

Đánh giá độ nhạy các thông số và hiệu chỉnh mô hình DNDC phục vụ tính toán phát thải khí nhà kính từ hoạt động canh tác lúa nước

Bùi Thị Thu Trang^{1*}, Chu Sỹ Huân², Mai Văn Trinh³, Đinh Thái Hưng⁴

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

²Ban quản lý Khu Công nghệ cao Hòa Lạc, Bộ Khoa học và Công nghệ

³Viện Môi trường Nông nghiệp, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam

⁴Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Bộ Tài nguyên và Môi trường

Ngày nhận bài 25/12/2020; ngày chuyển phản biện 4/1/2021; ngày nhận phản biện 1/3/2021; ngày chấp nhận đăng 12/3/2021

Tóm tắt:

Bài báo trình bày kết quả đánh giá độ nhạy thông số của mô hình DNDC (Denitrification - Decomposition: Phân hủy - Phân nitrat) khi tính toán phát thải khí nhà kính (KNK) từ hoạt động canh tác lúa nước vùng Đồng bằng sông Hồng trên 4 loại đất: phù sa, đất mặn, đất phèn, đất xám. Với tính toán phát thải CH_4 , dung trọng, tỷ lệ sét, chỉ số hoạt động của vi sinh vật, lượng các bon hữu cơ trong đất (SOC), nhiệt độ, độ dẫn điện, lượng phân đạm, độ xốp có độ nhạy cao; độ pH, khả năng tiêu nước, khả năng giữ nước, độ ẩm đồng ruộng, nồng độ nitrat và amoni ban đầu ở tầng đất mặt và lượng mưa có ảnh hưởng không nhiều; độ ẩm cây héo và chỉ số độ mặn không có ảnh hưởng. Với tính toán phát thải N_2O , lượng phân chuồng, tỷ lệ sét, chỉ số hoạt động của vi sinh vật, pH, nồng độ nitrat ban đầu ở tầng đất bề mặt, dung trọng, SOC, độ ẩm đồng ruộng, độ xốp, khả năng giữ nước là các thông số có ảnh hưởng nhiều; khả năng tiêu nước, độ dẫn điện, nồng độ amoni ban đầu ở tầng đất mặt, nhiệt độ, lượng phân đạm và lượng mưa có ảnh hưởng ít hơn; độ ẩm cây héo và chỉ số độ mặn không có ảnh hưởng. Kết quả hiệu chỉnh mô hình trong vụ xuân và vụ mùa năm 2018 cho thấy mối tương quan tốt giữa giá trị đo thực tế và mô phỏng với R^2 vụ xuân và vụ mùa đạt tới 0,86 và 0,79, chỉ số hiệu quả Nash - Sutcliffe (NSI) đạt 0,82 và 0,77 đối với giá trị phát thải CH_4 ; R^2 vụ xuân và vụ mùa đạt tới 0,62 và 0,69, NSI đạt 0,69 và 0,76 đối với giá trị phát thải N_2O . Nghiên cứu đã xây dựng được bộ thông số hiệu chỉnh mô hình cho 4 loại đất: phù sa, mặn, phèn, xám.

Từ khóa: CH_4 , DNDC, độ nhạy mô hình, hiệu chỉnh mô hình KNK, N_2O .

Chỉ số phân loại: 1.5

Mở đầu

Mô hình DNDC là mô hình sinh địa hoá mô tả các quá trình hoá học đất trong điều kiện biến đổi các yếu tố sinh học và môi trường tự nhiên (nhiệt độ, lượng mưa...) ảnh hưởng đến các quá trình hình thành và giải phóng KNK từ đất vào khí quyển. Mô hình được xây dựng với cấu trúc chi tiết, có độ phân giải theo thời gian cao.

Mô hình DNDC được Li, et al. (1992, 1994, 2004) [1-3] áp dụng lần đầu tiên để mô phỏng phát thải KNK từ các hệ canh tác có lúa. Sau đó, Pathak, et al. (2005) [4], Babu, et al. (2006) [5] tiếp tục hoàn thiện để tính toán phát thải khí CO_2 , CH_4 , N_2O và tiềm năng giảm phát thải trong các điều kiện canh tác lúa khác nhau ở Ấn Độ. Tiếp đó, Zhang, et al. (2011) [6] đã ứng dụng DNDC vào tính tiềm năng giảm phát thải qua các nghiên cứu về các biện pháp canh tác cải tiến. Fumoto, et al. (2010) [7] đã cải tiến DNDC thành phiên bản DNDC - Rice dành riêng cho đất trồng lúa và áp dụng để xác định tiềm năng giảm thiểu

CH_4 dưới các chế độ tưới trong canh tác lúa ở Nhật Bản.

Salas (2013) [8] đã đưa ra đề xuất ý tưởng xây dựng hệ thống giám sát KNK phát thải từ vùng canh tác lúa của Việt Nam sử dụng mô hình DNDC. Lục Thị Thanh Thêm và Mai Văn Trinh (2016) [9] đã sử dụng mô hình DNDC để tính toán, dự báo phát thải KNK trong canh tác lúa nước trên đất phù sa, đất mặn tại tỉnh Nam Định. Kết quả cho thấy, sử dụng than sinh học ở các công thức bón phân khác nhau có thể giảm 3-9 tấn phát thải các bon dioxit tương đương trên một vụ ($\text{CO}_2\text{td/ha/vụ}$). Ngô Đức Minh (2018) [10] đã sử dụng mô hình DNDC mô phỏng sự phát thải KNK (CH_4 , N_2O) trong môi trường đất lúa lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn, tỉnh Quảng Nam. Mặc dù nghiên cứu này được thực hiện tương đối bài bản, hệ thống, nhưng vẫn còn nhiều vấn đề chưa đề cập đến do một số hạn chế khách quan và chủ quan như: chưa nghiên cứu về mối tương quan giữa động thái của NH_4^+ , NO_3^- , Mn^{4+} , Fe^{3+} , hữu cơ hòa tan (DOC) trong đất, O_2 hòa tan trong nước và dung dịch đất với phát thải CH_4 và N_2O từ môi trường đất lúa. Nguyễn Lê

*Tác giả liên hệ: Email: thutrang.hunre@gmail.com

Research on the sensitivity of parameters and calibrates DNDC model for calculating emissions from paddy rice cultivation activities

Thi Thu Trang Bui^{1*}, Sy Huan Chu², Van Trinh Mai³, Thai Hung Dinh⁴

¹Hanoi University of Natural Resources and Environment (HUNRE)

²Ministry of Science and Technology

³Institute for Agricultural Environment (IAE)

⁴Vietnam Meteorological and Hydrological Administration

Received 25 December 2020; accepted 12 March 2021

Abstract:

This study estimates the sensitivity of parameters to serve the adjustment and construction of standard parameters in the Decomposition - Denitrification (DNDC) model when calculating greenhouse gas emissions from rice cultivation on alluvial, alkali, acid-sulfate, and bleached soils of Red river delta, Vietnam. The research results show that the following parameters: bulk density, clay fraction, microbial activity index, soil organic carbon (SOC), temperature, conductivity, fertilization of urea, and porosity have a high sensitivity for the calculation of CH₄ emissions; the following parameters: pH, drainage efficiency, depth of water retention layer, field capacity, initial nitrate and ammonium concentrations at surface soil, and rainfall have low sensitivity and less influence for the calculation of CH₄ emissions; the wilt moisture and salinity index have no effect on CH₄ emissions. In case of N₂O emissions, the following parameters: amount of manure, clay fraction, microbial activity index, pH, initial nitrate concentration at surface soil, bulk density, SOC, field capacity, porosity and depth of water retention layer have a high sensitivity and more influence to N₂O emissions; the following parameters: drainage efficiency, conductivity, initial ammonium concentration at surface soil, temperature, fertilisation of urea and rainfall have low sensitivity and less influence to N₂O emissions; the wilting point and soil salinity index have no effect on N₂O emissions. The results of model calibration show a good correlation between observed and simulated values in both spring and summer crops in 2018. The R² of the spring and summer crops reach 0.86 and 0.79, the Nash-Sutcliffe efficiency index reaches 0.82 and 0.77 for CH₄ emission; meanwhile, for N₂O emission, these values are 0.62, 0.69, and 0.76, respectively. The study also found a model calibration parameter used to calculate greenhouse gas emissions from rice cultivation on alluvial, alkali, acid-sulfate, and bleached soils.

Keywords: CH₄, DNDC, greenhouse gases, model calibration, N₂O, sensitivity of model.

Classification number: 1.5

Trang (2019) [11] đã sử dụng mô hình DNDC như một trong các phương pháp để đạt được mục tiêu nghiên cứu phát thải KNK trong canh tác lúa nước tại Nam Định và đề xuất các giải pháp giảm thiểu.

Phương pháp mô hình hóa là một trong những phương pháp hiệu quả trong nghiên cứu định lượng nói riêng và nghiên cứu khoa học nói chung. Tuy nhiên, để kết quả nghiên cứu thể hiện tính chính xác, độ tin cậy cao, tất cả các mô hình trước khi đưa vào sử dụng đều cần thực hiện một bước quan trọng đó là đánh giá độ nhạy của các thông số và hiệu chỉnh mô hình. Hiện nay, các nghiên cứu sử dụng mô hình DNDC chưa đưa ra một bộ thông số chuẩn cho mô hình. Vì vậy, mục đích của nghiên cứu này là đánh giá độ nhạy của các thông số phục vụ hiệu chỉnh và xây dựng các thông số chuẩn trong mô hình DNDC để tính toán phát thải KNK từ hoạt động canh tác lúa nước tại vùng Đồng bằng sông Hồng.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu của nghiên cứu này là: mô hình DNDC; các loại đất vùng Đồng bằng sông Hồng: phù sa, mặn, phèn, xám; cây lúa; các KNK: CH₄ và N₂O.

Cơ chế hoạt động của mô hình DNDC

Hai phương trình chính được sử dụng trong mô hình DNDC là phương trình nhiệt động học Nernst (xác định thế oxy hóa khử) và Michaelis - Menten (động học phát triển của vi khuẩn). Cấu trúc của mô hình gồm 2 hợp phần:

- Hợp phần thứ nhất gồm 3 mô đun: khí hậu, đất - cây trồng và quá trình phân hủy. Hợp phần này được sử dụng để đánh giá nhiệt độ, độ ẩm, thế oxy hoá khử của đất và biến trình của các yếu tố trong phẫu diện đất, năng suất cây trồng, ước lượng hàm lượng các bon đưa vào đất từ các cây trồng. Các thông số này chịu sự tác động của đặc trưng khí hậu, đất, cây trồng và hoạt động của con người.

- Hợp phần thứ hai gồm 3 mô đun: quá trình nitrat hoá, khử nitrat (phản nitrat hóa) và ôxy hoá khử. Hợp phần này giúp ước tính sự phát thải khí CO₂, CH₄, NO, N₂O, N₂ từ các hệ canh tác nông nghiệp. Mối quan hệ giữa các chu trình sinh địa hoá của các bon, nitơ và các yếu tố sinh thái đã được mô hình hoá trong mô hình DNDC.

Mô hình DNDC có 2 chế độ chạy: theo điểm (site mode) và theo vùng (regional mode). Đối với chế độ điểm, DNDC yêu cầu dữ liệu đầu vào rất cụ thể, bao gồm: nhiệt độ và lượng mưa ngày, tính chất đất (tỷ trọng, pH, hàm lượng các bon hữu cơ trong đất SOC và thành phần cơ giới), chế độ canh tác (loại cây trồng, chế độ luân canh, làm đất, bón phân, loại phân), làm cỏ, chế độ tưới... Ở quy mô vùng, mô hình cần dữ liệu đầu vào là dữ liệu không gian và thời gian được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu của hệ thống thông tin địa lý (GIS). Các thông số đầu ra là SOC, nitrat, nitrit, amoni, urê và ammonia, lượng KNK phát thải hằng ngày.

Phương pháp

Phương pháp đánh giá độ nhạy của các thông số trong mô hình: độ nhạy mô hình được thực hiện bằng cách thay đổi một thông số của mô hình/tham số đầu vào duy nhất trong một phạm vi quan sát được, trong khi vẫn giữ tất cả các thông số đầu vào khác ở thông số ban đầu (baseline). Các yếu tố đầu vào để đánh giá độ nhạy bao gồm yếu tố khí hậu (nhiệt độ, lượng mưa), tính chất đất (SOC, tỷ lệ sét, pH và dung trọng) hoặc các biện pháp canh tác (tỷ lệ sử dụng phân bón hóa học, phân bón hữu cơ). Đây là các yếu tố bắt buộc của mô hình DNDC. Cơ sở lựa chọn giá trị thay đổi là khoảng thay đổi đủ lớn để kết quả ước lượng ở kịch bản thực tế tạo ra sự khác biệt có thể so sánh được. Kết quả phân tích độ nhạy đưa ra định hướng lựa chọn các thông số quan trọng cho việc hiệu chỉnh mô hình và đánh giá độ chính xác của mô hình trong mọi kịch bản khác nhau.

Phương pháp hiệu chỉnh mô hình: hiệu chỉnh là lựa chọn tập hợp giá trị thông số đầu vào sao cho kết quả chạy mô hình với các giá trị đó tiệm cận gần nhất với kết quả phân tích mẫu khí thực tế tại 10 điểm thí nghiệm. Để so sánh độ phù hợp giữa giá trị mô phỏng và giá trị quan trắc, nghiên cứu sử dụng các thông số thống kê: hệ số xác định R^2 (Krause, et al., 2005 [12]) và chỉ số NSI (Nash, et al., 1970 [13]), thể hiện trong các phương trình sau:

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right)^2$$

$$NSI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$$

Trong đó: i là số mẫu; O_i là giá trị thực đo thứ i ; $\bar{O}$ là giá trị thực đo trung bình; P_i là giá trị mô phỏng thứ i ; $\bar{P}$ là giá trị mô phỏng trung bình; n là số lượng giá trị tính toán.

Giá trị R^2 nằm trong khoảng từ 0 tới 1, thể hiện mối tương quan giữa giá trị thực đo và giá trị mô phỏng.

Chỉ số NSI chạy từ $-\infty$ đến 1, đo lường sự phù hợp giữa giá trị thực đo và giá trị mô phỏng trên đường thẳng 1:1.

Nếu R^2 và NSI nhỏ hơn hoặc gần bằng 0, khi đó kết quả được xem là không thể chấp nhận hoặc độ tin cậy kém. Ngược lại, nếu giá trị này bằng 1 thì kết quả mô phỏng của mô hình là hoàn hảo.

Mô hình được chấp nhận khi hệ số R^2 và chỉ số NSI lớn hơn 0,5.

Phương pháp chọn điểm và thu thập các số liệu thực tế: số liệu để hiệu chỉnh mô hình là kết quả đo KNK tại 10 điểm khác nhau trong vụ xuân và vụ mùa năm 2018 ở vùng Đồng bằng sông Hồng. Nghiên cứu đã chọn điểm nghiên cứu trên 4 loại đất trồng lúa chính là phù sa, mặn, phèn và xám với 2 công thức luân canh chính là 2 vụ lúa và 2 lúa - cây vụ đông. Vị trí tọa độ các điểm thí nghiệm được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Thông tin các điểm nghiên cứu phát thải KNK trong canh tác lúa ở khu vực Đồng bằng sông Hồng.

Điểm	Địa điểm	Công thức luân canh	Loại đất	Tọa độ các điểm
1	Vĩnh Quỳnh, Thanh Trì, Hà Nội	2 lúa	Phù sa	20°55'60" và 105°50'54"
2	Thịnh Long, Hải Hậu, Nam Định	2 lúa	Phù sa	19°59'11" và 106°08'05"
3	Nguyễn Xá, Vũ Thư, Thái Bình	2 lúa	Phù sa	20°24'18" và 106°17'49"
4	Bình Minh, Kiến Xương, Thái Bình	2 lúa 1 màu	Phù sa	20°24'54" và 106°16'01"
5	An Lam, Nam Sách, Hải Dương	2 lúa 1 màu	Phù sa	20°03'08" và 106°13'28"
6	Rạng Đông, Nghĩa Hưng, Nam Định	2 lúa	Mặn	20°03'28" và 106°13'01"
7	Hải Phúc, Hải Hậu, Nam Định	2 lúa	Mặn	20°13'59" và 106°15'33"
8	Tây Phong, Tiền Hải, Thái Bình	2 lúa	Mặn	20°24'50" và 106°34'35"
9	Vũ Đông, TP Thái Bình, Thái Bình	2 lúa	Phèn	20°45'74.23" và 106°38'5"
10	Bắc Phú, Sóc Sơn, Hà Nội	2 lúa	Xám	21°16'22" và 105°53'30"

Kết quả và thảo luận

Kết quả đánh giá độ nhạy của mô hình DNDC

Các kịch bản phân tích độ nhạy của các yếu tố đầu vào được lập ra dựa trên điều kiện khí hậu, đất đai và biện pháp canh tác thực tế trong hệ thống canh tác trên đất phù sa ở Thái Bình (bảng 2).

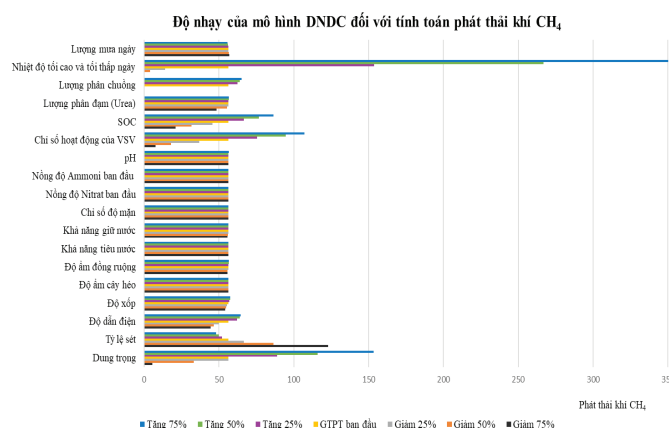
Bảng 2. Các kịch bản sử dụng để đánh giá độ nhạy của mô hình.

TT	Thông số đầu vào	Đơn vị	Giá trị ban đầu	Các kịch bản (tăng giảm so với giá trị ban đầu)					
				Giảm 75%	Giảm 50%	Giảm 25%	Tăng 25%	Tăng 50%	Tăng 75%
I	Thông số vật lý								
1	Dung trọng	g/cm³	1,3	0,3	0,7	1,0	1,6	2,0	2,3
2	Tỷ lệ sét		0,14	0,04	0,07	0,11	0,18	0,21	0,25
3	Tốc độ di chuyển nước	m/giờ	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
4	Độ xốp		0,49	0,12	0,24	0,36	0,61	0,73	0,85
5	Độ ẩm cây héo	wf _{ps}	0,2	0,05	0,1	0,15	0,25	0,3	0,35
6	Độ ẩm đồng ruộng	wf _{ps}	0,4	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
7	Khả năng tiêu nước		0,5	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9
8	Khả năng giữ nước	m	9,99	2,50	4,95	7,43	12,49	14,94	17,33
II	Thông số hóa học								
9	Chỉ số độ mặn của đất		0	10	20	30	40	50	60
10	Hàm lượng nitrat ban đầu ở tầng đất mặt	mg/kg	0,5	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9
11	Hàm lượng amoni ban đầu ở tầng đất mặt	mg/kg	0,008	0,015	0,023	0,03	0,038	0,045	0,053
12	pH _{KCl} tầng đất mặt		5,5	1,4	2,8	4,1	6,9	8,3	9,6
III	Thông số sinh học, hữu cơ								
13	Chỉ số hoạt động của vi sinh vật		1	0,25	0,5	0,75	1,25	1,5	1,75
14	Hàm lượng C trong đất	kgC/kg	0,05	0,01	0,03	0,04	0,06	0,08	0,09
IV	Phương thức canh tác								
15	Lượng phân đạm (Urê)	kgN/ha	120	30	60	90	150	180	210
16	Lượng phân chuồng	tấn/ha	0	1	2	3	4	5	6

Lúa ở vùng nghiên cứu được trồng trên đất phù sa, hai lúa (xã Nguyên Xá, huyện Vũ Thư, tỉnh Thái Bình). Đất lúa có thành phần cơ giới trung bình. Đất ít chua, pH_{KCl} khoảng 5,0. Hàm lượng sét trung bình khoảng 15%, SOC trung bình 1,1%. Đất có lân và kali dễ tiêu ở mức giàu, khả năng trao đổi cation cao (26,75 cmol/kg). Phân bón được bón 3 lần/vụ (bón lót và 2 lần bón thúc). Phân chuồng gần như không còn được sử dụng cho bón lót. Độ sâu cây bừa khoảng 20 cm. Chế độ tưới vẫn chủ yếu là tưới ngập thường xuyên. Dữ liệu nhiệt độ trung bình ngày và lượng mưa ngày tại Trung tâm Khí tượng thủy văn tỉnh Thái Bình đã được sử dụng trong mô hình để phân tích độ nhạy.

Đánh giá độ nhạy các thông số mô hình DNDC đối với phát thải CH_4 : kết quả phân tích độ nhạy cho thấy, nhiệt độ là thông số ảnh hưởng rất lớn tới mức độ phát thải CH_4 . Khi nhiệt độ tăng hay giảm mức 25%, 50% và 75% giá trị ban đầu (năm 2018) thì lượng phát thải CH_4 tăng hoặc giảm mạnh, dao động trong khoảng 75-530%. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Li, et al. (1992) [1], nguyên nhân là do hoạt động của vi sinh vật tham gia quá trình sản sinh CH_4 tăng đáng kể (mật độ và cường độ) khi nhiệt độ tăng và giảm khi nhiệt độ giảm. Lượng mưa được giả định tăng và giảm 25%, 50% và 75% giá trị ban đầu (năm 2018), kết quả mô phỏng cho thấy, sự thay đổi lượng mưa không ảnh hưởng nhiều đến phát thải CH_4 . Kết quả này phù hợp với nghiên cứu đã được công bố của Sass, et al. (1990) [14], Yagi, et al. (1996) [15], Adhya, et al. (1994) [16], Lu, et al. (2000) [17], Sapkota, et al. (2011) [18].

Tiếp theo là dung trọng, khi dung trọng giảm so với giá trị đã chọn thì phát thải giảm, khi dung trọng tăng so với giá trị đã chọn, phát thải tăng. Tỷ lệ sét là yếu tố nhạy tiếp theo, khi giảm tỷ lệ sét 25%, 50%, 75% thì phát thải CH_4 tăng tương ứng 18,09%, 53,41%, 118,12%; khi tăng tỷ lệ sét 25%, 50%, 75% thì phát thải CH_4 giảm tương ứng 7,89%, 11,45%, 14,77%. Yếu tố nhạy thứ 4 đối với sự phát thải CH_4 là chỉ số hoạt động của vi sinh vật. Khi giảm chỉ số hoạt động của vi sinh vật trong khoảng 25-75% so với giá trị ban đầu thì phát thải CH_4 giảm dao động trong khoảng 34,79-86,65%, khi tăng chỉ số hoạt động của vi sinh vật trong khoảng 25-75% so với giá trị ban đầu thì phát thải CH_4 tăng tương ứng 33,98-89,91%. Hàm lượng SOC là yếu tố tương đối nhạy đối với sự phát thải CH_4 do ảnh hưởng của SOC đối với hàm lượng các bon hữu cơ hòa tan trong đất (DOC) cũng như mật độ vi khuẩn sinh CH_4 : khi tăng hàm lượng SOC ban đầu lên mức 25% đến 75% thì lượng phát thải CH_4 tăng lần lượt là 18,22% và 52,99%. Ngược lại, khi hàm lượng SOC ban đầu giảm xuống mức 25% đến 75%, lượng CH_4 giảm tương ứng là 18,89% và 62,69%. Kết quả được thể hiện trong hình 1.



Hình 1. Độ nhạy của các thông số đối với tính toán phát thải khí CH_4 .

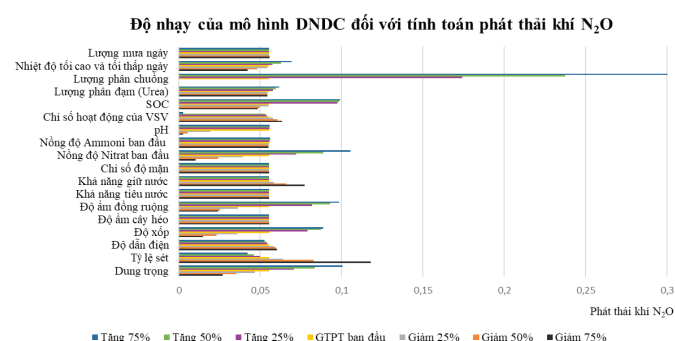
Độ xốp và tốc độ di chuyển của nước cũng là yếu tố có ảnh hưởng tới lượng phát thải CH_4 . Phát thải CH_4 giảm khi giảm tốc độ di chuyển của nước hoặc độ xốp. Phát thải CH_4 tăng khi tăng tốc độ di chuyển của nước hoặc độ xốp. So với các yếu tố đã phân tích thì độ pH, khả năng tiêu nước, khả năng giữ nước, độ ẩm đồng ruộng, nồng độ nitrat ban đầu ở tầng đất mặt và nồng độ amoni ban đầu ở tầng đất mặt tác động đến lượng phát thải CH_4 ít hơn. Một số thông số không có ảnh hưởng tới sự phát thải CH_4 là độ ẩm cây héo và chỉ số độ mặn. Các kết quả này tương tự như những nghiên cứu đã được báo cáo trong các nghiên cứu của Li (2000) [19], Wassmann, et al. (2000) [20].

Trong canh tác lúa, bón phân đạm (urê) và phân chuồng là 2 hoạt động canh tác chủ yếu có tác động đáng kể đến lượng khí thải CH_4 theo mùa. Khi giảm lượng phân đạm 25%, 50%, 75% thì phát thải CH_4 giảm, dao động trong khoảng 0,12-14,25%. Khi tăng lượng phân đạm 25%, 50%, 75% thì phát thải CH_4 tăng, dao động trong khoảng 0,13-0,47%. Khi tăng lượng phân chuồng từ không bón lên mức 1, 1,5 và 2 tấn/ha làm tăng tỷ lệ phát thải CH_4 từ 10,55-15,37%.

Đánh giá độ nhạy của mô hình DNDC đối với tính toán phát thải khí N_2O : phát thải N_2O từ ruộng lúa bị kiểm soát bởi nhiều yếu tố, tuy nhiên tương tự như nghiên cứu độ nhạy đối với phát thải CH_4 , có một số yếu tố có thể có độ nhạy cao hơn các yếu tố khác. Đối với các yếu tố khí tượng (lượng mưa và nhiệt độ), lượng mưa không có ảnh hưởng nhiều tới phát thải N_2O , trong khi nhiệt độ tăng và giảm 25%, 50%, 75% so với giá trị ban đầu (năm 2018) thì lượng phát thải N_2O tăng tương ứng 3,59%, 12,92%, 24,52% và giảm tương ứng 2,02%, 13,12%, 24,01%. Nguyên nhân do hoạt động của vi sinh vật tham gia quá trình nitrát hóa giảm khi nhiệt độ giảm và gia tăng đáng kể khi nhiệt độ tăng. Các kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Li, et al. (1992) [1].

Tỷ lệ sét có ảnh hưởng lớn nhất tới phát thải N_2O . Khi giảm tỷ lệ sét 25%, 50%, 75% thì phát thải N_2O tăng mạnh, tương ứng 15,06%, 48,96%, 111,78%, khi tăng tỷ lệ sét 25%, 50%, 75% thì phát thải N_2O giảm tương ứng 10,36%,

17,27%, 23,82%. Tiếp theo là thông số chỉ số hoạt động của vi sinh vật. Khi giảm chỉ số hoạt động của vi sinh vật trong khoảng 25-75% so với giá trị ban đầu thì phát thải N_2O tăng dao động trong khoảng 3,99-13,85%; khi tăng chỉ số hoạt động của vi sinh vật trong khoảng 25-75% so với giá trị ban đầu thì phát thải N_2O giảm mạnh, tương ứng 2,94-95,04%. Đối với độ pH_{KCl}, khi giảm 25%, 50%, 75% thì phát thải N_2O giảm tương ứng 65,05%, 90,02%, 95,04%; khi tăng độ pH_{KCl} 25%, 50%, 75% thì phát thải N_2O tăng tương ứng 0,16%, 0,19%, 0,2%. Kết quả được thể hiện trong hình 2.



Hình 2. Độ nhạy của thông số đối với tính toán phát thải khí N_2O .

Nồng độ nitrat ban đầu ở tầng đất bề mặt cũng là một yếu tố có độ nhạy cao đối với phát thải N_2O . Khi tăng hàm lượng nitrat ban đầu (0,3 mg/kg) lên 25%, 50%, 75% thì mức phát thải N_2O tăng lần lượt là 29,56%, 59,52%, 89,74%. Ngược lại, khi giảm hàm lượng nitrat ban đầu (0,3 mg/kg) đi 25%, 50%, 75% thì mức phát thải N_2O giảm tương ứng là 28,94%, 56,72%, 81,23%. Tương tự như với phát thải CH_4 , dung trọng là yếu tố rất nhạy đối với sự phát thải N_2O . Dung trọng ảnh hưởng thuận với mức tăng phát thải N_2O . Yếu tố có độ nhạy tiếp theo là SOC, do ảnh hưởng của SOC đối với hàm lượng các bon hữu cơ hòa tan trong đất (DOC) cũng như mật độ vi khuẩn tham gia quá trình nitrat hóa và phản nitrat hóa: khi tăng hàm lượng SOC ban đầu lên 25% đến 75% thì mức phát thải N_2O tăng lần lượt là 75,2% và

78,3%. Ngược lại, khi giảm hàm lượng SOC ban đầu xuống thì mức phát thải N_2O giảm. Các nghiên cứu chỉ ra rằng lượng SOC càng cao sẽ sản xuất nhiều DOC và N vô cơ (amoni và nitorat) thông qua quá trình phân hủy, thúc đẩy hoạt động của quá trình nitrat và phản nitrat hóa. Một số yếu tố cũng có ảnh hưởng đáng kể tới phát thải N_2O là độ ẩm đồng ruộng, độ xốp và độ ẩm bão hòa. Độ ẩm đồng ruộng, độ xốp tỷ lệ thuận với mức phát thải N_2O , trong khi đó độ ẩm bão hòa tỷ lệ nghịch với mức phát thải N_2O .

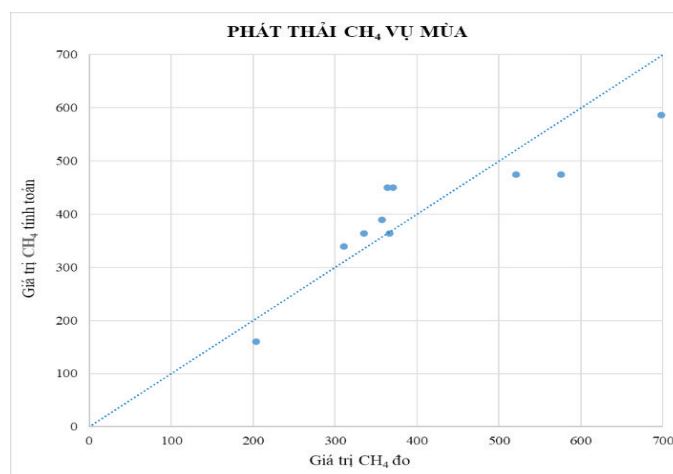
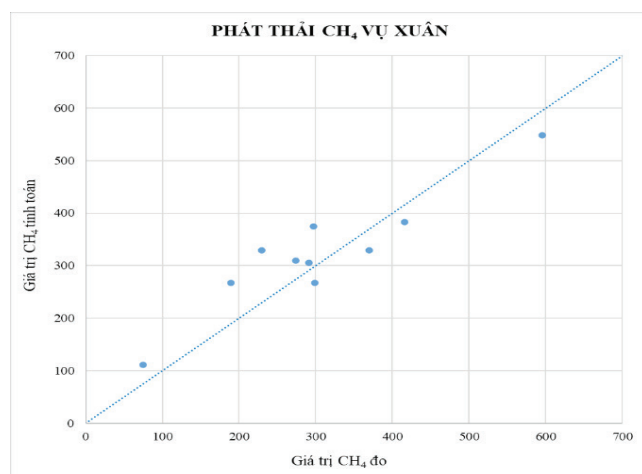
So với các yếu tố về tính chất đất phân tích ở trên thì các tính chất: khả năng tiêu nước, tốc độ di chuyển của nước, nồng độ amoni ban đầu ở tầng đất mặt có ảnh hưởng thấp hơn đến phát thải N_2O từ đất lúa tại địa điểm nghiên cứu. Độ ẩm cây héo và chỉ số độ mặn là yếu tố không có ảnh hưởng đến phát thải N_2O .

Với phân bón, kết quả phân tích cho thấy, mức phân đạm có tương quan tuyến tính thuận đối với phát thải N_2O . Tăng hoặc giảm lượng phân N vào đất mức 25% tới 75% so với mức ban đầu (120 kg N/ha) sẽ làm tăng hoặc giảm phát thải N_2O ở mức tương ứng là 2,29% tới 10,72%. Lượng bón phân chuồng tăng từ không bón phân lên mức 1 tấn/ha, 2 tấn/ha thì lượng phát thải N_2O tăng mạnh từ 213,39% tới 440,08%.

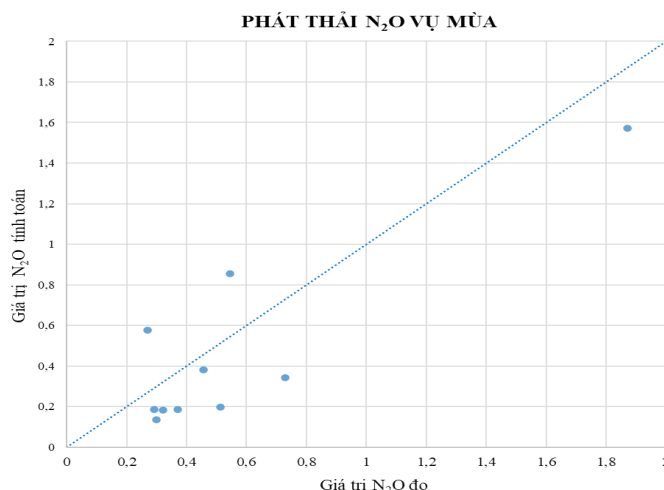
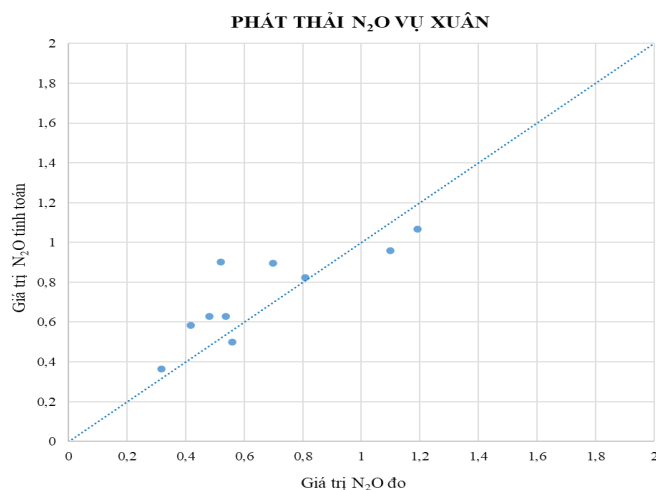
Các xu hướng trong nghiên cứu này tương tự như các nghiên cứu đã được báo cáo trong các nghiên cứu của Li, et al. (1994, 1996) [2, 21] và Bouwman, et al. (2002) [22].

Kết quả hiệu chỉnh mô hình DNDC

Kết quả hiệu chỉnh mô hình DNDC đối với phát thải CH_4 : hình 3 thể hiện sự sai khác giữa lượng phát thải CH_4 đo ngoài hiện trường và tính toán bằng DNDC. Dựa trên các giá trị phát thải CH_4 từ kết quả đo thực tế và tính toán bằng mô hình được thể hiện bằng phân bố điểm, giá trị phát thải KNK phân bố gần với đường 1:1 cho thấy có mối tương quan tốt giữa giá trị đo thực tế và mô phỏng với R^2 vụ xuân và vụ mùa đạt tới 0,86 và 0,79; NSI đạt 0,82 và 0,77.



Hình 3. So sánh lượng phát thải CH_4 (kg/ha/năm) đo ngoài hiện trường và tính toán bằng mô hình DNDC tại 10 điểm thí nghiệm.



Hình 4. So sánh lượng phát thải N_2O (kg/ha/năm) đo ngoài hiện trường và tính toán bằng mô hình DNDC tại 10 điểm thí nghiệm.

Kết quả hiệu chỉnh mô hình DNDC đối với phát thải N_2O : hình 4 thể hiện so sánh tương quan giữa lượng phát thải N_2O đo ngoài hiện trường và tính toán bằng DNDC. Dựa trên các giá trị phát thải N_2O từ kết quả đo thực tế và tính toán bằng mô hình được thể hiện bằng phân bố điểm, giá trị phát thải KNK phân bố gần với đường 1:1 cho thấy có mối tương quan tốt giữa giá trị đo thực tế và mô phỏng với R^2 vụ xuân và vụ mùa đạt tới 0,62 và 0,69; NSI đạt 0,69 và 0,76.

Bộ thông số sau khi hiệu chỉnh mô hình DNDC: kết quả phát thải CH_4 , N_2O từ chạy mô hình DNDC được hiệu chỉnh bằng cách so sánh với kết quả đo phát thải ngoài đồng ruộng tại 10 điểm thí nghiệm. Thông qua đó các thông số của mô hình được điều chỉnh phù hợp để kết quả tính toán của mô hình khớp với kết quả quan trắc ngoài đồng ruộng. Bộ thông số sau khi hiệu chỉnh mô hình để phát thải CH_4 và N_2O tính toán bằng DNDC sai khác không nhiều về giá trị so với số liệu đo ngoài hiện trường tại 10 điểm nghiên cứu được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Bộ thông số sau khi hiệu chỉnh mô hình.

Thông số	Đơn vị	Phù sa	Mặn	Phèn	Xám
Dung trọng tầng đất mặt	g/cm ³	1,4	1,3	1,3	1,4
Tỷ lệ sét		0,14	0,14	0,14	0,14
Độ dẫn điện	m/hr	0,0259	0,0259	0,0259	0,0259
Độ xốp		0,485	0,485	0,485	0,485
Độ ẩm cây héo	wfps	0,2	0,2	0,2	0,2
Độ ẩm đồng ruộng	wfps	0,4	0,4	0,4	0,4
Khả năng tiêu nước		0,5	0,5	0,5	0,5
Khả năng giữ nước	m	9,99	9,99	9,99	9,99
Chỉ số độ mặn của đất		0	0	0	0
Hàm lượng nitrat ban đầu ở tầng đất mặt	mg/kg	0,5	0,5	0,5	0,5
Hàm lượng amoni ban đầu ở tầng đất mặt	mg/kg	0,05	0,05	0,05	0,05
pH _{KCl} tầng đất mặt		5,5	5,5	5,5	5,5
Chỉ số hoạt động của vi sinh vật		0,75	1	1	0,3
Hàm lượng C trong đất (OC)	kgC/kg	0,05	0,05	0,05	0,05

Kết luận

Nghiên cứu về độ nhạy các thông số và hiệu chỉnh mô hình DNDC trên đối tượng là 4 loại đất trồng lúa của vùng Đồng bằng sông Hồng: phù sa, mặn, phèn, xám trong 2 vụ đông xuân và mùa, nhóm tác giả rút ra một số kết luận:

Đối với phát thải CH_4 , các thông số: dung trọng, tỷ lệ sét, chỉ số hoạt động của vi sinh vật, SOC, nhiệt độ, độ dẫn điện, lượng phân đạm, độ xốp có độ nhạy cao; các thông số: pH_{KCl}, khả năng tiêu nước, khả năng giữ nước, độ ẩm đồng ruộng, nồng độ nitrat và amoni ban đầu ở tầng đất mặt và lượng mưa ảnh hưởng không nhiều tới sự phát thải CH_4 ; các thông số: độ ẩm cây héo và chỉ số độ mặn không ảnh hưởng tới sự phát thải CH_4 .

Đối với phát thải N_2O , các thông số: lượng phân chuồng, tỷ lệ sét, chỉ số hoạt động của vi sinh vật, pH, nồng độ nitrat ban đầu ở tầng đất mặt, dung trọng, SOC, độ ẩm đồng ruộng, độ xốp, khả năng giữ nước là các thông số ảnh hưởng nhiều tới sự phát thải N_2O ; các thông số: khả năng tiêu nước, độ dẫn điện, nồng độ amoni ban đầu ở tầng đất mặt, nhiệt độ, lượng phân đạm và lượng mưa ảnh hưởng không nhiều tới sự phát thải CH_4 ; các thông số: độ ẩm cây héo và chỉ số độ mặn không ảnh hưởng tới sự phát thải N_2O .

Kết quả hiệu chỉnh mô hình DNDC cho thấy, mô hình đã cho kết quả tính toán thống nhất với giá trị đo thực tế, được chứng minh bằng giá trị của R^2 vụ xuân và vụ mùa đạt tới 0,86 và 0,79, NSI đạt 0,82 và 0,77 đối với CH_4 ; giá trị R^2 vụ xuân và vụ mùa đạt tới 0,62 và 0,69, NSI đạt 0,69 và 0,76 đối với N_2O . Sau hiệu chỉnh, mô hình có thể được sử dụng để mô phỏng tính toán phát thải KNK cho toàn vùng Đồng bằng sông Hồng với các kịch bản khác nhau bằng bộ thông số chuẩn mà mô hình đã hiệu chỉnh.

LỜI CẢM ƠN

Tập thể tác giả cảm ơn đề tài “Nghiên cứu xây dựng hệ số phát thải KNK quốc gia cho cây lúa và các loại cây trồng

cạn chủ yếu phục vụ kiểm kê KNK và xây dựng các giải pháp giảm nhẹ phát thải KNK của ngành nông nghiệp”, mã số BĐKH.21/16-20 thuộc Chương trình khoa học và công nghệ cấp quốc gia về tài nguyên môi trường và biến đổi khí hậu đã hỗ trợ về số liệu để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. Li, S. Frolking, T.A. Frolking (1992), “A model of Nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: model structure and sensitivity”, *Geophysical Research*, **97**, pp.9759-9776.
- [2] C. Li, S. Frolking, R. Harris (1994), “Modelling carbon biogeochemistry in agricultural soils”, *Global Biogeochemical Cycles*, **8**, pp.237-254.
- [3] C. Li, A. Mosier, R. Wassmann, Z. Cai, X. Zheng, Y. Huang, H. Tsuruta, J. Boonjawat, R. Lantin (2004), “Modeling greenhouse gas emissions from rice - based production systems: sensitivity and upscaling”, *Global Biogeochemical Cycles*, **18**, DOI: 10.1029/2004GB1043.
- [4] H. Pathak, C. Li, R. Wassmann (2005), “Greenhouse gas emissions from Indian rice fields: calibration and upscaling using the DNDC model”, *Biogeosciences*, **2**, pp.113-123.
- [5] Y.J. Babu, C.S. Li, S. Frolking, D.R. Nayak, T.K. Adhya (2006), “Field validation of DNDC model for methane and nitrous oxide emissions from rice - based production systems of India”, *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, **74**, pp.157-174.
- [6] Y. Zhang, Y.Y. Wang, S.L. Su, C. Li (2011), “Quantifying methane emissions from rice paddies in Northeast China by integrating remote sensing mapping with a biogeochemical model”, *Biogeosciences*, **8**(5), pp.122-123.
- [7] T. Fumoto, T. Yanagihara, T. Saito, K. Yagi (2010), “Assessment of the methane mitigation potentials of alternative water regimes in rice fields using a process-based biogeochemistry model”, *Global Change Biology* **16**(6), pp.1847-1859, DOI: 10.1111/j.1365-2486.2009.02050.
- [8] W. Salas (2013), “C-AGG DNDC modeling update: applied geosolutions and DNDC applications”, *Research and Training*, http://c-agg.org/cm_vault/files/docs/Salas-C-AGG_March2013.pdf.
- [9] Lục Thị Thanh Thêm, Mai Văn Trinh (2016), “Ứng dụng mô hình DNDC tính toán phát thải KNK trong canh tác lúa nước trên đất phù sa, đất mặn vùng đồng bằng ven biển tỉnh Nam Định”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, **10**(71), tr.82-86.
- [10] Ngô Đức Minh (2018), *Nghiên cứu mô phỏng sự phát thải KNK (CH_4 , N_2O) trong môi trường đất lúa lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn, tỉnh Quảng Nam*, Luận án tiến sĩ khoa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [11] Nguyễn Lê Trang (2019), *Nghiên cứu sự phát thải KNK trong canh tác lúa nước tại Nam Định và đề xuất các giải pháp giảm thiểu*, Luận án tiến sĩ khoa học, Viện Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu.
- [12] P. Krause, D.P. Boyle and F. Base (2005), “Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment”, *Advances in Geoscience*, **5**, pp.89-97, DOI: 10.5194/adgeo-5-89-2005.
- [13] J.E. Nash and J.V. Sutcliffe (1970), “River flow forecasting through conceptual models, Part 1. A discussion of principles”, *Journal of Hydrology* **10**(3), pp.282.
- [14] R.L. Sass, F.M. Fisher, P.A. Harcombe, F.T. Tumer (1990), “Methane production and emission in a Texas rice field”, *Global Biogeochem. Cycles*, **4**, pp.7-68.
- [15] K. Yagi, H. Tsuruta, K. Kanda, K. Minami (1996), “Effect of water management on methane emission from Japanese rice paddy field: automated methane monitoring”, *Global Biogeochem. Cycles*, **10**, pp.255-267.
- [16] T.K. Adhya, A.K. Rath, P.K. Gupta, P.R. Rao, S.N. Das, K.M. Parida, D.C. Parasher, N. Sethunathan (1994), “Methane emission from flooded rice fields under irrigated conditions”, *Biol. Fert. Soils*, **18**, pp.245-248.
- [17] W.F. Lu, W. Chen, B.W. Duan, W.M. Guo, Y. Lu, R.S. Lantin, R. Wassmann, H.U. Neue (2000), “Methane emissions and mitigation options in irrigated rice fields in southeast China”, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **58**, pp.65-73.
- [18] T.B. Sapkota, M. Rai, L.K. Singh, M.K. Gathala, M.L. Jat, J.M. Sataliya, D. Bijarniya, M.K. Jat, R.K. Jat, C.M. Parihar, P. Kapoor, H.S. Jat, R.S. Dadarwal, P.C. Sharma, D.K. Sharma (2011), *Greenhouse gas measurement from smallholder production systems: Guidelines for static chamber method*, International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) and Indian Council of Agricultural Research (ICAR), New Delhi, India.
- [19] C. Li (2000), “Modelling trace gas emissions from agricultural ecosystems”, *Nutrients Cycling in Agro-ecosystems*, **58**, pp.259-276.
- [20] R. Wassmann, R.S. Lantin, H.U. Neue, L.V. Buendia, T.M. Corton, Y. Lu (2000), “Characterization of methane emissions from rice fields in Asia. III. Mitigation options and future research needs”, *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **58**, pp.23-36.
- [21] C. Li, V. Narayanan, R. Harriss (1996), “Model estimate of N_2O emissions from agricultural lands in the United States”, *Global Bio-geophysical Cycles*, **10**, pp.297-306.
- [22] A.F. Bouwman, L.J.M. Boumans and N.H. Batjes (2002), “Emissions of N_2O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data”, *Global Biogeochem. Cycles*, **16**(4), DOI: 10.1029/2001GB001811.