giảm (1P6G): phải sử dụng giống xác nhận và 5 giảm là: giảm phân đạm, giảm giống, giảm nước, giảm thuốc bảo vệ thực vật, giảm lao động và giảm tổn thất sau thu hoạch. Kết quả thực nghiệm đã chứng minh hiệu quả của áp dụng kỹ thuật 1P6G lượng phát thải CH₄ khoảng 64,29 kgCH₄/ha/vụ đã giảm được 81,5% lượng CH₄ so với canh tác truyền thống [20].

Chuyển đổi cơ cấu sản xuất: nếu chuyển đổi vùng đất nguy cơ ngập sang canh tác lúa-thủy

sản hoặc sang các cây trồng sử dụng ít nước (ngô) và cây sử dụng ít phân đạm, có khả năng đồng hóa N từ không khí (lạc, đậu tương) sẽ giảm được khoảng 5 triệu tấn KNK CO₂tđ. Đặc biệt, chuyển đổi từ 3 vụ lúa sang 2 vụ và thủy sản có tiềm năng giảm phát thải đến 3,2 triệu tấn CO₂tđ. Chuyển dịch từ canh tác lúa sang các cây trồng khác rất có ý nghĩa trong giảm phát thải KNK. Đặc biệt, chuyển đổi từ 3 vụ lúa sang 2 vụ và thủy sản có tiềm năng giảm phát thải đến 3,2 triệu tấn CO₂tđ. Chuyển đổi từ hai vụ lúa sang một vụ lúa và ngô/đậu/đậu tương hoặc sang các cây trồng cạn cũng có tác động giảm phát thải KNK [42].

5. Một số hạn chế và hướng nghiên cứu trong tương lai

Sản xuất lúa nước ở Việt Nam nói riêng và cả thế giới nói chung đang gặp các vấn đề về phát thải khí hiệu ứng nhà kính, đặc biệt là khí CH₄. Đây là loại khí có tiềm năng gây hiệu ứng nhà kính gấp khoảng 28 lần khí CO₂ [4]. Các giải pháp hạn chế phát thải CH₄ như đã trình bày ở mục 4 cho thấy được những kết quả tích cực. Tuy nhiên, các nghiên cứu ở Việt Nam về phát thải khí CH₄ từ canh tác lúa còn mang tính quan sát mà chưa đi sâu vào vấn đề để trả lời các câu hỏi liên quan đến cơ chế phát thải, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình và lượng phát thải. Đây là các hướng nghiên cứu trong thời gian tới cần được quan tâm và thực hiện. Cụ thể các nghiên cứu về cơ chế phát thải CH₄ trong quá trình sản xuất lúa có liên quan đến các nghiên cứu DNA (Deoxyribonucleic Acid) của các nhóm VSV sản sinh và hấp thụ CH₄ cần được thực hiện. Việc phát thải CH₄ cũng phụ thuộc vào loại đất, điều kiện khí hậu thời tiết, giống lúa và quá trình canh tác lúa. Các yếu tố này cần được định lượng trong mối liên hệ với lượng phát thải CH₄.

Ngoài ra, trong quá trình thực hiện mục tiêu đạt đến phát thải ròng bằng 0 trong thời gian tới, việc nghiên cứu và hạn chế phát thải CH₄ từ quá trình canh tác lúa nước hết sức quan trọng. Sử dụng TSH có tiềm năng vừa hạn chế phát thải CH₄ vừa làm tăng khả năng cố định hoặc lưu giữ cacbon trong đất. Nghiên cứu về TSH trong mối

liên hệ với lượng phát thải CH₄ và cố định cacbon trong đất canh tác lúa là một trong những ưu tiên hàng đầu. Điều này vừa làm tăng năng suất lúa do TSH vừa làm giảm khí hiệu ứng nhà kính cũng như phù hợp với các định hướng của chính phủ về phát thải ròng. Việc nghiên cứu hiệu quả kinh tế việc sử dụng TSH trong canh tác lúa và các cơ chế bù đắp kinh tế khi áp dụng TSH làm giảm phát thải KNK và tăng cố định cacbon trong đất cũng cần ưu tiên thực hiện. Đây có lẽ là hướng nghiên cứu mới có tiềm năng ứng dụng vào thực tiễn trong tương lai.

6. Kết luận

Để đạt mục tiêu đến năm 2030 Việt Nam sẽ giảm 9% tổng lượng phát thải KNK so với kịch bản phát triển thông thường và đạt phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050, Việt Nam cần cụ thể hóa các cam kết thông qua các cơ chế chính sách, các nghiên cứu sâu rộng trong các lĩnh vực phát thải nhiều KNK. Trong nông nghiệp cần thực hiện các biện pháp giảm nhẹ phát thải KNK thông qua ứng dụng các giải pháp quản lý, công nghệ trong trồng trọt; chuyển đổi cơ cấu giống cây trồng; thay đổi phương thức sử dụng đất; công nghệ xử lý và tái sử dụng phụ phẩm trong trồng trọt và chăn nuôi; phát triển nông nghiệp hữu cơ. Đặc biệt trong sản xuất lúa nước, các biện pháp canh tác hạn chế phát thải CH₄ như sử dụng TSH từ phụ phẩm nông nghiệp, các kỹ thuật canh tác tiên tiến cần được nhân rộng và cần thiết có những nghiên cứu thực nghiệm trên nhiều loại hình canh tác khác nhau nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế trong sản xuất lúa nước và góp phần kiến tạo nền nông nghiệp bền vững.

Tài liệu tham khảo

- [1] Ministry of Natural Resources and Environment, Information Provided to the Press: Results of the 26th Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change in Glasgow, UK, 2021 (in Vietnamese).
- [2] Prime Minister, Decision No: 896/QĐ-TTg Dated July 26th, 2022, Approving the National Strategy on Climate Change for the Period to 2050 (in Vietnamese).
- [3] IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri, L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014, pp. 1-151.
- [4] Ministry of Natural Resources and Environment, Third Biennial Update Report to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Dan Tri Publishing House, Hanoi, 2020 (in Vietnamese).
- [5] L. Sigg, Redox Potential Measurements in Natural Waters: Significance, Concepts and Problems, in Redox: Fundamentals, Processes and Applications, J. Schüring, H. D. Schulz, W. R. Fischer, J. Böttcher, W. H. M. Duijnsveld Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2000, pp. 1-12.
- [6] R. Conrad, Control of Microbial Methane Production in Wetland Rice Fields, Nutrient Cycling in Agroecosystems, Vol. 64, No. 1, 2002, pp. 59-69, <https://doi.org/10.1023/A:1021178713988>.
- [7] K. J. Chin, R. Conrad, Intermediary Metabolism in Methanogenic Paddy Soil and the Influence of Temperature, FEMS Microbiology Ecology, Vol. 18, 2006, pp. 85-102, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.1995.tb00166.x>.
- [8] L. T. Angenent, K. Karim, M. H. A. Dahhan, B. A. Wrenn, R. D. Espinosa, Production of Bioenergy and Biochemicals from Industrial and Agricultural Wastewater, Trends in Biotechnology, Vol. 22, No. 9, 2004, pp. 477-485, <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2004.07.001>.
- [9] H. Schütz, W. Seiler, R. Conrad, Processes Involved in Formation And Emission of Methane in Rice Paddies, Biogeochemistry, Vol. 7, No. 1, 1989, pp. 33-53, <https://doi.org/10.1007/BF00000896>.
- [10] N. Jain, D. S. Pathak, S. Mitra, A. Bhatia, Emission of Methane from Rice Fields - A Review, J. Sci. Ind. Res., Vol. 63, 2004, pp. 101-115,
- [11] K. Ma, R. Conrad, Y. Lu, Responses of Methanogen *mcrA* Genes and Their Transcripts to an Alternate Dry/Wet Cycle of Paddy Field Soil, Applied and Environmental Microbiology, Vol. 78, No. 2, 2012, pp. 445-454, <https://doi.org/10.1128/AEM.06934-11>.
- [12] J. Yuan, X. Yi, L. Cao, Three-Source Partitioning of Methane Emissions from Paddy Soil: Linkage to Methanogenic Community Structure, International

- Journal of Molecular Sciences, Vol. 20, No. 7, 2019, pp. 1586, <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/7/1586> (accessed on: September 1st, 2022).
- [13] T. Tokida et al., Effects of Free-air CO₂ Enrichment (FACE) and Soil warming on CH₄ Emission from a Rice Paddy Field: Impact Assessment and Stoichiometric Evaluation, *Biogeosciences*, Vol. 7, 2010, pp. 2639-2653, <https://doi.org/10.5194/bg-7-2639-2010>.
- [14] M. Rahman, A. Yamamoto, Methane Cycling in Paddy Field: A Global Warming Issue, 2020, pp. 1-21.
- [15] K. K. D. Balakrishnan, P. C. Latha, D. Subrahmanyam, Crop Improvement Strategies for Mitigation of Methane Emissions from Rice, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, Vol. 30, No. 6, 2018, pp. 451-462.
- [16] General Statistics Office, Vietnam Statistical Yearbook 2020, Statistical Publishing House, 2020 (in Vietnamese).
- [17] D. V. Diem, N. X. Thanh, T. D. Thin, P. T. Thuy, N. B. Long, N. T. Thuy, D. T. Huyen, P. T. H. Luyen, N. T. Lan, Assessment of Greenhouse gas Emissions from Agriculture Proposing Mitigation and Control Measures for Agriculture and Forestry in Vietnam National Capacity Building to Respond to Climate Change Project in Vietnam to Mitigate and Control GHG Emissions section of the Ministry of Agriculture and Rural Development, 2011 (in Vietnamese).
- [18] P. Q. Ha, V. Thang, N. T. Khanh, K. Ito, K. Endoh, K. Inubushi, Assessment of CH₄ Emissions from Red River Alluvial Soils and Infertile Gray Soils for Rice Cultivation in the North Region Vietnam, *Journal of Agriculture and Rural Development*, 2013 (in Vietnamese).
- [19] C. S. Huan, M. V. Trinh, C. V. Ha, B. T. P. Loan, V. T. Hang, D. Q. Hieu, D. T. M. Trang, B. T. T. Trang, Research on Greenhouse Gas Emissions on Rice land Thai Binh Province, *Vietnam Agricultural Science Journal*, Vol. 18, No. 2, 2020, pp. 113-122 (in Vietnamese).
- [20] H. Q. Tin, T. T. H. Trang, V. V. Binh, T. K. Tinh, N. V. Sanh, Effect of Irrigation Techniques on Yield and Methane (CH₄) Emission in Rice Production in Go Cong Tay - Tien Giang, *Can Tho University Scientific Journal*, Vol. 2, No. 38, 2015, pp. 55-63 (in Vietnamese).
- [21] N. V. Bo, M. V. Trinh, B. T. P. Loan, L. Q. Thanh, P. A. Cuong, N. L. Trang, Urea-agrotain and Greenhouse Gas Emissions, *Vietnam Academy of Agricultural Sciences, Workshop Second National Crop Science*, 2016 (in Vietnamese).
- [22] N. K. Thu, C. V. Phung, T. V. Dung, V. N. M. Tam, H. N. H. Phuc, Effects of Straw Treatment Methods on CH₄ Emissions and Rice Yield on Alluvial soil in Thoi Lai, Can Tho, *Vietnam Journal of Agricultural Science and Technology*, Vol. 79, No. 6, 2017, pp. 50-55 (in Vietnamese).
- [23] T. S. Nam, H. M. Nhut, N. N. B. Tran, H. V. Thao, D. T. Xuan, N. H. Chiem, Effect of Two types of Rice Husk Biochar on CH₄ and N₂O Emissions from Alluvial Soils Laboratory Equipment, *Can Tho University Science Journal, Topic Issue: Soil Science*, Vol. 56, 2020, pp. 109-118 (in Vietnamese).
- [24] T. T. K. Loan, P. N. Lan, H. T. Nghia, Solutions to Reduce Greenhouse Gas Emissions in Rice Production in Huong Tra Town, Thua Thien Hue Province, *Science and Technology Journal, School University of Science, Hue University*, No. 1, Vol. 11, 2018, pp. 107-118 (in Vietnamese).
- [25] M. S. Aulakh, J. Bodenbender, R. Wassmann, H. Rennenberg, Methane Transport Capacity of Rice Plants. I. Influence of Methane Concentration and Growth Stage Analyzed with an Automated Measuring System, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Vol. 58, No. 1, 2000, pp. 357-366, <https://doi.org/10.1023/A:1009831712602>.
- [26] H. Q. Tin, N. H. Cuc, N. V. Sanh, N. V. Anh, J. Hughes, T. T. Hoa, T. T. Ha, Rice Farming with Low Greenhouse Gas Emissions in An Giang Province Winter-spring Crop 2010-2011, *Journal of Science Can Tho University*, No. 23a, 2012, pp. 31-41, <https://ctujsvn.ctu.edu.vn/index.php/ctujsvn/article/view/247> (accessed on: September 1st, 2022) (in Vietnamese).
- [27] L. T. Anh, H. T. T. Duyen, D. M. Van, D. T. T. Nga, Study on CH₄ Emissions in Paddy Rice Cultivation in Different Farming Regimes in Truc Hung, Truc Ninh, Nam Dinh Province, *Journal of Soil Science*, Vol. 62, Iss. 62, 2021, pp. 36-44 (in Vietnamese).
- [28] X. Yanan, S. H. Yang, J. Xu, J. Ding, X. Sun, Z. Jiang, Effect of Biochar Amendment on Methane Emissions from Paddy Field Under Water-Saving Irrigation, *Sustainability*, Vol. 10, 2018, pp. 1371, <https://doi.org/10.3390/su10051371>.
- [29] E. P. A. Pratiwi, Y. Shinogi, Rice Husk Biochar Application to Paddy Soil and its Effects on Soil Physical Properties, Plant Growth, and Methane Emission, *Paddy Water Environ*, *Journal Article* 2016, pp. 1-12, <https://doi.org/10.1007/s10333-015-0521-z>.

- [30] J. Liu et al., Effects of Biochar Amendment on the Net Greenhouse Gas Emission and Greenhouse gas Intensity in a Chinese Double Rice Cropping System, *European Journal of Soil Biology*, Vol. 65, 2014, pp. 30-39, <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.09.001>.
- [31] T. S. Nam, H. V. Khanh, H. M. Nhut, N. H. Chiem, Addition of Rice Husk and Bamboo Biochar Reduces CH₄ Emissions of Wetlands Under Laboratory Conditions, *Journal of Science Can Tho University, Topic, Environment and Climate Change*, Vol. 57, 2021, pp. 32-40, <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2021.047> (in Vietnamese).
- [32] Z. Q. Xiong, G. X. Xing, Z. L. Zhu, Nitrous Oxide and Methane Emissions as Affected by Water, Soil and Nitrogen 11 Project Supported by the National Natural Science Foundation of China (Nos. 30390080 and 30390081), *Pedosphere*, Vol. 17, No. 2, 2007, pp. 146-155, [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(07\)60020-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(07)60020-4).
- [33] K. R. Brye, C. W. Rogers, A. D. Smartt, R. J. Norman, Soil texture Effects on Methane Emissions from Direct-seeded, Delayed-flood rice Production in Arkansas, *Soil Science*, Vol. 178, No. 10, 2013, pp. 519-529, <https://doi.org/10.1097/ss.0000000000000020>.
- [34] Y. Huang, Y. Jiao, L. Zong, X. Zheng, R. Sass, F. M. Fisher, Quantitative Dependence of Methane Emission on Soil Properties, Nutrient Cycling in Agroecosystems, Vol. 64, 2002, pp. 157-167, <https://doi.org/10.1023/A:1021132330268>.
- [35] H. Yao, R. Conrad, R. Wassmann, H. U. Neue, Effect of Soil Characteristics on Sequential Reduction and Methane Production in Sixteen Rice Paddy Soils from China, the Philippines, and Italy, *Biogeochemistry*, Journal Article, Vol. 47, No. 3, 1999, pp. 269-295, <https://doi.org/10.1007/bf00992910>.
- [36] Y. Huang, R. Sass, F. Fisher, Methane Emission from Texas Rice Paddy Soils. 1, Quantitative Multi-year Dependence of CH₄ Emission on Soil, Cultivar and Grain Yield, Vol. 3, No. 6, 1997, pp. 479-489, <https://doi.org/10.1046/j.13652486.1997.00083.x>.
- [37] X. Kong, T. H. Dao, J. Qin, H. Qin, C. Li, F. Zhang, Effects of Soil Texture and Land use Interactions on Organic Carbon in Soils in North China Cities Urban Fringe, *Geoderma*, Vol. 154, No. 1, 2009, pp. 86-92, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.09.016>.
- [38] N. K. Thu, Assessment of Greenhouse Gas (N₂O and CH₄) Emissions on Two Rice Farming Models, Doctoral Thesis in Soil Science, Can Tho University, 2019 (in Vietnamese).
- [39] C. Hattori, A. Ueki, T. Seto, K. Ueki, Seasonal Variations in Temperature Dependence of Methane Production in Paddy Soil, Microbes and Environments, Vol. 16, No. 4, 2001, pp. 227-233, <https://doi.org/10.1264/jsme2.2001.227>.
- [40] Z. P. Wang, R. D. DeLaune, W. H. P. Jr, P. H. Masscheleyn, Soil Redox and pH Effects on Methane Production in a Flooded Rice Soil, *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 57, No. 2, 1993, pp. 382-385, <https://doi.org/10.2136/sssaj1993.03615995005700020016x>.
- [41] J. D. Siopongco, R. Wassmann, B. O. Sander, Alternate Wetting and Drying in Philippine Rice Production: Feasibility Study for a Clean Development Mechanism, 2013.
- [42] N. V. Bo, T. M. Tien, N. V. Vien, C. V. Hach, P. V. Toan, Handbook of Smart Rice Production. Agriculture Publishing House, 2016 (in Vietnamese).