

**BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU**

BÙI THỊ THU TRANG

**NGHIÊN CỨU PHÁT THẢI KHÍ CH₄ VÀ N₂O
TRONG LĨNH VỰC TRỒNG TRỌT
VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ
QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG**

HÀ NỘI - 2021

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

NGHIÊN CỨU PHÁT THẢI KHÍ CH₄ VÀ N₂O
TRONG LĨNH VỰC TRỒNG TRỌT
VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

LUẬN ÁN TIẾN SĨ
NGÀNH: QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
MÃ SỐ: 9850101

Tác giả luận án

Người hướng dẫn 1

Người hướng dẫn 2

Bùi Thị Thu Trang

PGS.TS. Mai Văn Trinh

TS. Đinh Thái Hưng

HÀ NỘI - 2021

LỜI CAM ĐOAN

Tác giả xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của bản thân tác giả, được hoàn thành dưới sự hướng dẫn của PGS.TS. Mai Văn Trinh và TS. Đinh Thái Hưng. Các kết quả nghiên cứu và các kết luận trong luận án này là trung thực, không sao chép từ bất kỳ một nguồn nào và dưới bất kỳ hình thức nào. Việc tham khảo các nguồn tài liệu đã được thực hiện trích dẫn và ghi nguồn tài liệu tham khảo đúng quy định.

Tác giả Luận án

Bùi Thị Thu Trang

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, tác giả xin trân trọng cảm ơn Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, Viện Môi trường Nông nghiệp, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tác giả trong quá trình nghiên cứu và hoàn thành luận án.

Với lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc, tác giả xin gửi lời cảm ơn đặc biệt tới hai thầy hướng dẫn là PGS.TS. Mai Văn Trinh và TS. Đinh Thái Hưng đã tận tình giúp đỡ tác giả từ những bước đầu tiên xây dựng hướng nghiên cứu, cũng như trong suốt quá trình nghiên cứu và hoàn thiện luận án. Hai thầy luôn ủng hộ, động viên và hỗ trợ những điều kiện tốt nhất để tác giả hoàn thành luận án.

Tác giả xin gửi lời cảm ơn tới Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Tổng cục đất đai, Viện Thổ nhưỡng Nông hóa, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam đã cung cấp tài liệu, số liệu cần thiết cho việc hoàn thành nghiên cứu của tác giả. Tác giả chân thành cảm ơn các chuyên gia, các nhà khoa học từ nhiều đơn vị, cơ quan, viện nghiên cứu đã có những góp ý khoa học cũng như hỗ trợ nguồn tài liệu, số liệu cho tác giả trong suốt quá trình thực hiện luận án.

Cuối cùng, tác giả xin gửi lời cảm ơn chân thành và sâu sắc nhất tới những người thân yêu trong gia đình, bạn bè, đồng nghiệp đã luôn ở bên cạnh, động viên về tinh thần, chia sẻ những khó khăn, tạo điều kiện tốt nhất để tác giả hoàn thành tốt nhất luận án của mình.

Tác giả luận án

Bùi Thị Thu Trang

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT.....	vii
DANH MỤC BẢNG	viii
DANH MỤC HÌNH.....	x
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của luận án	1
2. Mục tiêu của luận án	3
3. Đối tượng, phạm vi và nội dung nghiên cứu	3
3.1. Đối tượng nghiên cứu.....	3
3.2. Phạm vi nghiên cứu.....	3
3.3. Nội dung nghiên cứu	3
4. Các luận điểm bảo vệ	4
5. Những đóng góp mới của luận án	4
6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.....	5
6.1. Ý nghĩa khoa học	5
6.2. Ý nghĩa khoa học	5
7. Cấu trúc của luận án.....	6
CHƯƠNG I: TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TỪ LĨNH VỰC TRỒNG TRỌT	7
1.1. Tổng quan về phát thải khí nhà kính.....	7
1.1.1. Một số khái niệm.....	7
1.1.2. Nguyên nhân và các nguồn phát thải khí nhà kính	8
1.1.3. Hiện trạng phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực trồng trọt.....	11
1.1.4. Cơ chế hình thành và giải phóng khí CH ₄ và N ₂ O.....	13

1.2. Tổng quan về phương pháp quan trắc tính toán phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực trồng trọt	19
1.2.1. Phát thải khí nhà kính trong canh tác lúa.....	19
1.2.2. Phát thải khí nhà kính từ canh tác cây trồng cạn hàng năm.....	23
1.3. Tổng quan về phương pháp mô hình hoá và phân tích không gian tính toán phát thải KNK trong lĩnh vực trồng trọt.....	29
1.3.1. Các mô hình tiềm năng có thể sử dụng tính toán phát thải khí nhà kính	29
1.3.2. Kết hợp sử dụng mô hình DNDC và phân tích không gian trong nghiên cứu phát thải khí nhà kính trên Thế giới	35
1.3.3. Kết hợp mô hình DNDC và phân tích không gian trong nghiên cứu phát thải khí nhà kính tại Việt Nam	38
1.4. Tổng quan hiện trạng các biện pháp canh tác giảm phát thải khí nhà kính tại vùng đồng bằng sông Hồng.....	42
1.4.1. Hiện trạng các biện pháp canh tác lúa giảm phát thải khí nhà kính	42
1.4.2. Hiện trạng các biện pháp canh tác cây trồng cạn hàng năm giảm phát thải khí nhà kính.....	45
1.5. Tổng quan vùng đồng bằng sông Hồng	47
1.5.1. Vị trí địa lý, điều kiện tự nhiên	47
1.5.2. Hiện trạng sử dụng đất vùng đồng bằng sông Hồng.....	48
1.5.3. Tính chất đất vùng đồng bằng sông Hồng	50
TIỂU KẾT CHƯƠNG I.....	54
CHƯƠNG II: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TRONG LĨNH VỰC TRỒNG TRỌT TẠI VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG	55
2.1. Trình tự các bước tiến hành nghiên cứu	55
2.2. Phương pháp nghiên cứu.....	58
2.2.1. Phương pháp thu thập và tổng hợp số liệu.....	59

2.2.2. Phương pháp quan trắc, lấy mẫu và phân tích mẫu khí	61
2.2.3. Phương pháp lấy mẫu đất và phân tích mẫu đất	73
2.2.4. Phương pháp mô hình hóa sử dụng mô hình DNDC	73
2.2.5. Phương pháp phân tích không gian sử dụng hệ thống thông tin địa lý	82
2.2.6. Phương pháp xử lý số liệu.....	84
TIỂU KẾT CHƯƠNG II	85
CHƯƠNG III: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH	
TỪ ĐẤT TRỒNG LÚA VÀ CÂY TRỒNG CẠN HÀNG NĂM TẠI	
VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG.....	86
3.1. Đặc tính lý hóa của đất tại các điểm thí nghiệm	86
3.2. Phát thải CH_4 và N_2O từ đất trồng lúa và ngô tại các điểm thí nghiệm... ..	88
3.2.1. Phát thải CH_4 từ đất trồng lúa	88
3.2.2. Phát thải N_2O từ đất trồng lúa	90
3.2.3. Diễn biến phát thải CH_4 và N_2O từ bốn loại đất chính trồng lúa.....	92
3.2.4. Phát thải N_2O từ cây ngô trên đất phù sa sông Hồng.....	97
3.3. Đánh giá độ nhạy, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình DNDC phục vụ tính toán phát thải khí nhà kính	100
3.3.1. Độ nhạy của các thông số đối với phát thải CH_4	101
3.3.2. Độ nhạy của của các thông số đối với phát thải N_2O	103
3.3.3. Hiệu chỉnh mô hình DNDC phục vụ tính toán phát thải KNK.....	109
3.3.4. Bộ thông số sau khi hiệu chỉnh mô hình DNDC	112
3.3.5. Kiểm định mô hình DNDC	112
3.4. Xây dựng bộ số liệu đầu vào cho mô hình.....	114
3.4.1. Số liệu khí tượng	114
3.4.2. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất vùng Đồng bằng sông Hồng	119
3.4.3. Bản đồ đất vùng Đồng bằng sông Hồng	121
3.4.4. Bản đồ tổ hợp Khí tượng - Đất - Sử dụng đất.....	124

3.5. Phát thải khí nhà kính từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm theo không gian	127
3.5.1. Phát thải khí nhà kính theo loại đất.....	127
3.5.2. Tiềm năng nóng lên toàn cầu	131
3.5.3. Bản đồ phát thải khí nhà kính từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm vùng Đồng bằng sông Hồng	135
TIỂU KẾT CHƯƠNG III.....	144
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	146
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ.....	148
LIÊN QUAN TỚI LUẬN ÁN.....	148
TÀI LIỆU THAM KHẢO	150
PHỤ LỤC	166

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tên tiếng Việt và tiếng Anh
BĐKH	: Biến đổi khí hậu
DNDC	: Mô hình đề nitrat - phân hủy (DeNitrification-DeComposition)
ĐBSH	: Đồng bằng sông Hồng
EEA	: Cục Bảo vệ Môi trường châu Âu (European Environment Agency)
FAO	: Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên hợp quốc (Food and Agriculture Organization)
GIS	: Hệ thống thông tin địa lý (Geographic Information System)
GWP	: Tiềm năng ấm lên toàn cầu (Global Warming Potential)
IPCC	: Ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (Intergovernmental Panel on Climate Change)
KNK	: Khí nhà kính
PTNT	: Phát triển nông thôn
LULUCF	: Sử dụng đất, Thay đổi sử dụng đất và Lâm nghiệp (Land Use, Land Use Change and Forestry)
TNMT	: Tài Nguyên và Môi trường
UNFCCC	: Công ước khung Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu (United Nations Framework Convention on Climate Change)
US EPA	: Cục bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (United States Environmental Protection Agency)
VSV	: Vi sinh vật

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1: Giá trị quy đổi tiềm năng nóng lên toàn cầu của một số KNK chính	8
Bảng 1.2: Phát thải khí nhà kính năm 2014 trong lĩnh vực nông nghiệp	12
Bảng 1.3: Phát thải khí nhà kính từ canh tác lúa tại Việt Nam năm 2014.....	23
Bảng 1.4: Hiện trạng áp dụng các công nghệ tăng trưởng xanh trong lĩnh vực trồng trọt.....	46
Bảng 1.5: Hiện trạng sử dụng đất tại vùng đồng bằng sông Hồng năm 2019	49
Bảng 2.1: Các phương pháp nghiên cứu được sử dụng trong luận án.....	58
Bảng 2.2: Thông tin các trạm khí tượng	60
Bảng 2.3: Thông tin các điểm nghiên cứu phát thải KNK trong canh tác lúa	63
Bảng 2.4: Mức bón phân tại các điểm nghiên cứu phát thải từ lúa	64
Bảng 2.5: Diện tích gieo trồng các loại cây trồng cạn hàng năm tại vùng Đồng bằng sông Hồng.....	65
Bảng 2.6: Đặc tính của giống ngô LVN17	66
Bảng 2.7: Lịch bón phân cho giống ngô LVN17 tại Đan Phượng, Hà Nội....	67
Bảng 2.8: Thời gian vụ xuân, vụ mùa tại các điểm thí nghiệm	69
Bảng 2.9: Lịch lấy mẫu khí để đo phát thải trên ruộng ngô theo thời gian sinh trưởng và các giai đoạn bón phân tại điểm nghiên cứu	71
Bảng 2.10: Phương pháp phân tích mẫu đất	73
Bảng 2.11: Các kịch bản sử dụng để đánh giá độ nhạy của mô hình	80
Bảng 3.1. Đặc tính lý hoá đất tại các điểm nghiên cứu trước thí nghiệm.....	87
Bảng 3.2: Phát thải KNK theo giai đoạn sinh trưởng và tổng lượng phát thải KNK trong cả vụ canh tác ngô trên đất phù sa	100
Bảng 3.3: So sánh kết quả phát thải CH ₄ và N ₂ O từ đo thực tế trên đất trồng lúa và từ mô hình DNDC tại 10 điểm nghiên cứu	109
Bảng 3.4: Bộ thông số của mô hình sau khi hiệu chỉnh.....	112

Bảng 3.5: So sánh kết quả phát thải CH_4 và N_2O từ đo thực tế trên đất trồng lúa và từ mô hình DNDC với 4 công thức điểm thí nghiệm.....	113
Bảng 3.6: Thông tin vị trí các trạm khí tượng tại khu vực nghiên cứu.....	116
Bảng 3.7: Đặc trưng khí hậu của các trạm giai đoạn 2010-2020.....	118
Bảng 3.8: Diện tích đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm theo tỉnh.....	119
Bảng 3.9: Diện tích các loại đất trồng lúa tại vùng ĐBSH.....	121
Bảng 3.10: Diện tích đất trồng các loại cây trồng cận hàng năm tại vùng ĐBSH	122
Bảng 3.11: Các tổ hợp khí tượng – đất – sử dụng đất.....	124
Bảng 3.12: Phát thải CH_4 và N_2O từ các loại đất trồng lúa chính và vùng ảnh hưởng của các trạm khí tượng vùng ĐBSH.....	127
Bảng 3.13: Phát thải N_2O từ các loại đất chính trồng cây trồng cận hàng năm	130
Bảng 3.14: Tổng lượng phát thải khí nhà kính tương đương từ đất trồng lúa theo các vùng thuộc trạm khí tượng.....	131
Bảng 3.15: Phát thải N_2O và CO_2 đ theo các vùng ảnh hưởng khí hậu và các loại đất chính trồng cây trồng cận hàng năm	134

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Các phản ứng trong đất do hoạt động của vi sinh vật trong các điều kiện thế oxy hóa khử tiềm năng (Eh).....	14
Hình 1.2: Sơ đồ mô tả quá trình phát thải CH_4	16
Hình 1.3: Sơ đồ mô tả quá trình Nitrat hóa và phản Nitrat hóa.....	17
Hình 1.4: Sơ đồ mô tả quá trình phát thải CH_4 và N_2O	19
Hình 1.5: Thiết bị đo khí nhà kính cho lúa tại Nhật Bản.....	21
Hình 1.6: Thiết bị đo khí nhà kính cho lúa và cây trồng cạn tại Ấn Độ.....	21
Hình 1.7: Lấy mẫu KNK từ đất trồng cao lương tại Ft. Collins, Colorado, Mỹ	25
Hình 1.8: Lấy mẫu KNK từ đất trồng cây cao lương tại Texas, Mỹ	25
Hình 1.9: Lấy mẫu KNK sử dụng kỹ thuật buồng tự động và thủ công trong trồng mía tại Queensland, Australia.....	25
Hình 1.10: Lấy mẫu KNK qua các hộp đo khí thủ công tại vườn mận ở các vị trí khác nhau tại California, Mỹ	25
Hình 1.11: Lấy mẫu khí phân tích N_2O phát thải từ đất ở vườn trồng nho tại California, Mỹ	25
Hình 1.12: Thiết kế vị trí lấy mẫu khí nhà kính toàn trang trại cà phê theo sự phân bố không gian của cây trồng và sử dụng chất dinh dưỡng.....	26
Hình 1.13: Chân đế được đặt ở giữa hai luống (trái) và đặt ở trên luống (phải)	28
Hình 1.14: Bản đồ vùng đồng bằng sông Hồng và vị trí địa lý của vùng.....	53
Hình 2.1: Sơ đồ trình tự các bước nghiên cứu	57
Hình 2.2: Bản vẽ thiết kế hộp đo phát thải cho cây lúa và chân hộp.....	68
Hình 2.3: Bản vẽ thiết kế hộp đo khí và chân hộp đo khí phục vụ lấy mẫu khí trên ruộng ngô	70
Hình 2.4: Mô tả cấu trúc của mô hình DNDC	75
Hình 2.5: Sơ đồ các bước chạy mô hình DNDC.....	78
Hình 2.6: Sơ đồ xây dựng bản đồ phân bố phát thải.....	83

Hình 3.1: Phát thải CH_4 từ đất trồng lúa tại các điểm đo trong vụ xuân và mùa ...	88
Hình 3.2: Diễn biến phát thải CH_4 trung bình từ đất trồng lúa trong vụ xuân	89
Hình 3.3: Diễn biến phát thải CH_4 trung bình từ đất trồng lúa trong vụ mùa	90
Hình 3.4: Phát thải N_2O từ đất trồng lúa tại các điểm đo trong vụ xuân và mùa ...	90
Hình 3.5: Diễn biến phát thải N_2O trung bình từ đất trồng lúa trong vụ xuân	91
Hình 3.6: Diễn biến phát thải N_2O trung bình từ đất trồng lúa trong vụ mùa	92
Hình 3.7: Diễn biến phát thải CH_4 từ bốn loại đất trồng lúa trong vụ xuân ...	93
Hình 3.8: Diễn biến phát thải CH_4 từ bốn loại đất trồng lúa trong vụ mùa	94
Hình 3.9: Diễn biến phát thải N_2O từ bốn loại đất trồng lúa trong vụ xuân ...	96
Hình 3.10: Diễn biến phát thải N_2O từ bốn loại đất trồng lúa trong vụ mùa ..	96
Hình 3.11: Diễn biến phát thải N_2O từ đất phù sa trồng ngô sau khi bón lót .	98
Hình 3.12. Diễn biến phát thải N_2O từ đất phù sa trồng ngô vụ đông.....	99
Hình 3.13: Ảnh hưởng của sự thay đổi các thông số mô hình đến phát thải CH_4	103
Hình 3.14: Ảnh hưởng của sự thay đổi của thông số đến phát thải N_2O	106
Hình 3.15: So sánh phát thải CH_4 tính toán và đo thực địa trong vụ xuân (a) và vụ mùa (b) phục vụ hiệu chỉnh mô hình	111
Hình 3.16: So sánh phát thải N_2O tính toán và đo thực địa trong vụ xuân (a) và vụ mùa (b) phục vụ hiệu chỉnh mô hình	111
Hình 3.17: Tương quan giữa phát thải CH_4 tính toán và đo thực địa trong vụ xuân và vụ mùa	114
Hình 3.18: Tương quan giữa phát thải N_2O tính toán và đo thực địa trong vụ xuân và vụ mùa	114
Hình 3.19: Bản đồ vị trí các trạm khí tượng	117
Hình 3.20: Bản đồ hiện trạng sử dụng đất vùng Đồng bằng sông Hồng.....	120
Hình 3.21: Bản đồ đất vùng Đồng bằng sông Hồng.....	123
Hình 3.22: Bản đồ tổ hợp Khí tượng – Đất- Sử dụng đất vùng ĐBSH	126
Hình 3.23: Bản đồ phát thải CH_4 từ đất trồng lúa vùng ĐBSH (kg/ha/năm)	137

Hình 3.24: Bản đồ phát thải N_2O từ đất trồng lúa vùng ĐBSH (kg/ha/năm)	138
Hình 3.25: Bản đồ phát thải N_2O từ đất trồng cây trồng cận hàng năm vùng ĐBSH (kg/ha/năm).....	139
Hình 3.26: Bản đồ tổng lượng phát thải KNK quy đổi từ đất lúa vùng ĐBSH (kgCO ₂ tđ/ha/năm)	141
Hình 3.27: Bản đồ tổng lượng phát thải KNK quy đổi từ đất trồng cây trồng cận hàng năm vùng ĐBSH (kgCO ₂ tđ/ha/năm)	142
Hình 3.28: Bản đồ tổng lượng phát thải KNK quy đổi từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm vùng ĐBSH (kgCO ₂ tđ/ha/năm).....	143

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Phát thải khí nhà kính (KNK) trong sản xuất nói chung và trong nông nghiệp nói riêng đã trở thành vấn đề toàn cầu. Đặc biệt, đối với Việt Nam, một trong những Quốc gia có sản xuất nông nghiệp là sinh kế chính của người dân và chiếm tỉ lệ diện tích đất tự nhiên lớn, phân bố ở những vùng có nguy cơ tác động lớn của biến đổi khí hậu (BĐKH) như ven biển, đất thấp và đồi núi có địa hình hạn chế tưới tiêu thì sản xuất nông nghiệp là ngành chịu tác động nặng nề của biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, với đặc điểm sản xuất có phát thải ra các loại KNK gây nóng lên toàn cầu thì sản xuất nông nghiệp cũng là một nguồn có phát thải KNK lớn, gây biến đổi khí hậu. Kết quả kiểm kê khí nhà kính Quốc gia năm 2014 theo lĩnh vực (Bộ TNMT, 2019) cho biết phát thải từ ngành nông nghiệp là 89.751,8 nghìn tấn CO_2 tương đương ($\text{CO}_2\text{tđ}$), chiếm 27,92% tổng lượng phát thải KNK quốc gia. Trong đó, nguồn phát thải lớn nhất là CH_4 từ quá trình canh tác lúa nước, chiếm tới 49,4% tổng phát thải của ngành nông nghiệp. Nguồn phát thải KNK chính thứ 2 là từ phát thải khí N_2O từ đất nông nghiệp. Tiểu lĩnh vực này đóng góp 27,8% tổng phát thải từ lĩnh vực nông nghiệp. Mặc dù, Việt Nam không phải là quốc gia nằm trong danh mục các quốc gia phải cắt giảm KNK (Phụ lục B, Nghị định thư Kyoto), nhưng nhiều hoạt động về ứng phó với biến đổi khí hậu (BĐKH) và giảm nhẹ phát thải KNK đã được Việt Nam hưởng ứng và triển khai từ sớm. Việt Nam đặt mục tiêu đến năm 2030, bằng nguồn lực trong nước, sẽ giảm 8% tổng lượng phát thải KNK so với kịch bản phát triển thông thường và có thể tăng lên thành 25% khi có sự hỗ trợ quốc tế thông qua hợp tác song phương, đa phương và thực hiện các cơ chế mới trong Thỏa thuận khí hậu toàn cầu. Do đó, để đánh giá được lượng phát thải KNK từ đất nông nghiệp làm cơ sở phục vụ quản lý nhà nước về giảm phát thải KNK ở Việt Nam, việc nghiên cứu xác định tiềm năng giảm phát thải KNK trong nông nghiệp là rất cần thiết, để từ đó đề xuất các giải pháp ứng phó với BĐKH và góp phần xây dựng chiến lược phát triển xanh của ngành và Chính phủ.

Mặc dù công tác kiểm kê KNK của Quốc gia được triển khai lần đầu tiên vào năm 1994 và đến nay đã là thông báo Quốc gia lần thứ 3 về phát thải KNK nhưng

việc tính toán kiểm kê KNK của Việt Nam cho đến nay vẫn chủ yếu sử dụng các hệ số phát thải theo phương pháp bậc 1, mặc định do IPCC đưa ra (IPCC, 1997). Các hệ số phát thải này không thể hiện được sự khác nhau về các yếu tố địa hình, khí hậu, thổ nhưỡng, cây trồng, mức độ thâm canh của cây trồng. Trên thực tế, việc lượng hóa chính xác phát thải KNK từ canh tác lúa cũng như các cây trồng khác khá phức tạp do biến động về khí hậu và đất đai theo không gian, cây trồng và các biện pháp canh tác. Trong khi việc quan trắc, đo đạc phát thải KNK ngoài thực địa rất phức tạp, đòi hỏi nhiều nguồn lực về thiết bị, kinh phí và con người thì việc áp dụng mô hình toán trong định lượng mức phát thải KNK là giải pháp khoa học và khả thi, có thể đáp ứng cả yêu cầu về kỹ thuật như tính toán phát thải cho cả về không gian và thời gian với độ chính xác tương đối cao, ổn định và trong mọi điều kiện của sinh thái, đất đai, cây trồng và các biện pháp canh tác. Mô hình DNDC (DeNitrification- DeComposition) là công cụ đã được ứng dụng khá nhiều trong tính toán phát thải KNK từ các hệ sinh thái nông nghiệp trên Thế giới và đang dần được quan tâm tại Việt Nam. Mô hình DNDC cho phép tính toán cân bằng các bon và đạm trong đất và sự phát thải một số khí nhà kính như CO_2 , CH_4 , N_2O từ các điều kiện sinh thái nông nghiệp, khí hậu, đất đai, cây trồng và biện pháp canh tác theo các bước thời gian ngày và theo công thức luân canh hàng năm (Mai Văn Trinh, 2013).

Từ những lý do trên, đề tài luận án: ***“Nghiên cứu phát thải khí CH_4 và N_2O trong lĩnh vực trồng trọt vùng Đồng bằng sông Hồng”*** được lựa chọn thực hiện, nhằm mục đích tính toán và xác định hiện trạng phát thải KNK trong lĩnh vực trồng trọt, làm cơ sở để tính toán một cách chính xác phát thải KNK trong nông nghiệp theo không gian dựa vào sự thay đổi của từng vùng khí hậu khác nhau, từng loại đất và từng loại hình canh tác, giúp công tác kiểm kê KNK trong nông nghiệp đạt kết quả chính xác, từ đó cung cấp bộ dữ liệu về phát thải KNK và xây dựng được các phương án giảm phát thải KNK và giảm nhẹ BĐKH được tốt hơn.

2. Mục tiêu của luận án

Nghiên cứu được hướng đến các mục tiêu sau:

- Xác định được lượng phát thải khí nhà kính từ hoạt động canh tác lúa và các cây trồng cận hàng năm tại vùng đồng bằng sông Hồng.
- Xây dựng được bản đồ phát thải khí nhà kính cho các vùng trồng lúa và các cây trồng cận hàng năm theo các điều kiện khí hậu và đất đai khác nhau tại vùng đồng bằng sông Hồng.

3. Đối tượng, phạm vi và nội dung nghiên cứu

3.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu triển khai trên các đối tượng là cây lúa, cây ngô và các cây trồng cận hàng năm khác; các loại đất chính như đất phù sa, đất xám, đất mặn, đất phèn thuộc vùng ĐBSH; các khí nhà kính gồm khí mê-tan (CH_4) và khí oxit nitơ (N_2O) phát thải từ đất trồng lúa nước và và khí oxit nitơ (N_2O) phát thải từ đất trồng cây ngô và các cây trồng cận hàng năm tại vùng Đồng bằng sông Hồng.

3.2. Phạm vi nghiên cứu

- Phạm vi không gian: Luận án triển khai nghiên cứu trên toàn vùng đồng bằng sông Hồng, trong đó, các quan trắc và đo đạc cụ thể ngoài thực địa được triển khai tại các huyện Thanh Trì và huyện Sóc Sơn, Hà Nội; huyện Hải Hậu và huyện Nghĩa Hưng, tỉnh Nam Định; thành phố Thái Bình, huyện Kiến Xương, huyện Vũ Thư và huyện Tiền Hải, tỉnh Thái Bình; huyện Nam Sách, tỉnh Hải Dương; và đất phù sa sông Hồng trồng ngô tại Đan Phượng, Hà Nội.

- Phạm vi thời gian: Từ tháng 1/2016 đến tháng 10/2021.

3.3. Nội dung nghiên cứu

Để đạt được các mục tiêu đề ra, nghiên cứu đã triển khai các nội dung chính sau:

- 1) Tổng quan các nghiên cứu về phát thải KNK trong lĩnh vực trồng trọt trên Thế giới và Việt Nam;
- 2) Xây dựng phương pháp luận tính toán được lượng khí CH_4 , N_2O từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm theo các điều kiện khí hậu và đất đai khác nhau theo không gian;

3) Nghiên cứu thực trạng, diễn biến phát thải CH_4 và N_2O từ lúa trồng tại các điểm quan trắc chính tại các huyện Thanh Trì (đất phù sa, 2 lúa) và huyện Sóc Sơn (đất xám bạc màu, 2 lúa), Hà Nội, thị trấn Thịnh Long, huyện Hải Hậu (đất phù sa, 2 lúa), xã Hải Phúc, huyện Hải Hậu (đất mặn, 2 lúa) và huyện Nghĩa Hưng (đất mặn, 2 lúa), tỉnh Nam Định; thành phố Thái Bình (đất phèn, 2 lúa), huyện Vũ Thư (đất phù sa 2 lúa), huyện Kiến Xương (đất phù sa, 2 lúa 1 màu) và huyện Tiền Hải (đất mặn, 2 lúa), tỉnh Thái Bình; huyện Nam Sách (đất phù sa, 2 lúa 1 màu), tỉnh Hải Dương; và ngô trồng trên đất phù sa sông Hồng tại Đan Phượng, Hà Nội;

4) Xây dựng bộ số liệu đầu vào phục vụ tính toán phát thải KNK theo không gian: số liệu khí tượng, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ đất, bản đồ tổ hợp Khí tượng - Đất - Sử dụng đất;

5) Nghiên cứu cơ chế hoạt động của mô hình DNDC, đánh giá độ nhạy các thông số, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình phục vụ tính toán phát thải KNK cho các đối tượng cây trồng nghiên cứu tại vùng ĐBSH;

6) Nghiên cứu phát thải KNK cho các đối tượng cây trồng và phạm vi nghiên cứu.

4. Các luận điểm bảo vệ

(1) Phát thải khí nhà kính có thể khác nhau theo không gian, tùy thuộc vào sự khác nhau của các điều kiện khí hậu, loại đất, cây trồng và biện pháp canh tác (quản lý nước, phân bón), và từ đó thể định lượng, xác định được sự phân bố của chúng.

(2) Tốc độ phát thải khí nhà kính thay đổi theo thời gian, các giai đoạn sinh trưởng của cây trồng, theo sự thay đổi của các yếu tố môi trường như nhiệt độ, lượng mưa, bốc thoát hơi, chế độ nước, pH môi trường, chế độ bón phân...

(3) Có thể tính phát thải khí nhà kính một cách chính xác cho mọi điểm trong không gian khi có các dữ liệu về khí hậu, thổ nhưỡng, cây trồng và các hoạt động canh tác, và đặc biệt khi có các số liệu quan trắc thực địa.

5. Những đóng góp mới của luận án

Luận án đã làm rõ được sự phát thải KNK (CH_4 và N_2O) tùy thuộc vào các đối tượng: loại đất trồng, phương thức canh tác, tiểu vùng khí hậu theo không gian và thời gian;

Luận án đã áp dụng phương pháp mô hình hóa và phân tích không gian để tính phát thải KNK cho mọi điểm trong vùng nghiên cứu dựa trên các dữ liệu về thổ nhưỡng, khí tượng, loại cây trồng và các hình thức canh tác, được chứng minh bằng các số liệu quan trắc từ các điểm đại diện;

Luận án đã tổng hợp được các kết quả tính toán lượng phát thải KNK tại các điểm thí nghiệm và từ đó hoàn thiện được phương pháp lượng hóa lượng phát thải KNK theo không gian dựa trên các dữ liệu không gian và thời gian về khí hậu, đất đai, cây trồng, biện pháp canh tác và công cụ mô hình hóa, GIS, và từ đó xây dựng nên các bản đồ phân bố phát thải KNK cho toàn vùng ĐBSH.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

6.1. Ý nghĩa khoa học

Luận án đã nghiên cứu được thực trạng, diễn biến và cơ chế phát thải khí mê-tan (CH_4) và khí oxit nitơ (N_2O) ở các giai đoạn sinh trưởng của cây lúa canh tác trên đất phù sa, xám, mặn, phèn; thực trạng, diễn biến và cơ chế phát thải khí oxit nitơ (N_2O) ở các giai đoạn sinh trưởng của cây ngô được trồng trên đất phù sa sông Hồng.

Luận án đã đưa ra phương pháp tính toán và cung cấp các kết quả nghiên cứu, tính toán phát thải khí nhà kính cho các vùng trồng lúa và các cây trồng cận hàng năm tại vùng Đồng bằng sông Hồng với các điều kiện khí tượng và đất đai khác nhau và thể hiện kết quả qua các bản đồ.

Từ việc phân tích độ nhạy của mô hình DNDC một cách chi tiết phục vụ hiệu chỉnh mô hình, luận án đã tìm ra một bộ thông số chuẩn của mô hình phục vụ tính toán phát thải KNK. Bộ thông số này có thể rất hữu ích cho các nghiên cứu sau này kế thừa mà không cần phải nghiên cứu lặp lại, vừa tiết kiệm được nhiều nguồn lực vừa lấp đầy được các khoảng trống kiến thức mô hình hóa phát thải KNK trong nông nghiệp.

Phương pháp tính toán có thể được kế thừa và hoàn thiện cho tính phát thải và bản đồ phân bố phát thải cho các vùng sản xuất nông nghiệp khác dựa trên các yếu tố đầu vào như khí hậu, đất đai, cây trồng và các biện pháp canh tác của vùng mục tiêu. Rút gọn rất nhiều thời gian nghiên cứu và phát triển phương pháp cho vùng nghiên cứu.

6.2. Ý nghĩa thực tiễn

Cung cấp kết quả về tính toán phát thải và phân bố phát thải KNK trên diện tích trồng lúa và cây trồng cận hàng năm của toàn vùng ĐBSH.

Các kết quả tính toán phát thải và phân bố phát thải có thể sử dụng cho công tác kiểm kê phát thải KNK và xây dựng các giải pháp giảm phát thải KNK cho lĩnh vực sản xuất trồng trọt vùng ĐBSH.

7. Cấu trúc của luận án

Luận án gồm các phần chính như sau:

Phần mở đầu;

Chương 1: Tổng quan nghiên cứu về phát thải khí nhà kính từ lĩnh vực trồng trọt;

Chương 2: Phương pháp nghiên cứu phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực trồng trọt tại vùng đồng bằng sông Hồng;

Chương 3: Kết quả nghiên cứu phát thải khí nhà kính từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm vùng đồng bằng sông Hồng;

Kết luận và kiến nghị;

Tài liệu tham khảo.

CHƯƠNG I: TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TỪ LĨNH VỰC TRỒNG TRỌT

1.1. Tổng quan về phát thải khí nhà kính

1.1.1. Một số khái niệm

Hiệu ứng nhà kính: Hiệu ứng nhà kính là nguyên nhân tăng nhiệt độ ở bề mặt trái đất và thay đổi dạng khí hậu. Chi tiết hơn, nhiệt độ trung bình toàn cầu được xác định bởi sự cân bằng giữa năng lượng từ mặt trời và năng lượng nhiệt từ mặt đất. Hiện tượng các tia bức xạ sóng ngắn của Mặt Trời xuyên qua bầu khí quyển đến mặt đất và được phản xạ trở lại thành các bức xạ nhiệt sóng dài rồi được một số khí trong bầu khí quyển hấp thụ từ đó làm cho khí quyển nóng lên, được gọi là hiệu ứng nhà kính. (IPCC, 2007).

Khí nhà kính (KNK): là những khí, thành phần của khí quyển, được tạo ra do tự nhiên và các hoạt động của con người. Chúng có khả năng hấp thụ các bức xạ sóng dài được phản xạ từ bề mặt Trái đất khi được chiếu sáng bằng ánh sáng mặt trời, sau đó phân tán nhiệt lại cho Trái đất, gây nên hiệu ứng nhà kính. Các KNK được qui định trong Công ước khí hậu bao gồm: các-bon đioxit (CO_2), nitơ oxit (N_2O), mê-tan (CH_4), hidro-florua-cácbon (HFCs), perfloro-cácbon (PFCs), sulfur hexaflorit (SF_6) (IPCC, 2013).

Phát thải khí nhà kính: là sự sinh ra các khí nhà kính từ bề mặt trái đất vào khí quyển và đóng góp vào hiệu ứng khí nhà kính (Collin dictionary).

Tiềm năng gây nóng lên toàn cầu (Global Warming Potential – GWP): Tiềm năng gây nóng toàn cầu của một chất KNK nào đó được định nghĩa là tỉ số đo khả năng bắt nhiệt của một đơn vị khối lượng của chất khí đó với một đơn vị khối lượng khí CO_2 trong cùng một thời gian (năm) so sánh (ngắn có thể là 20 năm, thông thường là 100 năm hoặc dài hơn đến 500 năm). Nói cách khác, GWP là một chỉ số được sử dụng để ước lượng các tác động tiềm tàng trong tương lai của các loại KNK khác nhau đối với khí hậu toàn cầu theo nghĩa tương đối (IPCC, 2001). Ví dụ: Tính trên một đơn vị khối lượng cơ sở của chất khí và trong một khoảng thời gian 100 năm, GWP của CH_4 cao gấp 28 lần so với CO_2 và GWP của N_2O cao gấp 2265 lần so với CO_2 (IPCC, 2014).

Bảng 1.1: Giá trị quy đổi tiềm năng nóng lên toàn cầu của một số KNK chính

Khí nhà kính	Công thức hóa học	Tiềm năng gây nóng lên toàn cầu trong 100 năm (GWP100)		
		SAR (IPCC, 1995)	AR4 (IPCC, 2007)	AR5 (IPCC, 2014)
Các-bon đioxit	CO ₂	1	1	1
Mê-tan	CH ₄	21	25	28
Nitơ oxit	N ₂ O	310	298	265

Căn cứ theo nguồn gốc phát sinh, mức độ phát thải tuyệt đối và xu hướng phát thải cũng như mức độ ảnh hưởng đến tổng tiềm năng phát thải KNK của các quốc gia, các nguồn phát thải được chia thành 4 nhóm chính: Năng lượng; Quy trình công nghiệp và sử dụng sản phẩm; Nông nghiệp, lâm nghiệp và sử dụng đất; Chất thải.

1.1.2. Nguyên nhân và các nguồn phát thải khí nhà kính

Các nguyên nhân chính gây gia tăng phát thải khí nhà kính được liệt kê sau đây:

- *Phát thải từ năng lượng*: Là một trong những nguồn phát thải KNK lớn nhất hiện nay với tỷ trọng lớn nhất là 53,05% tổng lượng phát thải (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2014). Phát thải trong lĩnh vực năng lượng chia thành 3 nhóm: phát thải do đốt cháy nhiên liệu hóa thạch (trong các ngành công nghiệp năng lượng, hoạt động giao thông vận tải...); Phát thải tức thời (tức là lượng khí, hơi thải ra từ các thiết bị nén do rò rỉ, không mong muốn hoặc không thường xuyên từ quá trình khai thác, chế biến, vận chuyển nhiên liệu...) và hoạt động thu hồi và lưu trữ các bon. Trong đó, phát thải từ đốt nhiên liệu hóa thạch đóng góp đến 70% tổng lượng phát thải, tiêu biểu là từ các nhà máy điện và nhà máy lọc dầu...

- *Phát thải từ các quá trình công nghiệp và sử dụng sản phẩm (IPPU)*: phát thải từ lĩnh vực IPPU phát sinh trong các quy trình xử lý công nghiệp; việc sử dụng KNK trong các sản phẩm và sử dụng các bon trong các nhiên liệu hóa thạch không nhằm mục đích sản xuất năng lượng. Trong suốt các quy trình này, nhiều loại KNK được tạo ra bao gồm: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs và PFCs. Lĩnh vực IPPU đóng góp khoảng 7% lượng khí thải tạo ra từ các nước trong phụ lục I (UNFCCC, 2008) và xấp xỉ 6% ở các nước không thuộc phụ lục I. (UNFCCC, 2005).

- *Phát thải từ nông nghiệp, lâm nghiệp và sử dụng đất*: các nguồn chủ yếu gây phát thải bao gồm phát thải CH_4 và N_2O từ chăn nuôi, trồng lúa nước, đất canh tác nông nghiệp, hoạt động đốt trong sản xuất nông nghiệp; Phát thải/hấp thụ CO_2 trong lĩnh vực nông, lâm nghiệp và thay đổi sử dụng đất. Nói chung, 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 (phần lớn là do phá rừng nhiệt đới) và CH_4 , N_2O từ trồng trọt và chăn nuôi gia súc. Tổng phát thải khí nhà kính năm 2010 trong lĩnh vực nông nghiệp Việt Nam là 89.751,8 ngàn tấn CO_2 tương đương, trong đó phát thải từ canh tác lúa nước chiếm 49,4%, từ quá trình tiêu hóa thức ăn: 10,72%, từ quản lý phân bón: 9,69%, từ đất nông nghiệp: 26,95%, từ đốt phụ phẩm nông nghiệp: 2,15 % (Bộ TNMT, 2014).

- *Phát thải từ chất thải*: Các loại KNK có thể phát sinh trong lĩnh vực chất thải bao gồm: CO_2 , CH_4 và N_2O . Các nguồn phát sinh KNK chính trong lĩnh vực chất thải được ghi nhận là từ: chôn lấp chất thải rắn; xử lý sinh học chất thải rắn; thiêu hủy và đốt theo phương thức đốt mở chất thải; xử lý và xả nước thải. Thông thường, CH_4 phát thải từ các bãi chôn lấp chất thải rắn chiếm tỷ lệ lớn nhất trong tổng lượng KNK của lĩnh vực này. CH_4 trong xả và xử lý nước thải cũng đóng một vai trò tương đối quan trọng.

Những nguồn KNK và hoạt động sau của con người gây phát thải KNK được liệt kê sau đây:

- *Các-bon đioxit (CO_2)*: đốt nhiên liệu hóa thạch, chất thải rắn, gỗ và các sản phẩm từ gỗ; sản xuất xi măng. Hoạt động của con người cũng có thể ảnh hưởng tới khả năng hấp thụ CO_2 trong khí quyển của cây xanh và đất (ví dụ phá rừng hoặc tái trồng rừng).

- *Mê-tan (CH_4)*: khai thác than, sản xuất khí đốt tự nhiên, phân hủy rác bằng cách vùi lấp trong đất, và khí thải do tiêu hóa của động vật. Ngoài ra, đầm lầy và tổ mối cũng là những nguồn chứa khí tự nhiên tiềm năng.

- *Oxit nitơ (N_2O)*: sử dụng phân đạm, sản xuất công nghiệp, đốt chất thải rắn và nhiên liệu hóa thạch.

- Chloro-fluoro-cácbon (CFC), hydro-chloro-fluoro-cácbon (HCFC), hydro-fluoro-cácbon (HFCs), perfluoro-cácbon (PFCs), sulfur hexa-fluoride (SF₆): có trong các sản phẩm thương mại, sản phẩm công nghiệp và sản phẩm gia dụng.

Nếu như sự gia tăng nồng độ khí CO₂ trong khí quyển chủ yếu do sử dụng nhiên liệu hoá thạch và thay đổi sử dụng đất, thì CH₄ và N₂O phát thải chủ yếu từ hoạt động nông nghiệp. Khí CO₂, CH₄ và N₂O là các khí nhà kính góp phần gây ra hiệu ứng ấm lên toàn cầu lần lượt ở mức 60%, 15% và 5% (IPCC, 2007). Khí CH₄ và N₂O còn liên quan đến sự suy giảm lớp ôzôn (O₃) ở tầng bình lưu của bầu khí quyển (IPCC, 1997).

Khí CH₄ hình thành chủ yếu từ sự phân hủy yếm khí các chất hữu cơ, các xác bã thực vật và động vật ở đất ngập nước và ruộng lúa, sự lên men đường ruột trong dạ dày của các loài đại gia súc móng guốc (Maunder, 1992). Các hoạt động sinh nhiều khí CH₄ gồm canh tác lúa nước, chăn nuôi, chôn lấp rác thải và sự phân hủy tự nhiên của tàn dư thực vật trong hệ sinh thái đầm lầy. Khí CH₄ còn bị rò rỉ từ trong lòng địa quyển ra khí quyển qua các hoạt động khai khoáng hoặc chế biến khoáng sản (than đá, dầu khí, ...). Đất lúa ngập nước là một trong những nguồn phát thải CH₄ đáng kể do môi trường kỵ khí trong đất lúa nước là điều kiện lý tưởng cho quá trình sản sinh và phát thải khí CH₄ (Corton, 1995).

Theo Cục Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (US EPA, 2016), hoạt động của con người đóng góp khoảng 50% lượng CH₄ trong khí quyển, còn lại là từ sự rò rỉ ở các lớp thổ nhưỡng và đại dương. Tổng lượng khí CH₄ phát thải hàng năm trên toàn cầu ước tính khoảng 30 – 60 tỉ tấn, tương đương khoảng 750 – 1.250 tỉ tấn CO₂đ (Soyez and Grab, 2008), trong đó khoảng 60% liên quan đến hoạt động của con người như nông nghiệp, sử dụng nhiên liệu hoá thạch và xử lý chất thải. Khí CH₄ được xem là khí gây hiệu ứng nhà kính quan trọng thứ hai.

Khí N₂O sản sinh từ nguồn gốc tự nhiên và từ nhân tạo (hoạt động nông nghiệp và công nghiệp). Nguồn thải N₂O chủ yếu hiện nay từ sử dụng phân bón hóa học trong nông nghiệp, do đốt các nhiên liệu hóa thạch, phân giải các hợp chất hữu cơ, sản xuất các chất nylon, đốt sinh khối, phá rừng (Li, 2000). Theo kết quả công bố bản Báo cáo Đánh giá thứ hai của IPCC (1996) về Tiềm năng gây nóng toàn cầu

(GWP), khí N_2O có khả năng giữ nhiệt trong khí quyển gấp 298 lần so với khí CO_2 trong thời gian 100 năm. Khí N_2O có khả năng hấp thụ bức xạ hồng ngoại nhưng lại kém hoạt động (khí trơ) trong tầng bình lưu. Trong tầng đối lưu N_2O bị phá huỷ bởi các nguyên tử ôxy (O) hình thành NO. Chất khí này sẽ phản ứng với O_3 dẫn đến làm phá huỷ tầng ôzôn (O_3) trong khí quyển. Vì thời gian tồn tại của N_2O trong khí quyển vào khoảng hơn 100 năm nên có ảnh hưởng lâu dài đối với nhiệt độ Trái Đất. Khí N_2O là loại khí tham gia khoảng 6-8% thành phần gây hiệu ứng nhà kính. Lượng N_2O trong khí quyển hấp thụ trong tầng bình lưu là 10,5 Tg/năm. Nồng độ N_2O trong khí quyển năm 2005 là 0,319 ppm, tăng gần 1,2 lần so với thời kỳ tiền công nghiệp (Bảng 1.2). Hàng năm, tổng lượng N_2O thải vào bầu khí quyển khoảng 17,7 Gg N_2O (Mosier và cộng sự, 1998).

1.1.3. Hiện trạng phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực trồng trọt

Nông nghiệp đóng vai trò quan trọng đối với hầu hết các quốc gia trên thế giới, đặc biệt là các nước đang phát triển. Hơn 60% dân số thế giới sống ở nông thôn và các sản phẩm nông nghiệp giúp duy trì an ninh lương thực. Ngành nông nghiệp ở Việt Nam bao gồm các lĩnh vực trồng trọt, chăn nuôi, lâm nghiệp và thủy sản. Trong đó, lĩnh vực trồng trọt đóng một vai trò quan trọng trong an ninh lương thực quốc gia, giảm nghèo và các cơ hội tạo sinh kế cho người dân cũng như cho 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 các tác động đến khí quyển, môi trường đất, nước và các hệ sinh thái tự nhiên. Liên quan đến sự ấm lên toàn cầu, nhiều nghiên cứu đã khẳng định rằng nông nghiệp chính là một trong những nguồn phát thải KNK chính và là bể chứa các-bon.

Theo IPCC 2007, ba loại KNK được quan tâm nhất trong nông nghiệp là CO_2 (45%), CH_4 (44%) và N_2O (11%); trong đó 57,5% phát thải từ canh tác lúa nước; 21,8% phát thải từ đất; 17,2% phát thải từ chăn nuôi; 3,5% từ đốt phụ phẩm nông nghiệp, đốt đồng cỏ... Trong trồng trọt, lượng phát thải KNK trung bình từ canh tác lúa là 20 tấn CO_2 td/ha, từ mía là 28 tấn CO_2 td/ha, từ đậu tương là 17 tấn CO_2 td/ha, từ sắn là 12 tấn CO_2 td/ha, từ lạc là 10 tấn CO_2 td/ha, từ ngô là 7 tấn CO_2 td/ha ... (Nguyễn Văn Bộ và cộng sự, 2016).

Tại Việt Nam, tổng lượng phát thải KNK từ lĩnh vực nông nghiệp trong năm 2014 là 89,7 triệu tấn CO₂đ. Nguồn phát thải lớn nhất vẫn là phát thải CH₄ từ canh tác lúa, là 44,2 triệu tấn CO₂đ (chiếm 50,3%). Nguồn phát thải lớn thứ hai là phát thải N₂O từ đất canh tác nông nghiệp khác với 23,95 triệu tấn CO₂đ (Bộ TNMT, 2019).

Bảng 1.2: Phát thải khí nhà kính năm 2014 trong lĩnh vực nông nghiệp

Các nguồn phát thải	Lượng phát thải KNK tương đương CO ₂ đ (1000 tấn CO ₂ đ)		
	Từ CH ₄	Từ N ₂ O	Tổng
Tiêu hóa thức ăn	10.200,6	-	10.200,6
Quản lý chất thải chăn nuôi	704,6	8.158,7	8863,0
Canh tác lúa	44.294,0	-	44.294,6
Đất canh tác nông nghiệp	-	23.955,5	23.955,5
Đốt đồng cỏ (savana)	0,9	0,1	1,0
Đốt phụ phẩm nông nghiệp ngoài đồng	2013,6	423,1	2.436,7
Tổng	57.214,3	32.537,5	89.751,8

(Nguồn: Bộ TNMT, 2019)

Như vậy, sản xuất nông nghiệp đóng góp nhiều vào việc phát thải KNK theo nhiều nguồn khác nhau, trong đó canh tác lúa là nguồn phát thải lớn trên cả thế giới, và ở Việt Nam, tác động lớn nhất chủ yếu do canh tác ngập nước thường xuyên trên ruộng gây phát thải CH₄. Duy trì phương pháp canh tác như hiện nay sẽ là một thách thức không nhỏ đối với mục tiêu cắt giảm KNK trong thỏa thuận về biến đổi khí hậu và mục tiêu hướng tới phát triển bền vững trong tương lai.

Hiện nay việc thực hiện kiểm kê KNK của các quốc gia thường theo các hướng dẫn của IPCC (IPCC 1996, 2007, 2014). Tùy từng mức độ sẵn có của số liệu đầu vào mà mỗi quốc gia có thể lựa chọn phương pháp/cấp độ tính toán (TIER) khác nhau. Hướng dẫn kiểm kê KNK của IPCC (2006) giới thiệu 3 TIER, với mức độ phức tạp và yêu cầu về dữ liệu và độ chính xác gia tăng. Các TIER này cho kết quả kiểm kê KNK với sai số trong kiểm kê từ mức độ tối đa tới mức độ tối thiểu.

Phương pháp bậc 1 (TIER 1): Là hướng dẫn đơn giản và cơ bản nhất và yêu cầu ít dữ liệu nhất. Dữ liệu tính toán và các hệ số phát thải được lấy từ nguồn dữ liệu công bố toàn cầu. Sử dụng TIER 1 để kiểm kê KNK thì kết quả có độ sai số khá cao.

Phương pháp bậc 2 (TIER 2): Tier 2 sử dụng phương pháp tiếp cận giống như TIER 1 nhưng áp dụng hệ số thay đổi phát thải dựa trên dữ liệu của từng quốc gia cụ thể với độ phân giải và chi tiết cao hơn, kết quả có độ chính xác hơn TIER 1.

Phương pháp bậc 3 (TIER 3): là phương pháp tính toán bậc cao nhất, bao gồm dữ liệu từ hệ thống quan trắc phát thải đồng bộ trên thực địa và/hoặc có thể áp dụng các mô hình để tính toán cho từng trường hợp cụ thể, với dữ liệu có độ phân giải cao được chi tiết hoá ở cấp vùng sinh thái, tỉnh hoặc huyện. Phương pháp bậc này sẽ cho kết quả ước tính với độ chắc chắn cao hơn TIER 1 và TIER 2.

Trong điều kiện Việt Nam, việc kiểm kê phát thải KNK chủ yếu được tính theo TIER 1 hoặc 2 với các hệ số phát thải mặc định áp dụng chung cho toàn quốc, không thể hiện được sự khác nhau về địa hình, thời tiết, thổ nhưỡng, cây trồng, mức độ thâm canh... Việt Nam hiện chưa thể đầu tư các hệ thống quan trắc phát thải rộng khắp, lập lại định kỳ ngoài hiện trường. Do vậy, phương pháp tiếp cận mô hình hóa đang được xem xét áp dụng để nhằm mô phỏng động thái và tính toán mức phát thải KNK ở mức cơ sở và mức dự báo.

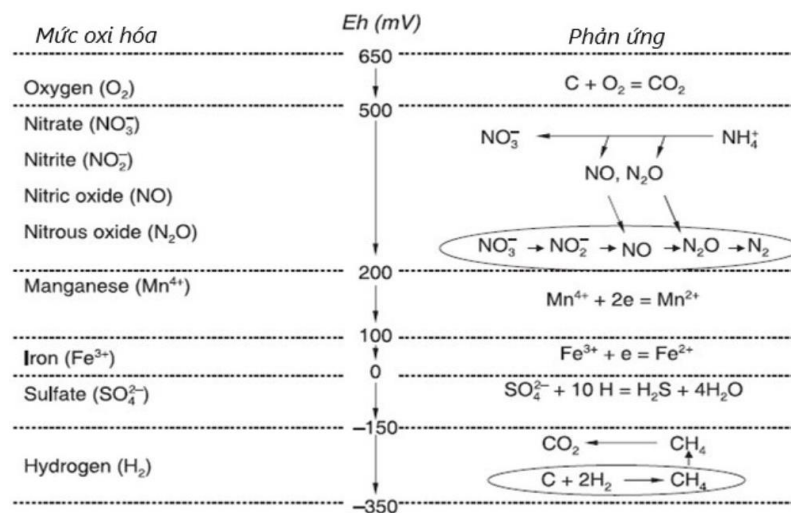
1.1.4. Cơ chế hình thành và giải phóng khí CH_4 và N_2O

Liên quan tới cơ chế hình thành và giải phóng khí CH_4 , N_2O và CO_2 , các vi sinh vật ở đất đóng vai trò vô cùng quan trọng trong hầu hết các hệ sinh thái trên cạn. Các yếu tố môi trường ảnh hưởng đến sự phát triển của VSV là hàm lượng oxy trong đất, lượng nước trong đất, nhiệt độ đất, hàm lượng N khoáng, chất hữu cơ, giá trị pH, ... Một số hoạt động canh tác như làm đất, bón phân hữu cơ và phân đạm, ... có thể trực tiếp hay gián tiếp ảnh hưởng đến phát thải CH_4 và N_2O từ đất.

Các vi khuẩn duy trì sự sống và tăng năng lượng bằng cách phá vỡ liên kết các-bon (C) của các hợp chất hữu cơ hòa tan. Hoàn thành quá trình này, các electron được chuyển từ các-bon hữu cơ hòa tan (DOC) sang các electron nhận. Trong số các chất oxy hóa thường có trong đất, ô xy (O_2) có năng lượng tự do Gibbs thấp nhất, và do đó, nó là máy thu nhận electron đầu tiên. Trong quá trình chuyển electron, oxy ion hóa sẽ được kết hợp với C tách ra để hình thành CO_2 trong tế bào vi sinh vật. Trong điều kiện hiếu khí, hầu hết các vi khuẩn đất có thể sử dụng oxy như một chất nhận electron và giải phóng CO_2 vào khí quyển. Quá trình này dẫn đến sự phân hủy, một phản ứng thống trị sự mất các-bon hữu cơ trong

đất (SOC). Trạng thái sục khí đất nhạy cảm phụ thuộc vào điều kiện vật chất của đất. Ví dụ, trong một trận mưa hoặc sự kiện thủy lợi, lớp trên cùng của đất có thể được bão hòa bằng nước sẽ ngăn chặn sự khuếch tán O_2 trong khí quyển vào trong đất. Trong khi các vi khuẩn đất liên tục tiêu thụ O_2 trong các lỗ khí, thì áp lực O_2 của đất sẽ giảm nhanh.

Sự cạn kiệt của O_2 sẽ làm giảm hoạt động của các chất phân hủy, nhưng sẽ kích thích một nhóm các vi khuẩn đặc biệt, khử nitơ trong đất. Các chất khử có khả năng sử dụng nitrat (NO_3^-), một dạng oxy hóa nitơ, như một chất nhận electron. Bằng cách nhận các điện tử, sẽ trở thành nitrit (NO_2^-). Nitrite có thể được giảm xuống còn oxit nitric (NO), oxit nitơ (N_2O) và cuối cùng là dinitrogen (N_2). Trong các phản ứng tuần tự của quá trình khử Nitơ, nếu sản phẩm trung gian N_2O có thể thoát ra khỏi các micro-site yếm khí trước khi nó bị khử, sẽ có sự phát xạ N_2O . Nếu đất ở trong điều kiện yếm khí một thời gian dài (vài ngày), các chất oxy hóa chủ yếu, như O_2 , Nitrat, Mangan (Mn^{4+}), sắt (Fe^{3+}) 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, methanogen sẽ được kích hoạt để sử dụng hydro như là một chất chấp nhận electron sẽ sản sinh ra CH_4 . Các cơ chế mô tả ở trên đã được quan sát bởi nhiều nhà nghiên cứu trong lĩnh vực nghiên cứu và phòng thí nghiệm của họ trên toàn thế giới.



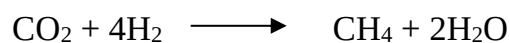
Hình 1.1. Các phản ứng trong đất do hoạt động của vi sinh vật trong các điều kiện thế oxy hóa khử tiềm năng (Eh)

(Nguồn: Sigg, 2000)

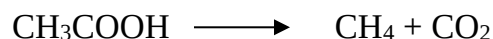
Thực tế, khí CH_4 , N_2O và CO_2 là sản phẩm phụ trong hoạt động của vi khuẩn được đặc trưng bởi sự trao đổi electron. Trong đất, các yếu tố chính kiểm soát quá trình oxy hóa khử là khả năng oxy hóa tiềm năng, nồng độ DOC, và các chất nhận electron (ví dụ như O_2 , Nitrate, Mn^{4+} , Fe^{3+} , Sulfate hoặc Hydro). Eh đất xác định khi một phản ứng redox có thể xảy ra; và nếu xảy ra, các thành phần DOC và chất nhận electron sẽ cùng nhau xác định tỷ lệ phản ứng sinh học. Điều quan trọng khi định lượng phát thải KNK là làm thế nào xác định tác động của Eh, DOC và chất nhận electron đối với các KNK cần định lượng.

CH_4 được sản sinh ra trong đất khi chất hữu cơ bị phân hủy dưới điều kiện yếm khí, khi không có các chất nhận electron khác với CO_2 (NO_3^- , Mn^{4+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-}). Thông thường, khi cung cấp đủ oxy, hầu hết các chất C trong phân huỷ chất hữu cơ chuyển thành CO_2 . Tuy nhiên, nếu không có oxy, sự phân hủy là không đầy đủ và C được giải phóng thay vì CH_4 . Sau khi sản xuất, CH_4 có thể được phát thải vào khí quyển thông qua sự khuếch tán, tán xạ, và thông qua hệ thống mạch cây. CH_4 được sản sinh ra trong điều kiện oxy hóa đất thấp ($< -150\text{mV}$, Eh) xảy ra sau khi đất bị ngập trong vài ngày; đặc biệt là trong các hệ sinh thái ngập nước. Sản xuất CH_4 được thực hiện bởi các nhóm VSV phức tạp bao gồm các VSV thủy phân, lên men, syntrophic, homoacetogenic và methanogenic làm phân huỷ chất hữu cơ dưới điều kiện yếm khí với CH_4 và CO_2 (A. Fey, 2000). Hai con đường chính tạo ra CH_4 trong đất ngập nước (Conrad, 2002):

- (1) Phản ứng CO_2 với H_2 (xuất phát từ hợp chất hữu cơ)



- (2) Phản ứng đề carbon (chuyển vị) của axit acetic



Sự phân hủy kỵ khí chất hữu cơ thành CH_4 gồm bốn bước chính và năm nhóm vi sinh vật khác biệt sinh lý (Angenent, 2004):

- 1) Thủy phân polyme bằng các vi khuẩn lên men thủy phân;
- 2) Tạo axit từ hợp chất hữu cơ đơn giản bằng vi khuẩn lên men;
- 3) 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);

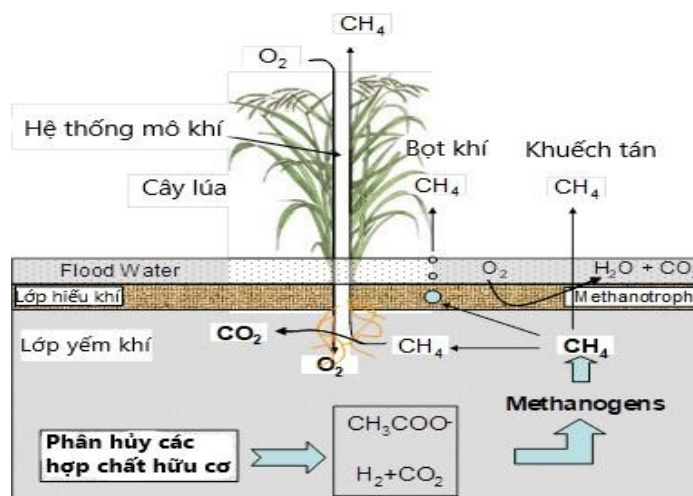
4) Hình thành CH_4 từ H_2/CO_2 , axetat, các hợp chất methyl hóa đơn giản hoặc các rượu (Angenent, 2004). Sự hình thành CH_4 từ chất trung gian acetate cũng xảy ra đồng thời với việc giảm CO_2 trong cùng một phạm vi thế oxy hóa khử.

CH_4 là kết quả của chuỗi các phản ứng giảm số oxy hóa O_2 , Nitrat, Mangan, sắt và Sulfat với vai trò chất nhận electron để oxy hóa chất hữu cơ thành CO_2 (Patrick, 1978). Trong ruộng lúa bị ngập, khí CH_4 phát thải vào khí quyển theo 3 con đường:

1) Sự phân hủy tạo thành bong bóng khí (Ebullition): Là hiện tượng hình thành bọt khí CH_4 thoát ra từ bề mặt nước ruộng. Lượng khí CH_4 đi vào khí quyển ở dạng bọt khí chiếm khoảng 8 - 9% tổng lượng phát thải từ đất lúa (Butterbach-Bahl và cộng sự, 1997).

2) Sự khuếch tán tại vùng tiếp xúc giữa đất và không khí (Diffusion): CH_4 khuếch tán vào nước từ lớp nước tiếp giáp với bề mặt đất, sau đó thoát dần vào khí quyển. Hiện tượng khuếch tán CH_4 chỉ đóng góp khoảng 1-2% tổng lượng khí CH_4 (Daniel và cộng sự, 1983).

3) Quá trình hô hấp và quang hợp của cây trồng: khí CH_4 được vận chuyển thông qua hệ mô khí (lỗ khí) của lá và thân cây (Aerenchyma system), đặc biệt là các phần thân cây lúa (Seiler, 1978) khí đi từ đất vào các lỗ hút của rễ, qua thân, bẹ lá, lá và thoát ra khí quyển qua các khí khổng. 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 (Cicerone và Shetter, 1981; Schütz và cộng sự, 1989).

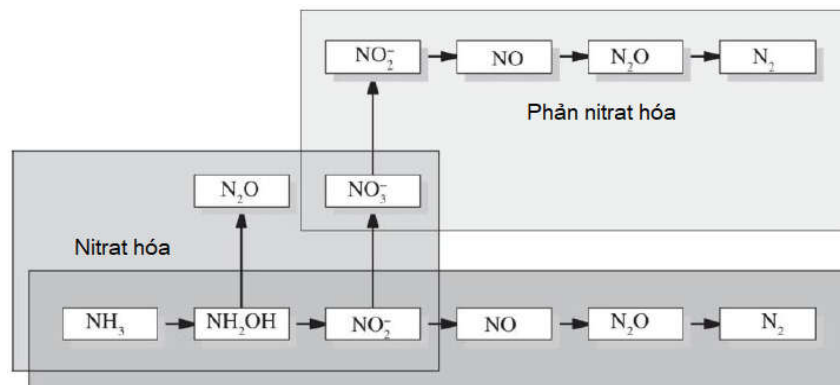


Hình 1.2: Sơ đồ mô tả quá trình phát thải CH_4

(Nguồn: Yagi K, 1997)

Thực tế, lượng khí CH_4 và N_2O được tạo ra ở trong đất có thể lớn hơn nhiều so với lượng phát thải thực tế vào khí quyển (Neue, 1994), và có thể bị tiếp tục chuyển thành các dạng khác như ôxy hóa (chuyển từ CH_4 thành CO_2) và khử (N_2O thành N_2). Do đó, lượng CH_4 phát thải từ ruộng lúa vào khí quyển là sự cân bằng của hai quá trình đối lập, là quá trình khử để tạo ra CH_4 và quá trình ôxy hóa CH_4 (Wassmann và cộng sự, 2000).

Khí N_2O được tạo ra trong quá trình oxy hoá hiệu khí amôni (NH_4^+) đến nitrit (NO_2^-) và tiếp theo là nitrat (NO_3^-) và sau đó là quá trình oxi hóa khí NO_3^- thành NO_2^- và cuối cùng đến khí NO , N_2O và N_2 trong đất. Những phản ứng này phụ thuộc vào lượng nước trong đất và hàm lượng N khoáng, C hữu cơ dễ phân hủy và nhiệt độ. Oxit nitơ trong ruộng lúa có thể được hình thành từ quá trình nitrat hoá dưới điều kiện hiếu khí (oxy hóa), và từ khử nitrat hóa dưới điều kiện khử trung bình (Khalil và cộng sự, 2004). Trong quá trình nitrat hóa, N_2O được hình thành dưới điều kiện thiếu oxy bằng giảm số oxy hóa Nitrite hoặc hydroxylamine. Trong quá trình phản nitrat, tỷ lệ N_2O sản sinh ra so với N_2 tăng khi lượng O_2 tăng lên và lượng các bon giảm (Kirk, 2004). Khi những thay đổi này biểu hiện trong Eh đất, lượng N_2O đáng kể được tạo thành có thể được quan sát thấy ở khoảng Eh từ 200 đến 500 mV. Với điều kiện ngập hoặc khô của ruộng lúa có thể biểu hiện rõ vấn đề này (Yu và cộng sự, 2004). Đất ngập nước có cả lớp bề mặt hiếu khí và một tầng yếm khí dưới lòng đất. Sự hiện diện của hai lớp đất khác biệt ở gần nhau tạo điều kiện cho sự xuất hiện đồng thời các phản ứng nitrat hóa và phản nitrat hóa (Hua và cộng sự, 1997).



Hình 1.3: Sơ đồ mô tả quá trình Nitrat hóa và phản Nitrat hóa

(Nguồn: Hua và cộng sự, 1997)

1) Quá trình nitrat hóa:

Nitrat hóa là quá trình oxy hóa sinh học NH_4^+ thành NO_2^- và NO_3^- . Quá trình chuyển đổi amoni thành nitrat được tiến hành đầu tiên bởi các vi khuẩn sống trong đất và các loại vi khuẩn nitrat hóa khác. Trong giai đoạn nitrat hóa đầu tiên này, sự oxy hóa chuyển đổi amoni (NH_4^+) thành nitrit (NO_2^-), được thực hiện bởi các loài vi khuẩn *Nitrosomonas*. Giai đoạn tiếp theo chuyển đổi nitrit (NO_2^-) thành nitrat (NO_3^-), được thực hiện bởi các loại vi khuẩn *Nitrobacter*.

2) Quá trình phản nitrat hóa:

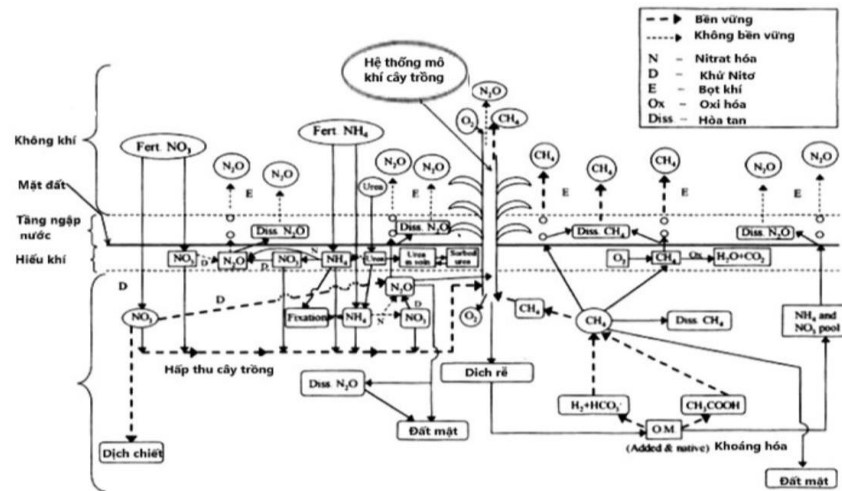
Phản nitrat là quá trình khử NO_3^- hoặc NO_2^- thành khí N_2 hoặc các nitơ ôxít nhờ vi khuẩn phản nitrat hoá hay vi khuẩn kỵ khí không bắt buộc (có thể sống trong các môi trường hiếu khí) như *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Paracoccus*... Các vi khuẩn này sử dụng nitrat làm chất nhận điện tử (electron) từ O_2 trong quá trình hô hấp. Quá trình phản nitrat hóa xảy ra trong điều kiện thiếu hụt oxy, đặc biệt ở các đất ngập nước.

Khí NO và N_2O có thể được giải phóng vào khí quyển trước khi bị khử tiếp tục đến N_2 . Tỷ lệ $\text{N}_2:\text{N}_2\text{O}$ sản sinh ra phụ thuộc vào các yếu tố môi trường như pH, độ ẩm đất, điện thế oxy hoá khử, nhiệt độ, nồng độ NO_3^- và hàm lượng C hữu cơ.

Các dạng N trong hệ thống canh tác lúa nước so với hệ thống cây trồng cạn có sự khác nhau lớn do sự tồn tại của lớp nước trong ruộng lúa. Lớp nước này đã ngăn cản sự di chuyển của O_2 xuống các tầng đất sâu hơn và tạo điều kiện cho hoạt động của các VSV nằm ở giao diện giữa lớp nước và lớp đất mặt (Fillery và cộng sự, 1984). Các hoạt động của các VSV hiếu khí và quá trình sinh hóa trong đất đã sử dụng O_2 trong đất, tạo ra môi trường khử của đất. Dưới điều kiện này, NO bị khử nhanh chóng và quá trình nitrat hóa bị ngưng lại, phần lớn đạm vô cơ sẽ tồn tại dưới dạng NH_3 và sẽ bị bốc hơi. Nếu lượng NH_3 và NH_4^+ cân bằng thì N trong lớp nước mặt sẽ chuyển đổi thành NH_4^+ với môi trường có pH cao. So sánh với tốc độ phản ứng của sự chuyển hóa N trong đất thì tốc độ phản ứng xảy ra ở giao diện giữa lớp nước và lớp đất mặt trong đất lúa thường nhanh hơn trong suốt thời điểm bón phân hoặc khi nồng độ đạm lớp nước mặt duy trì cao (Ngô Ngọc Hưng, 2009).

Tương tự với quá trình tồn tại các dạng N trong đất, quá trình vận chuyển N_2O từ đất vào khí quyển cũng phụ thuộc vào tình trạng nước trong đất. Khi đất bị ngập,

hơn 80% lượng N_2O phát thải thông qua các mô khí của cây lúa. Trong điều kiện đất khô thì hầu hết N_2O khuếch tán từ bề mặt đất vào khí quyển.



Hình 1.4: Sơ đồ mô tả quá trình phát thải CH_4 và N_2O

(Nguồn: Wassmann R., 2000)

Như vậy, trong ruộng lúa nước thì cây lúa là đường dẫn chính cho cả khí CH_4 và N_2O thoát khỏi đất phát thải vào khí quyển. Khí CH_4 được sản sinh trong đất khi chất hữu cơ bị phân hủy dưới điều kiện kỵ khí và phát tán từ đất vào khí quyển trong điều kiện đất trong đất ngập nước. Khí N_2O phát tán từ đất vào khí quyển bằng 2 con đường: theo các kẽ nứt và các ống rỗng của đất khi cạn nước; lan toả từ khoang trống của đất và bay vào không khí khi nồng độ N_2O cao và có áp suất lớn. Phát thải N_2O phụ thuộc chính vào các yếu tố là quản lý phân bón và quản lý nước trên ruộng lúa. Phát thải N_2O từ ruộng lúa thường là rất thấp do ruộng lúa thường xuyên ngập nước (Yu và cộng sự, 1997). Phát thải N_2O chủ yếu từ đất nông nghiệp trồng cây trồng cạn. Có thể nói, khí CH_4 và N_2O là sản phẩm trung gian của vi sinh vật thông qua phản ứng ôxi hóa khử hay quá trình truyền/nhận electron (Wassmann R., 2000).

1.2. Tổng quan về phương pháp quan trắc tính toán phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực trồng trọt

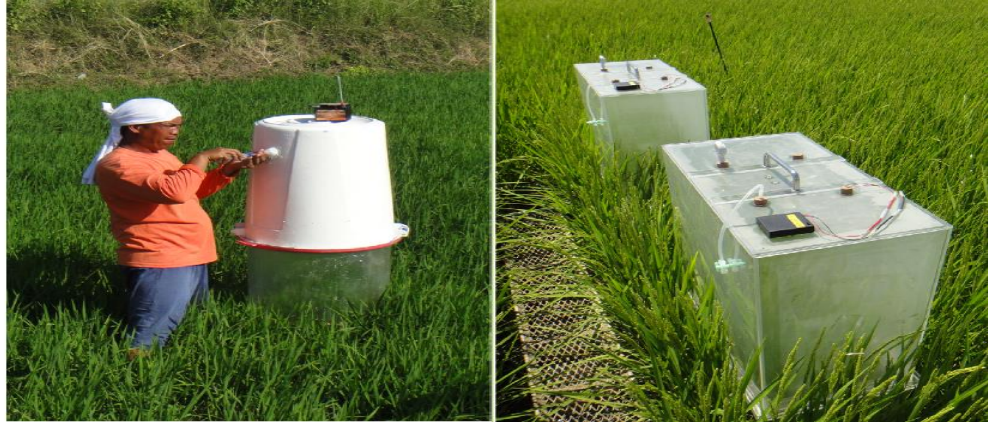
1.2.1. Phát thải khí nhà kính trong canh tác lúa

Lúa là cây lương thực chính của gần 50% dân số thế giới (Fageria và cộng sự, 2011). Gần 90% sản lượng lúa gạo của thế giới được sản xuất và tiêu thụ ở Châu Á (FAO, 1998). Sản xuất lúa gạo được dự báo sẽ tăng trong những thập kỷ tới để đảm bảo an ninh lương thực trước áp lực gia tăng dân số thế giới.

Đầu những năm 1960, tác giả Koyama tiến hành nghiên cứu sự hình thành và

phát thải CH_4 trong đất lúa ở Nhật Bản quy mô thí nghiệm. Từ số liệu quan trắc tại Nhật Bản, Koyama đã ước tính lượng CH_4 từ canh tác lúa toàn cầu phát thải vào trong khí quyển khoảng 190 triệu tấn CH_4 /năm (Koyama, 1963). Đến giữa thập kỉ 1970, Ehhalt và Schmidt (1978) ước tính lượng CH_4 sản sinh từ đất trồng lúa khoảng 280 triệu tấn/năm, tương đương 50% tổng lượng CH_4 toàn cầu được phát thải vào khí quyển cùng thời điểm. Dựa trên số liệu quan trắc từ các cánh đồng trồng lúa tại California (Mỹ) năm 1980, Cicerone và Shetter (1981) ước tính lượng phát thải CH_4 từ canh tác lúa trên thế giới khoảng 59 triệu tấn/năm. Năm 1984, từ số liệu trong thí nghiệm ở Tây Ban Nha, Seiler (1984) đã tính toán và đưa ra giá trị phát thải CH_4 từ trồng lúa dao động 35 - 59 triệu tấn/năm. Dựa trên các số liệu thí nghiệm tại Italia, Schutz (1989) ước tính lượng CH_4 phát thải từ diện tích đất lúa trên toàn thế giới khoảng 100 ± 50 triệu tấn/năm. Theo số liệu của IPCC tổng lượng khí CH_4 phát thải từ hoạt động canh tác lúa toàn cầu dao động từ 20-100 triệu tấn CH_4 /năm (trung bình 60 triệu tấn CH_4 /năm) tương đương 15% đến 20% tổng lượng CH_4 do con người tạo ra, dù diện tích đất trồng lúa chỉ chiếm 0,3% diện tích bề mặt Trái đất (IPCC, 1997).

Viện Nghiên cứu Môi trường Nhật Bản (tháng 8/2015) cũng đưa ra hướng dẫn phương pháp đo khí nhà kính canh tác lúa nước dùng phương pháp buồng kín đo trực tiếp tại ruộng (bao gồm cách thiết kế thí nghiệm, thiết kế dụng cụ đo, phương pháp phân tích, tính toán kết quả và xử lý số liệu). Phương pháp buồng kín được mô tả bởi Rolston (1986) là phương pháp phổ biến nhất được sử dụng để đo đặc lượng trao đổi khí giữa đất và khí quyển. Vì chi phí thấp và ứng dụng đơn giản, nó được sử dụng rộng rãi trong các hệ sinh thái khác nhau, đặc biệt là ở những nơi không có nguồn điện. Các phép đo lưu lượng có thể được thực hiện nhiều lần trong năm để ước tính theo mùa hoặc hàng năm. Một buồng đo bao gồm chân đế được cắm sâu khoảng 10 cm xuống mặt đất và phần hộp trên (có thể tháo rời) với một vách ngăn cao su được sử dụng như một cổng lấy mẫu và một nhiệt kế được lắp đặt để theo dõi nhiệt độ bên trong buồng. Phương pháp này thích hợp để đo lượng khí trong một khoảng thời gian ngắn trên một đơn vị diện tích. Ngoài ra còn có một quạt nhỏ gắn bên trong buồng nhằm khuếch tán và trộn đảo không khí. Phương pháp này đã được áp dụng ở nhiều Quốc gia như Trung Quốc, Việt Nam, Ấn Độ, ...



Hình 1.5: Thiết bị đo khí nhà kính cho lúa tại Nhật Bản

(Nguồn: Rolston, 1986)



Hình 1.6: Thiết bị đo khí nhà kính cho lúa và cây trồng cạn tại Ấn Độ

(Nguồn: Babu và cộng sự, 2006)

Trong nghiên cứu của Nguyễn Hữu Thành và cộng sự (2012), phương pháp lấy mẫu sử dụng buồng khí kín cũng được áp dụng. Khí được hút từ buồng kín bằng xi lanh. Buồng có thể tích xác định được chụp lên bề mặt ruộng để thu khí, hút khí ở thời điểm 0 phút, 10 phút và 20 phút sau khi chụp buồng trên đất, lưu khí trong ống thủy tinh trung tính, kín, thể tích 20,0 ml đã được hút chân không. Nguyễn Văn Tỉnh (2004) đã nghiên cứu đo đặc sự phát thải khí mê tan trên ruộng lúa tại Trạm Khí tượng Nông nghiệp Hoài Đức vụ mùa năm 2000, ứng với hai trường hợp tưới ngập thường xuyên và rút nước định kỳ ở hai giai đoạn cuối đẻ nhánh và sau trở bông 15 ngày, theo tập quán canh tác bón phân hữu cơ (phân chuồng) kết hợp vô cơ của nông dân vùng đồng bằng sông Hồng. Kết quả cho thấy, lượng phát thải lớn nhất tập trung vào giai đoạn sau cấy khoảng 25 ngày (từ 40 - 60 mg/m²/giờ) và nhỏ nhất vào giai đoạn trỗ-chín (từ 0,60 - 1,0 mg/m²/giờ). Tác giả rút ra kết luận, trong

trường hợp rút nước định kỳ lượng CH_4 phát thải là 469,6 kg/ha/vụ, giảm 45,7 kg/ha/vụ (khoảng 10%) và năng suất lúa tăng 3% so với tưới ngập thường xuyên (515,3 kg/ha/vụ).

Trong sản xuất lúa, thông qua áp dụng các chế độ quản lý nước như tưới khô úớt xen kẽ, áp dụng các phân bón hữu cơ và cắt giảm các loại phân hoá học, có thể giảm một lượng đáng kể khí nhà kính phát thải. Ảnh hưởng của chế độ quản lý nước và phân hữu cơ đến phát thải KNK khác nhau, quy đổi sang $\text{CO}_2\text{đ}$ đã được nghiên cứu trong vụ mùa 2012, trên đất phù sa sông Hồng tại Thanh Trì, Hà Nội. Kết quả nghiên cứu cho thấy lượng phát thải KNK cao nhất ở biện pháp sử dụng phân chuồng (18,3 tấn $\text{CO}_2\text{đ/ha}$); tiếp đến là áp dụng bón phân compost (mức phát thải dao động trong khoảng 10,3-14,6 tấn $\text{CO}_2\text{đ/ha}$); Áp dụng biện pháp bón than sinh học cho mức phát thải thấp nhất (6,4-7,3 tấn $\text{CO}_2\text{đ/ha}$) ở cả hai chế độ nước trong cùng một thời gian (Mai Văn Trinh và cộng sự, 2012, 2013).

Nghiên cứu của Chu Sỹ Huân và cộng sự (2020) đã đánh giá phát thải KNK từ ruộng lúa trên 3 loại đất (phù sa, mặn, phèn) và 2 loại sử dụng đất (2 lúa, 2 lúa - 1 màu) tại Thái Bình. Kết quả nghiên cứu cho thấy phát thải CH_4 ở vụ xuân tăng từ khi lúa bén rễ hồi xanh tới đẻ nhánh. Sau đó, thay đổi phụ thuộc vào chế độ nước trong ruộng. Với đất phèn, phát thải kéo dài hơn và cao hơn. Trong vụ mùa, phát thải tăng ngay sau khi cấy, đạt tối đa trong giai đoạn đẻ nhánh – làm đồng, sau đó giảm dần. Phát thải N_2O trong vụ xuân biến động mạnh theo giai đoạn sinh trưởng và chế độ bón đạm và cao nhất vào thời kỳ trổ. Cường độ phát thải trong vụ xuân là đất mặn < đất phù sa 2 lúa < đất phù sa 2 lúa 1 màu < đất phèn, vụ mùa là: đất phù sa 2 lúa < đất mặn < đất phèn < đất phù sa 2 lúa - màu. Tổng phát thải KNK tăng dần là: đất phù sa 2 lúa, đất mặn, đất phù sa 2 lúa - màu đến đất phèn.

Mặc dù nhiều nghiên cứu về phát thải N_2O từ canh tác lúa được thực hiện trong 2 thập kỷ gần đây, nhưng quan trắc phát thải N_2O từ canh tác lúa không được thực hiện rộng rãi như CH_4 , do N_2O là sản phẩm trung gian của quá trình nitrat hóa và phản nitrat hóa, rất biến động trong môi trường kị khí của đất lúa ngập nước và dễ dàng bị khử thành N_2 . Các nỗ lực để tính toán phát thải N_2O thông qua các mô hình mô phỏng cũng đang được tiến hành nhưng rất khó chính

xác vì sự hình thành và giải phóng N_2O từ đất lúa chịu ảnh hưởng của khá nhiều các yếu tố tự nhiên và nhân tạo (Majumdar, 2009).

Từ trước đến nay, việc tính toán kiểm kê KNK tại Việt Nam vẫn dựa trên cơ sở là các hệ số phát thải mặc định do IPCC đưa ra, mà không có các hệ số phát thải riêng theo đặc tính của từng lĩnh vực của ngành, Quốc gia. Việc sử dụng các hệ số phát thải mặc định của IPCC sẽ rất khó đáp ứng yêu cầu về “Báo cáo được, Đo đạc được và Thẩm định được- viết tắt là MRV” khi thực hiện dự án giảm nhẹ KNK. Những năm gần đây, Việt Nam đã tiến hành nhiều nghiên cứu về phát thải KNK từ canh tác nông nghiệp, trong đó tập trung nhiều vào canh tác lúa tại các vùng sinh thái nông nghiệp khác nhau với các phương thức canh tác khác nhau. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu được thực hiện là thí nghiệm trên quy mô nhỏ, làm riêng rẽ và chủ yếu nghiên cứu về phát thải CH_4 .

Bảng 1.3: Phát thải khí nhà kính từ canh tác lúa tại Việt Nam năm 2014

Chế độ quản lý nước	Phát thải CH_4 (1000 tấn CH_4)	Phát thải N_2O (1000 tấn N_2O)	Phát thải quy đổi (1000 tấn CO_2td)
Lúa có tưới (ngập nước thường xuyên)	1.650,6	ktt	41.265,3
Lúa có tưới tiêu (ngập nước gián đoạn-rút nước một lần)	24,5	ktt	613,2
Lúa có tưới tiêu (ngập nước gián đoạn-rút nước nhiều lần)	2,1	ktt	52,1
Lúa tưới nhờ nước mưa	112,5	ktt	2.812,4
Tổng	1.789,7	ktt	44.741,6

(ktt: không tính toán) (Nguồn: Bộ TNMT, 2017)

1.2.2. Phát thải khí nhà kính từ canh tác cây trồng cạn hàng năm

Gần 90% lượng khí thải N_2O toàn cầu là kết quả của quá trình nitrat hóa và khử nitrat trong đất và nước (Wrage và cộng sự, 2001). Tốc độ phát thải và sản xuất được chi phối bởi các yếu tố như nguồn nitơ, tiềm năng oxy hóa và nhiệt độ (Skiba và Smith, 2000). Do đó, ngành nông nghiệp, với việc sử dụng nitơ cao, là nguồn cung cấp N_2O nhân tạo lớn nhất trên toàn cầu.

Khí N_2O có thể phát thải từ quá trình thay đổi sử dụng đất, quá trình canh tác sử dụng phân bón không hợp lý hoặc các nguồn phát N_2O tự nhiên, như rừng, tầng ngậm nước, sông và cửa sông được tăng cường bằng cách rò rỉ nitơ và lắng đọng chủ yếu từ các nguồn nông nghiệp khuếch tán. Phân bón chứa nitơ được sử dụng rộng rãi trên toàn cầu giúp giải quyết vấn đề nhu cầu về lương thực, thực phẩm, nguyên vật liệu trong tình trạng dân số ngày càng gia tăng. Người sử dụng phân bón từ đó cũng buộc phải tăng cường các phương pháp quản lý tốt hơn nhằm bảo vệ nguồn nước và giảm phát thải KNK. Đã có nhiều nghiên cứu về quản lý canh tác giúp tăng cường sử dụng phân bón hiệu quả, nhất là các nghiên cứu trực tiếp quan trắc sự phát thải từ các phương thức bón phân khác nhau.

Trong mỗi nghiên cứu, quan trắc phát thải khí N_2O tại chỗ được thực hiện bằng cách sử dụng các hộp kín tĩnh có lỗ thông khí như được mô tả bởi Hutchinson và Mosier (1981). Sau đó các mẫu khí được thu thập tại các khoảng thời gian riêng biệt, được bơm vào các lọ mẫu khí và sau đó được phân tích trên máy sắc ký khí. Phát thải trung bình hàng năm được nội suy tuyến tính từ các giá trị thông lượng hàng ngày. Khi phát thải được đo tại nhiều vị trí khác nhau không thay đổi trong quá trình quan trắc.

Đối với canh tác cây cà phê tại Murang'a, miền Trung Kenya, các hoạt động đo KNK được thực hiện trong một năm, bao gồm hai mùa cắt, sử dụng ruộng tĩnh có lỗ thông hơi và sắc ký khí. Sáu mươi ô hình chữ nhật đã được đặt trên hai trang trại bao gồm ba hệ thống cây trồng chính đại diện trong khu vực: 1) cà phê (*Coffea arabica* L.); 2) Cỏ Napier (*Pennisetum purpureum*); và 3) ngô trồng xen với đậu (*Zea mays* và *Phaseolus Vulgaris*). Trong các lĩnh vực này, các ruộng được phân bổ trên các vị trí cách điểm bón phân khác nhau để nắm bắt sự thay đổi không gian. Tổng lượng tích lũy hàng năm trong các lô trồng cà phê dao động từ 1 đến 1,9 kg $N_2O-N\ ha^{-1}$, 6,5 đến 7,6 Mg $CO_2-C\ ha^{-1}$ và -3,4 đến -2,2 kg $CH_4-C\ ha^{-1}$, với 66% đến 94% lượng KNK hàng năm xảy ra trong mùa mưa. Trên khắp các mảnh đất nông trại, cà phê đã nhận được hầu hết các đầu vào N và có lượng phát thải N_2O cao hơn phát thải N_2O ở ngô và đậu napier từ 56% đến 89%. Trong các ô nông trại, lượng khí thải cao gấp hai đến sáu lần được tìm thấy trong các điểm

nóng được bón phân – chu vi xung quanh của cây cà phê hoặc trong các hàng ngô trồng - so với các vị trí không được che chắn giữa các cây, hàng và hố trồng (Ortiz-GonzaloDaniel và cộng sự, 2018).



Hình 1.7: Lấy mẫu KNK từ đất trồng cao lương tại Ft. Collins, Colorado, Mỹ



Hình 1.8: Lấy mẫu KNK từ đất trồng cây cao lương tại Texas, Mỹ



Hình 1.9: Lấy mẫu KNK sử dụng kỹ thuật buồng tự động và thủ công trong trồng mía tại Queensland, Australia



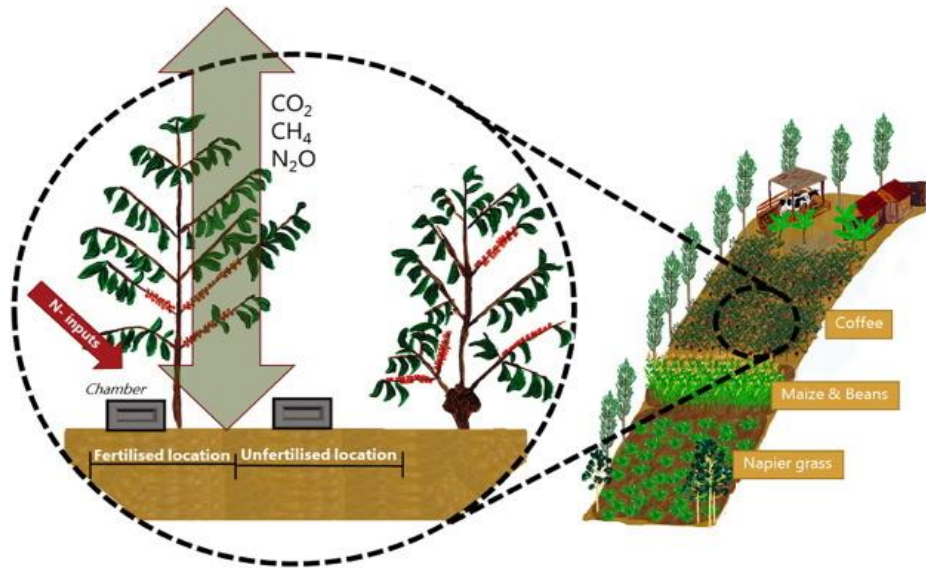
Hình 1.10: Lấy mẫu KNK qua các hộp đo khí thủ công tại vườn mận ở các vị trí khác nhau tại California, Mỹ



Hình 1.11: Lấy mẫu khí phân tích N_2O phát thải từ đất ở vườn trồng nho tại California, Mỹ



(Nguồn: Mosier và Hutchinson, 1981)



(Nguồn: Ortiz-GonzaloDaniel và cộng sự, 2018)

Hình 1.12: Thiết kế vị trí lấy mẫu khí nhà kính toàn trang trại cà phê theo sự phân bố không gian của cây trồng và sử dụng chất dinh dưỡng

(giữa các vị trí được bón phân và không được bón phân trong cánh đồng)

Nghiên cứu của Ma và cộng sự (2012) đã ước tính lượng phát thải Khí nhà kính cho ngô. Bón phân N làm tăng tổng lượng phát thải và dấu chân sinh thái trên hệ thống trồng màu. Trồng ngô độc canh có lượng phát thải cao hơn hệ thống luân canh ngô với đậu tương. Với lượng phân bón 100 kg N/ha, hệ luân canh ngô với cây họ đậu làm giảm 5% lượng phát thải KNK. Với lượng bón 100kg N/ha, hệ luân canh ngô với cây họ đậu có thể giảm 42% lượng KNK so với hệ thống trồng ngô độc canh với lượng phân bón 200 kg N/ha. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng hệ luân canh ngô với mức bón 100 kg N/ha có thể giữ nguyên năng suất, đồng thời giảm phát thải KNK so với hệ thống độc canh ngô với mức bón 200 kg N/ha.

Theo Neville và cộng sự (2010) thì lượng khí N_2O phát thải ra từ ruộng ngô có tương quan không tuyến tính với lượng phân bón bón vào ruộng và tác giả đã đưa ra phương trình để tính toán lượng phát thải theo lượng phân bón đầu vào như sau:

$$N_2O \text{ (kg } N_2O\text{-N/ha/năm)} = 1,47 * EXP (0,0082 * N \text{ fert}) \text{ kg N/ha/năm}$$

Trong khi đó Bruce Linquist và cộng sự (2011) thì đã làm thí nghiệm đồng ruộng và đo lượng N_2O phát thải qua hơn 60 điểm thí nghiệm đã tính toán được mức N phát thải từ đất trồng ngô là khoảng 1,06% lượng đạm bón/ha/năm.

Harmanjit và cộng sự (2016) đã tiến hành đo phát thải N_2O trên ruộng ngô và lúa mì với 2 công thức là đối chứng và bón phân đạm ở Punjab, Ấn Độ bằng phương pháp hộp kín và phân tích bằng phương pháp sắc kí khí. Tác giả đã tính toán được lượng phát thải N_2O trên ngô không bón phân là từ 11,1 đến 61,2 N_2O-N g/ha/ngày và trên ruộng ngô có bón phân là từ 10,3 đến 129,2 N_2O-N g/ha/ngày.

Nghiên cứu của Carmo và cộng sự (2013) đã xem xét sự thay đổi phát thải KNK trong canh tác mía trong các phương thức bón phân và quản lý canh tác khác nhau. Nghiên cứu đã được thực hiện tại hai vùng trồng mía lâu đời ở Brazil với 4 công thức bón phân khác nhau. Hai điểm trồng mía cũng đặc trưng cho thời kỳ phát triển của mía. Một điểm (A) thì là vụ trồng mía đầu tiên được thu hoạch sau 16-18 tháng, ảnh hưởng nhiều bởi quá trình làm đất. Điểm còn lại (B) ở giai đoạn vụ mía thứ hai, được thu hoạch sau 12 tháng. Và nếu như vụ mía trước sau thu hoạch phụ phẩm sẽ được tích lũy lại ở vụ tới. Điều này cũng là lý do cho hai phương thức bón phân khác nhau trong hai quá trình quan trắc. Tại điểm A, phân bón được bón vào các luống cây sẵn, còn điểm B phân bón chỉ được rải trên mặt đất. Ở mỗi điểm, các phương pháp bón phân khác nhau được tiến hành và song song với đó là ruộng đối chứng không bón phân. Mẫu khí được lấy theo phương pháp buồng kín của David Schimel (1995) sử dụng ống nhựa PVC và lấy mẫu 21 lần trong chu kỳ 335 ngày đối với điểm B, và lấy mẫu 21 lần trong giai đoạn 314 ngày đối với điểm A. Kết quả là ở điểm trồng mía vụ đầu tiên, công thức bón phân vô cơ kết hợp với phế thải từ sản xuất ethanol từ mía và dung dịch chứa P, K dẫn đến phát thải lớn nhất với khoảng 1380 kg/ha/năm. Còn điểm mía ở vụ thứ hai phát thải là 3000 kg/ha/năm. Trong khi đó công thức chỉ dùng phân bón vô cơ cho lượng phát thải thấp nhất là 312 kg CO_2 đ/ha/năm đối với mía vụ đầu tiên và 382 kg CO_2 đ/ha/năm với công thức không phụ phẩm kết hợp phân vô cơ đối với mía vụ thứ hai.

Tương tự như nghiên cứu của Carmo (2013), Signor và cộng sự (2013) đã có đánh giá riêng về phát thải KNK, cụ thể là phát thải N_2O từ phân bón áp dụng cho canh tác mía tại hai vùng ở Brazil, trong đó một vùng là vụ mía thứ hai và vùng kia ở vụ mía thứ năm. Mỗi vùng được tiến hành thí nghiệm với các công thức phân bón khác nhau ở tỉ lệ N trong phân bón. Ảnh hưởng của phân đạm tới phát thải N_2O được đánh giá bằng việc so sánh với canh tác đối chứng không sử dụng phân đạm.

Kết quả cho thấy, lượng phát thải N_2O xảy ra nhiều nhất là ở tuần thứ hai sau bón phân, và gần như không còn ảnh hưởng của phân bón trong vòng 1 tháng. Tuy nhiên ở nghiên cứu này, phát thải chỉ giảm dần vào 20 ngày sau khi bón phân và lí do có thể là do thân mía được vùi lại đất càng gia tăng điều kiện yếm khí là dẫn đến tăng phát thải N_2O . Nghiên cứu kết luận phát thải N_2O từ đạm urea thấp hơn hẳn so với amôn nitrat.

Nghiên cứu bởi Anne Baily (2014) cũng đã có nhận định đầu tiên về sự phát thải N_2O từ phân bón trong sản xuất mía tại Guatemala. Thí nghiệm được tiến hành để so sánh lượng phát thải N_2O trong các tỉ lệ bón phân đạm khác nhau và cách thức bón khác nhau (bón giữa hai luống và bón tận gốc). Hai điểm thực hiện thí nghiệm cũng đang ở vụ mía năm thứ 2 (điểm 1) và vụ mía năm thứ 4 (điểm 2). Phương pháp thu lấy mẫu khí cũng được thực hiện bằng phương pháp buồng kín.



Hình 1.13: Chân đế được đặt ở giữa hai luống (trái) và đặt ở trên luống (phải)

(Nguồn: Anne Baily, 2014)

Mẫu đầu tiên được lấy sau năm ngày bón phân, sau đó giảm tần suất lấy mẫu cho đến ngày thứ 20 với tổng cộng 12 lần lấy mẫu. Những quan trắc về thời tiết cũng được ghi chú. Giữa hai điểm thí nghiệm có khác nhau về số lần mưa. Kết quả cho thấy với tỷ lệ N trong phân bón khác nhau dẫn đến tốc độ phát thải cũng như dòng phát thải N_2O là khác nhau. Thí nghiệm áp dụng lượng N cao hơn cho phát thải N_2O trong bốn ngày đầu tiên cao hơn. Ở Site 1 với 120 kg N/ha cho tổng lượng phát thải 0,37 kg/ N_2O -N sau ba tuần bón phân và giảm dần trong những ngày tiếp theo. Trong khi đó tuy phát thải cao trong 4 ngày đầu ở điểm 2 với 158 kg N/ha bón lần đầu và 110 kg urea + bã rượu bón sau đó một thời gian, nhưng tổng lượng phát thải không cao.

Tóm tắt, phát thải KNK trong lĩnh vực trồng trọt đã được nghiên cứu trên nhiều đối tượng cây trồng khác nhau. Các quan trắc đo đặc khí CH_4 và N_2O được thực hiện trong phạm vi vùng nghiên cứu nhỏ với phương pháp chủ yếu là phương pháp đo buồng kín. Mẫu khí được lấy ngay tại ruộng với quy định về khoảng thời gian lấy cũng như điểm đặt mẫu và sự chính xác về diện tích đo phát thải. Tại Việt Nam đã có nhiều nghiên cứu quan trắc đo đặc phát thải khí nhà kính trong canh tác lúa nước được thực hiện tại nhiều vùng nghiên cứu khác nhau trên cả nước không chỉ đánh giá lượng phát thải khí nhà kính hàng năm mà đánh giá được cả tiềm năng giảm phát thải khí nhà kính của một số các kỹ thuật canh tác lúa cải tiến (SRI) hay ba giảm ba tăng (3G3T), một phải năm giảm (1P5G). Tuy nhiên, đối với cây trồng cạn, đặc biệt một số cây trồng chủ lực có diện tích gieo trồng lớn như ngô, sắn, mía, cà phê hay cao su chè và cà phê thì các nghiên cứu về phát thải trong quá trình canh tác các cây trồng này vẫn chưa có nhiều. Nghiên cứu phân lớn tập trung vào việc áp dụng phương pháp IPCC kiểm kê khí nhà kính.

1.3. Tổng quan về phương pháp mô hình hoá và phân tích không gian tính toán phát thải KNK trong lĩnh vực trồng trọt

1.3.1. Các mô hình tiềm năng có thể sử dụng tính toán phát thải khí nhà kính

Mô hình hóa là một môn khoa học, có một vai trò quan trọng trong cuộc sống, đặc biệt là trong nghiên cứu và quản lý môi trường. Phương pháp mô hình hoá được sử dụng như là những công cụ hữu dụng giúp các nhà khoa học thu thập thông tin, dữ liệu cũng như nghiên cứu các vấn đề mà tối thiểu hoá việc tiến hành các thí nghiệm trên thực địa. Việc nắm chắc và thực hiện có hiệu quả phương pháp mô hình hóa sẽ giúp nâng cao chất lượng của kết quả và hỗ trợ công tác nghiên cứu một cách đáng kể. Phương pháp mô hình hóa hướng đến việc tạo ra các công cụ tiện dụng phục vụ cho những hoạt động nghiên cứu trên các lĩnh vực khác nhau bao gồm cả khoa học tự nhiên và khoa học xã hội.

Trong nghiên cứu về nông nghiệp, sử dụng mô hình là một trong những cách tiếp cận phổ biến đang được áp dụng rộng rãi để ước tính và dự báo mức phát thải KNK từ hoạt động nông nghiệp và lâm nghiệp (Yan và cộng sự, 2003; Li và cộng sự, 2004). Định lượng phát thải KNK trong môi trường nói chung và từ sản xuất

nông nghiệp nói riêng là cần thiết trong bối cảnh biến đổi khí hậu đang diễn ra trên quy mô toàn cầu (Li và cộng sự, 1997). Với việc tính toán phát thải KNK trong nông nghiệp, các mô hình tính toán phát thải KNK được xây dựng cho một hệ thống sinh thái phức tạp từ khí tượng thủy văn, môi trường đất, nước, cây trồng và các hoạt động canh tác. Chính vì thế chúng bao gồm nhiều mô đun, mô phỏng các hợp phần và các quá trình khác nhau (ví dụ mô đun cân bằng nước, cân bằng các bon, cân bằng đạm, cây trồng...). Vì thế các mô hình này cũng yêu cầu các loại dữ liệu đầu vào phức tạp như bản thân chúng được xây dựng lên và mô phỏng. Một số mô hình có thể được mô tả và đánh giá như sau:

(1) Mô hình DNDC (*Denitrification - Decomposition*)

Mô hình DNDC được Viện Nghiên cứu Trái đất, Đại dương và Không gian của Đại học New Hampshire phát triển để dự đoán lượng phát thải khí nhà kính từ các hệ sinh thái (Li, 2000) được sử dụng trong các vùng khí hậu ôn đới và nhiệt đới. Mô hình được xây dựng với các thông số đầu vào gồm các thông số về tính chất lý hóa của đất, thông số về điều kiện khí hậu nhiệt - ẩm, thông số về cây trồng như lịch gieo trồng, thu hoạch, phương thức chăm bón... Mô hình mô phỏng các phát thải theo thời gian có thể là giờ hoặc ngày ở cấp địa phương, khu vực cũng như trên phạm vi quốc gia (DNDC guideline).

Ưu điểm: Cho phép tính toán định lượng hàm lượng cacbon trong đất ở quy mô vùng, mô hình DNDC phù hợp cho nghiên cứu SOC ở vùng nông nghiệp nhiệt đới, Kết quả ước lượng chính xác hơn các mô hình ITE, SOMM, Verberne.

Hạn chế: Cần dữ liệu khí hậu đầu vào theo ngày.

(2) Mô hình CANDY (*Carbon-Nitrogen-Dynamics*)

CANDY là mô hình mô phỏng động lực của C, N, nhiệt độ và nước trong đất nông nghiệp ở quy mô khu vực để cung cấp thông tin về trữ lượng các bon trong đất, tổng chất hữu cơ, sự hấp thu nitơ của cây trồng, sự rửa trôi và chất lượng nước. Mô hình chứa các mô-đun để tính nhiệt độ đất, độ ẩm và các quá trình của chu trình cacbon-nitrogen trong đất được dùng phổ biến ở các quốc gia phát triển (Franko và cộng sự, 1995).

Mô hình bao gồm một hệ thống mô-đun của các mô hình phụ và một hệ thống cơ sở dữ liệu cho mô hình thông số, giá trị đất ban đầu, dữ liệu thời tiết, số liệu

quản lý đất đai và đo lường giá trị. CANDY chú trọng đến các dạng nitơ hữu cơ và khoáng sản, Nitơ khoáng chất xuất hiện dưới dạng nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) hoặc ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), CANDY bao gồm các quy trình chính liên quan đến hệ thống nông nghiệp và các cơ sở cần thiết cho việc quản lý dữ liệu: Tính chất của đất, dữ liệu về khí hậu và quản lý nông nghiệp.

Ưu điểm: Ưu điểm của mô hình là thông số đầu vào nhỏ, chỉ yêu cầu bộ dữ liệu đơn giản gồm dữ liệu khí tượng và một số dữ liệu về chỉ số thực vật.

Hạn chế: Nhược điểm của mô hình là không có tài liệu hướng dẫn cụ thể, lời giải thích cho mô hình khó hiểu, sử dụng các thuật toán toán học phức tạp, không thể sử dụng mô hình này cho mục đích nghiên cứu kịch bản, tính linh động của mô hình kém, và mô hình này không xem xét mối quan hệ và sự tương tác của hệ sinh thái trên cạn với hệ sinh thái thủy sinh.

(3) Mô hình DAISY (Danish simulation)

DAISY là mô hình xác định, mô phỏng năng suất cây trồng, nước, năng lượng, các bon và N-fluxes trong sản xuất nông nghiệp, DAISY được phát triển bởi các thành viên của nhóm nghiên cứu Agrohydrology tại Phòng Hóa học Môi trường và Vật lý tại Khoa Khoa học Thực vật và Môi trường thuộc Viện Khoa học Đại học Copenhagen. Nhà khoa học có trách nhiệm chính là Soren Hansen. DAISY được biết đến là một mô hình mô phỏng cơ học các quá trình vật lý và sinh học trong hoạt động sản xuất nông nghiệp. Mô hình chỉ ra dấu vết của nước, năng lượng, cacbon, nitơ, và thuốc trừ sâu, cả trên và dưới mặt đất (Hansen và cộng sự, 1991).

Để mô hình hoạt động trên các khu vực có diện tích lớn, DAISY cần phải được kết hợp với một hệ thống GIS. DAISY có thể áp dụng cho việc tính toán trong các hệ sinh thái nông nghiệp ở khu vực ôn đới có thể có băng và tuyết phủ, nhưng không tính được giá trị của nitơ rửa trôi nhỏ từ hệ thống nông nghiệp và không mô phỏng phát thải N_2O gián tiếp.

Ưu điểm: phần mềm cho mô hình được cung cấp miễn phí trên internet, bao gồm hướng dẫn sử dụng và hướng dẫn cho người mới “bắt đầu” rất rõ ràng và dễ hiểu đặc biệt là cho người mới sử dụng, mô hình được đánh giá rất chặt chẽ dựa vào các quá trình sinh địa hóa, mô hình có tính linh động cao có thể thay đổi dựa vào đầu vào dữ liệu (Hansen và cộng sự, 1991).

Hạn chế: Mô hình không xem xét sự tương tác giữa các thành phần sinh thái cạn và thủy sinh, và mô hình chỉ phân tích đánh giá theo năm.

(4) Mô hình SUNDIAL (*SimUlation of Nitrogen Dynamics In Arable Land*)

Là mô hình mô phỏng động lực học của nitơ trong đất trồng trọt, SUNDIAL kết hợp kiến thức khoa học hiện tại về các quá trình hấp thụ nitơ và tích hợp các quá trình này để mô phỏng những gì xảy ra trong đất. Mô hình bao gồm nhiều mô-đun, mỗi mô-đun đại diện cho một các quy trình trao đổi nitơ chủ yếu. Các quá trình liên quan được mô tả bởi một tập hợp các phương trình số không và phương trình bậc nhất, Các cơ sở trong SUNDIAL để hiển thị các đầu ra khác nhau dưới hình thức đồ họa làm cho nó đặc biệt hữu ích cho việc kiểm tra tác động của các chiến lược quản lý khác nhau trong chu kỳ N trong nông nghiệp.

Ưu điểm: Mô hình tương đối chặt chẽ với độ tin cậy cao dựa hoàn toàn vào các quá trình sinh địa hóa. Mô hình có thể phân tích trên phạm vi nhỏ như nông trại, hay một cánh đồng nhỏ.

Hạn chế: Lời giải thích mô hình khó hiểu gây khó khăn cho người sử dụng, Để chạy mô hình, yêu cầu dữ liệu đầu vào lớn vào chi tiết.

(5) Mô hình OVERSEER

OVERSEER là mô hình tính toán và ước tính chất dinh dưỡng trong một hệ thống canh tác hiệu quả và xác định rủi ro đối với các tác động môi trường thông qua mất chất dinh dưỡng, bao gồm rửa trôi và phát thải khí nhà kính (Freeman và cộng sự, 2016). Mô hình này ước lượng phát thải khí mê-tan, nitơ oxide và các-bon di-ô-xit (CO₂). Mô hình này cung cấp phương tiện để điều tra các phương án quản lý trang trại thay thế để nâng cao hiệu quả sử dụng chất dinh dưỡng để tối ưu hóa sản xuất và giảm nguy cơ gây ra những tác động xấu đến môi trường.

Mô hình hoạt động ở quy mô nông trại, nhưng cũng bao gồm các khối (nhóm các bãi cỏ giống nhau về địa điểm, đất, và các thông số quản lý). Mô hình theo dõi sự chuyển động của chất dinh dưỡng trong một khối (từ các khu vực cạn kiệt đến các khu tích tụ như trại tập trung), và trong một trang trại.

Ưu điểm: Người dùng có thể tải trực tiếp miễn phí từ internet, có tài liệu hướng dẫn và giải thích cụ thể từng bước thực hiện, Mô hình được đánh giá là khá chặt chẽ

dựa vào quá trình sinh địa hóa. Yêu cầu thông số và bộ dữ liệu đầu vào không lớn, có thể sử dụng để nghiên cứu kịch bản trên phạm vi địa lý khác nhau.

Hạn chế: Mô hình không có nhiều lựa chọn trong phân tích sự biến đổi theo thời gian, chỉ có thể tính theo đơn vị năm.

(6) Mô hình INITIATOR

INITIATOR là một mô hình cân bằng nitơ đơn giản dựa trên các mối quan hệ tuyến tính giữa các dòng chảy khác nhau của hệ thống nông nghiệp, bao gồm các hằng số chuyển đổi tuyến tính là một hàm số của các loại phân chuồng, loại đất hoặc chế độ hưng phần (Paustian và cộng sự, 2006).

Mô hình bao gồm một hệ thống các dòng nitơ theo quy mô không gian và thời gian liên quan được mô phỏng như một trò chơi, bao gồm phát thải amoniac, nitơ oxit và ô nhiễm nước mặt và đất. Mục đích của mô hình là: Cải thiện sự hiểu biết về các mối quan hệ phức tạp trong tình huống ô nhiễm nitơ và tìm kiếm các giải pháp và chính sách tối ưu có thể ngăn ngừa ô nhiễm và các ảnh hưởng của nó.

Ưu điểm: Mô hình có cung cấp tài liệu giải thích chi tiết và hướng dẫn cụ thể cho các bước thực hiện. Mô hình được đánh giá cao về sự chặt chẽ dựa vào các quá trình sinh địa hóa. Yêu cầu về bộ dữ liệu đầu vào không lớn, có tính linh động cao.

Hạn chế: chỉ có lựa chọn để tính toán theo đơn vị năm.

(7) Mô hình ECOSYS

ECOSYS là mô hình tính toán dùng để mô phỏng quá trình vận chuyển và trao đổi nhiệt, nước, các-bon, oxy, nitơ, phốt-pho và các chất ionic qua các hệ thống bầu khí quyển-đất-cây trồng như là giới hạn trên và vật liệu gốc của đất là ranh giới dưới. ECOSYS có vai trò trong việc hỗ trợ lập kế hoạch cho các tác động của khí hậu, thực tiễn sử dụng đất và quản lý đất đối với năng suất sơ cấp, chất lượng đất và không khí và các yêu cầu liên quan như nước, phân bón của các hệ sinh thái trên như một phần của một số chương trình nghiên cứu quốc gia và quốc tế (Shaffer và cộng sự, 2001).

Ưu điểm: Mô hình được ứng dụng ở quy mô rộng lớn, để kiểm tra ảnh hưởng của các tính chất đất bị thay đổi và các hoạt động quản lý đối với nhiệt độ đất và hàm lượng nước, đặc biệt là ở các hệ sinh thái ở ôn đới và cận nhiệt đới. Đây là mô

hình dựa hoàn toàn vào các quá trình sinh địa hóa, yêu cầu đầu vào không lớn, bộ dữ liệu đơn giản. Có thể sử dụng mô hình để phân tích sự biến động theo các đơn vị thời gian khác nhau và trên phạm vi địa lý khác nhau.

Hạn chế: Mô hình không xem xét sự tương tác giữa hệ sinh thái cạn và hệ sinh thái thủy sinh.

b) Lựa chọn mô hình sử dụng cho nghiên cứu

Nội dung sau thể hiện sự so sánh giữa việc sử dụng mô hình DNDC trong tính toán phát thải KNK với việc sử dụng các mô hình khác và theo hướng dẫn của IPCC:

So sánh mô hình DNDC và hướng dẫn của IPCC để tính toán phát thải KNK từ lĩnh vực nông nghiệp

a) Mô hình DNDC yêu cầu một lượng lớn dữ liệu đầu vào ở cấp địa phương; hướng dẫn của IPCC chỉ cần số liệu thống kê ở mức độ quốc gia

b) Mô hình DNDC phụ thuộc vào dữ liệu khí tượng theo ngày như nhiệt độ và độ ẩm; phương pháp IPCC không cần dữ liệu khí tượng học.

c) Mô hình DNDC phụ thuộc vào dữ liệu về hàm lượng các-bon hữu cơ trong đất; hướng dẫn của IPCC chỉ có hai loại đất hoặc không cần dữ liệu đất.

d) Mô hình DNDC sử dụng nhiều giả định về động cơ thúc đẩy phát thải KNK trên mỗi loại đất.

So sánh mô hình DNDC và các mô hình khác để tính toán phát thải KNK từ lĩnh vực nông nghiệp

a) Đa số các mô hình (CASA, CANDY, SUNDIAL, DAISY, STONE, INITIATOR, ALU, Ex-Act, ...) là các mô hình tĩnh, không có nhiều lựa chọn trong phân tích theo sự biến đổi theo thời gian, chỉ có thể tính theo đơn vị năm. Mô hình DNDC và mô hình DAYCENTURY là mô hình động, cho phép tính toán theo các đơn vị thời gian khác nhau từ giờ, ngày cho đến tháng và năm. Như vậy, sử dụng DNDC có thể tính phát thải KNK theo từng ngày. Do đó, kết quả mô hình sẽ chính xác hơn.

b) Mô hình DNDC có hướng dẫn sử dụng rất rõ ràng, chi tiết và dễ hiểu. Trong khi đó, một số mô hình (CASA, CANDY) không có tài liệu hướng dẫn cụ thể, lời

giải thích cho mô hình khó hiểu và không có lời giải thích cụ thể cho các quá trình trong mô hình.

c) Mô hình DNDC có thể hiệu chỉnh các thông số tương quan trong hệ sinh thái rất chặt chẽ dựa vào các quá trình sinh địa hóa, có tính linh động cao có thể thay đổi dựa vào đầu vào dữ liệu. Trong khi đó, một số mô hình khác (CASA, CANDY, DAISY, ECOSYS, STONE, DAYCENTURY) không xem xét sự tương tác giữa các thành phần sinh thái cạn và thủy sinh.

d) Mô hình DNDC có thể sử dụng để tính toán trên nhiều phạm vi địa lý có độ lớn khác nhau. Do đó, DNDC cho phép định lượng hàm lượng các-bon trong đất, tính toán phát thải KNK ở quy mô vùng, địa phương, hay một thửa ruộng.

e) Mô hình DNDC yêu cầu số liệu đầu vào hợp lý, tương đối linh động và có thể thay đổi theo dữ liệu đầu vào thu thập được. Trong khi đó, một số mô hình khác (STONE, DAYCENTURY) yêu cầu bộ dữ liệu đầu vào lớn và chi tiết, gây khó khăn trong việc thu thập.

Ngoài ra, mô hình DNDC được đánh giá là phù hợp cho nghiên cứu SOC, phát thải KNK ở vùng nông nghiệp nhiệt đới.

1.3.2. Kết hợp sử dụng mô hình DNDC và phân tích không gian trong nghiên cứu phát thải khí nhà kính trên Thế giới

Bên cạnh việc sử dụng phương pháp buồng kín đo trực tiếp tại đồng ruộng, các Quốc gia như Trung Quốc, Ấn Độ, ... đã sử dụng phương pháp mô hình DNDC kết hợp với viễn thám để tính toán phát thải KNK từ canh tác lúa.

Mô hình DNDC có các mô đun tính toán phát thải CO_2 , N_2O và CH_4 theo ngày, mô phỏng vòng tuần hoàn nitơ trong đất nông nghiệp (Li và cộng sự, 1992; Li và cộng sự, 1994; Li, 2000). DNDC có cấu trúc mô phỏng tương đối đầy đủ các quá trình sinh-lý-hóa trong đất, cũng như các yếu tố môi trường khác (nhiệt độ, lượng mưa, ...) ảnh hưởng đến các quá trình hình thành và giải phóng KNK từ đất vào khí quyển. Với ưu điểm đó, kèm theo những yêu cầu thông tin đầu vào chi tiết và đầy đủ hơn so với các mô hình khác. DNDC đã chứng minh được độ tin cậy trong tính toán KNK thông qua các nghiên cứu ở nhiều nước trên thế giới, và được coi là một trong những công cụ tính toán, dự báo phát thải KNK từ hoạt động nông nghiệp,

lâm nghiệp... toàn diện nhất hiện nay, đặc biệt đối với các nghiên cứu và kiểm kê KNK trên quy mô vùng.

Mô hình DNDC đã được áp dụng để ước lượng phát thải N_2O và biến động SOC trong các hệ canh tác nông nghiệp ở Mỹ từ đầu những năm 1990 trong các nghiên cứu của Li và cộng sự (1996, 2000) cho một khu vực nông nghiệp rộng lớn. Bouwman (2000) sử dụng mô hình DNDC để tính toán lượng phát thải N_2O từ các hệ thống chăn nuôi nhỏ. Cai và cộng sự (2003) đã thực hiện kiểm định mô hình DNDC trong tính toán phát thải KNK ở khu vực Đông Á. Kết quả chạy mô hình được so sánh với kết quả quan trắc phát thải KNK từ các hệ thống trồng trọt ở Nhật Bản, Trung Quốc, và Thái Lan. Đối với tất cả các trường hợp mô phỏng, mô hình mô phỏng thỏa đáng các biến đổi hàng năm của phát thải KNK do hệ thống trồng trọt và tác dụng của quản lý đất đai. Sau đó, Pathak và cộng sự (2005), Babu và cộng sự (2006) tiếp tục hoàn thiện mô hình DNDC kết hợp với viễn thám để tính toán phát thải từ canh tác lúa, sử dụng số liệu đo trực tiếp theo phương pháp buồng kín để hiệu chỉnh, sau đó tính toán phát thải CO_2 , CH_4 , và N_2O và tiềm năng giảm phát thải trong các điều kiện canh tác lúa khác nhau ở Ấn Độ. Phần lớn các thay đổi tập trung vào việc bổ sung thêm các phương trình sinh địa hóa kị khí, thông số về sinh trưởng của cây lúa và tham số hoá các hoạt động canh tác.

Tiếp đó, một loạt các ứng dụng mô hình DNDC để ước lượng tiềm năng giảm phát thải của các biện pháp canh tác cải tiến cũng được nghiên cứu bởi Cai và cộng sự (2007), Li và cộng sự (2006, 2010), ... Năm 2008, Fumoto và cộng sự tiếp tục cải tiến DNDC thành phiên bản DNDC-Rice dành riêng cho đất trồng lúa. Các cải tiến cho phép DNDC cải thiện tính chính xác khi định lượng và phát thải CH_4 từ ruộng lúa theo các kịch bản về khí hậu, tính chất đất, biện pháp canh tác... và được sử dụng để xác định tiềm năng giảm thiểu CH_4 dưới các chế độ tưới trong canh tác lúa ở Nhật Bản (Fumoto và cộng sự, 2010). Smith và cộng sự (2010) đã nghiên cứu về độ nhạy các thông số của mô hình DNDC và sử dụng mô hình DNDC ước tính hệ số phát thải KNK tại Canada. Nghiên cứu đã so sánh kết quả mô phỏng bằng mô hình với phương pháp kiểm kê phát thải KNK theo hướng dẫn của IPCC sử dụng các hệ số phát thải mặc định và kết luận mô hình DNDC nên được áp dụng cho các

vùng địa lý cụ thể để tránh sai số khi sử dụng các hệ số phát thải mặc định. Kết quả phân tích độ nhạy chỉ ra rằng mô hình DNDC rất nhạy với các yếu tố khí hậu, nồng độ C trong đất ban đầu và tỷ lệ bón phân. Zhang và cộng sự (2011) sử dụng DNDC kết hợp với viễn thám để tính toán phát thải cho 1,44 triệu ha canh tác lúa ở miền nam Trung Quốc. Năm 2016, Zhang và cộng sự đã ứng dụng mô hình DNDC để ước tính lượng khí thải N_2O dưới các hình thức tưới khác nhau trong các vườn nho ở Ninh Hạ, Trung Quốc. Kết quả nghiên cứu chứng minh mô hình DNDC là một công cụ mạnh mẽ để giải quyết hiệu quả vấn đề thực hành quản lý thay thế trong các vườn nho. Zheng Zhao và cộng sự (2020) đã tiến hành phân tích độ nhạy, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình DNDC, sau đó áp dụng mô hình để đưa ra các biện pháp tiềm năng giảm thiểu phát thải KNK từ cánh đồng lúa ở Thượng Hải, Trung Quốc. Kết quả cho thấy mô hình là phù hợp với khi mô phỏng phát thải CH_4 ($R^2 = 0,76$, $ME = 0,71$) và N_2O ($R^2 = 0,71$, $ME = 0,67$). Kết quả phân tích độ nhạy chỉ ra rằng lượng phát thải CH_4 có tương quan thuận với tỷ lệ phân hữu cơ, phần rơm rạ còn lại, độ sâu đất canh tác và hàm lượng các-bon hữu cơ trong đất (SOC) và tương quan nghịch với tỷ lệ đất sét; phát thải N_2O có mối quan hệ thuận chiều với lượng mưa, tỷ lệ urê, độ sâu tầng canh tác và hàm lượng SOC trong đất và mối quan hệ nghịch với độ pH của đất và tỷ lệ sét trong đất. Dựa trên phân tích độ nhạy, bốn biến số quản lý đồng ruộng, bao gồm tỷ lệ bón phân, phương pháp tưới tiêu, rơm rạ còn lại và độ sâu xới đất, đã được lựa chọn để xây dựng một số kịch bản quản lý cho các thử nghiệm mô phỏng kịch bản DNDC.

Như vậy, có thể thấy, mô hình DNDC đã liên tục được kiểm định bằng các số liệu quan trắc CH_4 , N_2O đo đạc trên đồng ruộng và tiếp tục được hiệu chỉnh, hoàn thiện, nâng cấp bởi các nhà nghiên cứu trên thế giới trong nhiều năm qua. Việc áp dụng mô hình DNDC rộng rãi cho các hệ canh tác có lúa khác nhau tại Hoa Kỳ, Trung Quốc, Thái Lan, Ấn Độ, Nhật Bản, Philipine... cho kết quả rất khả quan. Những nghiên cứu này đã chứng minh rằng hoàn toàn có thể sử dụng DNDC để ước tính mức phát thải KNK từ các cánh đồng lúa ở quy mô rộng lớn (vùng, quốc gia, khu vực).

1.3.3. Kết hợp mô hình DNDC và phân tích không gian trong nghiên cứu phát thải khí nhà kính tại Việt Nam

Hiện nay, tại Việt Nam, các nghiên cứu về phát thải CH_4 , N_2O từ đất lúa chủ yếu tập trung vào quan trắc thí nghiệm đồng ruộng, hoàn thiện quy trình canh tác để giảm phát thải thực hiện ở một địa điểm cụ thể. Các nghiên cứu về mức độ phát thải, phân bố phát thải theo không gian, đánh giá tiềm năng giảm phát thải CH_4 , N_2O của các biện pháp canh tác thay thế/cải tiến trên quy mô vùng... hầu như chưa được tiến hành. Ngoài ra, mặc dù kỹ thuật, quy trình đo và quan trắc KNK quy mô điểm trong canh tác lúa đã được cải thiện đáng kể, nhưng những dự báo phát thải KNK trong canh tác lúa quy mô vùng sinh thái hay toàn quốc vẫn còn nhiều hạn chế do thiếu phương pháp/công cụ tính toán đủ tin cậy và toàn diện mặc dù việc ước lượng phát thải CH_4 , N_2O từ các hệ sinh thái nông nghiệp là cần thiết và đang dần được quan tâm.

Vũ Mạnh Quyết (2006) sử dụng mô hình DNDC để ước lượng phát thải CH_4 và N_2O từ một số hệ thống cây trồng ở 3 vùng điển hình tại miền Bắc Việt Nam: đồng bằng (huyện Bình Lục), trung du chuyển tiếp (huyện Tam Dương) và miền núi (huyện Bắc Hà). Sau đó, tác giả sử dụng dữ liệu đầu vào tham khảo từ các tài liệu nghiên cứu trước đó để tính toán phát thải cho toàn Việt Nam. Kết quả từ ước lượng bởi mô hình cho thấy mức phát thải CH_4 và N_2O nền (baseline) hàng năm của các hệ thống canh tác ở Bình Lục là 433,3 kg C/ha và 7,4 kg N/ha; ở Tam Dương là 144,6 kg C/ha và 8,3 kg N/ha; ở Bắc Hà là 35,4 kg C/ha và 11,9 kg N/ha. Nếu thay đổi chế độ tưới từ tưới ngập sang rút nước 1 lần và 2 lần giúp giảm phát thải CH_4 là 29,1% và 46,1%, nhưng tăng phát thải N_2O là 1,6% và 45,4%. Hệ thống canh tác lúa - lúa có mức phát thải CH_4 cao nhất, trung bình từ 235 kg đến 583 kg C/ha/năm, trong khi đó các hệ thống canh tác trên cạn có mức phát thải N_2O cao nhất, trung bình từ 16 kg đến 33 kg N/ha/năm. Ước lượng phát thải trên quy mô toàn quốc cho thấy: nếu sử dụng rút nước giữa vụ đối với canh tác lúa sẽ giảm được 35-50% lượng CH_4 phát thải hàng năm (497-819 Gg C/năm), nhưng tăng phát thải N_2O từ 34-104 Gg N/năm. Tuy nhiên tổng GWP vẫn giảm được 8-16% (từ 31-74 Tg CO_2td /năm).

Salas (2013) cũng đã chạy mô hình DNDC được hiệu chỉnh dựa trên kết quả thí

nghiệm của Viện Môi trường Nông nghiệp cho quy mô toàn quốc và các tỉnh. Từ đó 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 tích hợp trên hệ thống trực tuyến cả về thu thập dữ liệu, tính toán và phân loại kết quả.

Nguyễn Thanh Tuấn và cộng sự (2014) đã áp dụng mô hình DNDC xác định lượng các-bon hữu cơ trong đất ở các hệ sinh thái nông nghiệp đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị. Nghiên cứu đã kiểm chứng mô hình bằng cách so sánh các kết quả của mô hình và phân tích mẫu đất thực tế. Cụ thể, kết quả ước lượng lượng SOC theo mô hình DNDC năm 2012 được so sánh với kết quả phân tích mẫu đất thực tế (5 mẫu diện x 2 lần lặp) tại địa điểm ước lượng được thu thập và phân tích năm 2012. Kết quả đề tài đã chỉ ra rằng mô hình DNDC phù hợp cho ước lượng SOC ở các hệ canh tác: (1) Lạc, (2) Lạc - Khoai lang, (3) Ngô - đậu, (4) Lúa - lúa, (5) Sắn trên địa bàn nghiên cứu. Hệ số tương quan giữa kết quả đo đạc và ước lượng là 0.91, chỉ số mức độ phù hợp xấp xỉ 0.95, sai số bình phương trung bình (RMSE) là 0.045. Ngoài ra, kết quả cũng chỉ ra rằng mức độ nhạy cảm của các yếu tố đầu vào của mô hình đối với kết quả đầu ra là khác nhau ở mỗi hệ canh tác. Lượng SOC ban đầu, thành phần cơ giới đất, mức độ cày bừa ảnh hưởng lớn nhất đến kết quả đầu ra, tiếp sau đó là các yếu tố hàm lượng sét trong đất, bón phân hữu cơ... và tiếp đến là lượng phế phẩm để lại đồng ruộng, nhiệt độ, ...

Lục Thị Thanh Thêm và cộng sự (2016) đã sử dụng mô hình DNDC để tính toán, dự báo phát thải KNK trong canh tác lúa nước trên đất phù sa và đất mặn tại Nam Định. Kết quả khi chạy bằng mô hình đã được hiệu chỉnh cho thấy: đối với đất phù sa tại Thịnh Long lượng phát thải CH_4 dao động từ 413 kg C/ha/vụ đến 901 kg C/ha/vụ, lượng phát thải từ N_2O từ 0,491 kg N/ha/vụ; Đối với đất mặn lượng phát thải CH_4 từ 435 kg C/ha/vụ đến 857 kg C/ha/vụ, lượng phát thải N_2O từ 0,453 kg N/ha/vụ đến 0,904 kg N/ha/vụ. Sử dụng than sinh học ở các công thức bón phân khác nhau có thể giảm từ 3-9 tấn $\text{CO}_2\text{td/ha/vụ}$. Do vậy, trong canh tác lúa nước nên sử dụng toàn bộ hoặc một phần than sinh học để vừa đảm bảo năng suất vừa đạt được mục tiêu giảm phát thải KNK.

Tiếp đó, Torbick và cộng sự (2017) cũng tiến hành lập bản đồ giám sát phát

thải CH_4 ở đồng bằng sông Hồng, bằng cách sử dụng kết hợp hình ảnh vệ tinh đa cấp và mô hình DNDC. Nghiên cứu đã sử dụng ảnh viễn thám theo chuỗi thời gian để phân tích và trích xuất thông tin không gian về lịch trồng trọt, thời gian tưới nước và mức độ canh tác, sau đó sử dụng như tham số đầu vào cho mô hình DNDC nhằm ước lượng phát thải CH_4 . Kết quả cho thấy: Với diện tích đất lúa năm 2015 là 583.470 ha, tổng diện tích canh tác là 1.078.783 ha, lượng CH_4 phát thải từ đất lúa ở đồng bằng sông Hồng ước tính khoảng 11,5 triệu tấn $\text{CO}_2\text{tđ}$. Ảnh viễn thám có thể giúp lập ra bản đồ hiện trạng về quản lý nước, cải thiện thông số hóa mô hình và đánh giá chính xác tác động của quản lý thủy lợi và biện pháp giảm nhẹ khác đối với sự thay đổi phát thải KNK từ các vùng trồng lúa.

Ngô Đức Minh (2018) 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. Trong nghiên cứu, tác giả cũng đã bước đầu phân tích độ nhạy các thông số mô hình DNDC khi áp dụng tính toán phát thải KNK. 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 Trang và cộng sự (2019) đã hiệu chỉnh mô hình DNDC dựa trên kết quả quan trắc tại 3 điểm thí nghiệm thuộc thị trấn Thịnh Long và xã Hải Phúc (huyện Hải Hậu), xã Rạng Đông (huyện Nghĩa Hưng) và sau đó sử dụng mô hình DNDC như một trong các công cụ tính toán phát thải KNK từ hoạt động canh tác lúa nước tại tỉnh Nam Định. Nghiên cứu đã kết hợp hệ thống GIS để thể hiện các kết quả phát thải theo không gian và đề xuất các giải pháp giảm thiểu trong lĩnh vực sản xuất lúa của tỉnh.

Bùi Thị Thu Trang và cộng sự (2020) đã thực hiện nghiên cứu đánh giá độ nhạy các thông số và hiệu chỉnh mô hình DNDC phục vụ tính toán phát thải KNK từ hoạt động canh tác lúa nước. Kết quả nghiên cứu thể hiện 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.

Đinh Văn Khương và cộng sự (2020) đã ứng dụng mô hình DNDC tính toán phát thải KNK từ hoạt động canh tác lúa nước tại huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang. Kết quả tính toán cho thấy, trong một năm hoạt động canh tác lúa nước tại xã Hậu Mỹ Bắc thải ra lượng khí thải CH_4 và N_2O ước tính lần lượt là 8311 kg CO_2 đđ. Kết quả phân tích độ nhạy cho thấy phát thải CH_4 bị ảnh hưởng đáng kể bởi yếu tố thời gian ngập nước trong quá trình tưới trong khi phát thải N_2O bị ảnh hưởng bởi các yếu tố về tính chất đất đất bao gồm các-bon hữu trong đất (SOC) và pH. Các yếu tố lượng mưa trung bình hàng ngày và tổng lượng phân bón NPK 20-20-15 TE sử dụng mỗi năm có tác động không đáng kể.

Qua tổng quan các nghiên cứu sử dụng mô hình DNDC tại Việt Nam, có thể thấy các kết quả của các nghiên cứu khá tương đồng. Việt Nam đã có một số nghiên cứu sử dụng mô hình DNDC để mô phỏng, tính toán phát thải KNK. Tuy nhiên, các nghiên cứu hầu hết chỉ ở quy mô một hoặc một số điểm nhất định với một điều kiện khí hậu, đất đai và cây trồng. Do đó cần phải thực hiện thêm nhiều nghiên cứu về mô hình DNDC để kiểm tra độ phù hợp của mô hình trong việc mô phỏng phát thải KNK ở Việt Nam và xa hơn nữa là kết hợp với các kỹ thuật bản đồ trong nghiên cứu phát thải KNK và xây dựng phiên bản dành riêng cho Việt Nam.

1.4. Tổng quan hiện trạng các biện pháp canh tác giảm phát thải khí nhà kính tại vùng đồng bằng sông Hồng

1.4.1. Hiện trạng các biện pháp canh tác lúa giảm phát thải khí nhà kính

Với diện tích đất lúa là 4.120.498 ha và diện tích đất gieo trồng lúa là xấp xỉ 7,4 triệu ha (Tổng cục Thống Kê, 2020). Sản xuất lúa đóng một vai trò quan trọng trong đảm bảo an ninh lương thực, an sinh xã hội và duy trì sự ổn định nền kinh tế cả nước. Tại miền Bắc, do điều kiện khí hậu cận nhiệt đới nên lúa được trồng vào hai vụ chính là vụ đông xuân/xuân và vụ mùa. Tại các tỉnh miền Nam, do điều kiện nhiệt độ cao quanh năm nên lúa có thể được trồng cả vụ đông xuân, hè thu và vụ mùa. Các hoạt động chính trong canh tác lúa tại vùng ĐBSH bao gồm: làm đất; gieo mạ (mạ được hoặc mạ nền), cấy làm cỏ; phòng trừ sâu bệnh; thu hoạch; tuốt lúa và phơi sấy, đóng gói, cất trữ bảo quản. Vùng ĐBSH được đánh giá là vùng có mức độ thâm canh lúa cao so với trung bình cả nước cả về năng suất và đầu tư. Một số biện pháp canh tác lúa giảm phát thải KNK tại vùng ĐBSH là:

Tưới khô ướt 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 Cục Bảo vệ thực vật, Viện Nghiên cứu lúa quốc tế (IRRI) và các chuyên gia trồng trọt khuyến cáo nhiều nhất vì hiệu quả tiết kiệm 30-35 lượng nước sử dụng, giảm phát thải khí nhà kính (chủ yếu là khí mê tan) 46-49% và tăng năng suất bình quân 9-15% (Mai Văn Trinh, 2015).

Nghiên cứu của Tirol-Padre và cộng sự (2017) tại tỉnh Quảng Nam, việc thực hành AWD đã giảm đáng kể lượng khí thải CH_4 ($P < 0,0001$) trong tất cả các mùa, tương ứng trung bình tới 71% lượng khí thải so với ruộng ngập liên tục. Mặt khác, AWD không có ảnh hưởng đáng kể đến lượng khí thải N_2O . Lượng phát thải CH_4 trung bình theo mùa trong đồng bằng (420 kg/ha) cũng cao hơn đáng kể so với trung du miền núi (206 kg/ha). So với các giá trị mặc định của IPCC, bộ dữ liệu này từ các cánh đồng lúa Việt Nam cho thấy mức phát thải và hệ số tỷ lệ cao hơn cho AWD.

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, cây một danh, cây thưa, quản lý nước, 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, ướn 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 CH_4 , nhưng có thể sẽ làm gia tăng phát thải N_2O tùy thuộc vào mức độ sử dụng phân đạm và hệ số sử dụng phân đạm (Dobberman, 2004).

Giảm phát thải KNK thông qua ứng dụng giải pháp 3 giảm, 3 tăng (3G3T): Kỹ thuật 3G3T là gói kỹ thuật 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 20-30kg/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 và 5 giảm (1P5G): 1 phải là 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.

Giảm phát thải thông qua ủ compost: Được đánh giá là giải pháp có tiềm năng cao trong giảm phát thải KNK. Kết quả này hoàn toàn hợp lý vì ủ yếm khí sinh khối cây trồng dẫn đến quá trình tích trữ các bon cao và giảm phát thải KNK do phát thải trực tiếp hữu cơ và đạm hoà tan trong phân và hạn chế được lượng rom rạ bị đốt

Sử dụng than sinh học: Phế phụ phẩm sau thu hoạch có thể được nhiệt phân với nhiệt độ 500-600 °C trong điều kiện yếm khí để sản xuất than sinh học có hàm lượng các bon từ 40-50%. Than sinh học có hàm lượng các bon 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, gián tiếp giảm phát thải KNK. Hơn nữa, sử dụng than sinh học còn giảm lượng phế phụ phẩm bị đốt trực tiếp ngoài đồng vừa phát thải vừa gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng đến sức khỏe người dân.

Sử dụng các giống chín sớm (ngắn ngày): Chọn tạo giống ngắn ngày là chiến

lược giống được triển khai trong nhiều năm nay với quan điểm càng ngắn ngày càng ít rủi ro do thời tiết và giảm thiểu được phát thải KNK. Tiến bộ lai tạo chọn lọc giống đã giúp rút ngắn thời gian sinh trưởng của lúa từ những giống đông xuân dài ngày đến 200 ngày xuống dần cho đến 110-115 ngày như hiện nay, các giống lúa còn có thể rút ngắn thời gian sinh trưởng xuống và đạt 85-90 ngày.

Canh tác tối thiểu: Hiện nay, trên đất dốc, tại các vườn cây dài ngày, việc sử dụng phương thức canh tác tối thiểu rất phổ biến. Tuy nhiên, các đánh giá ảnh hưởng của phương thức canh tác này chủ yếu tập trung vào xói mòn, rửa trôi, hiệu quả kinh tế mà chưa có nghiên cứu về phát thải KNK. Song dựa vào khả năng quản lý dinh dưỡng, chất hữu cơ, nguồn nước thì về định tính có thể thấy canh tác tối thiểu có thể giảm đáng kể sự xáo trộn lớp đất canh tác, giảm rửa trôi xói mòn về mặt vật lý và hoá học, giảm sự mất hữu cơ và đạm và phát thải N_2O .

Giảm phát thải thông qua 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 quy đổi CO_2 . Đặc biệt, chuyển đổi từ 3 vụ lúa sang 2 vụ lúa và thủy sản có tiềm năng giảm phát thải đến 3,2 triệu tấn CO_2 đ.

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 lúa và thủy sản có tiềm năng giảm phát thải đến 3,2 triệu tấn CO_2 đ. 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.

Giảm phát thải KNK thông qua sử dụng các chất điều tiết quá trình chuyển hóa N trong phân đạm cũng như thay đổi dạng phân đạm. Việt Nam đang ứng dụng thành công chế phẩm n-(n-Butyl), thiophosphoric triamite dưới tên gọi agrotain để sản xuất urea 46A+ (đạm vàng) cũng như các sản phẩm khác có chứa đạm. Cơ chế tác dụng của agrotain là hoạt chất NBTP sẽ ức chế men ureaza phân hủy đạm và do vậy quá trình giải phóng N cho cây sử dụng dưới dạng NH_4^+ hoặc NO_3^- sẽ chậm hơn, làm giảm mất đạm khi cây chưa sử dụng hết. Nhờ vậy, bón đạm vàng có thể giảm được tới 25-30% lượng đạm bón (Nguyễn Văn Bộ và cộng sự, 2016).

1.4.2. Hiện trạng các biện pháp canh tác cây trồng cận hàng năm giảm phát thải khí nhà kính

Các hệ thống đa canh, kết hợp nhiều loại cây, kết hợp chăn nuôi với trồng trọt nhằm tạo nguồn thu nhập bổ sung cho nông dân trước khi các cây dài ngày cho thu hoạch (lấy ngắn nuôi dài), đồng thời cũng tạo nguồn vật liệu che phủ, bảo vệ và chống xói mòn đất khi cây dài ngày chưa khép tán. Trong khoảng từ 1 đến 5 năm đầu, tùy thuộc vào từng loại cây, sau khi trồng cây dài ngày (chè, cà phê, cao su, cây ăn quả), các loại cây ngắn ngày như đậu đen, lạc, ngô, sắn, gừng, dong riềng, cây thuốc, được trồng xen vào giữa các hàng cây dài ngày. Việc trồng xen thường được thực hiện cho tới khi cây dài ngày khép tán. Hệ thống nông nghiệp tổng hợp tiêu biểu là VAC (vườn, ao, chuồng) kết hợp chăn nuôi với trồng trọt, kết hợp nhiều loại cây trồng, trở thành những hệ sinh thái khép kín, ở đó chất thải, năng lượng và sinh khối được quay vòng, các nguồn tài nguyên nước, đất và năng lượng mặt trời được sử dụng hiệu quả, rác thải được xử lý thành phân bón hoặc thức ăn chăn nuôi.

Với các kỹ thuật trồng xen, trồng theo băng, làm tiểu bậc thang, hạn chế cày xới đất, che phủ đất bằng tàn dư thực vật, bố trí cây trồng hợp lý và trồng luân canh, mô hình canh tác ngô bền vững không chỉ giúp hạn chế xói mòn mà còn góp phần tăng độ phì cho đất và bảo vệ đất trước những tác động của mưa lũ, thiên tai. Đặc biệt, mô hình còn giúp tăng năng suất ngô, tăng phụ thu từ một số cây trồng xen với ngô như đậu, lạc, bơ, gỗ lát, cỏ voi... và giảm đầu tư phân bón.

Sản xuất theo nông nghiệp hữu cơ hoặc VietGap nhằm cung cấp sản phẩm an toàn và góp phần bảo vệ môi trường, giảm phát thải KNK nhờ vào việc hạn chế hoặc hoàn toàn không sử dụng hóa chất tổng hợp cho cây trồng, vật nuôi. Riêng nông nghiệp hữu cơ còn đặc biệt quan tâm tới khôi phục độ màu mỡ và cấu trúc của đất bằng cách chỉ sử dụng phân bón hữu cơ và thuốc bảo vệ thực vật có nguồn gốc sinh học. Ứng dụng VietGap và nông nghiệp hữu cơ cũng còn tạo điều kiện chuyển đổi đất lúa, đất ngô kém hiệu quả sang đất trồng rau màu, cho hiệu quả kinh tế cao hơn. Khó khăn lớn nhất để mở rộng thực hành nông nghiệp hữu cơ và VietGap bao gồm chi phí cao, khó quản lý sâu bệnh hại, giá thành sản phẩm cao, phức tạp và khó khăn trong vấn đề đăng ký, nhận diện và quản lý chất lượng sản phẩm.

Giảm phát thải KNK trong sản xuất thông qua quản lý dinh dưỡng theo vùng đặc thù (SSNM): Kỹ thuật SSNM được các nước thực hiện trong nhiều năm với nguyên tắc: Xác định lượng dinh dưỡng có thể huy động từ đất; Bón phân đúng với nhu cầu của cây trồng theo từng giai đoạn sinh trưởng; Bón đúng tỷ lệ các chất dinh dưỡng để nâng cao hiệu suất sử dụng, giảm thất thoát ra môi trường, trong đó có phát thải N_2O ; Sử dụng bảng so màu lá lúa để xác định đúng thời kỳ bón phân đạm; San hàng hoặc cấy thưa, nhỏ dặm để cây trồng sinh trưởng tốt, huy động tối đa dinh dưỡng từ đất và phân bón.

Bảng 1.4: Hiện trạng áp dụng các công nghệ tăng trưởng xanh trong lĩnh vực trồng trọt

TT	Loại công nghệ	Vùng/tỉnh áp dụng công nghệ
1	1 phải 5 Giảm (1P5G)	ĐBSCL
2	3 giảm 3 tăng (3G3T)	ĐBSCL
3	Canh tác lúa cải tiến (SRI)	ĐBSH, BTB
4	Tưới khô ẩm xen kẽ	ĐBSH, DHNTB, ĐBSCL
5	Tự động hóa (bón phân, tưới nước)	ĐBSH, ĐBB, TN, ĐBSCL
6	Cánh đồng mẫu lớn	BTB; ĐBSCL
7	Canh tác tổng hợp (ICM)	ĐBSH; ĐBSCL
8	Chế phẩm sinh học	Phân bố đều trên cả nước
9	VietGAP	Phân bố đều trên cả nước
10	Chuyển đổi đất lúa sang cây trồng cạn	TBB; BTB, ĐBSCL
11	Giống lúa ngắn ngày, năng suất cao, kháng sâu bệnh	BTB; ĐBSCL
12	GlobalGAP	ĐBSH, ĐBSCL
13	Canh tác hữu cơ	Phân bố đều trên cả nước
14	Quản lý dịch hại tổng hợp (IPM)	ĐBSH; DHNTB
15	Màng phủ nông nghiệp	BTB, DHNTB
17	Mô hình lúa – thủy sản	Ven biển ĐBB; ĐBSH, BTB; DHNTB; ĐBSCL
18	Nhà kính	Tập trung tại các tỉnh có vùng

TT	Loại công nghệ	Vùng/tỉnh áp dụng công nghệ
19	Nhà lưới	CNC: ĐBSH; BTB, ĐBSCL
20	Nhà màng	
21	Phân bón vi sinh	Chủ yếu được áp dụng ở quy mô nhỏ trên cả nước
22	Thủy canh	ĐBSH; BTB
23	Sản xuất than sinh học	ĐBSH; ĐNB
24	Tưới tiết kiệm (nhỏ giọt, phun mưa)	ĐBB, ĐBSH, TN, ĐNB, ĐBSCL
25	Trồng xen cây ngắn ngày với cây công nghiệp lâu năm	ĐNB, TN
26	Quản lý dịch hại tổng hợp IPM	ĐBSH; BTB, DHNTB
27	Xử lý phế phụ phẩm trồng trọt làm phân bón	Chủ yếu được áp dụng ở quy mô nhỏ trên cả nước

1.5. Tổng quan vùng đồng bằng sông Hồng

1.5.1. Vị trí địa lý, điều kiện tự nhiên

Vị trí địa lý: ĐBSH trải rộng từ vĩ độ 19°05' Bắc (huyện Kim Sơn) tới vĩ độ 21°34' Bắc (huyện Lập Thạch), từ kinh độ 105°17' Đông (huyện Ba Vì) đến kinh độ 107°07' Đông (trên đảo Cát Bà). Phía bắc và đông bắc là Vùng Đông Bắc (Việt Nam), phía Tây và tây Nam là vùng tây Bắc, phía đông là vịnh Bắc Bộ và phía nam vùng Bắc Trung Bộ (Hình 1.16). Đồng bằng thấp dần từ Tây Bắc xuống Đông Nam, từ các thềm phù sa cổ 10-15 m xuống đến các bãi bồi 2 – 4 m ở trung tâm rồi các bãi triều hàng ngày còn ngập nước triều (Cổng thông tin điện tử Chính phủ Việt Nam).

ĐBSH là một vùng đất rộng lớn nằm quanh khu vực hạ lưu sông Hồng thuộc miền Bắc Việt Nam, vùng đất bao gồm 10 tỉnh và thành phố: Vĩnh Phúc, Hà Nội, Bắc Ninh, Hà Nam, Hưng Yên, Hải Dương, Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định và Ninh Bình. Không giống như vùng đồng bằng sông Cửu Long, các tỉnh trong vùng đồng bằng sông Hồng chỉ có 2 tỉnh Thái Bình và Hưng Yên là không có núi, do đó khu vực này thường được gọi là châu thổ sông Hồng. Toàn vùng có diện tích:

15.082 km², chiếm 4,5 % diện tích của cả nước, dân số là 21.295.400 người (22,3 % dân số cả nước), có thủ đô Hà Nội là trung tâm kinh tế, chính trị, văn hóa, khoa học – kỹ thuật quan trọng của vùng và cả nước (Tổng cục thống kê, 2019).

Vùng ĐBSH bao gồm đồng bằng màu mỡ, dải đất rìa trung du với một số tài nguyên khoáng sản, tài nguyên du lịch và vịnh Bắc Bộ giàu tiềm năng với các đảo Cát Bà, Bạch Long Vỹ, Nằm ở vị trí chuyển tiếp giữa trung du, miền núi phía Bắc và Tây Bắc với vùng biển phía Đông, ĐBSH có vai trò quan trọng trong sự nghiệp phát triển kinh tế - xã hội của đất nước.

Điều kiện tự nhiên: Địa hình tương đối bằng phẳng với hệ thống sông ngòi dày đặc đã tạo điều kiện thuận lợi để phát triển hệ thống giao thông thủy bộ và cơ sở hạ tầng của vùng. Nhóm đất phù sa tại vùng ĐBSH là nhóm đất có diện tích lớn nhất, chiếm 50,9% so với toàn diện tích tự nhiên của vùng.

Hệ thống sông ngòi tương đối phát triển. Tuy nhiên về mùa mưa lưu lượng dòng chảy quá lớn có thể gây ra lũ lụt, nhất là ở các vùng cửa sông khi nước lũ và triều lên gặp nhau gây ra hiện tượng dồn ứ nước trên sông. Về mùa khô (tháng 10 đến tháng 4 năm sau), dòng nước trên sông chỉ còn 20-30% lượng nước cả năm gây ra hiện tượng thiếu nước. Bởi vậy, để ổn định việc phát triển sản xuất, đặc biệt trong nông nghiệp thì phải xây dựng hệ thống thủy nông đảm bảo chủ động tưới tiêu và phải xây dựng hệ thống đê điều chống lũ và ngăn mặn.

Đặc trưng khí hậu của vùng là mùa đông từ tháng 10 đến tháng 4 năm sau, là mùa khô. Mùa xuân có tiết mưa phùn. Khí hậu của vùng tạo điều kiện thuận lợi cho việc tăng vụ trong năm vụ đông với các cây ưa lạnh, vụ xuân, vụ mùa, cây vụ đông.

1.5.2. Hiện trạng sử dụng đất vùng đồng bằng sông Hồng

Đất là tài nguyên quan trọng hàng đầu của vùng ĐBSH. Về hiện trạng sử dụng đất: Với tổng diện tích tự nhiên là 15.082 km². Cơ cấu sử dụng đất của vùng và các địa phương trong vùng thể hiện trong bảng 1.5.

Bảng 1.5: Hiện trạng sử dụng đất tại vùng đồng bằng sông Hồng năm 2019*Đơn vị: nghìn ha*

Khu vực	Tổng diện tích	Nông nghiệp	Lâm nghiệp	Chuyên dùng	Đất ở
CẢ NƯỚC	33.123,6	11.498,5	14.940,8	1893,2	721,7
ĐBSH	1.508,2	729	120,7	278,2	138,7
Hà Nội	335,9	154,3	22,2	64,1	40,9
Vĩnh Phúc	123,6	55,9	32,0	17,6	7,9
Bắc Ninh	82,3	42,5	0,6	17,7	10,7
Hải Dương	166,8	85,7	9,3	31,5	16,8
Hải Phòng	156,2	50,5	19,2	29,3	14,6
Hưng Yên	93,0	53,6	-	17,7	9,7
Thái Bình	158,6	92,9	0,9	30,1	13,6
Hà Nam	86,2	41,7	5,2	19,5	6,4
Nam Định	166,9	90,9	3,0	30,8	11,2
Ninh Bình	138,7	61,0	28,3	20,5	6,9

(Nguồn: Tổng cục Thống kê, 2019)

Đất đai nông nghiệp là nguồn tài nguyên cơ bản của vùng do phù sa của hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình bồi đắp. Hiện có trên 1,25 triệu ha đất đã được sử dụng, chiếm 82,48% diện tích đất tự nhiên của vùng và chiếm 5,5% diện tích đất sử dụng của cả nước. Mức độ sử dụng đất của vùng cao nhất so với các vùng trong cả nước. Diện tích đất nông nghiệp chiếm 63,8% tổng diện tích tự nhiên, trong đó đất trồng lúa là 561.746 ha, chiếm 58,38% diện tích đất nông nghiệp, được trồng trên nhóm đất chính: đất mặn 32.438 ha, đất phèn 41.856 ha, đất phù sa 450.739 ha và đất xám bạc màu 29.330 ha (Phạm Văn Thành và cộng sự, 2019).

ĐBSH là một trong hai vùng sản xuất lúa chính của Việt Nam, là vùng có trình độ thâm canh cao nên năng suất lúa rất cao. Vùng có diện tích trồng cây lương thực đứng thứ 2 trong cả nước với diện tích đạt 1242,9 nghìn ha. Trong số các cây lương thực, lúa là cây trồng chính tại ĐBSH, với diện tích gieo cấy chiếm tới 94,07% diện tích cây lương thực có hạt trong vùng.

Đối với cây trồng cạn hàng năm, vùng ĐBSH có các loại cây chính là ngô, khoai lang, khoai tây, sắn, mía các loại rau và đậu (như bắp cải, su hào, cà rốt, dưa hấu, hành củ, ...), cây lấy sợi (gồm đay và cói), cây có hạt chứa tinh dầu (gồm đậu

tương, lạc và vừng), thuốc lá, thuốc lào, các loại hoa, cây cảnh và một số loại cây trồng cận hàng năm khác. Trong các cây trồng cận hàng năm, ngô là cây trồng quan trọng thứ 3 trên thế giới sau lúa mì và lúa gạo. Tại Việt Nam, ngô là cây lương thực quan trọng thứ 2 sau lúa, đây là cây xóa đói giảm nghèo có vai trò đặc biệt quan trọng đối với đời sống của nông dân, đặc biệt là nông dân miền núi. Các loại cây địa phương như khoai lang, khoai tây, sắn và ngô được trồng và sử dụng cho ngành công nghiệp thức ăn chăn nuôi khá phổ biến. Bên cạnh đó, những loại cây lương thực này còn góp phần cung cấp đa dạng hóa các món ăn cho người dân. Thực tế, những năm gần đây, sản xuất ngô trong nước đã không đáp ứng đủ nhu cầu, Việt Nam đã phải nhập khẩu 2,0 triệu tấn ngô mỗi năm. Điều đó đã gây áp lực lớn cho các nhà sản xuất ngô làm sao để nhanh chóng tăng năng suất đáp ứng được nhu cầu ngày càng tăng. Có nhiều giải pháp để có thể tăng năng suất ngô trung bình, như sử dụng các giống năng suất cao, tăng cường lượng phân bón cho cây, thay đổi kỹ thuật canh tác, ... Những giải pháp này giúp tăng năng suất nhưng có thể có những ảnh hưởng tiêu cực khác, ví dụ bón quá nhiều phân đạm, có thể dẫn tới lượng đạm dư thừa trong đất và chuyển hóa thành phát thải khí N_2O . Tuy nhiên, lượng khí N_2O phát thải từ hoạt động canh tác ngô chưa được nhiều nghiên cứu quan tâm.

1.5.3. Tính chất đất vùng đồng bằng sông Hồng

Đất phù sa sông Hồng được hình thành do sự bồi tụ phù sa và trầm tích của hệ thống sông Hồng với mạng lưới các con sông: sông Hồng, sông Đà, sông Chảy, sông Lô, sông Thái Bình, sông Luộc, sông Kinh Thầy, sông Hóa và sông Cẩm, góp nước hoặc nhận nước từ con sông chính là sông Hồng và đổ ra biển Đông ở các cửa Ba Lạt, Diêm Hộ, Trà Lý, Lân, So, Lạch Giang, Đáy, Lạch Càn thuộc các tỉnh/thành: Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định và Ninh Bình. Đất thường có màu nâu tươi, nâu tím, có tầng đất dày, dung trọng trung bình là $0,84 \text{ g/cm}^3$, dao động từ $0,75\text{-}0,92 \text{ g/cm}^3$, tỷ trọng trung bình là $2,69 \text{ g/cm}^3$, dao động từ $2,56\text{-}2,82 \text{ g/cm}^3$. Độ xốp của đất 60-64% ở tầng mặt, 50-53% ở tầng dưới. Sức chứa ẩm tối đa đồng ruộng ở đất có thành phần cơ giới nhẹ là 30,2%, ở đất có thành phần cơ giới trung bình là 38,5% và ở đất có thành phần cơ giới nặng là 45,6%. Độ ẩm cây héo ở đất có thành phần cơ giới nhẹ là 4,4%, ở đất có thành phần cơ giới trung bình là 11,05%

và ở đất có thành phần cơ giới nặng là 24,0%. Về thành phần cơ giới theo phân loại 3 cấp (sét, thịt, cát) thì đất phù sa sông Hồng có chủ yếu các cấp hạt limon, hàm lượng sét từ 21,4 – 31,4%, limon từ 54,2 – 57,2% còn lại là cát từ 14,4 – 21,4%. Tùy thuộc cự ly phân bố của đất so với sông và từ thượng lưu xuống hạ lưu mà thành phần cơ giới của đất phù sa sông Hồng có thể thay đổi từ cát pha đến thịt nhẹ, thịt, hay thịt nặng. Về tính chất hóa học, phần lớn đất trung tính với pH.KCl bằng 6,5 – 6,7; đất phân bố ở xa sông và ở nơi thấp thường trở nên hơi chua, độ pHKCL bằng 4,8 – 5,5. Độ bão hòa ba-dơ của đất bằng 80 – 85%; can-xi trao đổi bằng 7,1 – 15,4 lđl/100g đất; chất hữu cơ bằng 1,22 – 1,50%; am tổng số bằng 0,12 – 0,26% N; lân tổng số bằng 0,08 – 0,13% P_2O_5 , lân dễ tiêu phổ biến là 12,0 – 15,0mg P_2O_5 /100g đất; kali tổng số giàu, bằng 1,72 – 2,14% K_2O ; kali dễ tiêu bằng 15 - 25mg K_2O /100g đất (Viện Thổ nhưỡng Nông hóa).

Đất mặn thường có màu nâu xám, thành phần cơ giới trung bình đến nặng, cấu trúc lãng trụ rắn chắc, dưới sâu thường có gầy và vỏ sò ốc. Với đất mặn nhiều, tỷ lệ muối dao động từ 0,5 - 1% và Cl từ 0,15 - 0,25%; với đất mặn trung bình và ít, tỷ lệ muối thấp hơn <0,5 % và Cl <0,15%. Tại Nam Định, đất chỉ mặn trong mùa khô, còn mùa mưa được rửa mặn cho nên còn được gọi là đất mặn thời vụ (Viện Thổ nhưỡng Nông hóa).

Đất xám có thành phần cơ giới nhẹ, đất thuộc loại hơi thô và thô, thịt pha cát, thịt nhẹ và cát pha, tỉ lệ cát chiếm khoảng 30 - 50%. Tỷ trọng ở tầng đất mặt khoảng 2,62, ở tầng dưới khoảng 2,70. Dung trọng ở tầng đất đất khoảng 1,4 - 1,5, ở tầng dưới khoảng 1,6 - 1,7. Độ xốp tầng mặt khoảng 40 – 47% ở, ở tầng dưới khoảng 32 – 37%. Độ ẩm cây héo ở tầng mặt dao động trong khoảng 7,1 – 7,9%, ở tầng dưới dao động trong khoảng 8,2 – 9,1%. Tầng đất mặt có cấu trúc kém, khi khô đất rất rời rạc, chặt, cứng. Tầng dưới, đất có cấu trúc cục hoặc lãng trụ. Đất rất dễ bị hạn nặng vào mùa khô (Viện Thổ nhưỡng Nông hóa).

Đất phèn có cấu trúc tầng mặt với những cục nhỏ, tầng dưới có cấu trúc hình trụ kích thước lớn. Tầng đất mặt khi bị ướt thường hơi dính và khi khô thường hơi rắn, tầng dưới thường dính dẻo. Đất phèn là đất nặng. Thành phần cơ giới đất: sét chiếm 25 – 30%, limon chiếm 40 – 45%, cát khoảng 25 – 30% và hầu hết là cát

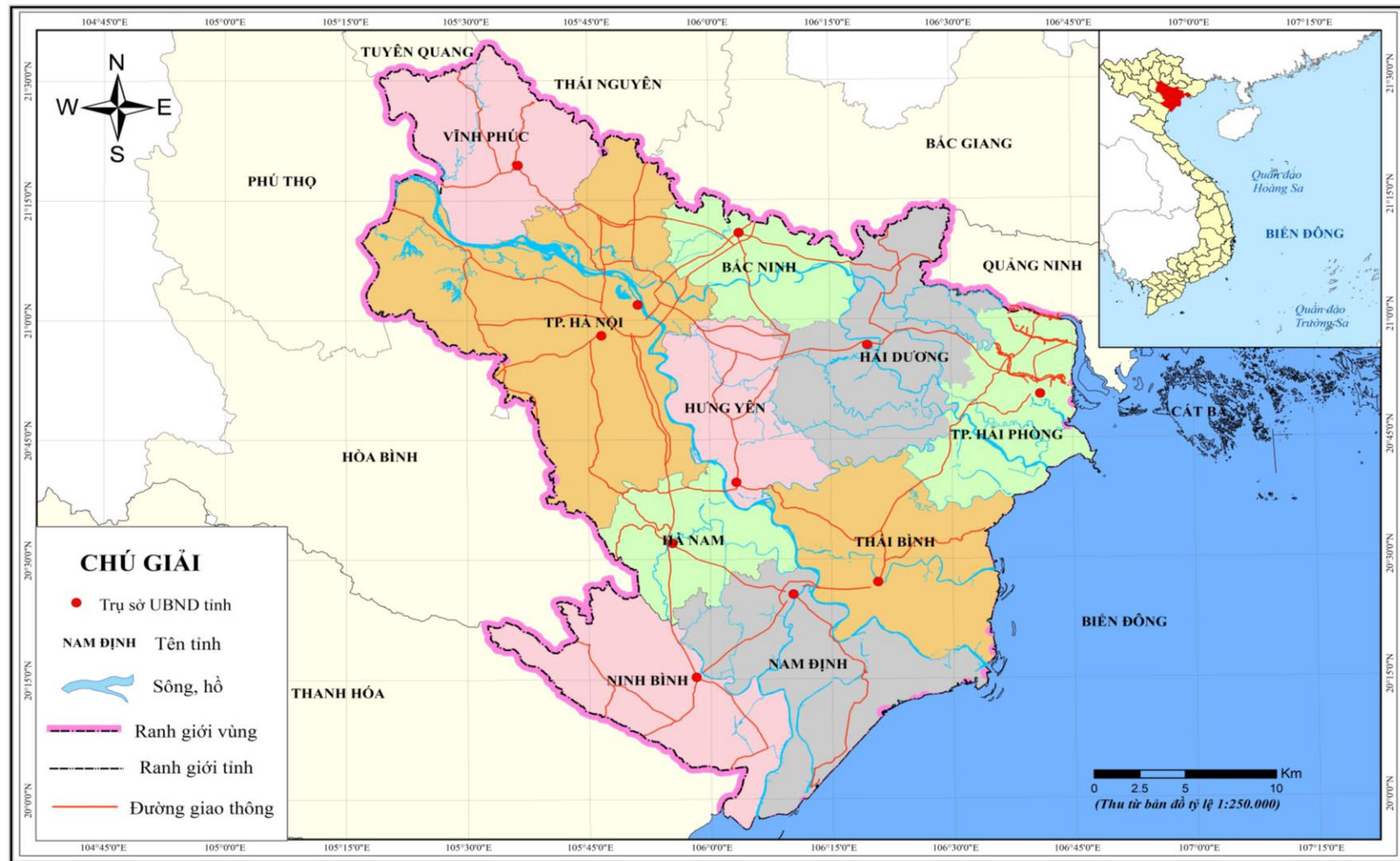
mịn. Tỷ trọng đất khoảng 2,40 - 2,57, dung trọng khoảng 0,9 -1,2 tùy theo hàm lượng chất hữu cơ ở tầng mặt của đất. Đất có khả năng giữ nước tương đối cao. Đất có khả năng thấm nước của tầng dưới sâu kém và sức chứa ẩm tối đa đồng ruộng là 38,5%, độ ẩm cây héo là 17,3%. Độ xốp của đất khoảng 58% (Viện Thổ nhưỡng Nông hóa).

Đất trồng lúa ở vùng ĐBSH đều có phản ứng chua đến ít chua. Trong các nhóm đất thì đất mặn có pHKCl cao nhất (ít chua); đất phù sa chua đến ít chua; đất phèn, đất xám bạc màu đều chua. Hàm lượng chất hữu cơ và nitơ dễ tiêu đạt mức giàu; đất xám bạc màu có giá trị bình quân ở mức trung bình; trong các nhóm giàu thì đất phèn hoạt động giàu nhất. Lân dễ tiêu ở đất trồng lúa của vùng đều giàu, ở một số loại đất mặn và đất phèn đạt trung bình. Theo hướng giảm dần về hàm lượng lân dễ tiêu, các nhóm đất trồng lúa có thứ tự $P > X \& B > M > S$. Hàm lượng kali dễ tiêu (Kdt) biến động từ trung bình đến giàu. Nghèo Kdt ở nhóm đất đất xám bạc màu (Phạm Văn Thành và cộng sự, 2019).

Nghiên cứu của Phạm Văn Thành và cộng sự (2018) đã xác định các yếu tố ảnh hưởng tới độ phì nhiêu, màu mỡ của đất trồng lúa tại vùng ĐBSH như sau: đối với nhóm đất phù sa, chất hữu cơ tổng số, nitơ dễ tiêu, lân dễ tiêu và dung lượng cation trao đổi; đối với nhóm đất mặn là nitơ dễ tiêu và lân dễ tiêu; đối với nhóm đất xám là chất hữu cơ tổng số và dung lượng cation trao đổi.

Như vậy, vùng ĐBSH có các điều kiện thuận lợi với địa hình chủ yếu là đồng bằng, thuận lợi để phát triển tất cả các ngành kinh tế và tập trung dân cư đông đúc. Về thổ nhưỡng, chủ yếu là đất phù sa hệ thống sông Hồng, sông Thái Bình, là điều kiện thuận lợi để phát triển nông nghiệp. Đất đai của vùng rất thích hợp cho thâm canh lúa nước, trồng màu và các cây công nghiệp ngắn ngày. ĐBSH có khí hậu nhiệt đới ẩm gió mùa có mùa đông lạnh, tạo điều kiện để đa dạng hóa các sản phẩm nông nghiệp, tiến hành thâm canh, tăng vụ và đưa vụ đông trở thành vụ chính. Bên cạnh đó, mạng lưới sông ngòi dày đặc, nhiều sông lớn thuộc hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình được bồi đắp phù sa, cung cấp nước tưới tiêu nông nghiệp, phát triển đường sông, du lịch.

BẢN ĐỒ HÀNH CHÍNH VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG



Nguồn: Bản đồ hành chính Việt Nam (NXB Bản đồ, 2015)

Biên tập: NCS. Bùi Thị Thu Trang
Người hướng dẫn: PGS.TS. Mai Văn Trinh, TS. Đinh Thái Hưng

Hình 1.14: Bản đồ vùng đồng bằng sông Hồng và vị trí địa lý của vùng

TIỂU KẾT CHƯƠNG I

Chương I đã tổng quan được về khu vực nghiên cứu và một số nghiên cứu trên Thế giới và Việt Nam liên quan tới tính toán phát thải KNK trong lĩnh vực trồng trọt.

Kết quả tổng quan tài liệu thể hiện phát thải KNK từ hoạt động nông nghiệp là một trong những nguồn phát thải chính, đặc biệt ở các nước đang phát triển, đóng góp lớn vào việc gia tăng khí nhà kính, biến đổi khí hậu toàn cầu.

Nhiều tài liệu nghiên cứu trên Thế giới và Việt Nam thể hiện có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến phát thải CH_4 và N_2O trên đất lúa nước, trong đó điều kiện khí hậu, thổ nhưỡng, chế độ tưới nước và bón phân là những yếu tố chính ảnh hưởng trực tiếp đến phát thải CH_4 và N_2O . Trong ruộng lúa nước, cây lúa là đường dẫn chính cho cả khí CH_4 và N_2O thoát khỏi đất phát thải vào khí quyển. Lượng phát thải CH_4 và N_2O từ ruộng lúa nước có xu hướng ngược nhau, yếu tố làm giảm phát thải của khí này sẽ làm tăng phát thải khí kia. Phát thải N_2O từ ruộng lúa thường là rất thấp do ruộng lúa thường xuyên ngập nước. Phát thải N_2O chủ yếu từ đất nông nghiệp trồng cây trồng cạn.

Hiện nay, công tác kiểm kê KNK tại Việt Nam chủ yếu thực hiện theo hướng dẫn của IPCC với các hệ số phát thải mặc định áp dụng trên quy mô toàn quốc gia, trong khi phương pháp quan trắc, đo đạc phát thải KNK ngoài thực địa với nhiều địa điểm rất tốn kém, thì việc áp dụng mô hình trong định lượng mức phát thải KNK là giải pháp khả thi đáp ứng cả yêu cầu về kỹ thuật và kinh tế.

Nghiên cứu đã tổng quan về hiện trạng các biện pháp canh tác giảm phát thải KNK và việc sử dụng phương pháp mô hình và kỹ thuật bản đồ tính toán phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực trồng trọt, cũng như phân tích các ưu nhược điểm của một số mô hình tính toán phát thải KNK từ hoạt động trồng trọt. Bên cạnh đó, nghiên cứu đã tổng quan về hiện trạng sử dụng, diện tích và tính chất cơ bản của 4 loại đất trồng chính vùng ĐBSH.

Mô hình DNDC đã được kiểm định, có độ chính xác cao và khắc phục được khá nhiều hạn chế của các dạng mô hình trước đó, mô phỏng tương đối đầy đủ các quá trình sinh-lý-hóa trong đất, cũng như các yếu tố môi trường ảnh hưởng đến các quá trình hình thành và giải phóng KNK từ đất vào khí quyển. Việt Nam đã có một số nghiên cứu sử dụng mô hình DNDC tính toán lượng phát thải KNK từ hoạt động canh tác lúa nước, tuy nhiên mới dừng lại ở quy mô nhỏ. Đặc biệt, với các cây trồng cạn hàng năm - cũng là một trong những nguồn lương thực chính của cả nước - lại chưa được quan tâm nghiên cứu. Việc kết hợp sử dụng mô hình DNDC và kỹ thuật bản đồ là một phương pháp mới, thể hiện được phát thải KNK theo không gian.

CHƯƠNG II: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TRONG LĨNH VỰC TRỒNG TRỌT TẠI VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

2.1. Trình tự các bước tiến hành nghiên cứu

Để đạt được các mục tiêu đề ra là tính toán được lượng khí CH_4 , N_2O từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm theo các điều kiện khí hậu và đất đai khác nhau theo không gian, luận án đã xây dựng phương pháp tính toán phát thải KNK từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm theo không gian tại vùng ĐBSH dựa trên cơ sở kế thừa, bổ sung và hoàn thiện các hướng dẫn, phương pháp tính toán phát thải KNK trong nông nghiệp đã có và kết hợp với tình hình thực tế về điều kiện tự nhiên - xã hội tại vùng ĐBSH.

Thực tế, có ba phương pháp để tính toán phát thải KNK, (i) thực hiện theo hướng dẫn của IPCC; (ii) thiết kế thí nghiệm quan trắc, lấy mẫu và phân tích; (iii) sử dụng mô hình. Như đã trình bày ở chương 1, công tác kiểm kê KNK tại Việt Nam chủ yếu thực hiện theo hướng dẫn của IPCC với các hệ số phát thải mặc định và phương pháp quan trắc, đo đạc phát thải KNK ngoài thực địa trên quy mô lớn rất tốn kém, thì việc áp dụng mô hình trong định lượng mức phát thải KNK là giải pháp khả thi đáp ứng cả yêu cầu về kỹ thuật và kinh tế. Do vậy, việc kết hợp sử dụng mô hình DNDC và phương pháp phân tích không gian là một phương pháp mới, có thể thể hiện được sự phân bố của phát thải KNK theo không gian. Luận án đã tiến hành xây dựng phương pháp tính toán phát thải KNK cho lĩnh vực trồng trọt (lúa và cây trồng cận hàng năm) vùng ĐBSH gồm các bước sau:

- Mô tả hệ thống trồng trọt ĐBSH;
- Nghiên cứu cơ chế phát thải KNK từ lúa và cây trồng cận hàng năm;
- Nghiên cứu các phương pháp đo và tính toán phát thải KNK trên đối tượng cây trồng nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam;
- Phân tích các ưu điểm nhược điểm của các phương pháp và tính phù hợp của chúng trong điều kiện ĐBSH;
- Rút ra phương pháp chuẩn cho trường hợp ĐBSH.

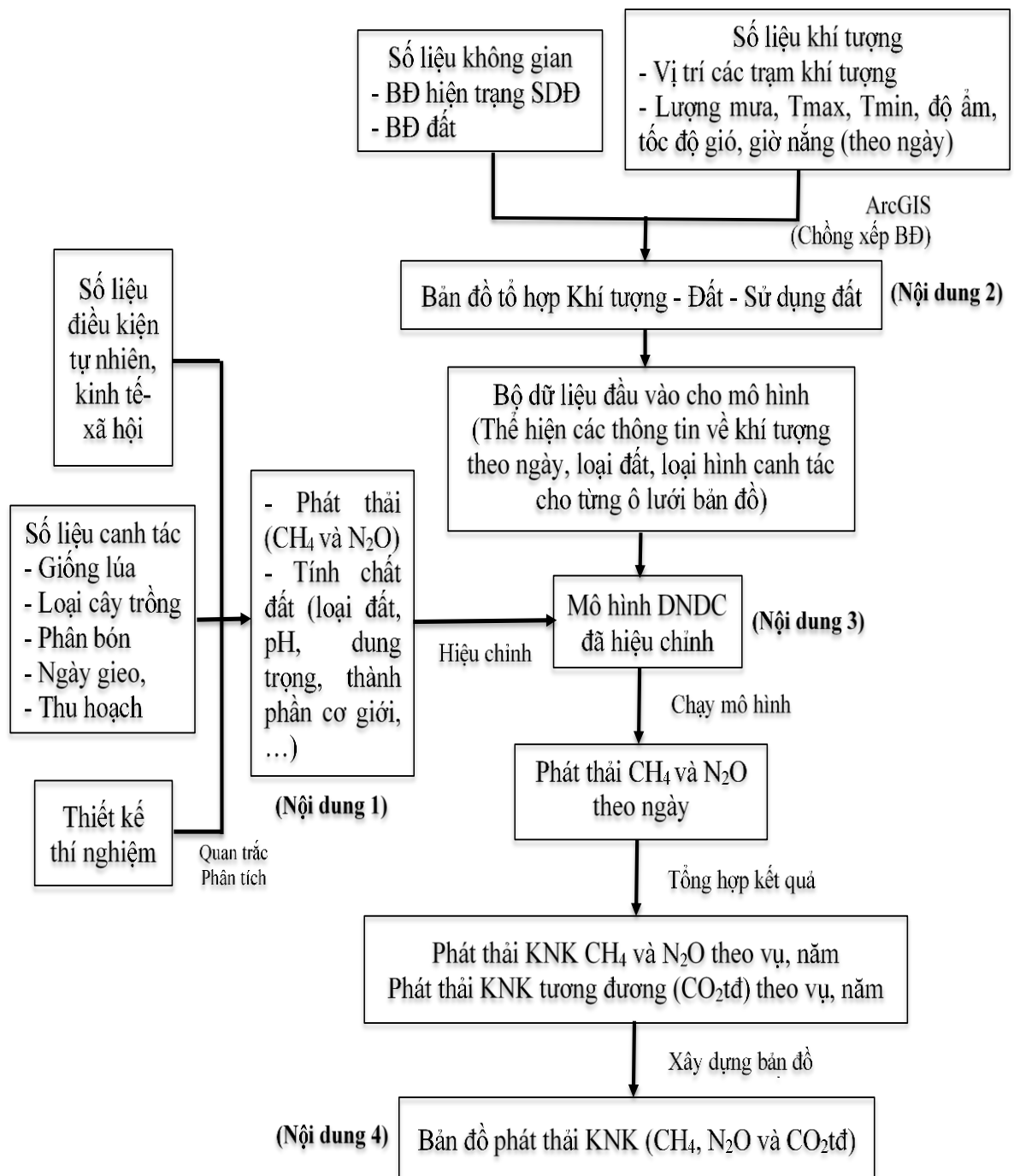
Về quy trình thực hiện, trước hết, luận án đã thu thập tất cả các số liệu về điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội của khu vực nghiên cứu, các số liệu canh tác, số liệu về không gian, số liệu về khí tượng, số liệu về thổ nhưỡng, số liệu về cây trồng, bản đồ đất và bản đồ hiện trạng sử dụng đất của vùng ĐBSH.

Đề tài đã thực hiện quan trắc, phân tích và tính toán phát thải CH_4 và N_2O trên đất phù sa, xám, mặn, phèn trồng các giống lúa Hương Việt 3, BT7, TX111, DS1 và BC15 tại các điểm thí nghiệm thuộc tỉnh Nam Định, Thái Bình, Hải Dương, và thành phố Hà Nội; và đối với giống ngô LVN17 trồng trên đất phù sa sông Hồng tại thành phố Hà Nội Hà Nội.

Tiếp theo, với sự hỗ trợ của hệ thống thông tin địa lý (ArcGIS), đề tài đã biên tập bản đồ đất và bản đồ hiện trạng sử dụng đất vùng ĐBSH. Sau đó, các lớp thông tin bản đồ đất, bản đồ hiện trạng sử dụng đất được chồng lớp và kết hợp với thông tin các trạm khí tượng trong vùng để tạo ra bản đồ tổ hợp Khí tượng - Đất- Sử dụng đất thể hiện các vùng đặc trưng với 3 yếu tố khí tượng, thổ nhưỡng, canh tác.

Bước tiếp theo, đề tài sử dụng mô hình DNDC mô phỏng, tính toán phát thải CH_4 và N_2O từ đất trồng lúa và cây trồng cạn hàng năm tại vùng ĐBSH với các điều kiện khí tượng và thổ nhưỡng khác nhau. Kết quả phát thải CH_4 và N_2O được quy đổi ra tổng lượng phát thải KNK tương đương với CO_2 ($\text{CO}_2\text{tđ}$). Sau đó, lượng phát thải KNK được thể hiện trên các bản đồ thông qua kỹ thuật xây dựng bản đồ chuyên đề trong GIS.

Các bước tiến hành nghiên cứu được thể hiện trong hình 2.1.



Hình 2.1: Sơ đồ trình tự các bước nghiên cứu

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp nghiên cứu được sử dụng chủ yếu trong luận án được tổng hợp trong bảng 2.1.

Bảng 2.1: Các phương pháp nghiên cứu được sử dụng trong luận án

Nội dung	Phương pháp
Tổng quan các nghiên cứu về phát thải KNK trong lĩnh vực trồng trọt trên Thế giới và Việt Nam.	- Phương pháp thu thập, thống kê và tổng hợp tài liệu.
Xây dựng phương pháp luận tính toán được lượng khí CH ₄ , N ₂ O từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm theo các điều kiện khí hậu và đất đai khác nhau theo không gian.	- Phương pháp thu thập, thống kê và tổng hợp tài liệu; - Nghiên cứu tài liệu, kế thừa và tổng hợp lý thuyết, các phương pháp tính, phương pháp phân tích không gian thành phương pháp của luận án - Phương pháp chuyên gia.
Nghiên cứu thực trạng, diễn biến phát thải CH ₄ và N ₂ O từ lúa trồng trên đất phù sa, xám, mặn, phèn và ngô trồng trên đất phù sa sông Hồng tại các điểm thí nghiệm.	- Phương pháp thu thập, thống kê và tổng hợp tài liệu; - Phương pháp quan trắc, lấy mẫu và phân tích; - Phương pháp xử lý số liệu và tính toán kết quả thí nghiệm.
Xây dựng bộ số liệu đầu vào phục vụ tính toán phát thải KNK từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm theo không gian.	- Phương pháp xử lý số liệu; - Phương pháp xây dựng mô hình tính toán và phương pháp phân tích không gian sử dụng công cụ ArcGIS.
Đánh giá độ nhạy các thông số, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình DNDC phục vụ tính toán phát thải KNK từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm.	- Phương pháp so sánh kết quả và điều chỉnh số liệu trong chạy mô hình sinh thái; - Phương pháp xử lý số liệu.
Nghiên cứu phát thải KNK từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm tại ĐBSH theo không gian.	- Phương pháp mô hình hóa sử dụng mô hình DNDC; - Phương pháp phân tích không gian và xây dựng bản đồ; - Phương pháp xử lý số liệu.

2.2.1. Phương pháp thu thập và tổng hợp số liệu

Phương pháp thu thập và tổng hợp số liệu/tài liệu là một trong những phương pháp tiên đề, cơ bản đối với bất cứ nghiên cứu nào. Việc thu thập đầy đủ các số liệu là cơ sở cho việc tiến hành nghiên cứu được thuận lợi và giúp người nghiên cứu định hướng rõ ràng những nội dung cần làm rõ về đề tài. Luận án đã sử dụng phương pháp này trong giai đoạn đầu tiên xây dựng đề cương và được bổ sung trong suốt quá trình nghiên cứu. Các tài liệu/số liệu thu thập phục vụ cho luận án gồm có:

- + Thông tin về điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội, sản xuất nông nghiệp và canh tác lúa, ... được thu thập từ các cơ quan chuyên ngành như: Sở/Phòng Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Trung tâm Khuyến nông; Một số số liệu thứ cấp được lấy từ niên giám thống kê, các nghiên cứu liên quan đến canh tác lúa và sản xuất nông nghiệp ở Việt Nam, các báo cáo và văn bản chính thức của địa phương (cấp huyện và tỉnh), các báo cáo: Kiểm kê khí nhà kính quốc gia năm 2010, Kiểm kê khí nhà kính quốc gia năm 2014, Báo cáo cập nhật hai năm một lần của Việt Nam cho UNFCCC,...

- + Số liệu không gian: Bản đồ Hiện trạng sử dụng đất năm 2015 của khu vực Đồng bằng sông Hồng, tỷ lệ 1:250.000; (từ Tổng cục Quản lý đất đai – Bộ Tài nguyên và Môi trường); Bản đồ đất năm 2016, tỷ lệ 1:250.000 (từ Viện Thổ nhưỡng Nông hóa, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam);

- + Số liệu khí tượng: để mô hình có kết quả chính xác, số liệu khí tượng phải đại diện cho vùng nghiên cứu. Vị trí của các trạm đo khí tượng ảnh hưởng trực tiếp tới kết quả nghiên cứu. Luận án đã thu thập số liệu từ năm 2010 - 2020 tại 28 trạm khí tượng cơ bản trong mạng lưới trạm quan trắc Quốc gia của Tổng cục Khí tượng Thủy văn, đó là các trạm đảm bảo đo đạc trên nền thống nhất, phục vụ cho công tác điều tra cơ bản với số liệu mới chính xác. Các trạm này thuộc hoặc nằm lân cận vùng ĐBSH. Thông tin thu thập gồm: tọa độ trạm, nhiệt độ không khí cao nhất trong ngày, nhiệt độ không khí thấp nhất trong ngày, nhiệt độ không khí trung bình trong ngày, tổng số giờ nắng trong ngày, hướng và tốc độ gió, lượng mưa trong ngày, độ ẩm (từ Tổng cục Khí tượng Thủy văn). Thông tin chi tiết các trạm thể hiện trong bảng 2.2.

Bảng 2.2: Thông tin các trạm khí tượng

TT	Tỉnh/TP	Tên trạm	Địa chỉ
1	Hà Nội	Sơn Tây	P. Quang Trung, TX. Sơn Tây, TP. Hà Nội
		Láng	P. Láng Thượng, Q. Đống Đa, TP. Hà Nội
		Ba Vì	Xã Tản Lĩnh, H. Ba Vì, TP. Hà Nội
		Hà Đông	Phố Ba La, Q. Hà Đông, TP. Hà Nội
2	Vĩnh Phú	Vĩnh Yên	P. Liên Bảo, TP. Vĩnh Yên, tỉnh Vĩnh Phúc
		Tam Đảo	TT. Tam Đảo, H. Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc
3	Bắc Ninh	Bắc Ninh	P. Đại Phúc, TP. Bắc Ninh, tỉnh Bắc Ninh
4	Hải Dương	Hải Dương	P. Việt Hoà, TP. Hải Dương, tỉnh Hải Dương
		Chí Linh	TT. Sao Đỏ, H. Chí Linh, tỉnh Hải Dương
5	Hải Phòng	Phù Liễn	P. Phù Liễn, Q. Kiến An, TP. Hải Phòng
		Hòn Dấu	Đảo Hòn Dấu, Q. Đồ Sơn, TP. Hải Phòng
6	Hưng Yên	Hưng Yên	P. Hiến Nam, TP. Hưng Yên, tỉnh Hưng Yên
7	Thái Bình	Thái Bình	Xã Vũ Ninh, H. Kiến Xương, tỉnh Thái Bình
		Ba Lạt	Xã Nam Hưng, H. Tiền Hải, tỉnh Thái Bình
8	Hà Nam	Hà Nam	P. Thanh Châu, TP. Phủ Lý, tỉnh Hà Nam
9	Nam Định	Nam Định	P. Lộc Hoà, TP. Nam Định, tỉnh Nam Định
		Văn Lý	Xã Hải Chính, H. Hải Hậu, tỉnh Nam Định
10	Ninh Bình	Ninh Bình	Phố Đinh Tiên Hoàng, TP. Ninh Bình, Ninh Bình
		Nho Quan	Xã Đồng Phong, H. Nho Quan, tỉnh Ninh Bình
		Cúc Phương	Xã Cúc Phương, H. Nho Quan, tỉnh Ninh Bình
11	Quảng Ninh	Uông Bí	P. Phương Đông, TP. Uông Bí, tỉnh Quảng Ninh
12	Bắc Giang	Bắc Giang	P. Xương Giang, TP. Bắc Giang, tỉnh Bắc Giang
		Hiệp Hoà	Xã Đức Thắng, H. Hiệp Hoà, tỉnh Bắc Giang
13	Phú Thọ	Việt Trì	P. Tân Dân, TP. Việt Trì, tỉnh Phú Thọ
		Phú Hộ	Xã Phú Hộ, TX. Phú Thọ, tỉnh Phú Thọ
14	Hòa Bình	Kim Bôi	TT. Bo, H. Kim Bôi, tỉnh Hòa Bình
		Chi Nê	TT. Chi Nê, H. Lạc Thủy, tỉnh Hòa Bình
		Lạc Sơn	Xã Liên Vũ, H. Lạc Sơn, tỉnh Hòa Bình

+ Số liệu đất: Các số liệu bao gồm loại đất, độ dày tầng đất, thành phần cơ giới, đặc tính lý học, hóa học của đất... từ Bảo tàng đất Việt Nam và hệ thống dữ liệu của dự án “*Nghiên cứu xây dựng hệ số phát thải khí nhà kính quốc gia cho lúa và các loại cây trồng cạn chủ yếu phục vụ kiểm kê khí nhà kính và xây dựng các giải pháp giảm nhẹ phát thải khí nhà kính của ngành Nông nghiệp*” (Mã số BĐKH. 21/16-20);

+ Số liệu cây trồng: Các số liệu bao gồm giống lúa và các loại cây trồng hàng năm khác; đặc tính sinh lý, sinh hóa của giống lúa và ngô; lịch mùa vụ; các kỹ thuật canh tác (làm đất, tưới, bón phân, làm cỏ, phun thuốc bảo vệ thực vật...); Chung loại và đặc tính của phân bón (từ các tài liệu, sách và bài báo khoa học, các thông tin về giống và kết quả khảo nghiệm giống từ Trung tâm Thông tin – Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn).

2.2.2. Phương pháp quan trắc, lấy mẫu và phân tích mẫu khí

2.2.2.1. Phương pháp chọn điểm và bố trí thí nghiệm đối với lúa

a) Phương pháp chọn điểm

Theo bản đồ thổ nhưỡng, vùng ĐBSH có các nhóm đất chính: đất cát biển, đất mặn, đất phèn, đất phù sa, đất xám và đất đỏ vàng (đất feralit). Trong mỗi nhóm đất lại có các loại đất và các loại đất phụ khác nhau để trồng lúa và các cây hàng năm khác. Tuy nhiên, tính theo diện tích đất trồng lúa thì có 4 nhóm đất chính có diện tích lớn đáng kể, đó là đất phù sa, đất mặn, đất phèn và đất xám đang được cấy với 2 công thức luân canh chính là 2 lúa và 2 lúa – cây vụ đông. Chính vì thế, nghiên cứu chọn 4 loại đất chính để đặt các điểm quan trắc: đất phù sa, đất mặn, đất phèn và đất xám với 02 công thức luân canh chính là 2 vụ lúa và 2 lúa - cây vụ đông.

Giống lúa thí nghiệm

Các giống lúa tại các điểm thí nghiệm được chọn là các giống lúa đang cấy đại trà trên khu vực nghiên cứu, gồm Hương Việt 3, BT7, TX111, DS1 và BC15. Cả 5 giống đều có thể gieo cấy được 2 vụ trong năm, thích ứng được nhiều vùng sinh thái, chất lượng gạo tốt, thời gian sinh trưởng từ 110-138 ngày, vụ xuân dài hơn vụ mùa. Cả 4 giống này đều có tiềm năng năng suất cao, cụ thể: Hương Việt 3 có tiềm năng năng suất 55 -75 tạ/ha, DS1 65-70 tạ /ha, BC15 70-75 tạ/ha, BT7 55-65 tạ/ha, và TX111 có tiềm năng năng suất 70-75 tạ/ha.

Về lý thuyết, các giống khác nhau có thể có khả năng phát thải KNK khác nhau, chủ yếu phụ thuộc vào thời gian sinh trưởng, cấu tạo phiến lá và diện tích mặt lá, thường là tương đương với sinh khối và năng suất của lúa (Islam và cộng sự, 2019). Sự khác nhau về phát thải giữa các giống lúa chỉ có ý nghĩa khi các giống lúa có sự khác nhau lớn về yếu tố cấu thành năng suất. Các giống lúa được theo dõi trong thí nghiệm tại Thái Bình, Nam Định, Hải Dương và Hà Nội là những giống có giải năng suất tương đương nên có thể, sự sai khác về phát thải là không có ý nghĩa. Trong khuôn khổ nghiên cứu của luận án, tác giả không đủ thời gian và tiềm lực để triển khai thí nghiệm so sánh phát thải KNK từ các giống lúa khác nhau. Vì vậy, giả định các giống có sự khác nhau không nhiều về phát thải KNK.

b) Bố trí thí nghiệm

Các điểm quan trắc lấy mẫu khí được bố trí trên 10 điểm thí nghiệm đã lựa chọn (Bảng 2.3). Chế độ canh tác hoàn toàn theo tập quán của người dân địa phương. Cụ thể như sau: Vụ xuân: làm đất từ 05/2 đến 18/2/2018; cấy từ 08/2 đến 20/2/2018; thu hoạch từ 02/6 đến 11/6/2018. Vụ mùa: làm đất từ 24/6 đến 25/6/2018; cấy từ 30/6 đến 02/7/2018; thu hoạch từ 17/10 đến 27/10/2018.

Lúa được cấy với mật độ 30-35 khóm/m². Nước được cấp theo tập quán canh tác của người dân: giữ ngập 10 cm trên mặt ruộng cho đến khi lúa chín sữa thì rút hết nước (vụ xuân rút nước từ 20-30/5/2018; vụ mùa từ 1/10-19/10/2018 tùy từng điểm thí nghiệm). Sau khi gặt, rơm được thu gom về nhà, gốc rạ thì cày vùi.

Phân bón được bón 3 lần/vụ (bón lót và 2 lần bón thúc). Bón lót: 100% phân lân, 30% phân đạm và 30% phân kali. Bón thúc lần 1 vào giai đoạn đẻ nhánh: 40% phân đạm và bón thúc lần 2 vào giai đoạn phân hóa đòng: 30% phân đạm và 70% lượng kali còn lại.

Bảng 2.3: Thông tin các điểm nghiên cứu phát thải KNK trong canh tác lúa

Điểm	Địa điểm	Giống lúa	Cơ cấu cây trồng	Loại đất	Tọa độ các điểm
1	Vĩnh Quỳnh, Thanh Trì, Hà Nội	BT7	2 lúa	Phù sa	20°55'60"N; 105°50'54"E
2	Thịnh Long, Hải Hậu, Nam Định	TX111	2 lúa	Phù sa	19°59'11"N; 106°8'5"E
3	Nguyễn Xá, Vũ Thư, Thái Bình	DS1	2 lúa	Phù sa	20°24'18"N; 106°17'49"E
4	Bình Minh, Kiến Xương, Thái Bình	BT7	2 lúa 1 màu	Phù sa	20°24'54"N; 106°16'1"E
5	An Lam, Nam Sách, Hải Dương	BC15	2 lúa 1 màu	Phù sa	20°3'8"N; 106°13'28"E
6	Rạng Đông, Nghĩa Hưng, Nam Định	TX111	2 lúa	Mặn	20°3'28"N; 106°13'1"E
7	Hải Phúc, Hải Hậu, Nam Định	TX111	2 lúa	Mặn	20°13'59"N; 106°15'33"E
8	Tây Phong, Tiền Hải, Thái Bình	Hương Việt 3	2 lúa	Mặn	20°24'50"N; 106°34'35"E
9	Vũ Đông, TP. Thái Bình, Thái Bình	BC15	2 lúa	Phèn	20°45'74.23"N ; 106°38'5"E
10	Bắc Phú, Sóc Sơn, Hà Nội	BC15	2 lúa	Xám	21°16'22"N; 105°53'30"E

Mức bón ở các điểm thí nghiệm được thể hiện trong bảng 2.4. Các mức phân bón của người dân theo khuyến cáo của Sở Nông nghiệp và PTNT các tỉnh và được tập huấn bởi Trung tâm Khuyến nông các tỉnh trong khu vực nghiên cứu. Đây cũng là mức phân bón tương ứng với kết quả điều tra 720 hộ nông dân của dự án AgReSults năm 2017 (Viện Môi trường Nông nghiệp, 2017).

Bảng 2.4: Mức bón phân tại các điểm nghiên cứu phát thải từ lúa

Điểm thí nghiệm	Loại đất, công thức luân canh	Lượng phân bón (kg/ha/vụ)					
		Vụ xuân			Vụ mùa		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Phù sa 2 lúa (HN)	95,4	65,0	70,0	82,8	55,0	60,0
2	Phù sa 2 lúa (NĐ)	95,4	65,0	70,0	82,8	55,0	60,0
3	Phù sa 2 lúa (TB)	95,0	65,0	50,0	90,0	55,0	45,0
4	Phù sa 2 lúa 1 màu (TB)	100,0	60,0	50,0	90,0	58,0	45,0
5	Phù sa 2 lúa 1 màu (HD)	100,0	60,0	70,0	90,0	58,0	60,0
6	Mặn 2 lúa (NĐ)	100,0	75,0	70,0	104,9	47,0	72,0
7	Mặn 2 lúa (NĐ)	100,0	75,0	70,0	104,9	47,0	72,0
8	Mặn 2 lúa (TB)	100,0	75,0	50,0	95,0	50,0	45,0
9	Phèn 2 lúa (TB)	127,0	48,0	80,0	104,9	47,0	72,0
10	Xám 2 lúa (HN)	120,0	75,0	50,0	110,0	55,0	45,0

2.2.2.2. Phương pháp chọn điểm và bố trí thí nghiệm với cây trồng cận hàng năm

Đối với cây trồng cận hàng năm, được xếp vào nhóm các loại cây trồng khác lúa, không có sự ngập nước nên không có phát thải khí mê tan, khí nhà kính phát thải chủ yếu là khí N₂O, vì vậy việc đo KNK chỉ tiến hành với khí N₂O.

Vùng ĐBSH có các loại cây chính là ngô, khoai lang, khoai tây, sắn, mía các loại rau và đậu (như bắp cải, su hào, cà rốt, dưa hấu, hành củ, ...), cây lấy sợi (gồm đay và cói), cây có hạt chứa tinh dầu (gồm đậu tương, lạc và vừng), thuốc lá, thuốc Lào, các loại hoa, cây cảnh và một số loại cây trồng cận hàng năm khác. Diện tích gieo trồng các loại cây trồng cận hàng năm tại vùng ĐBSH được thể hiện trong bảng 2.5.

Đối với cây ngô, mỗi năm có từ 2 đến 3 vụ ngô (xuân, thu, đông). Vụ xuân bắt đầu từ nửa đầu tháng 2 đến tháng 6; Vụ mùa bắt đầu từ cuối tháng 6 đến đầu tháng 9; Vụ đông bắt đầu từ cuối tháng 9 đến đầu tháng Giêng. Xét về lĩnh vực nông nghiệp, đầu vào sử dụng trong sản xuất ngô như phân hoá học và thuốc trừ sâu được sử dụng nhiều hơn gạo. Theo báo cáo của Bộ NN-PTNT (1/2021), diện tích ngô cả nước năm 2020 là 943,8 ngàn ha và năng suất 48,7 tạ/ha, sản lượng dao động trong

khoảng 4,5 - 5 triệu tấn/năm. Ở miền Bắc, phân bón được sử dụng cho ngô khoảng 150-200-60 (N-P-K /ha /vụ) và thuốc trừ sâu được sử dụng nhiều lần cho mỗi vụ (Cục trồng trọt, 2011). Bên cạnh đó, nông dân đã sử dụng hơn 20 loại phân bón lá trên ngô. Vùng ĐBSH có diện tích gieo trồng ngô là 68,88 nghìn ha (Niên giám thống kê năm 2020). ĐBSH có diện tích sản xuất cây vụ đông lớn nhất miền Bắc. Trong đó, 10 tỉnh/ thành phố trong khu vực đều sản xuất các cây trồng vụ đông với diện tích lớn.

Bảng 2.5: Diện tích gieo trồng các loại cây trồng cạn hàng năm tại vùng Đồng bằng sông Hồng

(Đơn vị: nghìn ha)

Tỉnh/Thành phố	Các loại cây trồng hàng năm											
	Lúa	Ngô	Khoai lang	Khoai tây	Sắn	Rau, đậu các loại	Mía	Cây lấy sợi	Cây có hạt chứa tinh dầu	Thuốc lá, thuốc lào	Hoa, cây cảnh	Các loại cây hàng năm khác
ĐBSH	971,80	68,88	20,34	3,22	3,48	156,20	1,60	0,24	33,83	3,31	5,94	4,14
Hà Nội	171,60	19,85	2,30		0,90	28,50	0,16		4,30			
Vĩnh Phúc	54,10	1,00	2,20		1,93	9,22	0,12		4,87		0,15	1,88
Bắc Ninh	65,50	3,05	0,29	2,02		7,08						
Hải Dương	114,90	4,19	7,54	1,19	0,09	29,91	0,05	0,08	1,57	0,01	0,69	0,46
Hải Phòng	64,90	1,20	0,77		0,04	14,09	0,07	0,01	0,17	2,69	0,60	0,14
Hưng Yên	63,00	8,09	0,40									
Thái Bình	155,20	12,10	3,20			41,20	0,08	0,02	4,88	0,53	1,47	0,84
Hà Nam	62,10	8,38	0,55		0,14	8,19	0,10	0,01	6,62		0,42	0,38
Nam Định	146,90	4,40	1,53		0,12	18,02	0,15	0,15	7,11	0,08	2,62	0,44
Ninh Bình	73,60	6,61	1,57		0,26		0,95	0,03	4,32			

(Nguồn: Tác giả tổng hợp từ Niên giám thống kê năm 2020)

Theo IPCC (1996) cải tiến thì phát thải N_2O được tính chung cho tất cả các loại cây trồng cạn (diện tích gieo trồng x hệ số phát thải) trong đó hệ số phát thải trực tiếp được tính theo phần trăm lượng phân đạm bón. Hệ số phát thải ngầm định của IPCC (1996) thường được lấy là 1,025% lượng đạm bón. Căn cứ vào phân nhóm và tính toán của IPCC (1996) thì có thể chọn một trong những cây trồng đại diện cho nhóm cây trồng cạn hàng năm. Dựa vào quy mô diện tích và phân bố (Bảng 2.5) thì cây ngô là cây phù hợp được chọn là đại diện cho cây trồng cạn hàng năm để làm

thí nghiệm đo mức phát thải.

Giống ngô thí nghiệm

Nghiên cứu thực hiện thí nghiệm với giống ngô LVN17 (được công nhận năm 1999) trồng trên đất phù sa sông Hồng tại Viện Nghiên cứu Ngô, Đan Phượng, Hà Nội. Giống LVN17 thuộc nhóm chín trung bình. Ở phía Bắc vụ Xuân 115 - 120 ngày, vụ Đông 110 - 115 ngày. Cây cao 185-200 cm, chiều cao đóng bắp 75 - 95 cm. Bắp dài trung bình 16 - 18 cm, đường kính bắp 4,5 - 5,5 cm, có từ 14 - 16 hàng hạt. Khối lượng 1000 hạt 280 - 310 gram. Hạt bán răng ngựa vàng. Năng suất trung bình 50 - 55 tạ/ha, thâm canh tốt có thể đạt 60-70 tạ/ha. LVN17 có khả năng chịu hạn, chịu rét khá, ít nhiễm sâu bệnh. Giống có khả năng thích ứng rộng có thể trồng ở các vùng ngô trên các chân đất thâm canh khá, đặc biệt vụ Đông trên đất 2 lúa. Khoảng cách trồng ở phía Bắc 70 x 30 cm. Thông tin chi tiết được thể hiện trong bảng 2.6.

Bảng 2.6: Đặc tính của giống ngô LVN17

TT	Đặc điểm	Giá trị
1	Giống ngô	LVN17
2	Thời gian sinh trưởng	110 - 115 ngày
3	Loại đất	Đất phù sa sông Hồng tại Hà Nội
4	Chiều cao cây	190 - 210 cm
5	Chiều cao đóng bắp	75- 100 cm
6	Số lá	21,0 ± 3,0
7	Chiều dài bắp	16 - 18 cm
8	Đường kính bắp	4,6 - 5,4 cm
9	Số hàng hạt/bắp	14 - 16
10	Số hạt/hàng	33 - 34
10	Số hạt/bắp	462 - 544
12	Khối lượng 1000 hạt (g)	280 - 310 g
13	Tỷ lệ hạt/bắp	81%
14	Mật độ	6 cây/m ³
15	Năng suất lý thuyết	60 - 70 tạ/ha
16	Năng suất thực thu	60-86,5 tạ/ha

Bố trí thí nghiệm

Các thí nghiệm của luận án đã tiến hành đo phát thải khí N_2O trong vụ đông năm 2018 trên đất phù sa sông Hồng tại Đan Phượng, Hà Nội. Diện tích ô thí nghiệm 20 m² (5 m x 4 m) và mỗi công thức được nhắc lại 3 lần. Giống ngô: LVN17; Mật độ cây: 6 cây/m²; Liều lượng phân bón: 500 kg phân hữu cơ vi sinh + 164 kg N, 112 kg P₂O₅ và 90 kg K₂O; Loại phân khoáng: phân đạm urê (46% N), phân supe photphat (16% P₂O₅), phân kali clorua (60% K₂O). Lịch và phương thức bón phân cho giống ngô LVN17 tại điểm thí nghiệm được thể hiện trong bảng 2.7.

Bảng 2.7: Lịch bón phân cho giống ngô LVN17 tại Đan Phượng, Hà Nội

STT	Thời điểm bón phân	Ngày/tháng/năm	Phương thức bón
1	Bón lót	15/9/2018	100% hữu cơ vi sinh và lân
2	Bón thúc lần 1	26/9/2018	30% đạm và 30% kali
3	Bón thúc lần 2	8/10/2018	50% đạm và 50% kali
4	Bón thúc lần 3	7/11/2018	Số phân còn lại

Các chỉ tiêu theo dõi gồm: Năng suất và các yếu tố cấu thành năng suất ngô, phát thải khí N_2O trên ruộng ngô ở các thời kì sinh trưởng: gieo, 3 - 4 lá, 7 - 8 lá, xoắn nõn, trổ cờ, phun râu, chín sữa, chín sấp và thu hoạch.

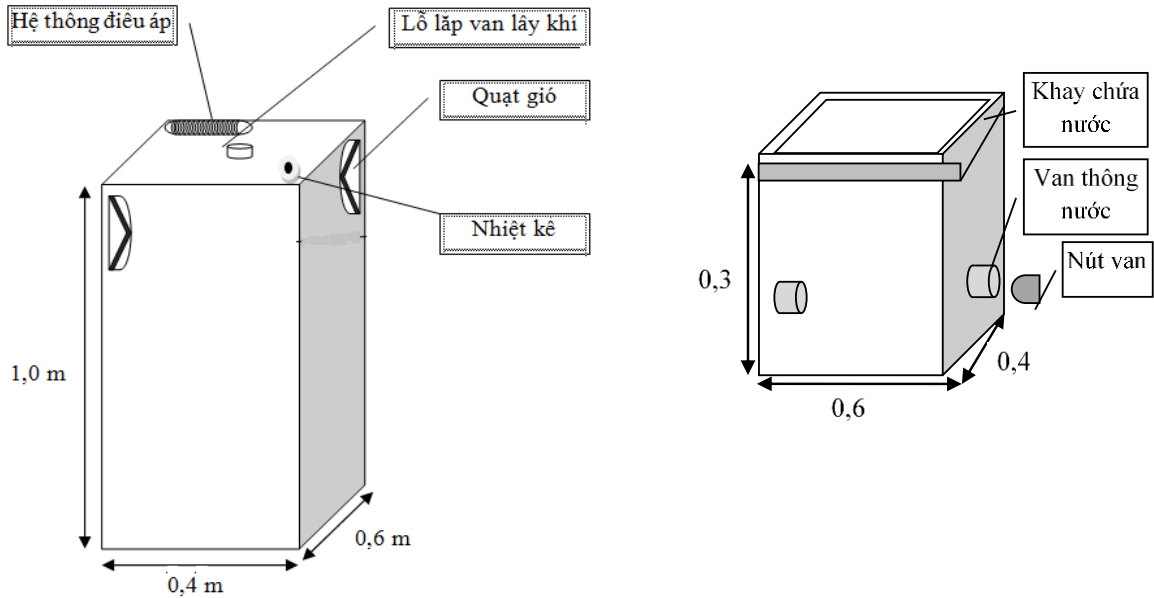
2.2.2.3. Phương pháp lấy mẫu khí

Đối với lúa:

Mẫu khí được lấy trong 2 vụ, vụ xuân và vụ mùa năm 2018 bằng phương pháp sử dụng buồng kín theo thiết kế của Lindau (1991), gồm 2 phần, phần thứ nhất là chân đế được đóng sâu (10 cm) vào đất trong suốt vụ lúa, phần thứ 2 là hộp thu khí ở phía trên và có thể tháo ra và thay đổi chiều cao, phù hợp với điều kiện đất trồng lúa ở Việt Nam.

- Mỗi điểm quan trắc chọn 3 vị trí đặt thiết bị lấy mẫu (chân đế) cần phản ánh được tính đại diện cho hệ thống canh tác lúa và được đặt cách bờ ruộng ít nhất 2 m;
- Chân đế được đặt sâu dưới mặt đất từ 7-10 cm, trường hợp các vùng đất có tầng canh tác quá dày thì tốt nhất nên để chân đế chạm được tầng đế cày;
- Chân đế nên đặt trước khi lấy mẫu lần đầu tiên 1 ngày (24h), sau đó đặt cố định trên ruộng lúa trong suốt quá trình lấy mẫu (cả vụ lúa);

- Đặt cầu tre (dài ít nhất 2 m) nối từ bờ ruộng đến vị trí lấy mẫu sao cho vị trí cầu tre cách vị trí đặt chân đế khoảng 20 cm để thuận lợi cho quá trình thao tác lấy mẫu và tránh làm xáo trộn tầng đất dưới chân đế, dẫn tới ảnh hưởng đến kết quả phát thải CH_4 và N_2O .



Hình 2.2: Bản vẽ thiết kế hộp đo phát thải cho cây lúa và chân hộp

Thiết kế hộp đo khí

Chân đế hộp: Kích thước chân đế (chiều rộng x chiều dài x chiều cao) là 60 cm x 40 cm x 30 cm.

Buồng đo khí: Kích thước buồng (chiều cao nhất 2 m) 40 cm x 60 cm x 100 cm. Buồng có gắn quạt gió đảo khí, hệ thống điều áp, hệ thống điện, nhiệt kế)

Lấy mẫu khí thực hiện theo Sổ tay Hướng dẫn quan trắc phát thải KNK từ canh tác lúa nước (Mai Văn Trinh và cộng sự, 2016). Khi đặt hộp thu khí lên chân đế, nước được thêm vào các đường rãnh để ngăn khí thất thoát khỏi hộp trong quá trình lấy mẫu. Tất cả các mép đều được ngăn bằng một vách ngăn bằng cao su. Trên đỉnh hộp có gắn nhiệt kế để đo nhiệt độ, và hai quạt thông khí nhỏ (12V) để điều khiển áp suất và ống nhựa với chiều dài 7,6 m và đường kính 1,5 mm để duy trì một áp suất khí cân bằng giữa bên trong và bên ngoài của hộp và giảm thiểu sự pha trộn các chất khí bên trong và bên ngoài hộp. Một cầu gỗ được lắp đặt từ bờ ruộng đến sát hộp thu khí để tránh tác động vào đất trong quá trình lấy mẫu. Mẫu khí được lấy trong khoảng thời gian từ 8 giờ sáng đến 10 giờ trưa. Phương pháp lấy mẫu khí: sử dụng

dụng xi lanh 60 ml để rút các mẫu khí 10 phút/lần (0, 10, 20, 30 phút). Kim tiêm được đưa vào ống dẫn khí từ hộp thu khí, mở van theo hướng đi từ hộp thu khí về xi lanh. Tiến hành rút và đẩy xi lanh 5 lần, đến lần thứ 6 ta lấy khoảng 50 ml rồi khóa van lại, rút xi lanh ra. Khí trong xi lanh ngay lập tức được đưa vào trong lọ đựng mẫu bằng thủy tinh (3 mL, 829 W, Công ty Labco), nút bằng nút cao su có màng bọc chặt và đã hút chân không. Sau mỗi lần lấy mẫu, ghi chép nhiệt độ trong hộp, thời gian lấy mẫu và mực nước trong ruộng vào phiếu theo dõi. Mẫu khí thu được ngay lập tức chuyển vào lọ đựng mẫu đi phân tích. Chênh lệch dòng khí giữa 2 lần đo tại mỗi điểm chính là lượng phát thải CH_4 và N_2O trong khoảng thời gian 10 phút. (Mai Văn Trinh và cộng sự, 2016).

Mẫu để phân tích khí CH_4 và N_2O được lấy ở tại các giai đoạn: bén rễ hồi xanh, đẻ nhánh, vươn lóng, phân hóa đòng, phát triển đòng, trổ bông, nở hoa thụ phấn, chín sữa, chín sấp, chín thu hoạch. Thời gian từng vụ được thể hiện trong bảng 2.8:

Bảng 2.8: Thời gian vụ xuân, vụ mùa tại các điểm thí nghiệm

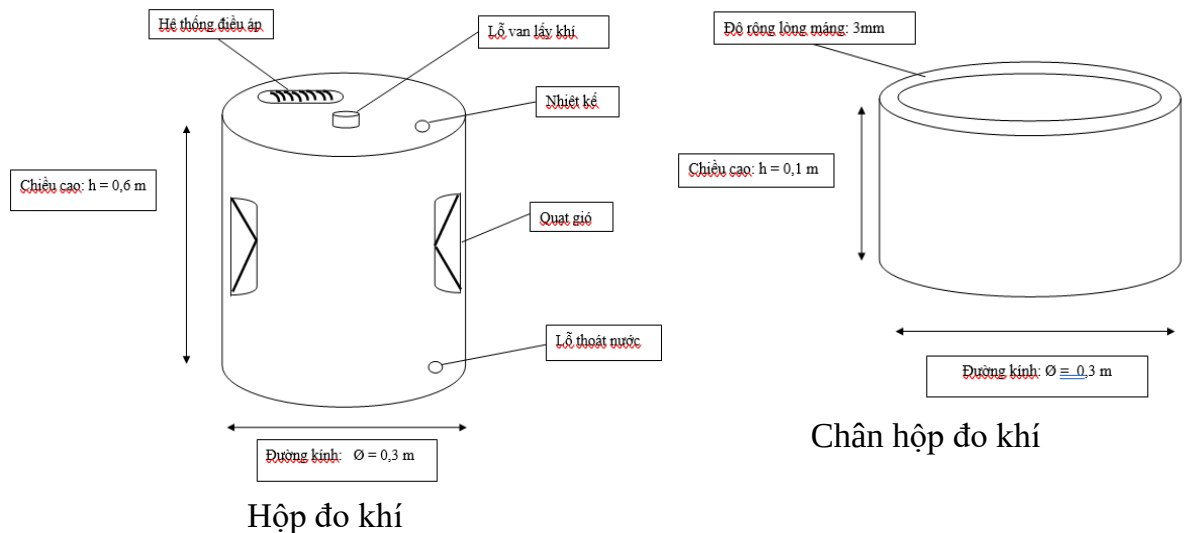
Điểm	Loại đất, công thức luân canh	Ngày thu hoạch	
		Vụ xuân	Vụ mùa
1	Phù sa 2 lúa (HN)	từ 26/02/2018 đến 18/6/2018	từ 6/7/2018 đến 19/10/2018
2	Phù sa 2 lúa (NĐ)	từ 28/02/2018 đến 21/6/2018	từ 11/7/2018 đến 24/10/2018
3	Phù sa 2 lúa (TB)	từ 26/02/2018 đến 23/6/2018	từ 03/7/2018 đến 16/10/2018
4	Phù sa 2 lúa 1 màu (TB)	từ 25/2/2018 đến 22/6/2018	từ 24/6/2018 đến 13/10/2018
5	Phù sa 2 lúa 1 màu (HD)	từ 23/2/2018 đến 19/6/2018	từ 21/6/2018 đến 10/10/2018
6	Mặn 2 lúa (NĐ)	từ 25/02/2018 đến 18/6/2018	từ 11/7/2018 đến 24/10/2018
7	Mặn 2 lúa (NĐ)	từ 27/2/2018 đến 22/6/2018	từ 8/7/2018 đến 24/10/2018
8	Mặn 2 lúa (TB)	từ 27/2/2018 đến 21/6/2018	từ 8/7/2018 đến 25/10/2018
9	Phèn 2 lúa (TB)	từ 03/3/2018 đến 09/6/2018	từ 13/7/2018 đến 26/10/2018
10	Xám 2 lúa (HN)	từ 27/2/2018 đến 11/6/2018	từ 14/6/2018 đến 9/11/2018

Tổng số mẫu lấy tại 1 điểm thí nghiệm trong mỗi vụ là: 8 đợt lấy mẫu $\times$ 4 lần nhắc lại $\times$ 4 thời điểm (0; 10; 20; 30) = 128 mẫu. Tổng số mẫu lấy tại tất cả các điểm trong 2 vụ là 128 mẫu/vụ $\times$ 10 điểm thí nghiệm $\times$ 2 vụ = 2560 mẫu.

Phương pháp bảo quản và vận chuyển mẫu về phòng phân tích: (1) Vận chuyển mẫu: Sau khi lấy mẫu xong, sắp xếp lọ mẫu theo lô, tránh va đập, chuyển mẫu về phòng phân tích trong vòng 72h; (2) Bảo quản mẫu: Trong quá trình chờ phân tích mẫu được bảo quản ở nhiệt độ phòng (25°C), ẩm độ 70-80%. Mẫu nên được phân tích sớm trong vòng 15 ngày sẽ cho kết quả chính xác, không lưu mẫu quá 30 ngày.

Đối với ngô:

Mẫu khí được lấy ở các giai đoạn sinh trưởng, phát triển của ngô (thời điểm ngô 4-5 lá, 7-8 lá, xoáy nõn, phun râu- trổ cờ, chín sữa, chín sấp 1 lần, và đặc biệt có lấy tập trung hơn vào các thời điểm bón phân (tại ngày bón phân, sau bón phân 1 ngày, 3 ngày và 7 ngày). Tổng số mẫu là: 16 đợt lấy mẫu $\times$ 4 thời điểm (0, 10, 20, 30) $\times$ 3 hộp thu khí = 192 mẫu].



Hình 2.3: Bản vẽ thiết kế hộp đo khí và chân hộp đo khí phục vụ lấy mẫu khí trên ruộng ngô

Phương pháp và kỹ thuật lấy mẫu

- Đặt hộp đo khí tại vị trí cần đo trước 1 ngày để ổn định mặt đất. Khi đặt, kiểm tra kỹ chân đế để tránh bị kênh làm cho không khí lọt vào trước khi đo. Sau ít nhất 24 giờ, có thể bắt đầu tiến hành hút mẫu khí.

- Sử dụng xi lanh 60 ml để rút các mẫu khí 10 phút/lần (0,10, 20, 30 phút). Kim tiêm được đưa vào ống dẫn khí từ hộp thu khí, mở van theo hướng đi từ hộp thu khí về xi lanh. Tiến hành rút và đẩy xi lanh 5 lần, đến lần thứ 6 ta lấy khoảng 50 ml rồi khóa van lại, rút xi lanh ra. Khí trong xi lanh ngay lập tức được đưa vào trong lọ đựng mẫu bằng thủy tinh (3 mL, 829 W, Công ty Labco), nút bằng nút cao su có màng bọc chặt và đã hút chân không. Sau mỗi lần lấy mẫu, ghi chép nhiệt độ trong hộp, thời gian lấy mẫu vào phiếu theo dõi. Mẫu khí thu được ngay lập tức chuyển vào lọ đựng mẫu đi phân tích. Chênh lệch dòng khí giữa 2 lần đo tại mỗi điểm chính là lượng phát thải trong khoảng thời gian 10 phút. (Mai Văn Trinh và cộng sự, 2016).

Lịch lấy mẫu được thể hiện trong bảng 2.9.

Bảng 2.9: Lịch lấy mẫu khí để đo phát thải trên ruộng ngô theo thời gian sinh trưởng và các giai đoạn bón phân tại điểm nghiên cứu

STT	Giai đoạn sinh trưởng	Ngày/tháng/năm
1	Gieo	15/9/2018
2	Bón lót	15/9/2018
3	1 ngày sau bón lót	16/9/2018
4	3 ngày sau bón lót	18/9/2018
5	7 ngày sau bón lót	22/9/2018
6	1 ngày sau bón thúc 3 - 4 lá	27/9/2018
7	3 ngày sau bón thúc 3 - 4 lá	29/9/2018
8	7 ngày sau bón thúc 3 - 4 lá	3/10/2018
9	1 ngày sau bón thúc 7 - 8 lá	9/10/2018
10	3 ngày sau bón thúc 7 - 8 lá	11/10/2018
11	7 ngày sau bón thúc 7 - 8 lá	15/10/2018
12	Xoáy nõn	31/10/2018
13	Trỗ cờ	10/11/2018
14	Phun râu	15/11/2018
15	Chín sữa	30/11/2018
16	Răng ngựa	12/12/2018
17	Thu hoạch	3/1/2019

2.2.2.4. Phương pháp phân tích mẫu khí

Phương pháp phân tích mẫu khí: Các mẫu khí được phân tích bằng sắc ký khí. Khí CH₄ được xác định bằng máy dò ion hóa ngọn lửa (FID) ở nhiệt độ 300°C và N₂O được xác định bằng điện tử chụp dò (ECD) ở nhiệt độ 350°C.

Phương pháp tính toán lượng phát thải KNK: Cường độ phát thải khí CH₄ (mg/m²/giờ) hoặc N₂O (µg/m²/giờ) được tính toán bằng cách sử dụng phương trình sau đây của Smith và Conen (2004):

$$F = \left(\frac{\Delta C}{\Delta t} \right) \times \left(\frac{V}{A} \right) \times \left(\frac{M}{V} \right) \times \left(\frac{P}{P_0} \right) \times \left(\frac{273}{T} \right)$$

Trong đó:

- ΔC là sự thay đổi nồng độ khí CH₄ hoặc N₂O trong khoảng thời gian Δt;
- A là diện tích đáy của hộp đo khí;
- M là khối lượng nguyên tử của khí đó;
- V là thể tích chiếm bởi 1 mol khí ở nhiệt độ và áp suất tiêu chuẩn (22,4 L);
- P là áp suất khí quyển (mbar), P₀ là áp suất tiêu chuẩn (1013 mbar);
- T là nhiệt độ Kelvin (°K);

Tkelvin: 273+ T_{tb}

T_{tb} = (T₀ + T₁ + T₂ + T₃)/4

Tổng tích lũy phát thải của CH₄, hoặc N₂O trong cả vụ lúa được tính toán bằng cách sử dụng công thức hình thang như sau:

$$\text{Tổng tích lũy phát thải của CH}_4 \text{ hoặc N}_2\text{O} = (n_2 - n_1) \times \frac{F_{n1} + F_{n2}}{2} + (n_3 - n_2) \times \frac{F_{n2} + F_{n3}}{2} + \dots + (n_c - n_x) \times \frac{F_{nx} + F_{nc}}{2}$$

Trong đó:

- n₁, n₂, n₃ là ngày của lần lấy mẫu thứ 1, 2 và 3;
- n_x là ngày lấy mẫu thứ x trước lần lấy mẫu cuối cùng;
- n_c là ngày của lần lấy mẫu cuối cùng;
- F_{n1}, F_{n2}, F_{n3}, F_{nx}, F_{nc} là lượng phát thải trung bình ngày của khí CH₄ (mg/m²/giờ) hoặc N₂O (µg/m²/ngày) ứng với các ngày lấy mẫu n₁, n₂, n₃, n_x và n_c.

Hệ số phát thải KNK trong canh tác lúa được tính bằng: Lượng phát thải/đơn vị sản phẩm, với lúa được tính bằng kgCO₂tđ/kg thóc.

Dựa vào cách tính của IPCC 2014, tiềm năng nóng lên toàn cầu (GWP): Tiềm năng nóng lên toàn cầu được tính toán thông qua việc quy đổi tất cả các loại khí về CO₂ tương đương (CO₂tđ). Các khí nhà kính được quy đổi về CO₂tđ với hệ số 28 cho CH₄ và 265 cho N₂O. Tổng lượng phát thải khí nhà kính được tính theo công thức: $GWP = \text{Phát thải CH}_4 \times 28 + \text{Phát thải N}_2\text{O} \times 265$.

2.2.3. Phương pháp lấy mẫu đất và phân tích mẫu đất

Mẫu đất được lấy tại ruộng thí nghiệm ở tầng canh tác theo quy tắc đường chéo trước khi bố trí thí nghiệm. Các mẫu được phân tích theo các tiêu chuẩn được thể hiện trong bảng 2.10.

Bảng 2.10: Phương pháp phân tích mẫu đất

Chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp phân tích
Thành phần cơ giới đất	(%) cấp hạt	Phương pháp Pipet, theo TCVN 8567:2010
pH (1:5)		Máy đo pH, theo TCVN 5979-2007
OC tổng số	%	Phương pháp Walkley – Black, theo TCVN 9294:2012
N tổng số	%	Phương pháp Kenden (Kjeldahl), theo TCVN 7373:2004
P tổng số	%	Phương pháp trắc so màu, theo TCVN 8940:2011.
K tổng số	%	Phương pháp quang phổ hấp phụ nguyên tử, theo TCVN 8660:2011
K ₂ O dễ tiêu	mg K ₂ O /100g	Phương pháp dịch chiết Amoni axetat (CH ₃ COONH ₄), theo TCVN8662:2011
P ₂ O ₅ dễ tiêu	mg P ₂ O ₅ /100g	Phương pháp Olsen, theo TCVN8661:2011

Vị trí các điểm lấy mẫu được thể hiện trong bảng 2.3.

2.2.4. Phương pháp mô hình hóa sử dụng mô hình DNDC

2.2.4.1. Cơ chế hoạt động mô hình

Mô hình DNDC là mô hình sinh địa hóa mô phỏng cơ chế phản nitrat và phân hủy hữu cơ trong đất, cho phép dự báo cân bằng cac-bon và cân bằng đạm trong đất, sự phát thải một số khí nhà kính như CO₂, CH₄, N₂O từ các hệ sinh thái nông nghiệp

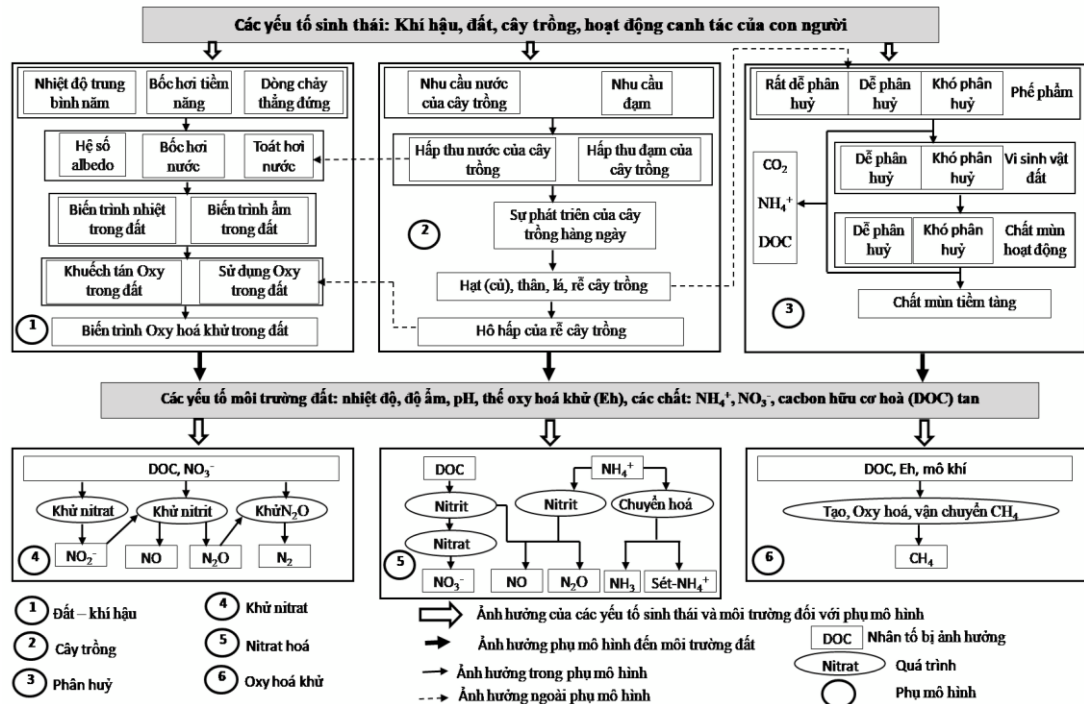
(Giltrap và cộng sự, 2010). Mô hình được xây dựng với các thông số đầu vào gồm các thông số về tính chất lý hóa của đất, thông số về điều kiện khí hậu như nhiệt - ẩm, thông số về cây trồng như lịch gieo trồng, thu hoạch, phương thức chăm bón... Mô hình được xây dựng trên nhiều phương trình sinh địa hóa thực nghiệm trong các điều kiện môi trường yếm khí, kỵ khí. 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 cacbon đưa vào trong 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 (Li và cộng sự, 1997; Li, 2000).

- Hợp phần thứ hai gồm 3 mô đun: quá trình nitrat hoá, phản nitrat và ôxy hoá khử. Hợp phần này giúp ước lượng sự phát thải khí CO_2 , CH_4 , NO , N_2O , N_2 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 (Li và cộng sự, 1997; Li, 2000).

Sinh trưởng cây trồng đóng một vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh C, N trong đất và chế độ nước, hơn nữa có thể ảnh hưởng đến một loạt các quá trình sinh hóa hoặc địa hóa học xảy ra trong đất. Một mô hình phụ được xây dựng trong DNDC để mô phỏng sự phát triển của cây trồng. Một nhóm các thông số cây trồng có thể được cung cấp hoặc thay đổi bởi người sử dụng để xác định cây trồng của mình. Các thông số cây trồng bao gồm năng suất tiềm năng, sinh khối phân bố ở từng bộ phận rễ, thân lá, tỷ lệ cacbon/nitơ (C/N), nhiệt độ từng ngày, nhu cầu nước, và dinh dưỡng đạm. Sự tăng trưởng cây trồng được mô phỏng bởi quá trình tích ôn, quang hợp, sự hấp thu đạm và nước theo từng bước thời gian hàng ngày. Các quá trình quang hợp, hô hấp, phân bố cacbon, và nước và hấp thu N được mô phỏng hàng ngày và được ghi lại để người sử dụng có thể kiểm tra kết quả mô hình đối chiếu với những quan trắc để đảm bảo rằng các cây trồng được mô phỏng một cách chính xác. Các thông số cây trồng có thể được người sử dụng nhập và sửa đổi thông qua giao diện đầu vào của phần mềm một cách nhanh chóng. Nhu cầu N được tính

toán dựa trên sự tăng trưởng của cây trồng hút hàng ngày theo các điều kiện thời tiết như tốc độ quang hợp để tổng hợp hydrate cacbon. Lượng đạm hấp thu thực tế của cây trồng có thể bị giới hạn bởi đạm trong đất và một ít bổ sung từ nguồn nước trong suốt vụ mùa.



Hình 2.4: Mô tả cấu trúc của mô hình DNDC

(Nguồn: DNDC guideline Version 9.5, 2012, Dịch sang tiếng Việt: Ngô Đức Minh, 2018)

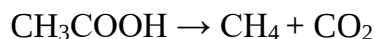
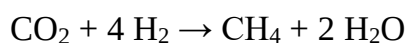
Khi cacbon hữu cơ trong đất (SOC) bị phân hủy, cacbon phân hủy bị giảm một phần và mất đi ở dạng CO₂ và phần còn lại phân bổ vào bể SOC khác. Các bon hữu cơ hòa tan (DOC) được tạo ra như một chất trung gian trong quá trình phân hủy, và có thể được tiêu thụ ngay lập tức bởi vi khuẩn đất. Trong quá trình phân hủy của SOC, nitơ hữu cơ bị phân hủy một phần chuyển sang dạng hữu cơ kế tiếp và là một phần khoáng để a môn hóa (NH₄⁺). Nồng độ NH₄⁺ tự do được cân bằng với cả đất sét hấp thụ NH₄⁺ và amoniac hòa tan (NH₃). Sự bay hơi của NH₃ vào không khí được kiểm soát bởi nồng độ NH₃ trong đất của pha lỏng và chịu tác động của các yếu tố môi trường đất (ví dụ: nhiệt độ, độ ẩm, và pH). Khi xảy ra mưa, NO₃⁻ được lọc trong các tầng sâu hơn với hệ thống thoát nước trong đất. Một quá trình động học trong mô hình dự đoán tình trạng hao khí đất bằng cách tính hàm lượng oxy hoặc các chất oxy hóa trong đất. Dựa trên tiêu chí dự đoán oxi hóa khử, đất trong

mỗi lớp được chia thành các phần hiếu khí và kỵ khí, nơi quá trình nitrat hóa và đề nitrat hóa xảy ra tương ứng.

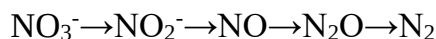
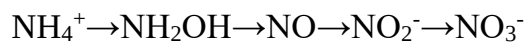
Khi bong bóng kỵ khí vỡ ra, các thành phần phụ (DOC, NH_4^+ , N và oxit) sẽ được phân bổ tại các vị trí kỵ khí để tăng cường quá trình khử nitơ. Khi quá bong bóng kỵ khí co lại, quá trình nitrat hóa sẽ tăng lên do việc tái phân bổ các chất vào các vị trí kỵ khí. Khí NO và N_2O được tạo ra tại một trong hai quá trình nitrat hóa hoặc đề nitrat là đối tượng chuyển đổi thêm trong quá trình khuếch tán của chúng thông qua ma trận đất. Quá trình ngập nước dài ngày (một vài ngày đến vài tháng) sẽ kích hoạt quá trình lên men, trong đó sinh ra sulfua hydro (H_2S) và metan (CH_4) được phụ thuộc vào mức độ khử trong đất.

Toàn bộ mô hình được điều khiển bởi bốn yếu tố sinh thái chính, cụ thể là khí hậu, đất đai, thực vật và quản lý. Yếu tố quan trọng cho một mô phỏng thành công để có được dữ liệu đầu vào đầy đủ và chính xác về bốn quá trình điều khiển chính này. Mô hình DNDC là mô hình động với rất nhiều các phương trình liên tiếp biểu diễn bởi thời gian như các phương trình trong quá trình sinh trưởng của cây trồng (Crop growth), quá trình phân giải C và phát thải CH_4 , quá trình chuyển hóa đạm và phát thải N_2O , quá trình oxy hóa-khử, khử-oxy hóa, quá trình thay đổi thế oxy hóa khử. Một số phương trình trong mô hình là:

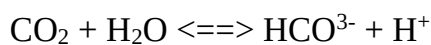
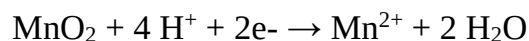
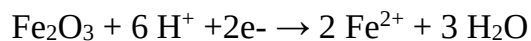
- Phương trình liên quan tới sự chuyển hóa mê tan:



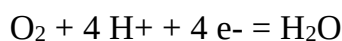
- Phương trình liên quan tới sự chuyển hóa nitơ:

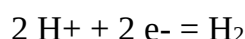
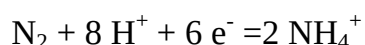
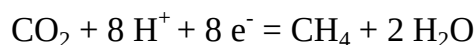
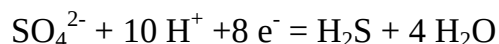
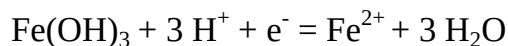
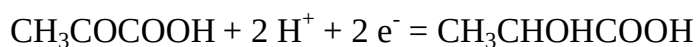
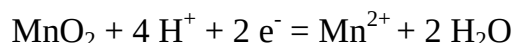
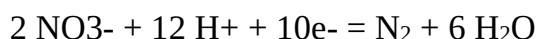


- Phương trình liên quan tới sự tăng giảm độ chua trong đất (pH):



- Phương trình liên quan tới quá trình điện thế oxy hóa khử trong đất (Eh):





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 (dung trọng, pH, hàm lượng OC và thành phần cơ giới), chế độ canh tác (loại cây trồng, chế độ luân canh, làm đất, bón phân, phân chuồng), làm cỏ, chế độ tưới... Ở chế độ vùng, mô hình cần dữ liệu đầu vào dữ liệu không gian và thời gian được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu của hệ thống thông tin địa lý (Li và cộng sự, 1996). Các thông số đầu ra là lượng SOC, nitrat, nitrit, amoni, urê và ammonia cũng như lượng KNK phát thải hàng ngày. Khi chạy mô hình ở chế độ vùng, các kết quả mô phỏng được ghi lại trong cơ sở dữ liệu GIS.

Dựa trên cấu trúc của mô hình DNDC, các nhóm dữ liệu đầu vào chính quyết định sự vận hành của mô hình: khí tượng, tính chất đất, đặc điểm nông học của cây trồng, phương thức canh tác. Việc chuẩn bị đầy đủ và đảm bảo độ chính xác của các dữ liệu đầu vào này có ảnh hưởng lớn đến các kết quả ước lượng đầu ra ở quy mô điểm và vùng.

Các dữ liệu đầu vào của mô hình: dữ liệu về khí tượng (nhiệt độ, lượng mưa, tốc độ gió, bức xạ mặt trời, độ ẩm); dữ liệu về canh tác (giống, thời gian gieo cấy, thu hoạch, phân bón, tưới nước, quản lý mùa vụ, cỏ dại...); dữ liệu về đất đai (loại đất, pH, dung trọng, độ dẫn nước, hàm lượng sét, hàm lượng OC, NO_3^- , NH_4^+)

Các dữ liệu đầu ra của mô hình: Lượng phát thải khí CH_4 , N_2O trên một đơn vị diện tích canh tác, và các chỉ số khác liên quan đến OC, Eh...

2.2.4.2. Các bước chạy mô hình

Để chạy mô hình DNDC tính toán kết quả phát thải CH_4 , N_2O từ đất trồng lúa và cây hàng năm khác, các số liệu được xử lý theo đúng định dạng yêu cầu của mô hình. Chạy mô hình DNDC bao gồm các bước chính thể hiện trong sơ đồ hình 2.4.



Hình 2.5: Sơ đồ các bước chạy mô hình DNDC

2.2.4.3. Đánh giá độ nhạy của các thông số trong mô hình

Đánh giá độ nhạy (Sensitive test) của mô hình là việc kiểm tra và phân tích hiệu năng của mô hình khi các thông số của mô hình được thay đổi. Điều này giúp xác định thông số nào có ảnh hưởng lớn nhất đến lượng phát thải dự đoán và sự khác biệt về lượng khí thải theo các kịch bản khác nhau khi sử dụng mô hình. Việc xác định các thông số đầu vào nhạy nhất (mức độ ảnh hưởng đến lượng phát thải dự đoán lớn nhất) nhằm mục đích định lượng và giảm mức độ không chắc chắn trong các dự đoán phát thải của mô hình, phát sinh từ sai số trong các tham số đầu vào. Phân tích độ nhạy mô hình khác với hiệu chỉnh và kiểm định mô hình vì không so sánh kết quả đầu ra mô hình (phát thải thực nghiệm) với số liệu đo đạc trên hiện trường.

Luận án đã xây dựng 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 3.8). Phân tích độ nhạy của các yếu tố đầu vào được thực hiện bằng cách thay đổi một 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, độ ẩm), tính chất đất (hàm lượng cacbon hữu cơ trong đất, tỷ lệ sét, pH và dung trọng, độ xốp) hoặc các biện pháp canh tác (lượng phân đạm, phân chuồng sử dụng). Giá trị ban đầu được lựa chọn là lúa trồng trên đất phù sa tại xã Nguyên Xá, huyện Vũ Thư, tỉnh Thái Bình. Giống lúa được sử dụng trong thí nghiệm là giống được trồng đại trà trong khu vực. Đất lúa có pH = 4.8-5.0; thành phần cơ giới cấp hạt (%): 19, 96% (<0,002 mm), 49,38% (0,002-0.02 mm) và 30,66% (0,02-0,2 mm); hàm lượng hữu cơ = 0,18 %; lân dễ tiêu = 182,09 mg/100 g; CEC = 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 cày 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 trạm khí tượng Thái Bình năm 2018 đã được sử dụng trong mô hình để phân tích độ nhạy. Các kịch bản được thể hiện trong bảng 2.11.

Kết quả phân tích mức độ nhạy đưa ra những khuyến nghị cần phải chú ý khi chuẩn bị các dữ liệu đầu vào cho mô hình DNDC ở quy mô vùng, cũng như những nghiên cứu ở địa bàn có hệ canh tác tương tự.

Bảng 2.11: 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/cm ³	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	Độ dẫn điện của nước	S/m	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06
4	Độ xốp		0,49	0,12	0,25	0,36	0,61	0,73	0,85
5	Độ ẩm cây héo	wfps	0,2	0,05	0,1	0,15	0,25	0,3	0,35
6	Độ ẩm đồng ruộng	wfps	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 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 VSV		1	0,25	0,5	0,75	1,25	1,5	1,75
14	Hàm lượng C trong đất	kg C/kg	0,02	0,005	0,01	0,015	0,025	0,03	0,035
IV	Phương thức canh tác								
15	Lượng phân đạm (Urê)	kg N/ha	120	30	60	90	150	180	210
16	Lượng phân chuồng	tấn/ha	0	1	2	3	4	5	6
V	Thông số khí tượng								
17	Nhiệt độ tối cao và tối thấp ngày	°C	Năm 2018						
18	Lượng mưa ngày	mm							

2.2.4.4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Hiệu chỉnh mô hình

Mô hình được hiệu chỉnh bằng cách so sánh kết quả tính toán phát thải KNK của mô hình với kết quả thí nghiệm đồng ruộng và điều chỉnh các thông số của mô hình để kết quả tính toán của mô hình gần với kết quả đo thực địa trong cùng một điều kiện khí hậu, đất đai, cây trồng và canh tác để từ đó có các thông số chuẩn cho mô hình theo điều kiện điểm nghiên cứu để từ đó có thể mô phỏng tốt nhất lượng phát thải KNK cho các loại đất khác nhau với sai số nhỏ nhất.

Trong nghiên cứu này, kết quả ước lượng phát thải CH_4 , N_2O theo mô hình DNDC được so sánh với kết quả phân tích mẫu khí thực tế lấy tại địa điểm thí nghiệm trong 2 vụ lúa. Trên cơ sở giá trị ước lượng và giá trị phân tích mẫu khí thực tế, sẽ xác định tương quan giữa 2 kết quả. 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 (P. Krause và cộng sự, 2005) và chỉ số hiệu quả Nash - Sutcliffe (NSI) (Nash, J. E. và J. V. Sutcliffe, 1970). Công thức tính toán các hệ số này được thể hiện trong các phương trình sau đây:

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

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

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

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.

Các thông số của mô hình có thể hiệu chỉnh là: Dung trọng tầng đất mặt, tỉ lệ sét, độ dẫn điện, độ xốp, độ ẩm cây héo, độ ẩm đồng ruộng, khả năng tiêu nước, khả năng giữ nước, chỉ số độ mặn của đất, nồng độ nitrat ban đầu ở đất bề mặt, nồng độ nitrat ban đầu ở đất bề mặt, nồng độ ammonium ban đầu ở đất bề mặt, pH tầng đất mặt, chỉ số hoạt động của vi sinh vật, hàm lượng C trong đất (OC), ...

Kiểm định mô hình

Mô hình được kiểm định bằng cách so sánh kết quả tính toán phát thải KNK của mô hình với bộ số liệu kết quả thí nghiệm từ dự án của Mai Văn Trịnh và cộng sự (2017). Tại đây, tác giả đã đo phát thải hiện trường tại Thịnh Long, Hải Hậu, Nam Định.

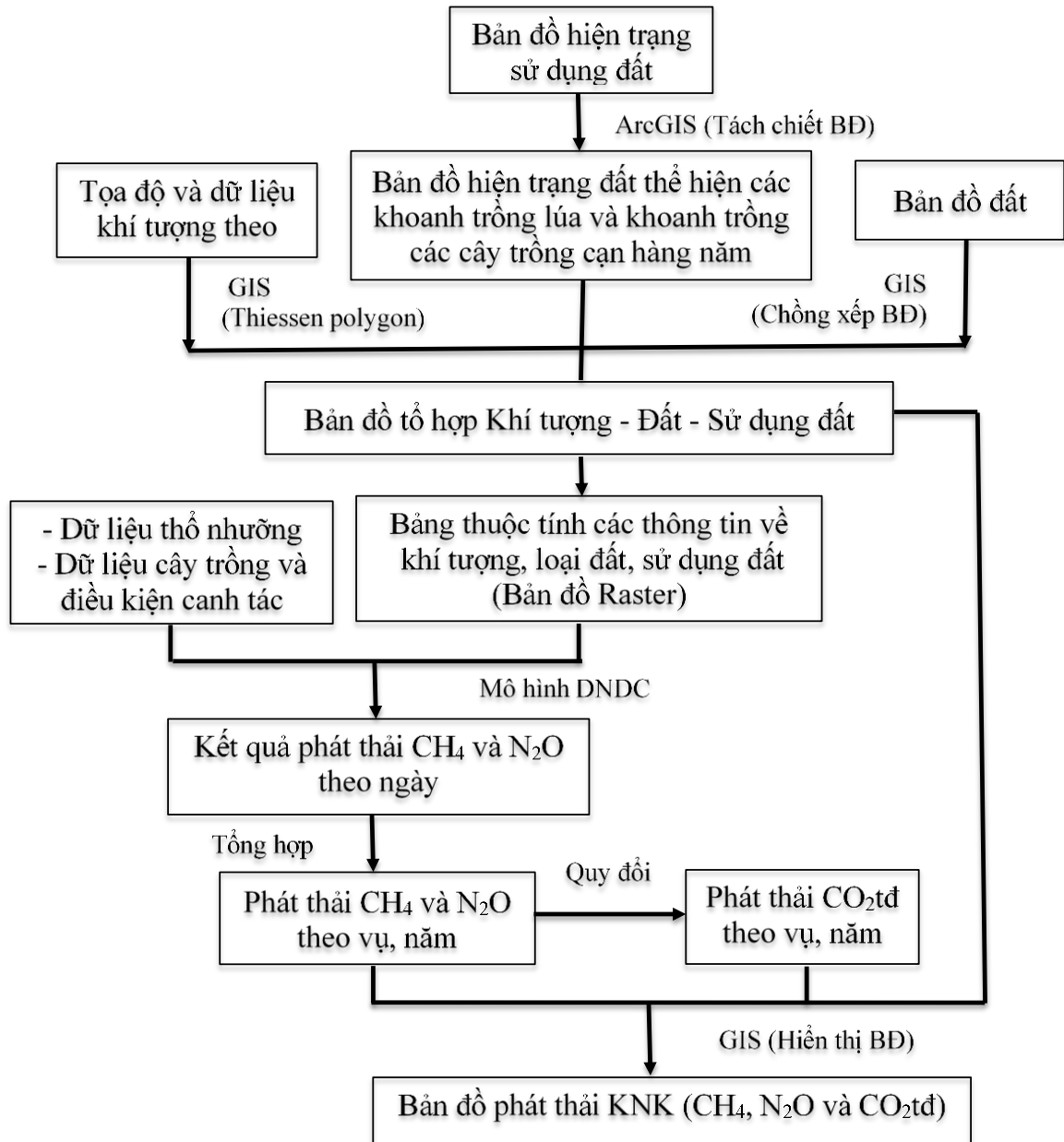
Tương tự như với nội dung hiệu chỉnh mô hình, đề tài đã thực hiện tính toán giá trị hệ số xác định R^2 và chỉ số hiệu quả Nash - Sutcliffe (NSI) để so sánh độ phù hợp giữa giá trị phát thải tính toán bằng mô hình (sau khi hiệu chỉnh) và giá trị quan trắc.

2.2.5. Phương pháp phân tích không gian sử dụng hệ thống thông tin địa lý

Phương pháp tính toán KNK theo không gian kết hợp mô hình DNDC và GIS (ArcGIS 10.1), được mô tả trong hình 2.6.

1) Tạo bản đồ tổ hợp Khí tượng - Đất - Sử dụng đất phục vụ nghiên cứu phát thải theo không gian, từ các dữ liệu đầu vào là: (i) Bản đồ đất thể hiện các khu vực đất phù sa, xám, mặn, phèn; (ii) Bản đồ hiện trạng sử dụng đất thể hiện các khoảnh trồng lúa và khoảnh trồng các cây hàng năm; (iii) Thông tin tọa độ các trạm khí tượng.

2) Thể hiện phát thải CH_4 , N_2O và CO_2 theo không gian.



Hình 2.6: Sơ đồ xây dựng bản đồ phân bố phát thải

Trước hết, bản đồ hiện trạng sử dụng đất được chiết tách từ bản đồ hiện trạng sử dụng đất 2015 (1:250.000) theo định dạng vector bằng công cụ ArcGIS. Bản đồ đất được biên tập phục vụ mục đích nghiên cứu. Tiếp theo, luận án đã sử dụng phương pháp Thiessen polygon để thành lập bản đồ thể hiện vùng đặc trưng ảnh hưởng bởi các trạm khí tượng. Sau đó, bản đồ tổ hợp Khí tượng - Đất - Sử dụng đất được tạo ra bằng việc sử dụng phương pháp chồng xếp bản đồ. Mỗi vùng trên bản đồ (polygon) cho thấy phân bố đất lúa và các hệ thống canh tác có lúa (hoặc cây trồng cạn hàng năm) cụ thể, kèm theo thông tin diện tích lúa (hoặc cây trồng cạn hàng năm) phân bố ở mỗi đơn vị, đồng thời, thể hiện được hệ canh tác có lúa (hoặc cây trồng cạn hàng năm).

hàng năm) được trồng trên loại đất gì, ứng với thông tin từ trạm khí tượng nào khi chạy mô hình DNDC. Dữ liệu tổng hợp của từng ô lưới (bao gồm các dữ liệu đầu vào: đơn vị đất, tính chất đất, hệ thống canh tác lúa (hoặc cây trồng cận hàng năm) trên từng đơn vị đất liên quan, trạm khí tượng ảnh hưởng, ...) được chiết xuất vào một tập tin và chuyển sang bảng tính để tính mức phát thải cho từng đơn vị ô lưới. Sau khi xác định tất cả ô vuông có các hệ thống canh tác lúa (hoặc cây trồng cận hàng năm), mô hình DNDC được sử dụng để ước lượng phát thải CH_4 và N_2O cho từng ô này của bản đồ raster như là bản đồ đơn vị của tổ hợp khí hậu – đất – cây trồng.

Sau khi đã tính toán kết quả phát thải CH_4 , N_2O và $\text{CO}_2\text{tđ}$, các giá trị về CH_4 , N_2O và $\text{CO}_2\text{tđ}$ được lưu vào các trường thuộc tính. Các trường này được sử dụng để tạo bản đồ chuyên đề (thematic map) với tên là CH_4 , N_2O và $\text{CO}_2\text{tđ}$. Từ đó thể hiện được phân bố không gian phát thải CH_4 , N_2O và $\text{CO}_2\text{tđ}$ của các hệ thống canh tác có lúa (hoặc cây trồng cận hàng năm) tại mọi điểm trong không gian của vùng ĐBSH.

2.2.6. Phương pháp xử lý số liệu

1) Sử dụng các hàm và công cụ trong Excel để tính toán

Luận án sử dụng các hàm và công cụ trong Excel để tính toán, bao gồm: hàm trung bình cộng; hàm giá trị nhỏ nhất; hàm giá trị lớn nhất; hàm tính phương sai và hàm tính tổng.

2) Tạo file khí tượng đầu vào của mô hình DNDC

Các số liệu khí tượng sau khi thu thập được tổng hợp theo đúng thứ tự và yêu cầu đầu vào của mô hình DNDC và lưu file dưới dạng txt.

3) Hướng dẫn của IPCC

Các khí nhà kính được quy đổi về $\text{CO}_2\text{tđ}$ với hệ số 28 cho CH_4 và 265 cho N_2O . Tổng lượng phát thải khí nhà kính được tính theo công thức: $\text{GWP} = \text{Phát thải } \text{CH}_4 \times 28 + \text{Phát thải } \text{N}_2\text{O} \times 265$.

4) Hệ số xác định R^2 và chỉ số hiệu quả Nash - Sutcliffe (NSI)

Hệ số R^2 được tính toán theo công thức của P. Krause và cộng sự (2005) và chỉ số NSI được tính toán theo công thức của Nash, J. E. và J. V. Sutcliffe (1970).

TIỂU KẾT CHƯƠNG II

Trên cơ sở phân tích các cách tiếp cận và phương pháp tính toán phát thải KNK từ hoạt động nông nghiệp trên thế giới và tại Việt Nam, luận án đã phát triển phương pháp tính toán phát thải khí CH_4 , N_2O và CO_2 từ các vùng trồng lúa và các cây trồng cạn hàng năm tại vùng ĐBSH với các điều kiện khí hậu và đất đai khác nhau và thể hiện kết quả qua các bản đồ.

Luận án đã thu thập đầy đủ các số liệu, tài liệu cần thiết, thực hiện quan trắc, phân tích và sử dụng mô hình DNDC để tính toán phát thải KNK từ hoạt động canh tác lúa và các cây trồng cạn hàng năm. Đây là phương pháp đã được sử dụng tại một số Quốc gia trên Thế giới, đặc biệt, khu vực châu Á, và đang được quan tâm tại Việt Nam. Để tính toán phát thải CO_2 từ đất, luận án thực hiện theo hướng dẫn của IPCC (2014).

Luận án đã thực hiện quan trắc, phân tích và tính toán phát thải CH_4 và N_2O trên đất phù sa, xám, mặn, phèn trồng các giống lúa Hương Việt 3, BT7, TX111, DS1 và BC15 tại các điểm thí nghiệm thuộc tỉnh Nam Định, Thái Bình, Hải Dương, và thành phố Hà Nội; và đối với giống ngô LVN17 trồng trên đất phù sa sông Hồng tại thành phố Hà Nội Hà Nội.

Luận án đã phân tích độ nhạy các thông số của mô hình để từ đó hiệu chỉnh mô hình theo kết quả quan trắc và phân tích tại 10 điểm bố trí thí nghiệm để được bộ thông số đầu vào chuẩn. Mô hình cũng được kiểm định sau khi hiệu chỉnh.

Đặc biệt, luận án đã kết hợp các phương pháp phân tích không gian bằng công cụ GIS kết hợp với mô hình DNDC để chiết tách, chồng lớp, hiển thị và biên tập các bản đồ thành phần, bản đồ chuyên đề, để đạt được mục tiêu phân tích phát thải theo cả thời gian và không gian.

Việc kết hợp sử dụng dữ liệu không gian để tích hợp kết quả tính toán từ mô hình DNDC vào bản đồ là phương pháp rất hiệu quả để có thể mô tả được phân bố không gian mức độ phát thải CH_4 , N_2O và CO_2 từ đất.

CHƯƠNG III: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TỪ ĐẤT TRỒNG LÚA VÀ CÂY TRỒNG CẠN HÀNG NĂM TẠI VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

3.1. Đặc tính lý hóa của đất tại các điểm thí nghiệm

Đất ở các điểm thí nghiệm đã được phân tích các chỉ tiêu lý, hóa học chính và được thể hiện trong bảng 3.1.

Đa số các điểm nghiên cứu có hàm lượng hữu cơ và hàm lượng đạm tổng số ở mức giàu, một số điểm ở mức khá và trung bình. Về hàm lượng hữu cơ trong đất, với đất phù sa ngoài đê được bồi đắp phù sa thường xuyên nên lượng các bon hữu cơ thấp, có thể dưới 1%; ngược lại, đất phù sa ở vùng trũng, thoát nước kém, hoạt động khoáng hóa kém, lượng các bon hữu cơ thì có thể cao hơn 2,2%. Đất phù sa có OC dao động từ 0,9-2,61%; đất mặn dao động từ 0,4 - 2,29%; đất phèn: 3,3% và đất xám là 1,23%. Như vậy, kết quả phân tích đất cho thấy hàm lượng hữu cơ trong đất phèn cao hơn hẳn ba loại đất còn lại. Hàm lượng đạm tổng số, phần lớn dao động trong khoảng 0,12 - 2,7%.

Hầu hết, đất tại các điểm nghiên cứu có lân và kali dễ tiêu ở mức giàu, riêng lân dễ tiêu ở mức rất giàu. CEC của đất ở mức trung bình đến cao dao động trong khoảng 12,6 - 26,7 cmol/kg đất. Riêng đất phèn có lân tổng số thì ở mức trung nghèo.

Về độ chua, đất mặn, đất phù sa và đất xám có phản ứng chua ít, đất phèn có phản ứng chua. pH_{KCl} dao động như sau: đất phù sa từ 4,8 - 5,56; đất mặn: 5,04 – 5,9; đất xám: 5,51 và đất phèn là 3,88. Thực tế, đất phèn không tốt cho cây lương thực vì rất chua, đồng thời chứa nhiều chất độc hại như Al^{+++} , SO_3 , H_2S .

Thành phần cơ giới phân loại theo 3 cấp (thịt, limon, cát) thì đất phù sa chủ yếu có các cấp hạt limon, hàm lượng sét từ 21,4 – 31,4%, limon từ 54,2 – 57,2%, cát từ 14,4 – 21,4%. Đất có thể thay đổi từ cát pha đến thịt nhẹ, thịt, hay thịt nặng phụ thuộc vào điều kiện địa hình, khoảng cách phân bố của đất so với sông và sự phân bố ở thượng lưu, trung lưu hay hạ lưu sông.

Bảng 3.1. Đặc tính lý hoá đất tại các điểm nghiên cứu trước thí nghiệm

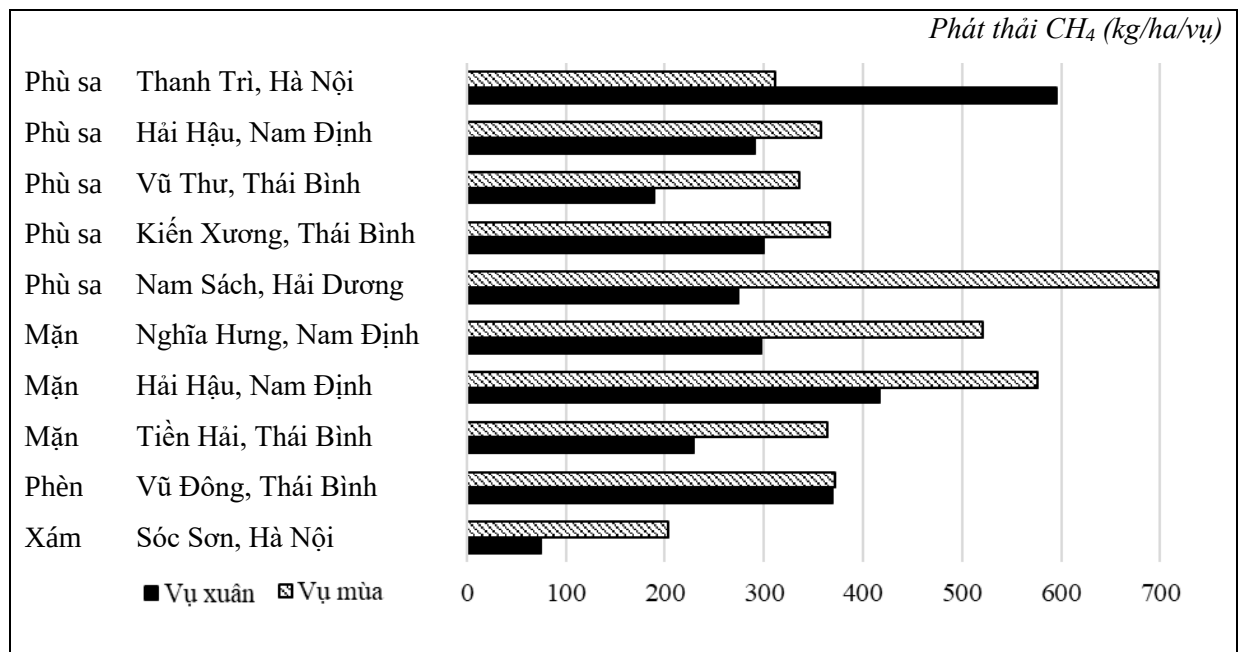
Điểm	Địa danh	Loại đất, công thức luân canh	Thành phần cấp hạt (%) (mm)			pH _{KCl}	N	OC	K ₂ O	P ₂ O ₅	CEC
			<0,002	0,002-0,02	0,02-0,2		(%)				(cmol/kg)
1	Thanh Trì, Hà Nội	Phù sa (2 lúa)	31,30	35,30	33,40	4,91	0,12	2,03	1,86	0,16	16,84
2	Thịnh Long, Hải Hậu, Nam Định	Phù sa (2 lúa)	55,40	27,30	17,30	4,82	0,08	0,90	2,29	0,08	16,50
3	Vũ Thư, Thái Bình	Phù sa (2 lúa)	19,96	49,38	30,66	4,80	0,27	2,61	0,70	0,17	26,75
4	Kiến Xương, Thái Bình	Phù sa (2 lúa 1 màu)	12,80	37,16	50,04	5,56	0,20	2,02	0,69	0,11	15,84
5	Nam Sách, Hải Dương	Phù sa (2 lúa 1 màu)	17,35	56,72	25,93	5,08	0,30	2,35	0,73	0,13	17,86
6	Nghĩa Hưng, Nam Định	Mặn (2 lúa)	25,50	45,40	29,10	5,90	0,11	1,4	2,05	0,14	12,60
7	Hải Phúc, Hải Hậu, Nam Định	Mặn (2 lúa)	55,30	27,50	17,2	5,80	0,22	1,2	1,19	0,15	18,50
8	Tiền Hải, Thái Bình	Mặn (2 lúa)	16,34	56,82	26,84	5,04	0,27	2,29	0,67	0,13	18,00
9	TP. Thái Bình, Thái Bình	Phèn (2 lúa)	32,82	45,38	21,80	3,88	0,32	3,30	0,53	0,07	26,58
10	Sóc Sơn, Hà Nội	Xám (2 lúa)	35,30	43,80	20,90	5,51	0,11	1,03	0,64	0,20	12,39

(Kết quả phân tích tại Phòng phân tích của Trung tâm phân tích và chuyển giao công nghệ Môi trường, Viện Môi trường Nông nghiệp)

3.2. Phát thải CH_4 và N_2O từ đất trồng lúa và ngô tại các điểm thí nghiệm

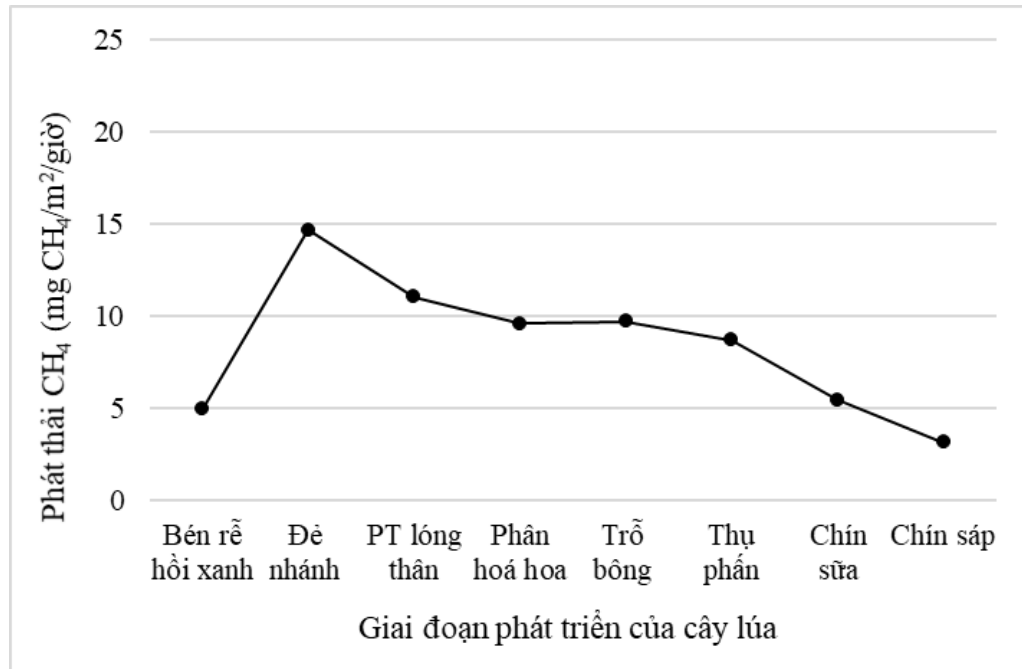
3.2.1. Phát thải CH_4 từ đất trồng lúa

Kết quả nghiên cứu thể hiện phát thải mê tan theo vụ ở các điểm dao động từ 74,4 đến 698,51 kg CH_4 /ha/vụ, thống nhất với kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả trước đó như Pandey và cộng sự (2014), Mai Văn Trinh và cộng sự (2017) và Tariq và cộng sự (2017). Phát thải mê tan ở các điểm có xu hướng phát thải vụ mùa lớn hơn vụ xuân. Một trong những lý do là nhiệt độ vụ xuân thấp, sự phân huỷ các bon đất xảy ra yếu hơn trong khi nhiệt độ vụ mùa rất cao, quá trình phân huỷ các bon mạnh, sinh nhiều khí mê tan. Kết quả được thể hiện trong hình 3.1.



Hình 3.1: Phát thải CH_4 từ đất trồng lúa tại các điểm đo trong vụ xuân và mùa

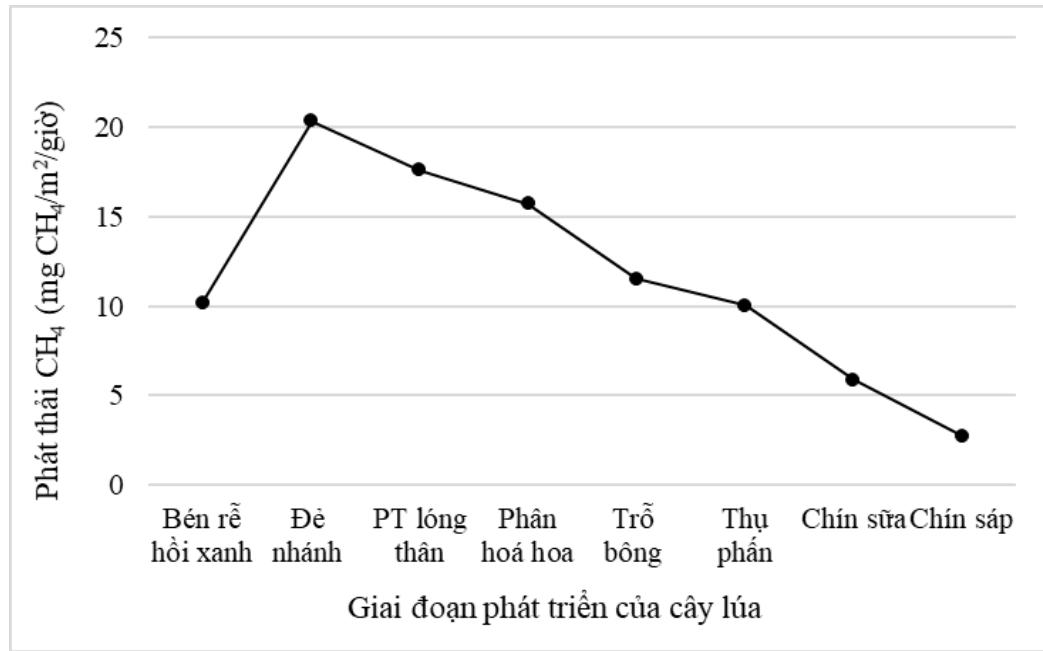
Phân tích diễn biến phát thải CH_4 tại các điểm cho thấy tốc độ phát thải có khác nhau theo mùa vụ. Cụ thể, tốc độ phát thải trung bình của CH_4 trong vụ xuân (Hình 3.2) dao động trong khoảng 3,12 – 14,67 mg $\text{CH}_4/\text{m}^2/\text{giờ}$. Phát thải của CH_4 trong vụ xuân thường bắt đầu chậm và thấp ở thời kì đầu, sau đó tăng dần vào các giai đoạn sinh trưởng về sau và cao nhất ở giai đoạn đẻ nhánh, phát triển lóng thân và giảm dần ở các giai đoạn sau tới khi thu hoạch.



Hình 3.2: Diễn biến phát thải CH₄ trung bình từ đất trồng lúa trong vụ xuân

Kết quả nghiên cứu thể hiện, đầu vụ xuân bị lạnh nên phát thải chậm và thấp và tăng dần về sau, tuy nhiên tốc độ phát thải cũng giảm sớm. Các nghiên cứu của Pandey và cộng sự (2014), Tariq và cộng sự (2017) và Mai Van Trinh và cộng sự (2016) cũng cho thấy kết quả đo phát thải CH₄ giai đoạn cuối giảm mạnh.

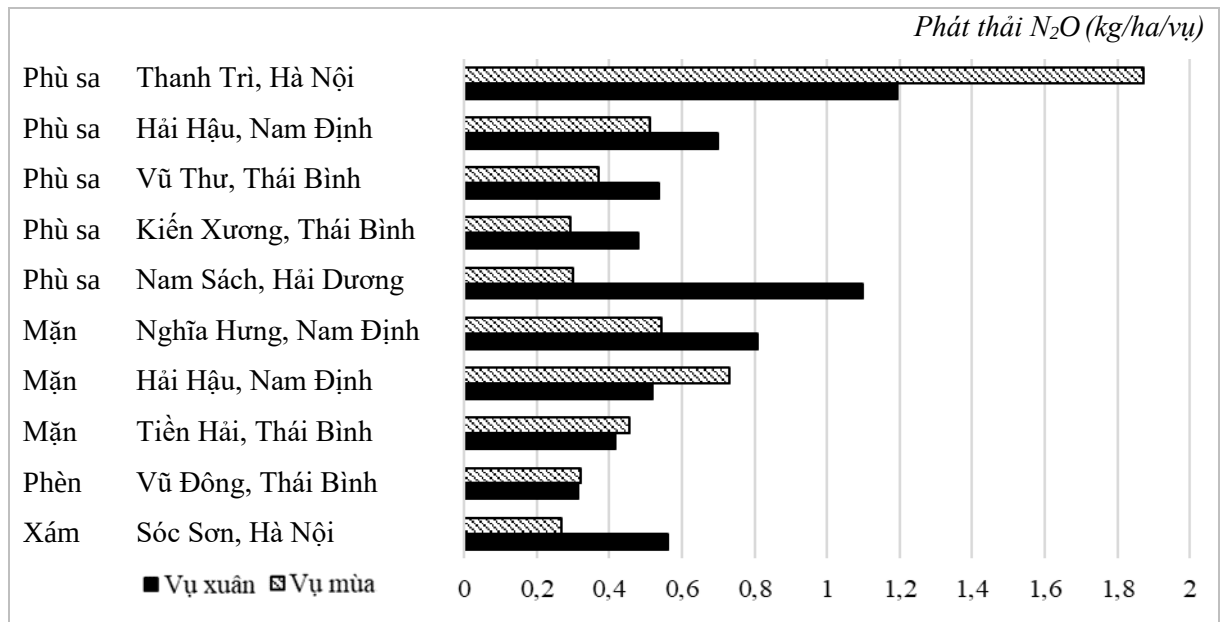
Với vụ mùa (Hình 3.3), tốc độ phát thải trung bình đạt từ 2,74 – 20,36 mg CH₄/m²/giờ. Phát thải có xu hướng tăng ngay sau khi cấy/gieo vì có nhiệt độ cao ngay từ đầu và đạt tốc độ phát thải tối đa trong giai đoạn từ đẻ nhánh vì giai đoạn này cây lúa sinh trưởng, phát triển mạnh với năng suất sinh khối cao, sự bốc hơi và thoát hơi mặt lá cao cũng kéo theo dòng khí mê tan đi qua thân cây và phát thải vào không khí cao, sau đó giảm dần tới cuối vụ. Giai đoạn đẻ nhánh là giai đoạn đất ngập nước, đủ thời gian để vi khuẩn phân giải chất hữu cơ phát triển với tốc độ mạnh sinh ra nhiều khí mê tan. Giai đoạn này cây lúa sinh trưởng, phát triển mạnh với năng suất sinh khối cao, sự tăng nhiệt độ của đầu mùa hè dẫn đến sự bốc hơi và thoát hơi mặt lá cao kéo theo dòng khí mê tan đi qua thân cây và phát thải vào không khí cao.



Hình 3.3: Diễn biến phát thải CH_4 trung bình từ đất trồng lúa trong vụ mùa

3.2.2. Phát thải N_2O từ đất trồng lúa

Đối với phát thải khí N_2O theo vụ dao động trong khoảng từ 0,3 kg/ha/vụ đến 1,8 kg/ha/vụ, được thể hiện trong hình 3.4.

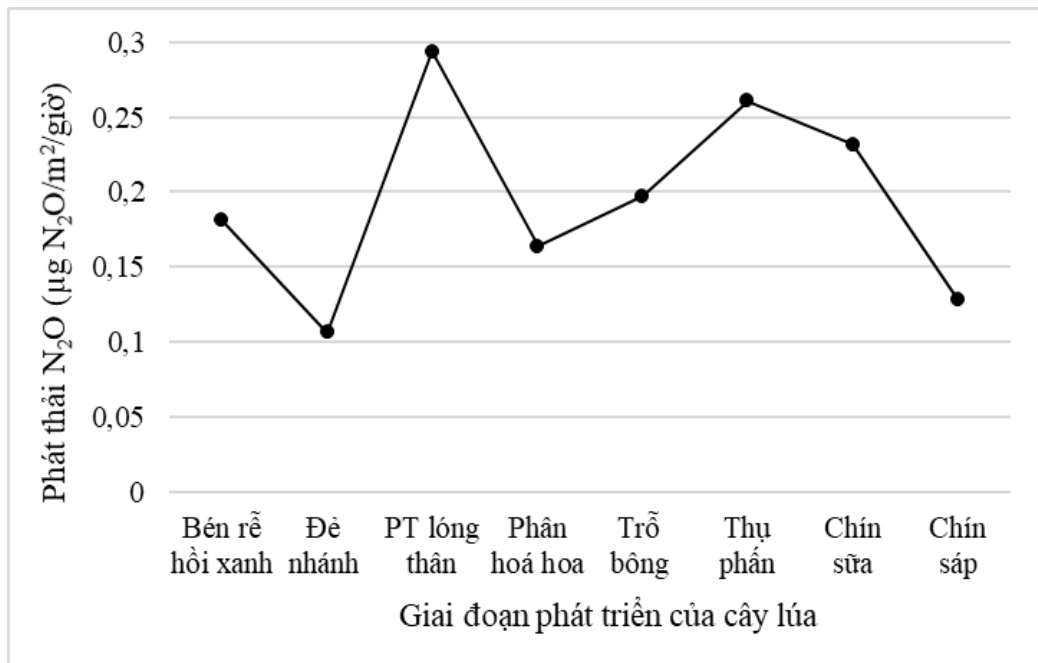


Hình 3.4: Phát thải N_2O từ đất trồng lúa tại các điểm đo trong vụ xuân và mùa

Kết quả nghiên cứu thống nhất với kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả trước đó như Pandey và cộng sự (2019), Mai Văn Trinh và cộng sự (2017) và Azeem Tariq và cộng sự (2017). Hầu hết phát thải N_2O trong vụ xuân cao hơn vụ mùa. Lý do là vì vụ xuân ở miền Bắc nhiệt độ thấp, tốc độ phát triển của cây lúa thấp kèm

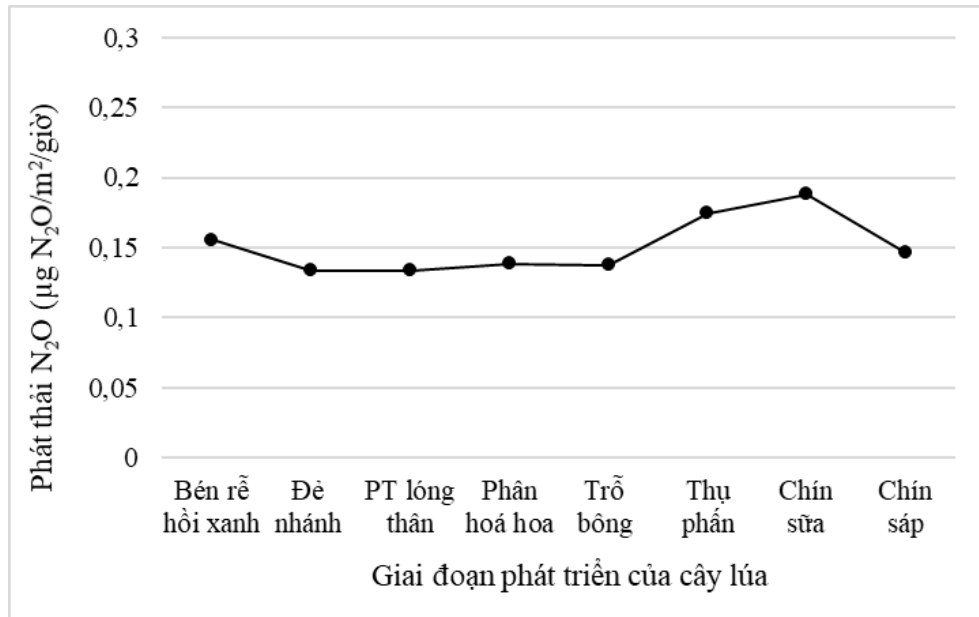
theo lượng đạm cây hút cũng thấp trong khi người dân thường bón nhiều phân vào giai đoạn đầu vụ và ít hơn vào giai đoạn cuối vụ, gây thừa đạm vào những thời gian đầu, dễ bị chuyển hoá và phát thải N_2O .

Với vụ xuân (Hình 3.5), phát thải khí N_2O khá khác nhau theo các giai đoạn sinh trưởng và thể hiện sự phụ thuộc nhiều vào chế độ bón phân đạm. Tốc độ phát thải N_2O thường cao tại các thời điểm có bón phân đạm (thường phát thải nhanh sau khi bón và đạt tốc độ phát thải tối đa vào ngày thứ 3 sau bón, sau đó giảm dần, một phần do lượng đạm tự do trong đất giảm, một phần vì lượng đạm bị cây hút tăng lên, đạm tự do cho chuyển hoá và hình thành N_2O cũng giảm. Tốc độ phát thải dao động trong khoảng 0,11-0,3 $\mu g N_2O/m^2/giờ$.



Hình 3.5: Diễn biến phát thải N_2O trung bình từ đất trồng lúa trong vụ xuân

Đối với vụ mùa (Hình 3.6), phát thải N_2O cũng tương tự như trong vụ xuân và tốc độ phát thải cũng thường gắn với các lần bón đạm. Tốc độ phát thải N_2O dao động trong khoảng 0,13-0,19 $\mu g N_2O/m^2/giờ$. Tuy nhiên, nếu quan sát theo mùa thì kết quả thể hiện tốc độ phát thải N_2O trong vụ mùa thấp hơn vụ xuân. Có nhiều trùng khớp với đặc điểm thời tiết khí hậu của vùng.



Hình 3.6: Diễn biến phát thải N₂O trung bình từ đất trồng lúa trong vụ mùa

Tốc độ phát thải N₂O trên ruộng lúa ở các điểm đo có sự biến động trong các lần đo phát thải tương đối phù hợp với xu thế. Ví dụ phát thải cao vào thời kì bén rễ hồi xanh, khi lượng phân đạm bón lót nhiều nhưng cây lúa còn nhỏ, nhu cầu dinh dưỡng thấp hoặc bộ rễ còn yếu, hút ít dẫn đến lượng đạm dư thừa lớn, sẵn sàng cho chuyển hoá đạm và phát thải N₂O. Thời kì vươn lóng trùng với đợt bón thúc đạm, vì thế lượng đạm trong đất cũng cao, quá trình chuyển hoá đạm mạnh và phát thải N₂O cao. Có thể thấy, tốc độ phát thải ở mỗi lần đo trong cả 2 vụ có sự khác nhau giữa các điểm và có mối liên hệ với lượng đạm bón cho lúa, điều kiện khí hậu và môi trường đất.

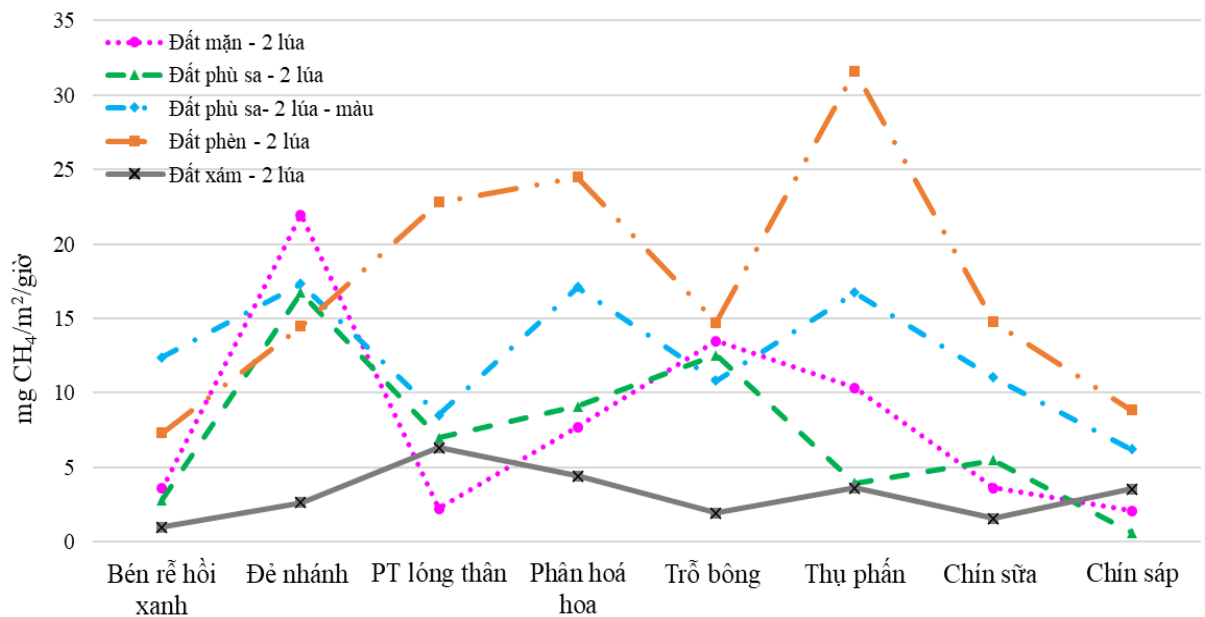
3.2.3. Diễn biến phát thải CH₄ và N₂O từ bốn loại đất chính trồng lúa

3.2.3.1. Diễn biến phát thải CH₄ từ bốn loại đất chính trồng lúa

Trong vụ lúa xuân năm 2018, lượng phát thải khí CH₄ trong cả vụ cao nhất đo được ở điểm nghiên cứu với đất phèn (Thái Bình) và phát thải thấp nhất ở điểm nghiên cứu với đất xám tại Hà Nội (Hình 3.7).

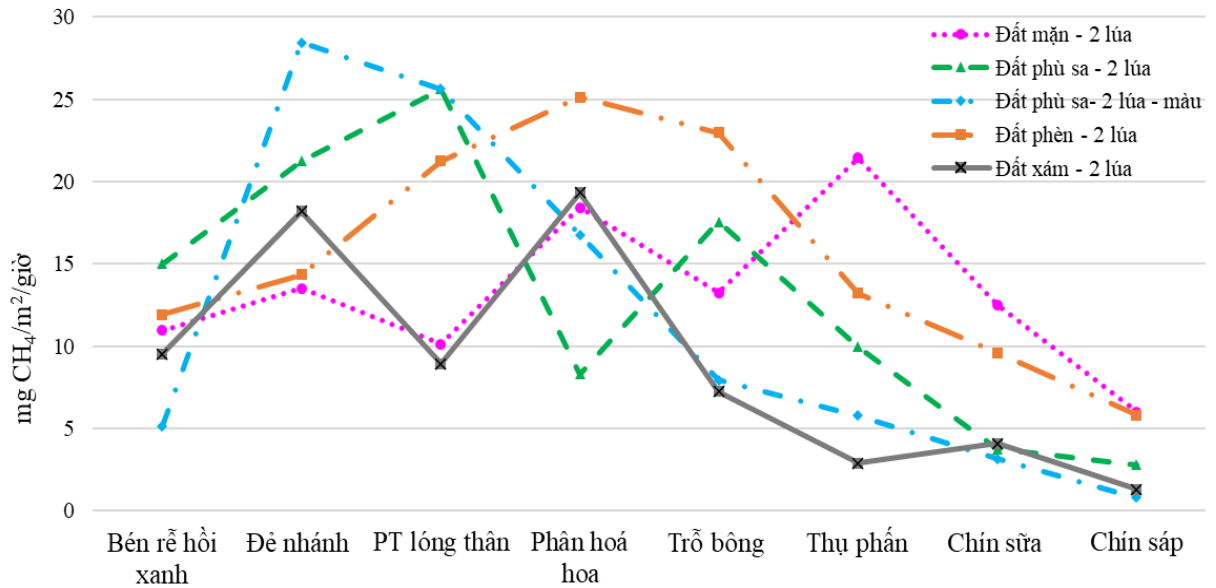
Phân tích diễn biến phát thải CH₄ trên các loại đất trong vụ xuân cho thấy ở đất phù sa và đất mặn, tốc độ phát thải khí CH₄ tăng liên tục từ khi lúa bén rễ hồi xanh và đạt cao nhất ở thời kì đẻ nhánh với tốc độ phát thải từ 17-22 mg CH₄/m²/giờ, sau đó giảm dần đến cuối vụ. Với đất xám, phát thải cũng tăng dần và đạt cao nhất vào thời kì phát triển lóng thân (6mg CH₄/m²/giờ). Riêng với đất phèn, phát thải khí

CH₄ tăng liên tục đến giai đoạn phân hóa hoa và đạt mức phát thải cao nhất vụ ở thời điểm trổ, thụ phấn (32 mg CH₄/m²/giờ). Sở dĩ có sự khác biệt này, có thể do đất phèn có hàm lượng hữu cơ cao hơn, thành phần hữu cơ khó tan nhiều hơn, thời gian khoáng hoá chất hữu cơ để thành hữu cơ hoà tan kéo dài nên chúng duy trì thời gian phân huỷ và phát thải khí mê tan dài hơn. Vì từ khi cấy đến thời điểm chín sữa, đất luôn ở tình trạng yếm khí nên phát thải khí CH₄ giữ tăng từ đầu vụ cho đến khi chín sữa. Khi rút nước phơi khô, ruộng phát thải khí CH₄ giảm nhanh cho tới cuối vụ. Các nghiên cứu của Pandey và cộng sự (2014), Tariq và cộng sự (2017) và Mai Van Trinh và cộng sự (2016) cũng cho thấy kết quả đo phát thải CH₄ giai đoạn cuối giảm mạnh. Theo kết quả phân tích đất, hàm lượng hữu cơ trong đất phèn cao hơn trong đất phù sa và đất mặn rất nhiều, đây cũng là nguyên nhân phát thải khí mê tan của đất phèn cao hơn hẳn đất phù sa và đất mặn.



Hình 3.7: Diễn biến phát thải CH₄ từ bốn loại đất trồng lúa trong vụ xuân

Với vụ mùa, tất cả các điểm đo trên các loại đất đều có chung một xu hướng tăng phát thải ngay sau khi cấy và đạt tốc độ phát thải tối đa trong giai đoạn từ đẻ nhánh đến phân hóa đòng (Hình 3.8). Đây là giai đoạn đất ngập nước, đủ thời gian để vi khuẩn phân giải chất hữu cơ phát triển với tốc độ mạnh sinh ra nhiều khí mê tan.



Hình 3.8: Diễn biến phát thải CH_4 từ bốn loại đất trồng lúa trong vụ mùa

Trong giai đoạn này cây lúa sinh trưởng, phát triển mạnh với năng suất sinh khối cao, sự tăng nhiệt độ của đầu mùa hè dẫn đến sự bốc hơi và thoát hơi mặt lá cao kéo theo dòng khí mê tan đi qua thân cây và phát thải vào không khí cao. Đất phù sa có tốc độ phát thải cao nhất vào thời kì đẻ nhánh đến vươn lông với mức phát thải 26-28 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{giờ}$, sau đó giảm dần cho đến cuối vụ.

Đất phèn đạt tốc độ phát thải tối đa vào thời kì phân hoá hoa với mức phát thải 25 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{giờ}$, sau đó giảm dần đến cuối vụ. Với đất xám, có những biến động phát thải lớn trong giai đoạn bén rễ hồi xanh tới phân hóa hoa, tuy nhiên cũng đạt tốc độ phát thải tối đa vào thời kì phân hoá hoa với mức phát thải 19 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{giờ}$, sau đó giảm dần đến cuối vụ.

Đất mặn có tốc độ phát thải thấp hơn so với đất phù sa và đất phèn, phát thải đạt tối đa vào thời kì thụ phấn với mức 22 $\text{mg CH}_4/\text{m}^2/\text{giờ}$. Tất cả các loại đất đều có tốc độ phát thải tối đa tương đối gần nhau, dao động từ 22 đến 28 $\text{mg CH}_4/\text{m}^2/\text{giờ}$. Diễn biến phát thải trong suốt vụ lúa ở các giai đoạn sinh trưởng của lúa và ở các loại đất tương đối biến động do còn bị chi phối bởi nhiều yếu tố ngoại cảnh khác như khí hậu, mực nước, ...

3.2.3.2. Diễn biến phát thải N_2O từ bốn loại đất chính trồng lúa

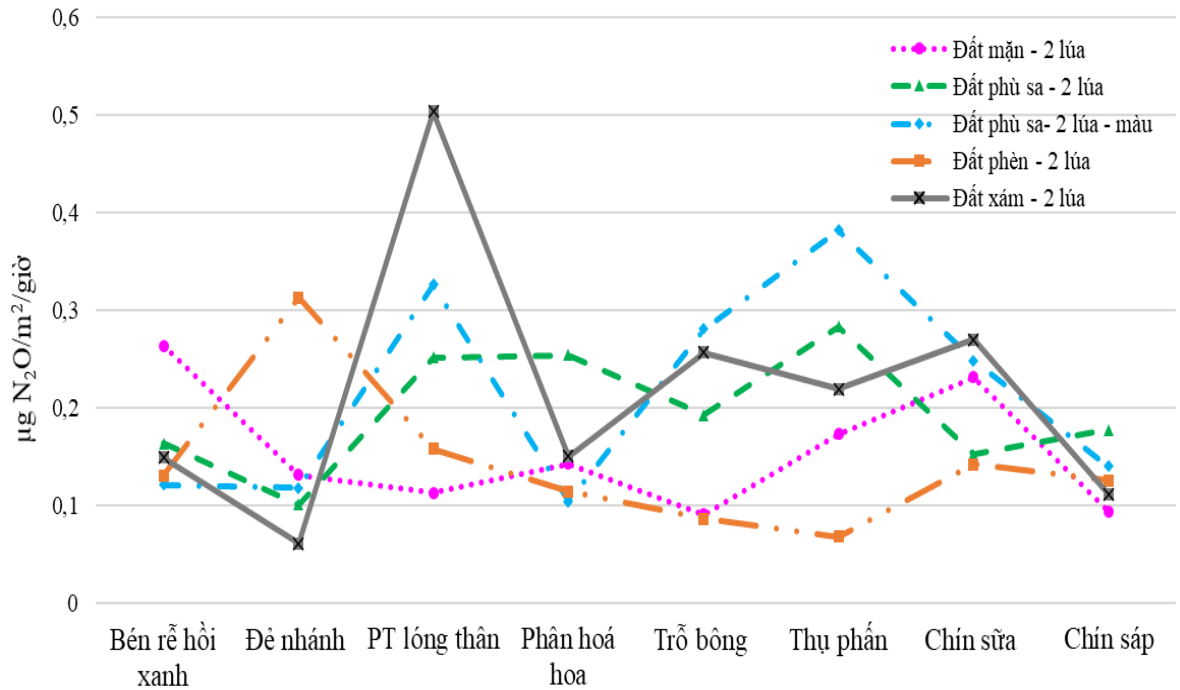
Trong vụ xuân, diễn biến phát thải khí N_2O trên các loại đất rất khác nhau theo các giai đoạn sinh trưởng và bón phân. Ở đất phù sa, mức phát thải tăng dần đến giai đoạn vươn lóng, sau đó giảm nhẹ rồi tăng cao nhất ở giai đoạn phơi màu, thụ phấn, nở hoa với mức phát thải đạt 0,326 và 0,4 $\mu g/m^2/giờ$. Sau khi thụ phấn, nở hoa mức phát thải NO_2 giảm đều cho tới cuối vụ.

Với đất mặn, mức phát thải cao ở hai giai đoạn bén rễ hồi xanh và chín sữa (0,264 $\mu g/m^2/giờ$). Mức phát thải N_2O thấp từ giai đoạn đẻ nhánh tới khi trổ bông.

Đất phèn: Mức phát thải dao động trong khoảng 0,068-0,313 $\mu g/m^2/giờ$, phát thải mạnh vào thời kỳ đẻ nhánh và có xu hướng giảm dần trong các giai đoạn tiếp theo.

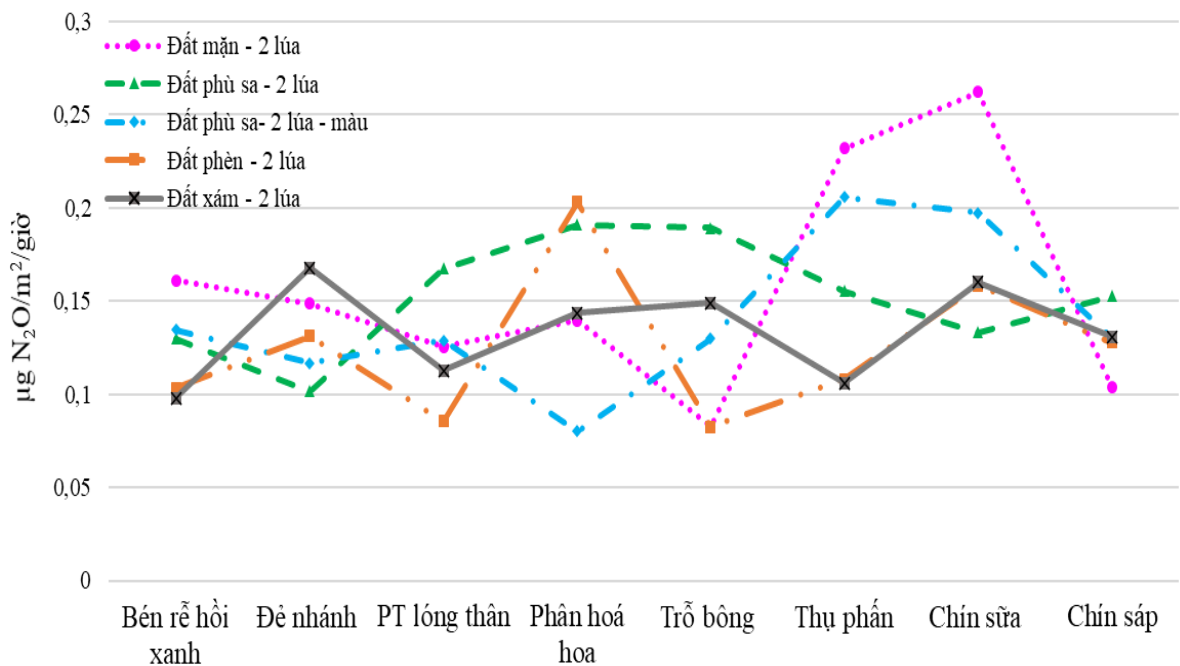
Đất xám: Mức phát thải cao vào các thời kỳ bén rễ hồi xanh, phát triển lóng thân, trổ bông và chín sữa. Mức phát thải cao nhất đạt 0,5 $\mu g/m^2/giờ$ vào giai đoạn phát triển lóng thân. Phát thải giảm dần từ thời kỳ chín sữa tới chín sấp.

Tốc độ phát thải N_2O trên ruộng lúa ở các điểm đo trên các loại đất khác nhau biến động không giống nhau trong các lần đo phát thải nhưng tương đối phù hợp với dự tính. Ví dụ phát thải cao vào thời kỳ bén rễ hồi xanh, khi lượng phân đạm bón lót nhiều nhưng cây lúa còn nhỏ, nhu cầu dinh dưỡng thấp hoặc bộ rễ còn yếu, hút ít dẫn đến lượng đạm dư thừa lớn, sẵn sàng cho chuyển hoá đạm và phát thải N_2O . Thời kỳ vươn lóng trùng với đợt bón thúc đạm, vì thế lượng đạm trong đất cũng cao, quá trình chuyển hoá đạm mạnh và phát thải N_2O cao.



Hình 3.9: Diễn biến phát thải N₂O từ bốn loại đất trồng lúa trong vụ xuân

Với vụ mùa, nhìn chung, trên các loại đất mức phát thải cao đạt ở giai đoạn phân hóa hoa cho tới chín sữa. Mức phát thải ở trên đất phù sa 2 lúa dao động trong khoảng 0,102-0,191 µg/m²/giờ; đất phù sa 2 lúa-1 màu là 0,08-0,206 µg/m²/giờ; đất mặn: 0,08-0,262 µg/m²/giờ; đất phèn: từ 0,082-0,203 µg/m²/giờ; đất xám: từ 0,098-0,1598 µg/m²/giờ.



Hình 3.10: Diễn biến phát thải N₂O từ bốn loại đất trồng lúa trong vụ mùa

Diễn biến phát thải N_2O có sự khác nhau giữa các loại đất. Ở đất mặn, phát thải khí N_2O giảm dần từ giai đoạn bén rễ hồi xanh tới giai đoạn trổ là mức phát thải thấp nhất ($0,083 \mu g/m^2/giờ$), sau đó tăng mạnh và đạt cao nhất ở giai đoạn chín sữa ($0,262 \mu g/m^2/giờ$). Ở đất phù sa hai lúa, mức độ phát thải N_2O của đất tăng dần từ đầu vụ tới giai đoạn phân hóa hoa và trổ, sau đó giảm dần tới cuối vụ. Ở đất phù sa - 2 lúa - màu, mức phát thải giảm thấp nhất ở giai đoạn phân hóa hoa ($0,08 \mu g/m^2/giờ$) và tăng cao nhất vào thời kỳ trổ phơi màu ($0,206 \mu g/m^2/giờ$), sau đó giảm dần tới cuối vụ. Riêng đất phèn, mức phát thải toàn vụ dao động trong khoảng $0,08-0,12 \mu g/m^2/giờ$ tăng đột biến trong giai đoạn phân hóa hoa và đạt $0,206 \mu g/m^2/giờ$. Như vậy, trong cả 2 vụ, tốc độ phát thải ở mỗi lần đo có thể khác nhau giữa các điểm và có mối liên hệ với lượng đạm bón cho lúa, điều kiện khí hậu và môi trường đất. Tuy nhiên, các mối liên hệ này có tương quan không cao, đặc biệt là vào nửa sau của vụ mùa. Ngoài ra, khí N_2O có hàm lượng rất nhỏ và cần độ chính xác lấy mẫu và phân tích cao. Với nghiên cứu hiện tại, việc lấy mẫu phân tích N_2O chung với khí CH_4 (hộp đo khí cao) có thể gây sai số do quá trình pha loãng phân bố mẫu trong hộp. Tuy nhiên, rất nhiều tác giả đều kết luận, tốc độ phát thải N_2O ở ruộng lúa ngập nước là biến động mạnh và nhỏ. Vì thế, trong hướng dẫn kiểm kê KNK của IPCC (1996, 2006) đều không có hệ số phát thải của N_2O .

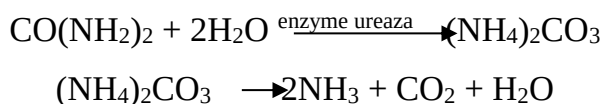
3.2.4. Phát thải N_2O từ cây ngô trên đất phù sa sông Hồng

Đối với cây trồng cạn, phát thải N_2O gắn liền với việc bón phân đạm vì phân đạm là nguồn gây phát thải N_2O chủ yếu. Do vậy tần suất thu mẫu KNK từ quá trình canh tác ngô tập trung vào các giai đoạn cây ngô được bón phân bao gồm bón lót trước gieo hạt, bón thúc đợt 1 lúc ngô 3 – 5 lá, bón thúc đợt 2 lúc ngô 7 – 9 lá và bón thúc đợt 3 lúc ngô xoắn nõn (trước lúc trổ cò 10 đến 12 ngày). Kết quả nghiên cứu trên đất phù sa tại Đan Phượng là loại đất tốt với cây trồng, hơn nữa lại có mức đầu tư phân bón cao nên các yếu tố cấu thành năng suất (như số hàng trên bắp, số hạt trên hàng và khối lượng 1000 hạt) đều cao, dẫn đến cả năng suất lý thuyết và năng suất thực tế đều cao.

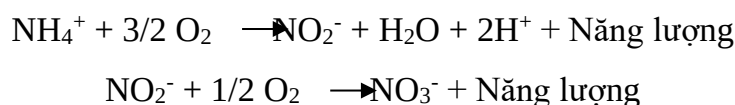
Kết quả phân tích phát thải N_2O sau khi bón phân trên đất phù sa tại điểm nghiên cứu (hình 3.11) cho thấy tốc độ phát thải N_2O cao nhất vào ngày thứ 3 sau

khi bón phân. Sau thời điểm này phát thải N_2O giảm nhanh và từ ngày thứ 7 trở đi là rất thấp. Quá trình này diễn ra theo cơ chế sau:

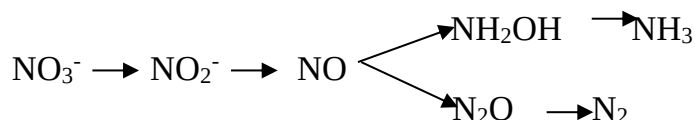
Giai đoạn 1 (Quá trình amôn hóa): Dưới tác dụng của enzyme ureaza tiết ra bởi các vi sinh vật trong đất Urê bị thủy phân tạo thành muối Amoni Cacbonat theo phương trình:



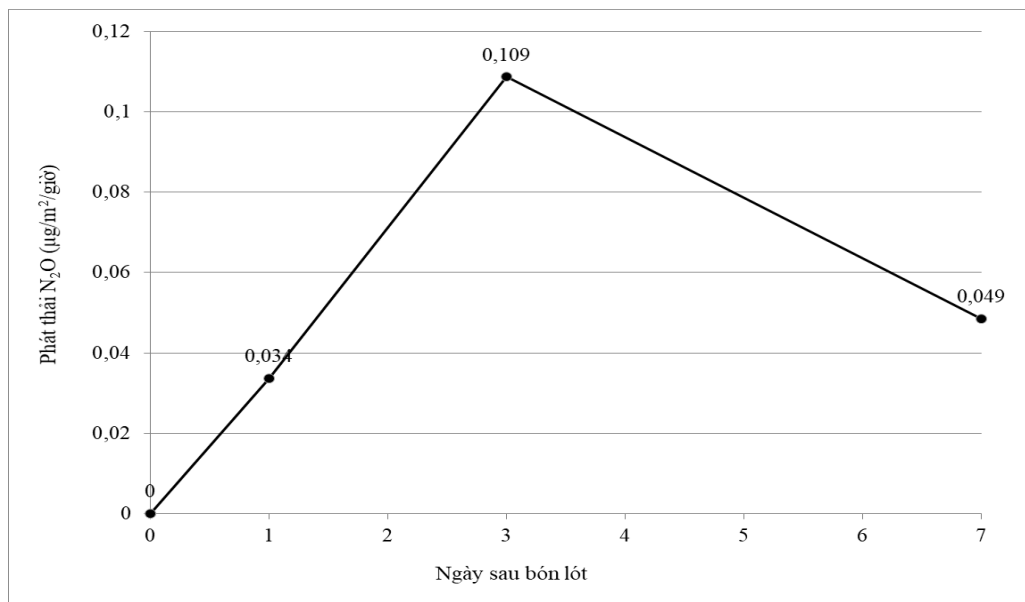
Giai đoạn 2 (Quá trình nitrat hóa):



Giai đoạn 3 (Quá trình phản nitrat hóa):



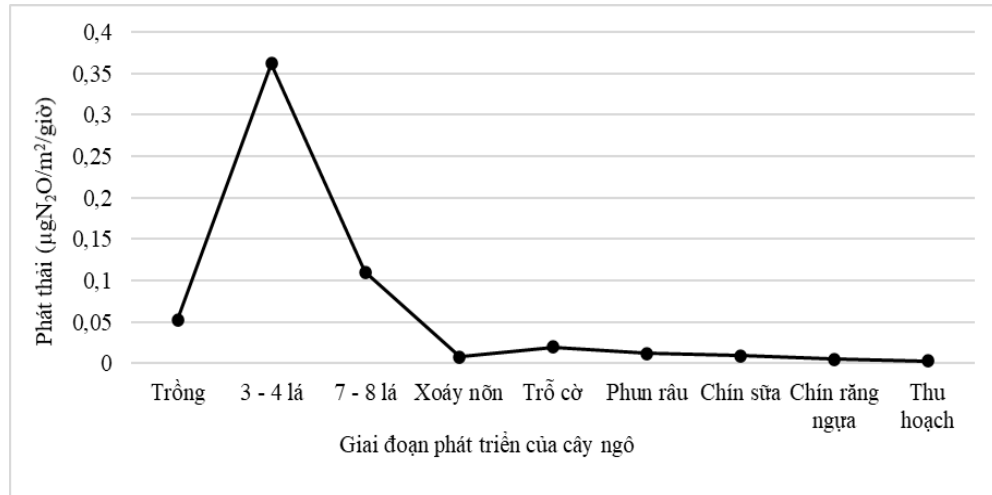
Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng có mối quan hệ giữa phát thải khí N_2O với phương thức bón phân, lượng phân bón sử dụng và thời gian bón phân.



Hình 3.11: Diễn biến phát thải N_2O từ đất phù sa trồng ngô sau khi bón lót

Từ nghiên cứu về động thái phát thải như ở trên tác giả thấy cần phải chính xác hoá việc lấy mẫu phân tích khí N_2O một cách chi tiết nhất có thể. Đặc biệt là ngoài sự phát thải khác nhau ở các giai đoạn sinh trưởng, phát triển khác nhau thì cần phải lấy được mẫu với mật độ càng dày sau khi bón phân càng tốt. Như vậy mới bắt

được các đỉnh phát thải. Nếu không, nghiên cứu sẽ bỏ qua những thời điểm quan trọng. Từ đó, việc tích lũy các điểm phát thải mật độ dày được tính dồn lại cho mỗi giai đoạn sinh trưởng, phát triển được chính xác hơn. Tổng hợp tính phát thải cho từng giai đoạn sinh trưởng của ngô ở hai điểm được thể hiện trong hình 3.12.



Hình 3.12. Diễn biến phát thải N_2O từ đất phù sa trồng ngô vụ đông

Quá trình phát thải khí N_2O vào khí quyển diễn ra trước khi đạm ở dạng nitrat bị khử thành N_2 phân tử và phụ thuộc vào các yếu tố môi trường như pH đất, độ ẩm đất, điện thế oxy hoá khử, hàm lượng N khoáng, C hữu cơ và nhiệt độ. Nghiên cứu về diễn thế phát thải trong cả vụ (Hình 3.12) cho thấy tốc độ phát thải N_2O cao tập trung ở các giai đoạn có bón phân đạm nhiều như thời kì bón thúc lần 1 (khi cây ngô có 3 - 4 lá), bón thúc lần 2 (khi cây ngô có 7 - 8 lá). Vào các giai đoạn sau của bón thúc lần 2, cũng là giai đoạn cây ngô phát triển mạnh, sinh khối lớn với lượng đạm cây hút nhiều, dư lượng đạm trong đất còn rất thấp nên quá trình chuyển hoá và phát thải là không đáng kể. Do vậy, tốc độ phát thải của các giai đoạn sau thấp hơn và gần như không phát thải ở giai đoạn sau chín sữa so với các giai đoạn trước.

Tổng lượng phát thải của toàn vụ được tính bằng tổng tích lũy lượng phát thải trong suốt thời gian của vụ ngô. Tổng phát thải của ngô trên đất phù sa sông Hồng là 1,251 kg/ha/vụ. Luận án cũng đã tính lượng N_2O phát thải trên kg phân đạm bón, kết quả là hệ số phát thải trên đất phù sa sông Hồng là 0,0076, được thể hiện trong bảng 3.2.

Bảng 3.2: Phát thải KNK theo giai đoạn sinh trưởng và tổng lượng phát thải KNK trong cả vụ canh tác ngô trên đất phù sa

STT	Giai đoạn sinh trưởng	Phát thải N ₂ O (µg/m ² /giờ)			
		R1	R2	R3	Trung bình
1	Gieo - Bón lót	0,016	0,034	0,0312	0,027
2	1 ngày sau bón lót	0,04071	0,03106	0,0312	0,034
3	3 ngày sau bón lót	0,3778	0,37687	0,27819	0,344
4	7 ngày sau bón lót	0,04796	0,0462	0,05141	0,049
5	1 ngày sau bón thúc 3 - 4 lá	0,29748	0,07967	0,04842	0,142
6	3 ngày sau bón thúc 3 - 4 lá	1,2094	1,42742	0,07512	0,904
7	7 ngày sau bón thúc 3 - 4 lá	0,02971	0,02985	0,06209	0,041
8	1 ngày sau bón thúc 7 - 8 lá	0,04055	0,06877	0,06716	0,059
9	3 ngày sau bón thúc 7 - 8 lá	0,18026	0,22724	0,22614	0,211
10	7 ngày sau bón thúc 7 - 8 lá	0,04225	0,04804	0,07804	0,056
11	Xoáy nỡn	0,00923	0,01083	0,00252	0,008
12	Trỗ cờ	0,02852	0,01304	0,01844	0,020
13	Phun râu	0,01533	0,01038	0,01173	0,012
14	Chín sữa	0,00993	0,00927	0,00709	0,009
15	Răng ngựa	0,0061	0,00449	0,00542	0,005
16	Thu hoạch	0,00159	0,00306	0,00324	0,003
Phát thải trong cả vụ (kgN/ha/vụ)		1,873	1,14875	0,73124	1,251
Tổng lượng phát thải/vụ (kg CO_{2e}/ha)		558,216	342,328	217,908	331,515
Tỉ lệ phát thải (kg N₂O/kgN bón)					0,0076

3.3. Đánh giá độ nhạy, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình DNDC phục vụ tính toán phát thải khí nhà kính

Một số yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến việc hình thành và phát thải CH₄ và N₂O là điều kiện khí hậu (nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa), tính chất đất (hàm lượng C trong đất, pH, Eh, EC, các hoạt động của vi sinh vật), các giống lúa và các hoạt động canh tác (làm đất, bón phân, chế độ tưới tiêu, quản lý chất hữu cơ như tàn dư cây trồng, rơm rạ và các chất hữu cơ khác) (Neue, 1994; Hou và cộng sự, 2000; Conrad, 2002; Yan và cộng sự, 2003). Các yếu tố này đã được mô tả và thiết lập như là

các thông số của mô hình DNDC. Nhiều nghiên cứu quan trắc chỉ ra rằng phát thải CH_4 thay đổi theo hàm lượng cacbon trong đất, nhiệt độ, độ khử (ngập nước càng sâu càng khử), thời gian ngập, pH.... Phát thải N_2O thì chủ yếu là theo hàm lượng N trong đất, bón càng cao phát thải càng nhiều, các yếu tố môi trường là pH, thành phần cơ giới đất, nhiệt độ, độ ẩm (Wassmann và cộng sự, 2000). Trên thực tế, các yếu tố này có mối quan hệ chặt chẽ với nhau, do đó rất khó để dự đoán ảnh hưởng của một yếu tố riêng lẻ đến sự phát thải KNK. Bên cạnh đó, lượng phát thải CH_4 và N_2O từ ruộng lúa nước có tỷ lệ nghịch với nhau, yếu tố làm giảm phát thải của khí này sẽ làm tăng phát thải khí kia (Hou và cộng sự, 2000).

3.3.1. Độ nhạy của các thông số 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 và cộng sự (1992), nguyên nhân là do hoạt động của vi sinh vật tham gia quá trình sản sinh metan tăng đáng kể (mật độ và cường độ) khi nhiệt độ tăng và giảm khi nhiệt độ giảm. Nghiên cứu của Fey và Conrad (2000) chỉ ra rằng nhiệt độ là yếu tố quan trọng kiểm soát vi khuẩn hình thành và phát thải CH_4 trong đất lúa trong điều kiện yếm khí. Một số kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng có sự tương quan mạnh mẽ giữa nhiệt độ và phát thải CH_4 (Moore và Dalva, 1993). Tuy nhiên, các vi khuẩn sinh nhiều metan nhất là những vi khuẩn ưa nhiệt độ trung bình; nhiệt độ tăng sẽ làm tăng CH_4 phát thải đến một giới hạn nhất định. 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 và cộng sự (1990), Yagi và cộng sự (1996), Adhya và cộng sự (2000), Lu và cộng sự (2000), Sapkota và cộng sự (2011).

Tiếp theo là dung trọng, khi dung trọng giảm đến mức 75% thì phát thải giảm mạnh (90,15%), khi dung trọng tăng đến 75%, phát thải tăng mạnh (172,05%). 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 nhảy 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 giảm tương ứng 33,98% - 89,91%. Các vi sinh vật (VSV) đóng một vai trò quan trọng trong việc sản xuất CO_2 , CH_4 và N_2O trong hầu hết các hệ sinh thái trên cạn. Tuy nhiên, mức độ phát thải KNK giữa đất và khí quyển phụ thuộc vào các yếu tố khác nhau ảnh hưởng đến sự phát triển của VSV như hàm lượng oxy trong đất, hàm lượng nước trong lòng đất, nhiệt độ đất, hàm lượng N khoáng, chất hữu cơ và độ pH hoặc là các biện pháp canh tác như bón phân chuồng và phân N, cày vùi tàn dư thực vật, phương thức làm đất, xới đất... cũng có thể ảnh hưởng tới hoạt động của VSV và gián tiếp ảnh hưởng tới phát thải CH_4 và N_2O từ đất.

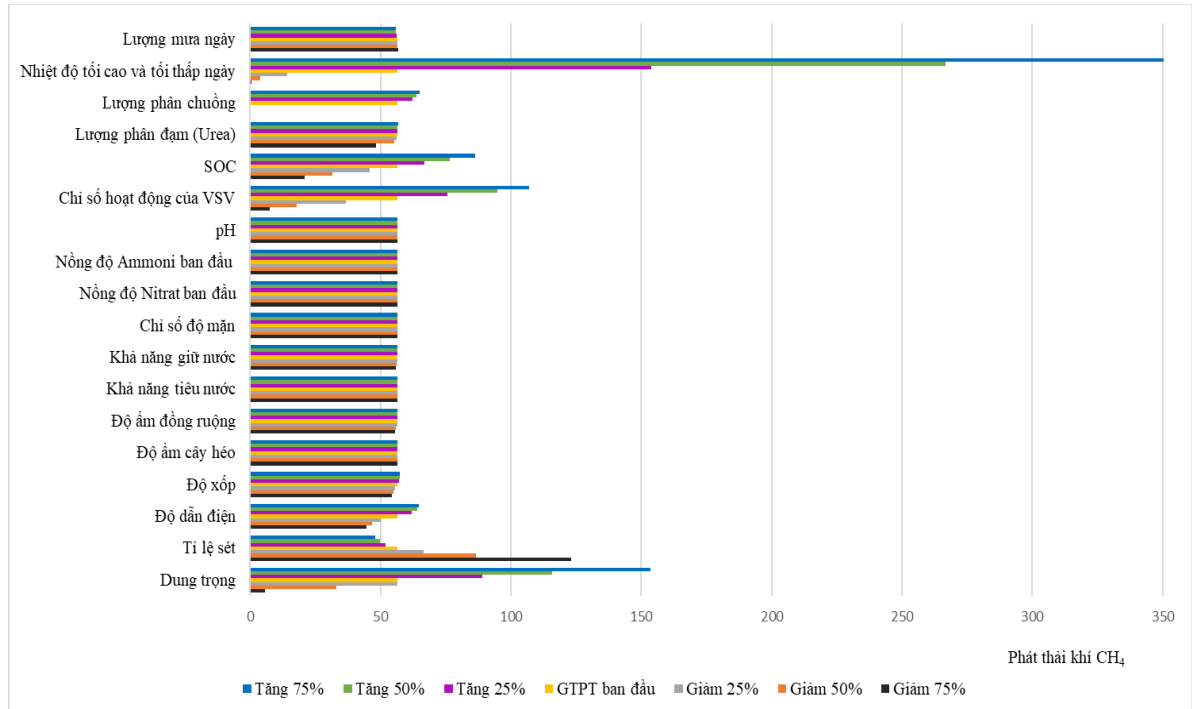
Hàm lượng chất hữu cơ trong đất là yếu tố tương đối nhạy đối với sự phát thải CH_4 do ảnh hưởng của mật độ vi khuẩn sinh mêtan. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng chất hữu cơ có vai trò vô cùng quan trọng trong quá trình hình thành và phát thải CH_4 như là vật liệu ban đầu của quá trình hình thành CH_4 trong đất. Quá trình phân hủy chất hữu cơ trong đất càng mạnh thì thế ôxi hóa – khử càng giảm, tạo điều kiện thuận lợi cho sự hình thành CH_4 . Đất càng giàu chất hữu cơ thì phát thải CH_4 càng nhiều (Alexander, 1977; Ponnampetuma, 1985). Kết quả phân tích độ nhạy thể hiện khi tăng hàm lượng OC 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%.

Độ xốp và độ dẫn điện của nước cũng là yếu tố có ảnh hưởng tới lượng phát thải CH_4 . Phát thải CH_4 giảm khi giảm độ dẫn điện nước hoặc độ xốp. Phát thải CH_4 tăng khi tăng độ dẫn điện của nước hoặc độ xốp. Độ dẫn điện là chỉ số diễn tả tổng ion hòa tan trong dung dịch. Sự chuyển động của các ion này tạo ra một dòng điện từ, hay còn được gọi với tên sự dẫn truyền ion. Độ dẫn điện của nước tỉ lệ thuận với nhiệt độ của nước.

So với các yếu tố đã phân tích thì độ pH, khả năng tiêu nước, khả năng giữ nước, độ ẩm đồng ruộng, hàm lượng nitrat ban đầu ở tầng đất mặt và hàm lượng

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 và cộng sự (2000, 2004), Wassmann và cộng sự (2000), Yagi và cộng sự (1996). Kết quả được thể hiện trong hình 3.13.



Hình 3.13: Ảnh hưởng của sự thay đổi các thông số mô hình đến phát thải CH_4

Trong số những biện pháp canh tác lúa, lượng phân đạm (urê) và lượng 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%. Nghiên cứu của Cai (2007) cho kết quả dạng phân nitơ ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến sự phát thải CH_4 và N_2O , bón phân đạm amoni sulfat giúp giảm phát thải CH_4 nhưng tăng phát thải N_2O lên 25-50%.

3.3.2. Độ nhạy của của các thông số đối với phát thải N_2O

Phát thải N_2O từ ruộng lúa bị kiểm soát bởi nhiều yếu tố, tuy nhiên tương tự như với độ nhạy 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% và

75% 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 nitrat hóa giảm khi nhiệt độ giảm và gia tăng đáng kể khi nhiệt độ tăng. Các kết quả này phù hợp với các nghiên cứu của Li và cộng sự (1992).

Tỉ lệ sét có ảnh hưởng lớn nhất tới phát thải N_2O . Khi giảm tỉ lệ sét 25%, 50%, 75% thì phát thải N_2O tăng mạnh, tương ứng 15,06%, 48,96%, 111,78%, khi tăng tỉ lệ sét 25%, 50%, 75% thì phát thải CH_4 giảm tương ứng 10,36%, 17,27%, 23,82%.

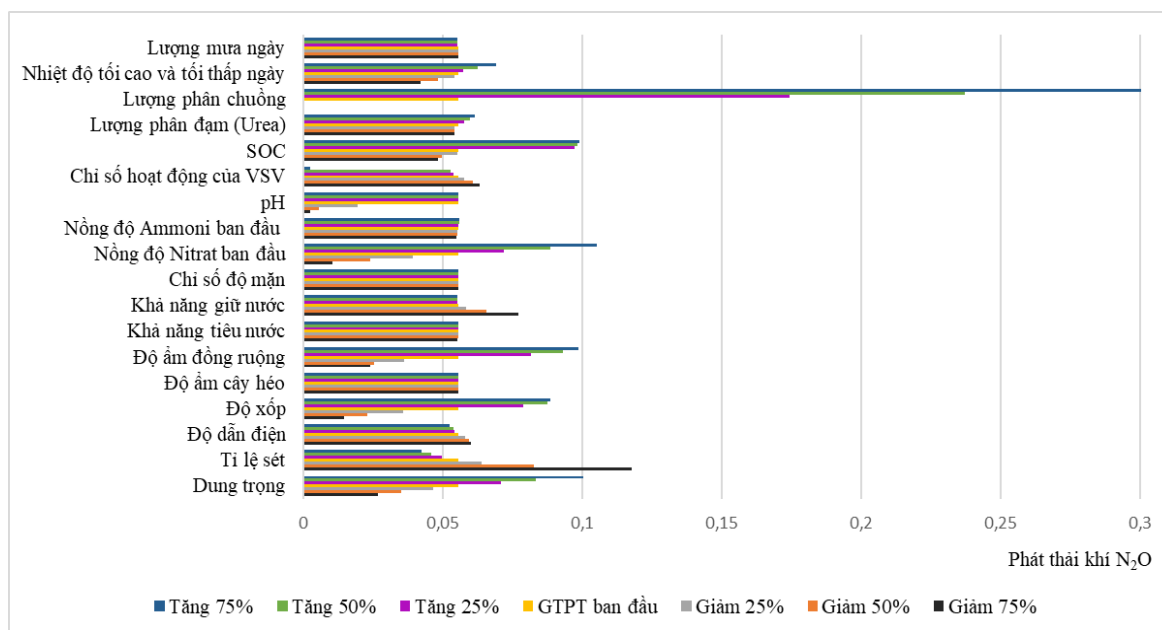
Tiếp theo là thông số chỉ số hoạt động của vi sinh vật. Khi giảm chỉ số hoạt động của vi sinh vật trong khoảng 25 - 75% so với giá trị ban đầu, thì phát thải N_2O tăng dao động trong khoảng 3,99% - 13,85%, khi tăng chỉ số hoạt động của vi sinh vật trong khoảng 25% - 75% so với giá trị ban đầu, thì phát thải N_2O giảm mạnh, tương ứng 2,94% - 95,04%. Đối với độ pH. Khi giảm 25%, 50%, 75% thì phát thải N_2O giảm tương ứng 65,05%, 90,02%, 95,04%, khi độ pH tăng 25%, 50%, 75% thì phát thải N_2O tăng tương ứng 0,16%, 0,19%, 0,2%. Trong điều kiện hiếu khí, hầu hết các vi khuẩn đất có thể sử dụng ôxy như một chất nhận electron và giải phóng CO_2 vào khí quyển. Quá trình này dẫn đến sự phân hủy cacbon hữu cơ trong đất. Một số điều kiện môi trường như một trận mưa hoặc quá trình tưới tiêu, lớp đất tầng trên cùng bão hòa nước sẽ ngăn chặn sự khuếch tán O_2 trong khí quyển vào sâu trong đất. Trong khi đó, các vi khuẩn đất vẫn liên tục “tiêu thụ” O_2 trong đất cho các hoạt động của chúng, thì lượng O_2 của đất sẽ giảm rất nhanh. Sự tiêu hao của O_2 trong đất sẽ làm giảm các chất phân hủy, nhưng lại kích thích một nhóm các vi khuẩn khử nitơ (phản nitrat) trong đất, giúp các chất khử có khả năng sử dụng nitrat (NO_3^-), một dạng oxy hóa của nitơ, như một chất nhận electron. Nitrat nhận các điện tử, trở thành nitrit (NO_2^-). Nitrite có thể tiếp tục được khử xuống thành oxit nitric (NO), oxit nitơ (N_2O) và cuối cùng là dinitrogen (N_2). Trong các phản ứng tuần tự của quá trình khử nitơ, nếu sản phẩm trung gian N_2O có thể thoát ra khỏi các keo đất trước khi nó được khử tiếp, sẽ có sự phát tán N_2O vào không khí. Nếu đất được giữ ở điều kiện kỵ khí trong một thời gian dài, các chất oxy hóa như (NO_3^- , Fe^{3+} , Mn^{4+} , SO_4^{2-}) sẽ giảm dần bởi các chất phân hủy, vi khuẩn phản nitrat hóa, vi khuẩn mangan, vi khuẩn sắt và vi khuẩn lưu huỳnh. Trong trường hợp này, sẽ tạo mê-tan để sử dụng H^+ như là một chất nhận

electron và tạo ra CH_4 .

Hàm lượng nitrat ban đầu ở tầng đất mặt cũng là một yếu tố có độ nhạy cao đối với việc tính toán 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% và 89,74%. Ngược lại, khi giảm hàm lượng nitrat ban đầu 25%, 50%, 75% so với giá trị ban đầu, thì mức phát thải N_2O giảm tương ứng là 28,94%, 56,72% và 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 các-bon hữu cơ trong đất. Các-bon hữu cơ có vai trò quan trọng trong việc hình thành N_2O và N_2 trong đất do ảnh hưởng đến mật độ vi khuẩn tham gia quá trình nitrat hóa và phản nitrat hóa. C di động có thể kích thích sự tăng trưởng và hoạt động của vi sinh vật, đồng thời cung cấp lượng cacbon hữu cơ cần thiết cho các chất khử. Sự phát triển của vi sinh đất làm tăng mức tiêu thụ O_2 , đẩy nhanh quá trình hình thành điều kiện kỵ khí cần thiết cho quá trình khử nitơ. Nghiên cứu của Zou và Huang (2004) cũng cho kết quả tăng hàm lượng C hữu cơ trong đất làm tăng phát thải N_2O . 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.

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 tỉ lệ thuận với mức phát thải N_2O , trong khi đó độ ẩm bão hòa tỉ lệ nghịch với mức phát thải N_2O . Nghiên cứu của Xu Hua chỉ ra rằng đất lúa nước có cả lớp đất bề mặt hiếu khí và tầng đất yếm khí dưới sâu. Chính cấu trúc của hai lớp đất khác biệt ở gần nhau tạo điều kiện cho sự xuất hiện đồng thời các phản ứng nitrat hóa và phản nitrat hóa tham gia giải phóng N_2O . Tuy nhiên quá trình nitrat hóa chỉ chiếm ưu thế ở tầng đất mặt, còn quá trình phản nitrat hóa chiếm ưu thế ở tầng đất sâu trong giai đoạn đất có độ ẩm cao. N_2O từ quá trình phản nitrat hóa tạo ra thường lớn hơn từ quá trình nitrat hóa (Xu Hua và cộng sự, 1997).



Hình 3.14: Ảnh hưởng của sự thay đổi của thông số đến phát thải N_2O

So với các yếu tố về tính chất đất phân tích ở trên thì các tính chất đất: khả năng tiêu nước, độ dẫn điện của nước, hàm lượng amoni ban đầu ở tầng đất bề 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%, 50% và 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% và 10,72%. Lượng bón phân chuồng 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 và cộng sự (1994, 1996) và Brouwman và cộng sự (2002).

Nhận xét:

Như vậy, kết quả phân tích cho thấy các yếu tố môi trường có ảnh hưởng đến phát thải KNK trên đất lúa và cây trồng cạn là: các yếu tố về khí hậu như nhiệt độ, lượng mưa; các yếu tố về thổ nhưỡng như Hàm lượng nitrat ban đầu ở tầng đất mặt, hàm lượng các bon hữu cơ trong đất, dung trọng, chỉ số hoạt động của vi sinh vật, ...; các yếu tố về canh tác như hàm lượng phân bón, ...

Chúng tôi phát thải KNK từ trồng trọt bị ảnh hưởng bởi các yếu tố khí hậu, đất đai, cây trồng và biện pháp canh tác và cùng một loại cây trồng những ở những vị trí có điều kiện khí hậu khác nhau, thổ nhưỡng khác nhau và các biện pháp canh tác khác nhau thì cũng dẫn đến có lượng phát thải KNK khác nhau. Chính vì vậy, việc phân tích và tính toán phát thải KNK theo không gian đối với trồng trọt là cần thiết, đảm bảo độ chính xác và công bằng đối với người sản xuất nông nghiệp, đặc biệt nếu đánh giá tác động của các hoạt động trồng trọt đến phát thải hoặc tác động của phát thải đến giá thành, thậm chí quy định nhiệm vụ giảm phát thải cho người sản xuất thì điều này là hết sức khoa học và công bằng.

Nghiên cứu của Wassmann và cộng sự (2000) cũng chỉ ra rằng mức độ phát thải CH_4 phụ thuộc vào biện pháp canh tác, bổ sung hữu cơ cho đất, tính chất đất, chế độ nước (hình thức tưới tiêu) và khí hậu (nhiệt độ). Thực tế, rất khó để tính toán chính xác mức độ đóng góp của một yếu tố đối với phát thải KNK, bởi lẽ, các yếu tố luôn có mối quan hệ lẫn nhau và do mối tương quan nghịch giữa phát thải CH_4 và N_2O trong môi trường đất lúa. Nghiên cứu của Mosier và cộng sự (1998) kết luận việc sử dụng phân bón hữu cơ và phân khoáng ảnh hưởng tới quá trình nitrat hoá và phản nitrat hóa, từ đó đến hình thành và giải phóng CH_4 và N_2O . Tỷ lệ phát thải phụ thuộc vào lượng và thành phần hoá học của phân bón. Không những thế, việc bổ sung phân bón làm thay đổi phản ứng oxy hóa khử do đất được bổ sung các chất nhận điện tử (NO_3^- , Mn^{4+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-}). Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng mỗi loại phân bón tới phát thải CH_4 và N_2O còn phụ thuộc vào tính chất đất và đặc tính của cây trồng.

Về tính chất đất, các tính chất đất ảnh hưởng đến sự hình thành CH_4 và N_2O bao gồm: điện thế oxy hóa khử (Eh), thành phần cơ giới (hay hàm lượng sét), hàm lượng OC, hàm lượng các chất nhận electron (NO_3^- , Mn^{4+} , Fe^{3+} , ...). Tiềm năng phát sinh khí CH_4 ở các loại đất khác nhau là khác nhau, phụ thuộc vào ảnh hưởng của đất tới các hoạt tính của vi sinh vật trong đất. Tính chất đất chính là yếu tố then chốt của quá trình hình thành và phát thải CH_4 (Wassmann và cộng sự, 1998). Sự hình thành và phát thải CH_4 và N_2O phụ thuộc lớn vào thành phần cơ giới. Đất có tỷ lệ cấp hạt sét cao, kết cấu mịn sẽ có khả năng giữ nước tốt hơn và thời gian hình thành môi trường

kị khí sau khi ngập nhanh hơn, bên cạnh đó, duy trì điều kiện này trong thời gian dài hơn, do đó, đất có khả năng sản sinh CH_4 nhiều hơn so với đất cát và đất có tỷ lệ cấp hạt thô lớn. Nhưng khi đất có hàm lượng sét quá cao thì khả năng bảo vệ các chất hữu cơ khỏi sự khoáng hoá tốt hơn, do vậy, quá trình giải phóng CH_4 sẽ bị hạn chế, đồng thời CH_4 bị giữ lại trong đất có thể bị ôxy hóa trước khi thoát ra ngoài khí quyển (Neue, 1994). Đất kết cấu mịn và điều kiện thoát nước kém thì sẽ có thời gian phát thải N_2O kéo dài hơn nhưng tổng lượng phát thải tích lũy N_2O sẽ ít hơn so với các loại đất có tỷ lệ cấp hạt thô cao với điều kiện thoát nước tốt (Wang và cộng sự, 1993). Nghiên cứu của Alexander (1977) chỉ ra rằng hàm lượng các-bon hữu cơ (OC) trong đất có vai trò quan trọng trong quá trình hình thành và phát thải CH_4 trong đất, được coi là vật liệu ban đầu của quá trình hình thành CH_4 trong đất. Quá trình phân hủy chất hữu cơ trong đất càng mạnh thì thế ôxy hóa – khử càng giảm, tạo điều kiện thuận lợi cho sự hình thành CH_4 . Đất càng giàu chất hữu cơ thì phát thải CH_4 càng nhiều. Nghiên cứu của Bloom (1999) cho thấy độ pH đất là một trong những đặc tính hóa học quan trọng của đất. pH tác động đến hoạt động của VSV, độ hòa tan của các chất dinh dưỡng đất và độc tính của các kim loại nặng trong đất đối với thực vật, điều khiển các quá trình hóa học của đất. Độ pH hầu như không có mối liên hệ với sự phát thải CH_4 . Độ pH đất ảnh hưởng đến quá trình giải phóng N_2O do pH đất điều chỉnh hoạt động của quá trình nitrat hóa và phản nitrat cũng như tỷ lệ các sản phẩm thu được từ các quá trình này. N_2O là sản phẩm chính của quá trình khử nito. Độ pH càng thấp, việc phát thải N_2O sẽ càng cao, vì chỉ một lượng nhỏ khí N_2O sẽ tiếp tục được chuyển thành N_2 (Bloom, 1999). Có thể thấy, các kết quả phân tích độ nhạy của luận án tương đối phù hợp với các kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố trong môi trường tới phát thải CH_4 và N_2O của nhiều nghiên cứu.

Về yếu tố khí tượng, nhiệt độ là yếu tố quyết định tỷ lệ chính của quá trình vi khuẩn phân hủy và đóng vai trò quan trọng trong các hoạt động của tất cả các phản ứng vi sinh vật (Conrad, 2002). Nhiệt độ không chỉ ảnh hưởng đến lượng CH_4 phát thải mà còn ảnh hưởng thời gian phát thải CH_4 . Cường độ phát thải CH_4 đạt đến mức tối đa sau 30 ngày ở 25°C , sau 65 ngày ở 15°C và sau 140 ngày ở 5°C (Devevre và Horwath, 2000). Nhiệt độ cũng ảnh hưởng tới sự phát thải của N_2O và CO_2 . Sự phân hủy chất hữu cơ và chuyển đổi nito bị điều chỉnh bởi nhiệt độ (Rath

và cộng sự, 2002). Nghiên cứu của Sanger và cộng sự (2011) cho thấy khi tăng nhiệt độ 10°C thì phát thải N₂O và CO₂ tăng 3,7 và 1,7 lần. Tương tự, Zou và cộng sự (2004) cho kết quả khi tăng nhiệt độ 10°C thì phát thải N₂O và CO₂ tăng 3,9 và 2,3 lần. Có thể nói, khí hậu có ảnh hưởng lớn đến phát thải và khí hậu khác nhau cho phát thải khác nhau, điều đó chứng minh sự cần thiết của việc luận án đã sử dụng các trạm khí tượng khác nhau trên vùng ĐBSH khi nghiên cứu phát thải theo không gian.

3.3.3. Hiệu chỉnh mô hình DNDC phục vụ tính toán phát thải KNK

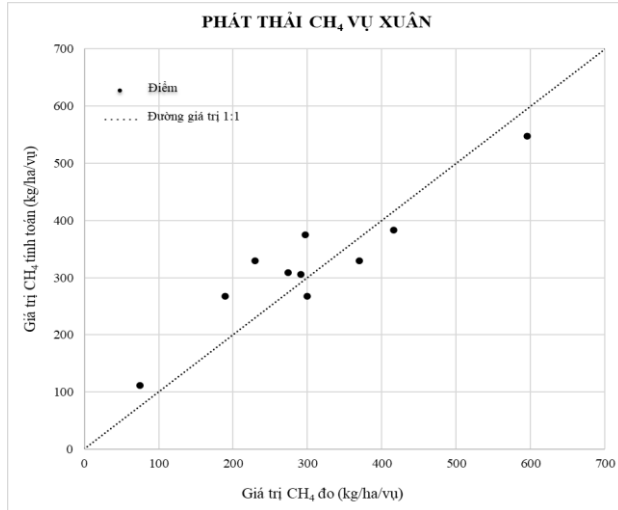
Trước khi hiệu chỉnh mô hình, mô hình DNDC có cho kết quả không hoàn toàn phù hợp với các kết quả quan trắc. Luận án đã thực hiện hiệu chỉnh mô hình theo các kết quả đo tại các điểm thí nghiệm. Thông qua đó các hệ số của mô hình được điều chỉnh phù hợp để kết quả tính toán của mô hình khớp với kết quả quan trắc ngoài đồng ruộng. Sau khi hiệu chỉnh, so sánh lượng phát thải CH₄ và N₂O tính toán bằng DNDC với số liệu đo ngoài hiện trường tại 10 điểm nghiên cứu thì sai khác không nhiều về giá trị, kết quả được thể hiện trong bảng 3.3.

Bảng 3.3: So sánh kết quả phát thải CH₄ và N₂O từ đo thực tế trên đất trồng lúa và từ mô hình DNDC tại 10 điểm nghiên cứu

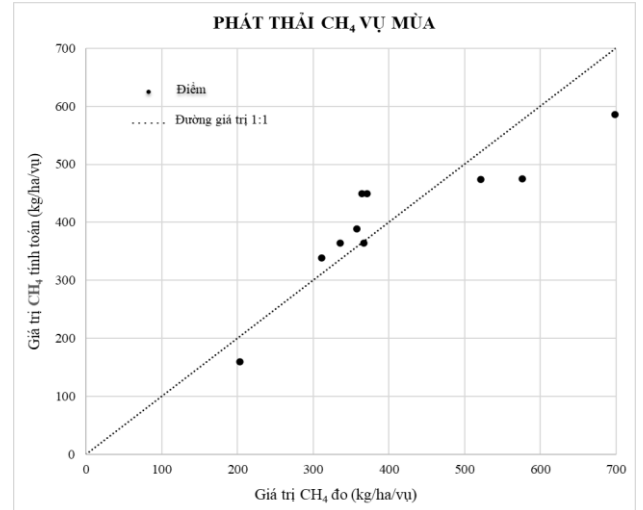
Địa điểm	Loại khí	Mùa vụ	Phát thải đo	Phát thải DNDC	Δd
Thanh Trì, Hà Nội	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ mùa	310,68	338,85	-28,17
		Vụ xuân	595,36	547,87	47,49
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ mùa	1,872	1,573	0,299
		Vụ xuân	1,192	1,067	0,125
Hải Hậu, Nam Định	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ mùa	357,55	388,71	-31,16
		Vụ xuân	291,05	305,83	-14,78
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ mùa	0,513	0,199	0,314
		Vụ xuân	0,699	0,897	-0,198
Vũ Thư, Thái Bình	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ mùa	335,67	364,06	-28,39
		Vụ xuân	188,95	267,19	-78,24
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ mùa	0,371	0,186	0,185
		Vụ xuân	0,536	0,628	-0,092
Kiến Xương,	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ mùa	366,894	364,06	2,834
		Vụ xuân	299,23	267,19	32,04

Địa điểm	Loại khí	Mùa vụ	Phát thải đo	Phát thải DNDC	Δd
Thái Bình	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ mùa	0,292	0,186	0,106
		Vụ xuân	0,482	0,628	-0,146
Nam Sách, Hải Dương	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ mùa	698,51	586,13	112,38
		Vụ xuân	273,86	309,37	-35,51
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ mùa	0,3	0,136	0,164
		Vụ xuân	1,1	0,959	0,141
Nghĩa Hưng, Nam Định	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ mùa	521,04	474,23	46,81
		Vụ xuân	196,79	374,93	-178,14
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ mùa	0,545	0,854	-0,309
		Vụ xuân	0,808	0,823	-0,015
Hải Phúc, Nam Định	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ mùa	575,62	474,93	100,69
		Vụ xuân	416,33	383,12	33,21
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ mùa	0,73	0,343	0,387
		Vụ xuân	0,52	0,902	-0,382
Tiền Hải, Thái Bình	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ mùa	364,21	449,87	-85,66
		Vụ xuân	229,57	329,05	-99,48
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ mùa	0,456	0,382	0,074
		Vụ xuân	0,417	0,582	-0,165
Vũ Đông, Thái Bình	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ mùa	371,16	449,87	-78,71
		Vụ xuân	369,67	329,05	40,62
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ mùa	0,322	0,184	0,138
		Vụ xuân	0,316	0,363	-0,047
Sóc Sơn, Hà Nội	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ mùa	203,36	159,73	43,63
		Vụ xuân	74,4	111,46	-37,06
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ mùa	0,27	0,578	-0,308
		Vụ xuân	0,56	0,498	0,062

Hình 3.15 thể hiện sự sai khác giữa phát thải CH₄ đo ngoài hiện trường và tính toán bằng DNDC. Dựa trên các giá trị phát thải CH₄ 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 R² vụ xuân và vụ mùa đạt tới 0,86 và 0,79, NSI đạt 0,82 và 0,77.

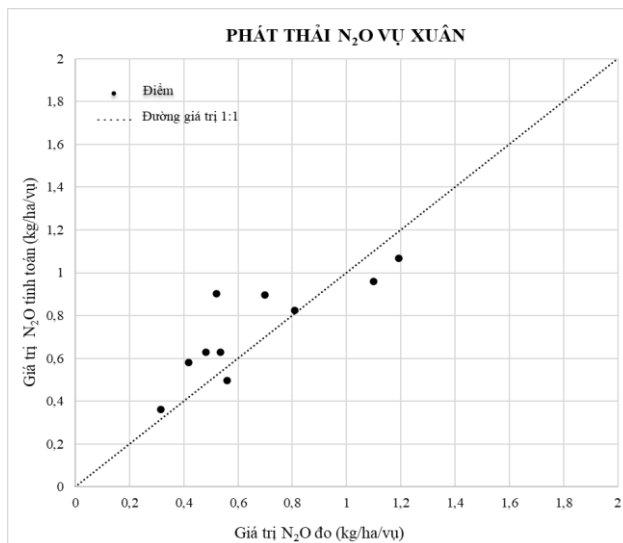


(a)

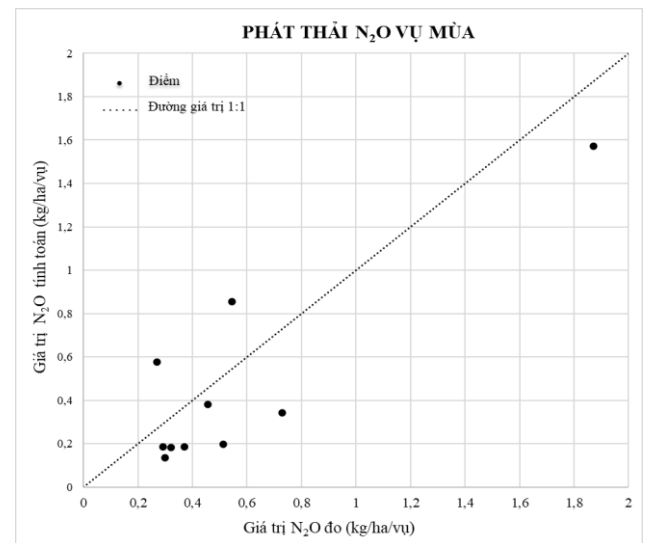


(b)

Hình 3.15: So sánh phát thải CH_4 tính toán và đo thực địa trong vụ xuân (a) và vụ mùa (b) phục vụ hiệu chỉnh mô hình



(a)



(b)

Hình 3.16: So sánh phát thải N_2O tính toán và đo thực địa trong vụ xuân (a) và vụ mùa (b) phục vụ hiệu chỉnh mô hình

Hình 3.16 là sự 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.

3.3.4. 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 đồng ruộng tại 10 điểm thí nghiệm. Thông qua đó các hệ 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. Sau khi hiệu chỉnh, so sánh lượng phát thải CH_4 và N_2O tính toán bằng DNDC với số liệu đo ngoài hiện trường tại 10 điểm nghiên cứu thì sai khác không nhiều về giá trị. Biến động phát thải giữa các công thức thí nghiệm đồng nhất và có sự khác biệt không nhiều. Bộ thông số sau khi hiệu chỉnh có thể áp dụng tính toán phát thải KNK từ canh tác lúa nước ở các điều kiện vùng sinh thái, đất đai, và đặc biệt là chế độ nước, hữu cơ và phân bón, được thể hiện trong bảng 3.4.

Bảng 3.4: Bộ thông số của mô hình sau khi hiệu chỉnh

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
Tỉ lệ sét		0,14	0,14	0,14	0,14
Độ dẫn điện của nước	S/m	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	m	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 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)	kg C/kg	0,005	0,005	0,005	0,005

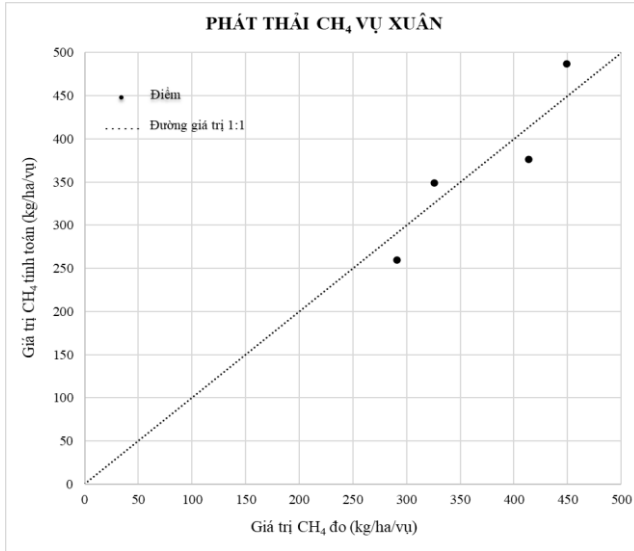
3.3.5. Kiểm định mô hình DNDC

So sánh phát thải CH_4 và N_2O tính toán bằng DNDC với số liệu đo ngoài hiện trường cho thấy sự sai khác không nhiều về giá trị, kết quả được thể hiện trong bảng 3.5.

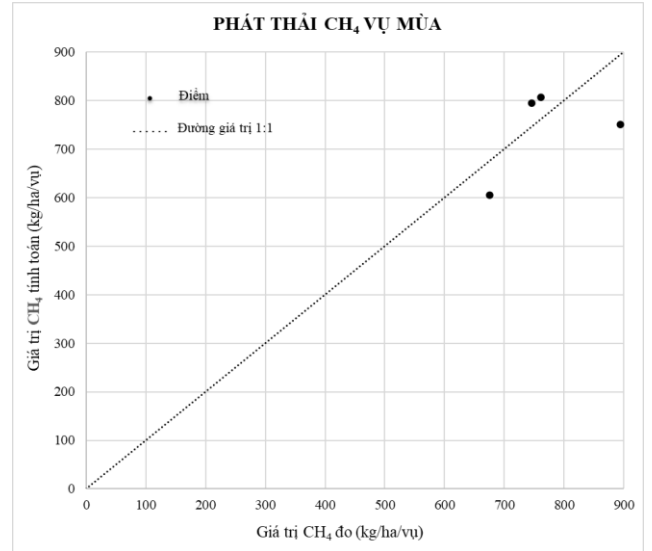
Bảng 3.5: So sánh kết quả phát thải CH₄ và N₂O từ đo thực tế trên đất trồng lúa và từ mô hình DNDC với 4 công thức điểm thí nghiệm

Thí nghiệm	Loại khí	Mùa vụ	Phát thải đo	Phát thải DNDC	Δd
Điểm 1	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ xuân	291	260	-31
		Vụ mùa	676	605	71
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ xuân	0,80	0,91	0,11
		Vụ mùa	0,59	0,70	0,11
Điểm 2	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ xuân	449	487	38
		Vụ mùa	894	750	144
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ xuân	0,82	0,8	0,02
		Vụ mùa	0,78	0,80	0,02
Điểm 3	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ xuân	326	349	23
		Vụ mùa	746	794	-48
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ xuân	0,57	0,56	-0,01
		Vụ mùa	0,81	0,91	0,10
Điểm 4	CH₄ (kgCH ₄ /ha/vụ)	Vụ xuân	414	376	-38
		Vụ mùa	761	806	-45
	N₂O (kgN ₂ O/ha/vụ)	Vụ xuân	1,18	1,02	-0,16
		Vụ mùa	0,57	0,49	-0,08

Tương tự như với nội dung hiệu chỉnh mô hình, đề tài đã thực hiện tính toán giá trị hệ số xác định R^2 và chỉ số hiệu quả Nash - Sutcliffe (NSI) để so sánh độ phù hợp giữa giá trị phát thải tính toán bằng mô hình (sau khi hiệu chỉnh) và giá trị quan trắc. Kết quả tính toán thể hiện: (i) so sánh phát thải CH₄ quan trắc và mô hình trong vụ xuân, chỉ số NSI = 0,79 và hệ số $R^2 = 0,95$; trong vụ mùa: chỉ số NSI = 0,88 và hệ số $R^2 = 0,95$; (ii) so sánh phát thải N₂O quan trắc và mô hình trong vụ xuân, chỉ số NSI = 0,79 và hệ số $R^2 = 0,81$; trong vụ mùa: chỉ số NSI = 0,73 và hệ số $R^2 = 0,87$. Kết quả này thể hiện mối tương quan tốt giữa giá trị đo quan trắc và giá trị tính toán bằng mô hình. Như vậy mô hình có độ tin cậy tương đối cao (thể hiện bằng việc giá trị R^2 và NSI tiệm cận tới 1). Dựa trên các giá trị phát thải CH₄ và N₂O 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. Kết quả được thể hiện trong hình 3.17 và 3.18.

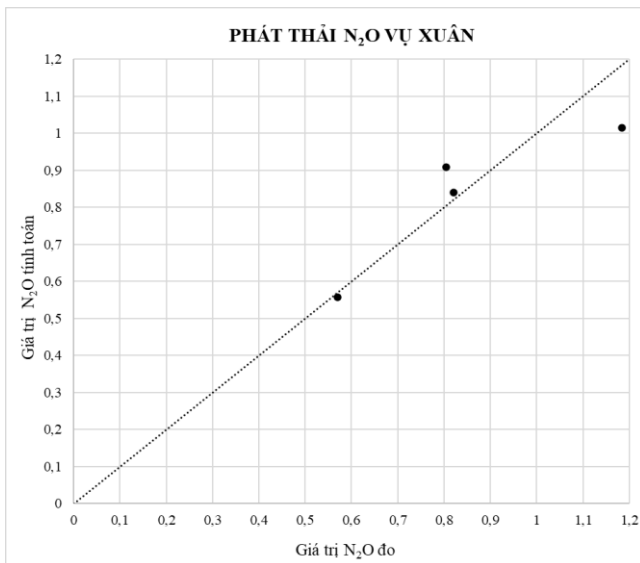


(a)

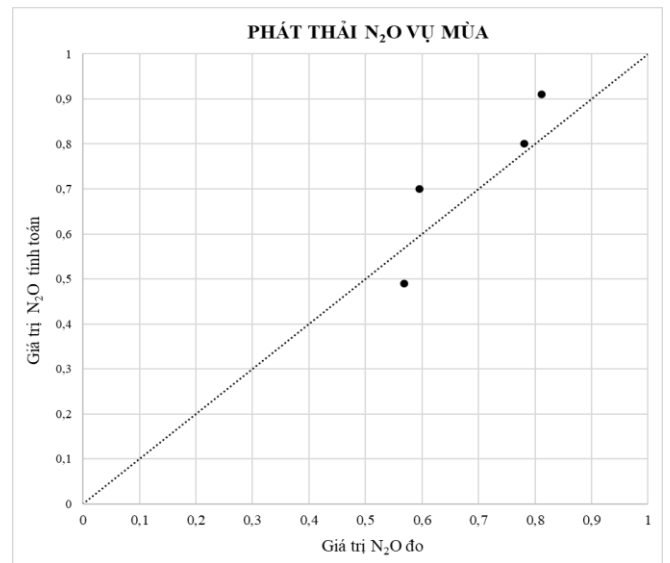


(b)

Hình 3.17: Tương quan giữa phát thải CH₄ tính toán và đo thực địa trong vụ xuân và vụ mùa



(a)



(b)

Hình 3.18: Tương quan giữa phát thải N₂O tính toán và đo thực địa trong vụ xuân và vụ mùa

3.4. Xây dựng bộ số liệu đầu vào cho mô hình

3.4.1. Số liệu khí tượng

Để xác định các yếu tố khí tượng của từng trạm làm dữ liệu đầu vào chạy mô hình DNDC, nghiên cứu sử dụng phép nội suy không gian. Có nhiều phương pháp nội suy khác nhau như hồi quy đa thức, chuỗi Fourier, hàm spline, trung bình di

chuyển, kriging... Phương pháp nội suy được chia thành ba nhóm chính: nội suy cục bộ, nội suy toàn cầu và nội suy Kriging. Chúng biến đổi theo những điểm quan sát lân cận được xem xét tới khi ước tính. Nội suy cục bộ chỉ tính tới những điểm được quan sát lân cận, ngược lại nội suy toàn cầu sử dụng toàn bộ tập hợp điểm đã biết. Kriging tổ hợp cả hai phương pháp nội suy trên. Với phương pháp nội suy cục bộ có các kỹ thuật phổ biến là: “Vùng Thiessen”, nội suy tuyến tính, rãnh trượt và trung bình trọng số.

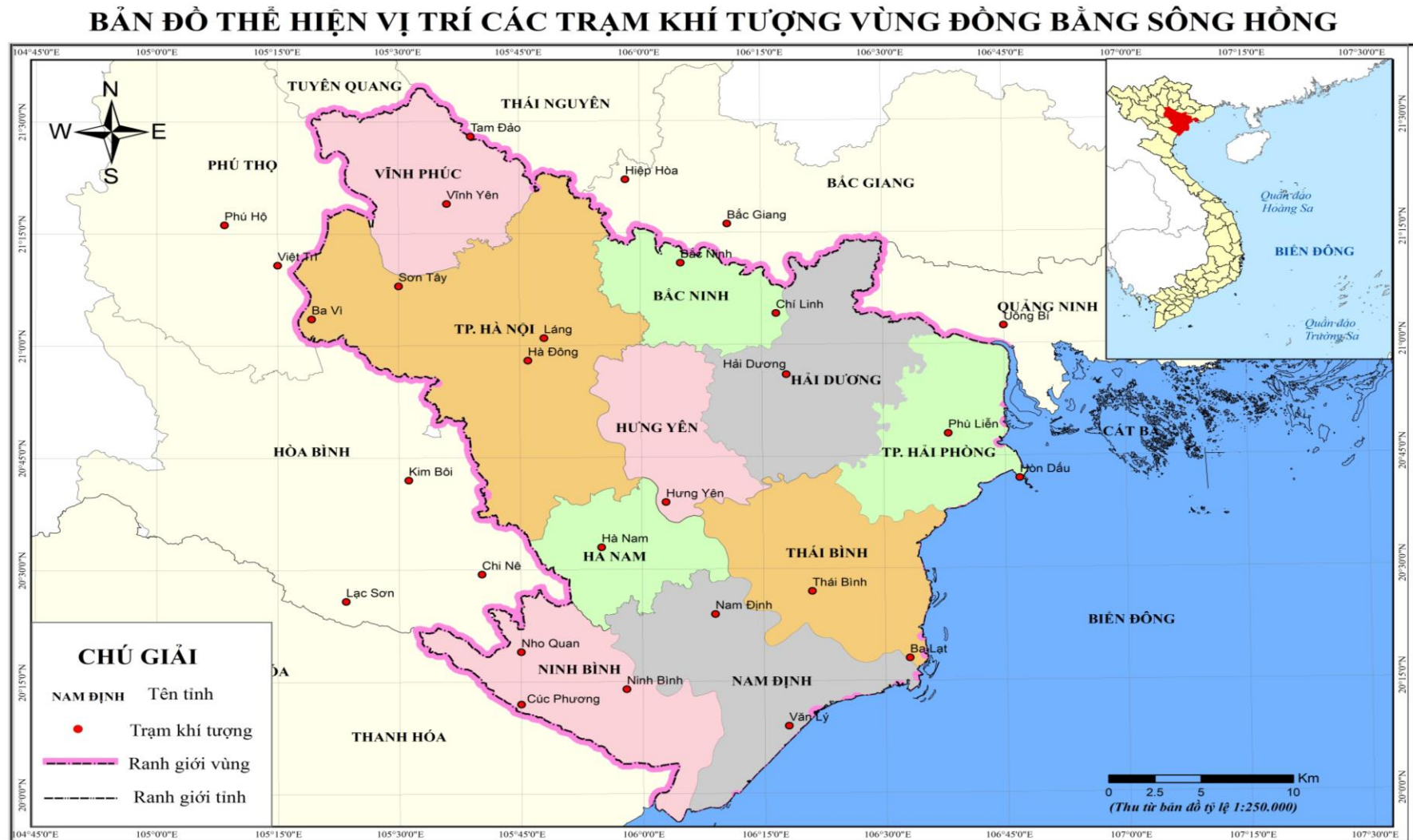
Trong phạm vi nghiên cứu luận án, mô hình DNDC yêu cầu dữ liệu đầu vào là dữ liệu theo ngày của 6 yếu tố: lượng mưa, nhiệt độ cao nhất, nhiệt độ thấp nhất, độ ẩm, tốc độ gió, bức xạ. Nếu sử dụng phương pháp nội suy trung bình thì theo nguyên tắc là $365 \text{ ngày} \times \text{số pixel (ô vùng)} \times \text{các thông số (Tmax, Tmin, Radian, Rainfall, Humiditi, Vmax)} = 365 \times (12 \times 4 \times 2) \times 6 = 210.240 \text{ file bộ nhớ (bản đồ)}$. Với hiện trạng thiết bị hiện tại, phương án này là không khả thi. Vì vậy, luận án đã sử dụng phương pháp phân tích không gian thiessen polygon là phù hợp nhất. Phương pháp nội suy đơn giản này là thông tin tốt nhất về tính chất của một điểm có thể được rút ra từ điểm được quan sát gần nhất. Hơn nữa vùng ảnh hưởng (= vùng thiessen) được giới hạn xung quanh mỗi một điểm quan sát. Mỗi điểm rơi vào bên trong vùng ảnh hưởng có cùng giá trị với vùng này. Phương pháp Thiessen polygon là phương pháp đáp ứng được nhu cầu sử dụng số liệu theo ngày.

Từ thông tin tọa độ các trạm khí tượng, luận án đã thành lập được các vùng đặc trưng chi phối bởi khoảng cách giữa các trạm khí tượng trong phạm vi nghiên cứu. Thực tế, điều kiện khí tượng khác nhau thì sẽ có các yếu tố ảnh hưởng và cho các kết quả phát thải khác nhau. Trên vùng có diện tích lớn thì càng nhiều trạm khí tượng, càng tính toán được phát thải chính xác. Nói cách khác, càng nhiều trạm khí tượng, thì càng thể hiện được chi tiết các tiểu vùng khí hậu đặc trưng trong vùng nghiên cứu.

Luận án đã thu thập dữ liệu khí tượng của 28 trạm khí tượng chính thống trong mạng lưới trạm quan trắc Quốc gia thuộc khu vực ĐBSH và nằm lân cận vùng ĐBSH, trong giai đoạn 2010-2020. Cấu trúc mô hình DNDC là số liệu điểm. Các yếu tố khí tượng đầu vào của mô hình là số liệu quan trắc theo ngày. Điều kiện khí tượng khác nhau thì có phát thải khác nhau trên từng ô đất trồng. Vị trí và thông tin tọa độ các trạm khí tượng trong vùng được thể hiện trong hình 3.19 và bảng 3.6.

Bảng 3.6: Thông tin vị trí các trạm khí tượng tại khu vực nghiên cứu

STT	Tên trạm khí tượng	Tọa độ	
		X	Y
1	Sơn Tây	21 ⁰⁰ 8' N	105 ⁰³ 0' E
2	Láng	21 ⁰⁰ 1' N	105 ⁰⁴ 8' E
3	Ba Vì	21 ⁰⁰ 6' N	105 ⁰³ 2' E
4	Hà Đông	20 ⁵⁸ ' N	105 ⁰⁴ 6' E
5	Vĩnh Yên	21 ⁰¹ 9' N	105 ⁰³ 6' E
6	Tam Đảo	21 ⁰² 8' N	105 ⁰³ 9' E
7	Bắc Ninh	21 ⁰¹ 1' N	106 ⁰⁰ 5' E
8	Hải Dương	20 ⁵⁶ ' N	106 ⁰¹ 8' E
9	Chí Linh	21 ⁰⁰ 7' N	106 ⁰² 8' E
10	Phù Lĩn	20 ⁴⁸ ' N	106 ⁰³ 8' E
11	Hòn Dấu	20 ⁷⁰ ' N	106 ⁰⁷ 8' E
12	Hưng Yên	20 ³⁹ ' N	106 ⁰⁰ 3' E
13	Thái Bình	20 ²⁷ ' N	106 ⁰² 1' E
14	Ba Lạt	20 ³⁰ ' N	106 ⁰⁵ 5' E
15	Hà Nam	20 ³³ ' N	105 ⁰⁵ 5' E
16	Nam Định	20 ²⁴ ' N	106 ⁰⁰ 9' E
17	Văn Lý	20 ¹⁵ ' N	106 ⁰³ 0' E
18	Ninh Bình	20 ¹⁴ ' N	105 ⁰⁵ 8' E
19	Nho Quan	20 ¹⁹ ' N	105 ⁰⁴ 5' E
20	Cúc Phương	20 ¹⁴ ' N	105 ⁰⁴ 3' E
21	Uông Bí	21 ⁰⁴ ' N	106 ⁰⁷ 5' E
22	Bắc Giang	21 ⁰² 7' N	106 ⁰¹ 8' E
23	Hiệp Hòa	21 ⁰³ 7' N	105 ⁰⁹ 7' E
24	Việt Trì	21 ⁰¹ 8' N	105 ⁰² 5' E
25	Phú Hộ	21 ⁰² 7' N	105 ⁰¹ 4' E
26	Kim Bôi	20 ⁷⁰ ' N	105 ⁰⁵ 2' E
27	Chi Nê	20 ⁴⁹ ' N	105 ⁰⁶ 7' E
28	Lạc Sơn	20 ⁴³ ' N	105 ⁰³ 9' E



Nguồn: Bản đồ hành chính Việt Nam (NXB Bản đồ, 2015), Thông tin các trạm khí tượng theo TT KTTV Quốc gia (2020)

Biên tập: NCS. Bùi Thị Thu Trang
Người hướng dẫn: PGS.TS. Mai Văn Trịnh, TS. Đinh Thái Hưng

Hình 3.19: Bản đồ vị trí các trạm khí tượng

Các đặc trưng khí hậu của mỗi trạm thể hiện bởi số liệu theo ngày (Phụ lục 1), trung bình các thông số khí tượng được thể hiện trong bảng 3.7.

Bảng 3.7: Đặc trưng khí hậu của các trạm giai đoạn 2010-2020

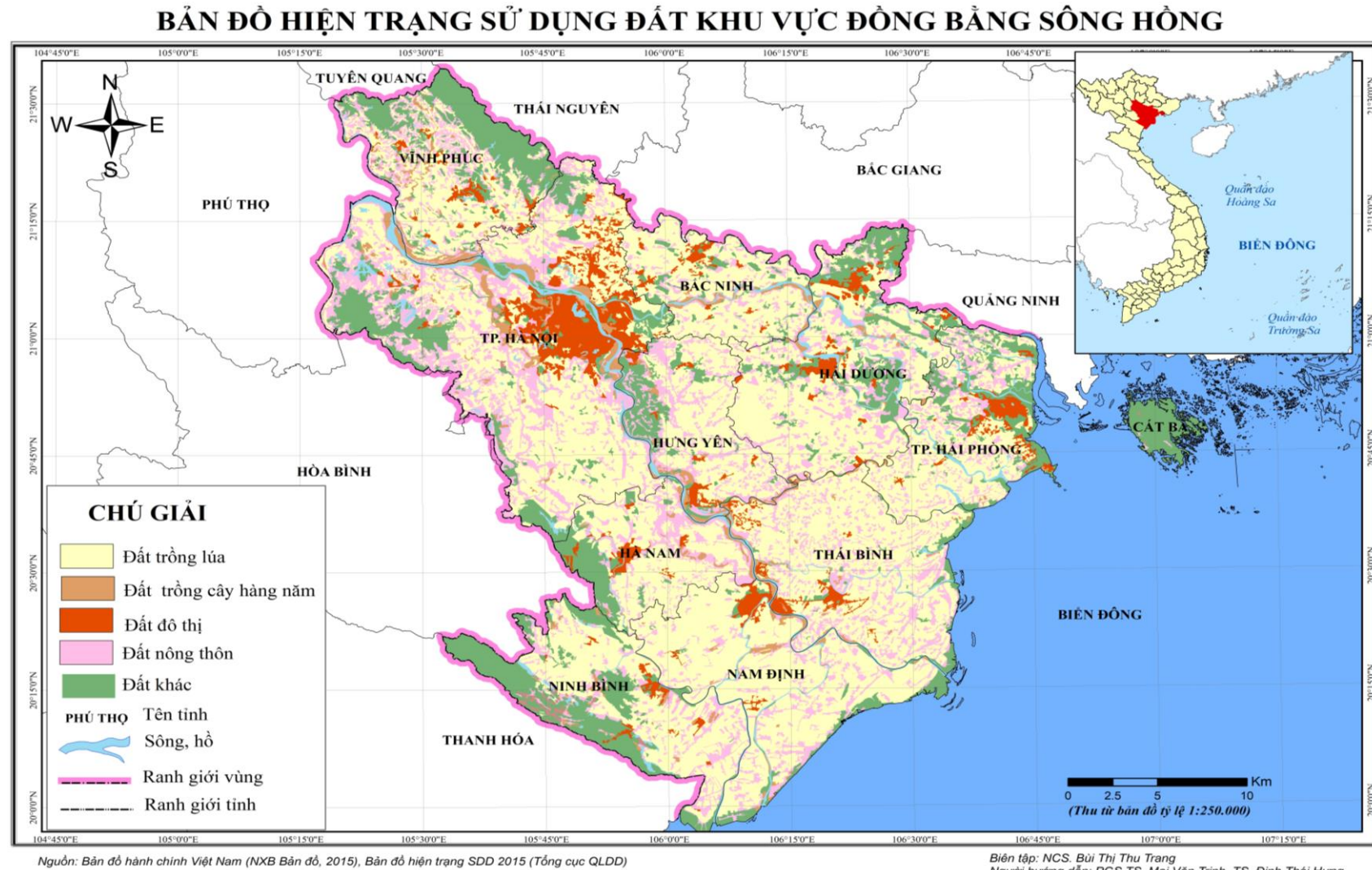
Vùng	Trạm khí tượng	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tổng lượng mưa TB năm (mm)	Tốc độ gió TB ngày (m/s)	Số giờ nắng TB ngày (giờ)	Độ ẩm ngày (%)
1	Sơn Tây	41,6	5,1	1.472,5	3,03	4,09	48-98
2	Láng	41,8	5,8	1.299,2	4,24	3,43	36-97
3	Ba Vì	39,5	7,0	1.833,5	1,1	3,54	52-96
4	Hà Đông	40,0	8,6	1.774,6	1,88	3,89	40-96
5	Vĩnh Yên	48,5	5,8	1.307,6	4,89	3,58	46-100
6	Tam Đảo	33,5	1,2	2.088,8	6,54	3,16	36-100
7	Bắc Ninh	41,3	5,2	1.532,0	4,63	3,88	43-97
8	Hải Dương	40,2	5,4	1.367,5	6,3	3,98	42-99
9	Chí Linh	38,7	7,3	1.683,6	2,15	3,86	34-97
10	Phù Lĩn	39,5	4,5	1.477,9	4,99	3,91	48-100
11	Hòn Dấu	36,1	10,4	1.532,4	4,6	2,9	50-98
12	Hưng Yên	40,7	5,5	1.411,0	5,28	3,75	46-100
13	Thái Bình	39	5,1	1.269,9	6,1	3,98	52-98
14	Ba Lạt	32,83	10,64	1.920,6	4,8	3,96	58-96
15	Hà Nam	41,1	5,7	1.718,2	4,4	3,7	46-98
16	Nam Định	40,2	5,1	1.399,1	4,55	3,74	50-98
17	Văn Lý	35,9	9,5	2.145,7	3,33	4,43	49-99
18	Ninh Bình	41,3	5,4	1.422,9	4,3	3,96	44-98
19	Nho Quan	8,8	41,1	2.181,9	1,03	4,06	49-98
20	Cúc Phương	7,7	38,9	2.520,5	0,82	3,89	52-98
21	Uông Bí	9,8	37,1	1.799,1	1,45	4,08	38-97
22	Bắc Giang	8,6	39,6	1.490,9	0,65	4,11	38-95
23	Hiệp Hòa	8,9	39,7	1.813,8	0,91	3,95	49-97
24	Việt Trì	39,8	9,9	1.780,7	1,12	3,9	50-98
25	Phú Hộ	39,4	8,3	1.965,2	0,75	3,62	58-99
26	Kim Bôi	40,7	8,5	3.023,8	0,67	3,98	58-99
27	Chi Nê	40,7	9,3	1.921,5	1,32	4,07	45-92
28	Lạc Sơn	39,6	8,2	2.377,9	0,19	3,63	58-98

3.4.2. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất vùng Đồng bằng sông Hồng

Từ bản đồ hiện trạng sử dụng đất, luận án đã sử dụng phương pháp lọc và xây dựng bản đồ chuyên đề, từ đó xây dựng được bản đồ hiện trạng sử dụng đất với các nhóm chính là: Đất trồng lúa, đất cây trồng cạn hàng năm, đất đô thị, đất nông thôn và nhóm đất khác, thể hiện trong hình 3.20. Bảng 3.8 thể hiện diện tích đất trồng lúa và cây trồng cạn hàng năm tại các tỉnh vùng Đồng bằng sông Hồng.

Bảng 3.8: Diện tích đất trồng lúa và cây trồng cạn hàng năm theo tỉnh

Tỉnh/Thành phố	Diện tích đất trồng (nghìn ha)	
	Lúa	Cây trồng cạn hàng năm
ĐBSH	971,8	301,17
Hà Nội	171,6	56,01
Vĩnh Phúc	54,1	21,37
Bắc Ninh	65,5	12,45
Hải Dương	114,9	45,76
Hải Phòng	64,9	19,78
Hưng Yên	63,0	8,49
Thái Bình	155,2	64,22
Hà Nam	62,1	24,77
Nam Định	146,9	34,61
Ninh Bình	73,6	13,70



Hình 3.20: Bản đồ hiện trạng sử dụng đất vùng Đồng bằng sông Hồng

3.4.3. Bản đồ đất vùng Đồng bằng sông Hồng

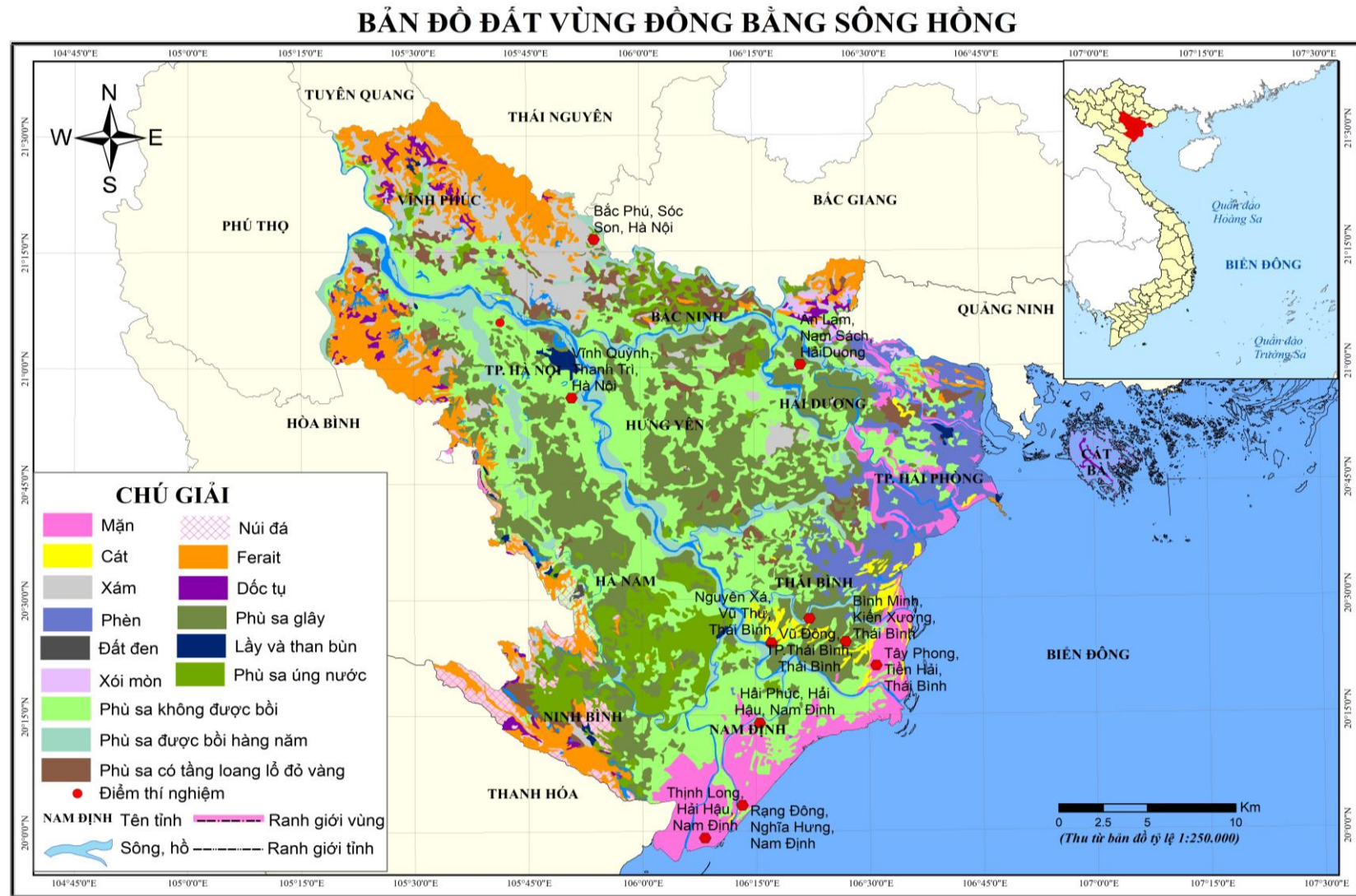
Bản đồ đất thể hiện khu vực ĐBSH có các loại đất chính là: Phù sa, xám, mặn, phèn, feralit, cát, dốc tụ, lầy và than bùn, xói mòn, đen và núi đá, mô tả trong hình 3.21. Tài nguyên đất khu vực ĐBSH có khả năng gieo trồng nhiều loại cây trồng khác nhau, trong đó phổ biến là lúa với công thức luân canh 2 lúa, đến 2 lúa – cây vụ đông, chuyên màu (diện tích nhỏ). Bảng 3.9 thể hiện diện tích các loại đất chính trồng lúa và bảng 3.10 thể hiện diện tích đất trồng các loại cây trồng cận hàng năm tại các tỉnh vùng ĐBSH.

Bảng 3.9: Diện tích các loại đất trồng lúa tại vùng ĐBSH

TT	Tỉnh/Thành phố	Loại đất lúa	Diện tích (ha)
1	Vĩnh phúc	Phù sa	21670,22
		Xám	14996,59
2	Bắc Ninh	Phù sa	66942,65
		Xám	4475,45
3	Hưng Yên	Phù sa	45939,51
		Xám	39,04
4	Hải Dương	Phèn	6220,47
		Phù sa	72636,62
		Xám	4765,79
		Mặn	2079,73
5	Ninh Bình	Phù sa	45263,54
		Xám	1727,57
		Mặn	11249,97
6	Hà Nam	Phù sa	53758,19
7	Hà Nội	Xám	19783,89
		Phù sa	105675,28
8	Thái Bình	Phù sa	71982,69
		Phèn	15541,86
		Mặn	8560,97
9	Nam Định	Phù sa	2359,39
		Mặn	24452,24
		Phèn	141,02
10	Hải Phòng	Mặn	9929,35
		Phèn	26101,85
		Phù sa	19963,64

Bảng 3.10: Diện tích đất trồng các loại cây trồng cạn hàng năm tại vùng ĐBSH

T	Tỉnh/Thành phố	Loại đất	Diện tích (ha)
1	Bắc Ninh	Phù sa	2927,00
2	Hà Nam	Phù sa	2457,00
3	Hà Nội	Phù sa	13480,64
		Xám	442,44
4	Hải Dương	Phù sa	1933,94
		Mặn	134,25
		Phèn	9,16
5	Hải Phòng	Phù sa	11,48
		Mặn	88,77
		Phèn	524,95
6	Hưng Yên	Phù sa	3146,00
7	Nam Định	Phù sa	2811,87
		Mặn	560,98
8	Ninh Bình	Phù sa	1578,83
		Xám	221,61
9	Thái Bình	Phù sa	3154,95
		Phèn	193,50
10	Vĩnh Phúc	Phù sa	4088,41
		Xám	966,53



Nguồn: Bản đồ hành chính Việt Nam (NXB Bản đồ, 2015), Bản đồ đất 2016 (Viện Thổ nhưỡng Nông hóa)

Biên tập: NCS. Bùi Thị Thu Trang
Người hướng dẫn: PGS.TS. Mai Văn Trịnh, TS. Đinh Thái Hưng

Hình 3.21: Bản đồ đất vùng Đồng bằng sông Hồng

3.4.4. Bản đồ tổ hợp Khí tượng - Đất - Sử dụng đất

Từ thông tin tọa độ các trạm khí tượng (Hình 3.19) xây dựng lên bản đồ vùng ảnh hưởng của các trạm khí tượng theo phương pháp Thiesen polygon, bản đồ hiện trạng sử dụng đất (Hình 3.20) và bản đồ phân bố các loại đất (Hình 3.21), sử dụng phương pháp phân tích chồng xếp để xây dựng thành bản đồ tổ hợp khí tượng - đất - sử dụng đất. Trong bản đồ tổ hợp khí tượng - đất - sử dụng đất, mỗi đơn vị của bản đồ đều đã chứa các thông tin về vị trí thửa đất, khí tượng, loại đất, hiện trạng cây trồng, diện tích của khoanh đất (ô vuông). Chi tiết được thể hiện trong hình 3.22.

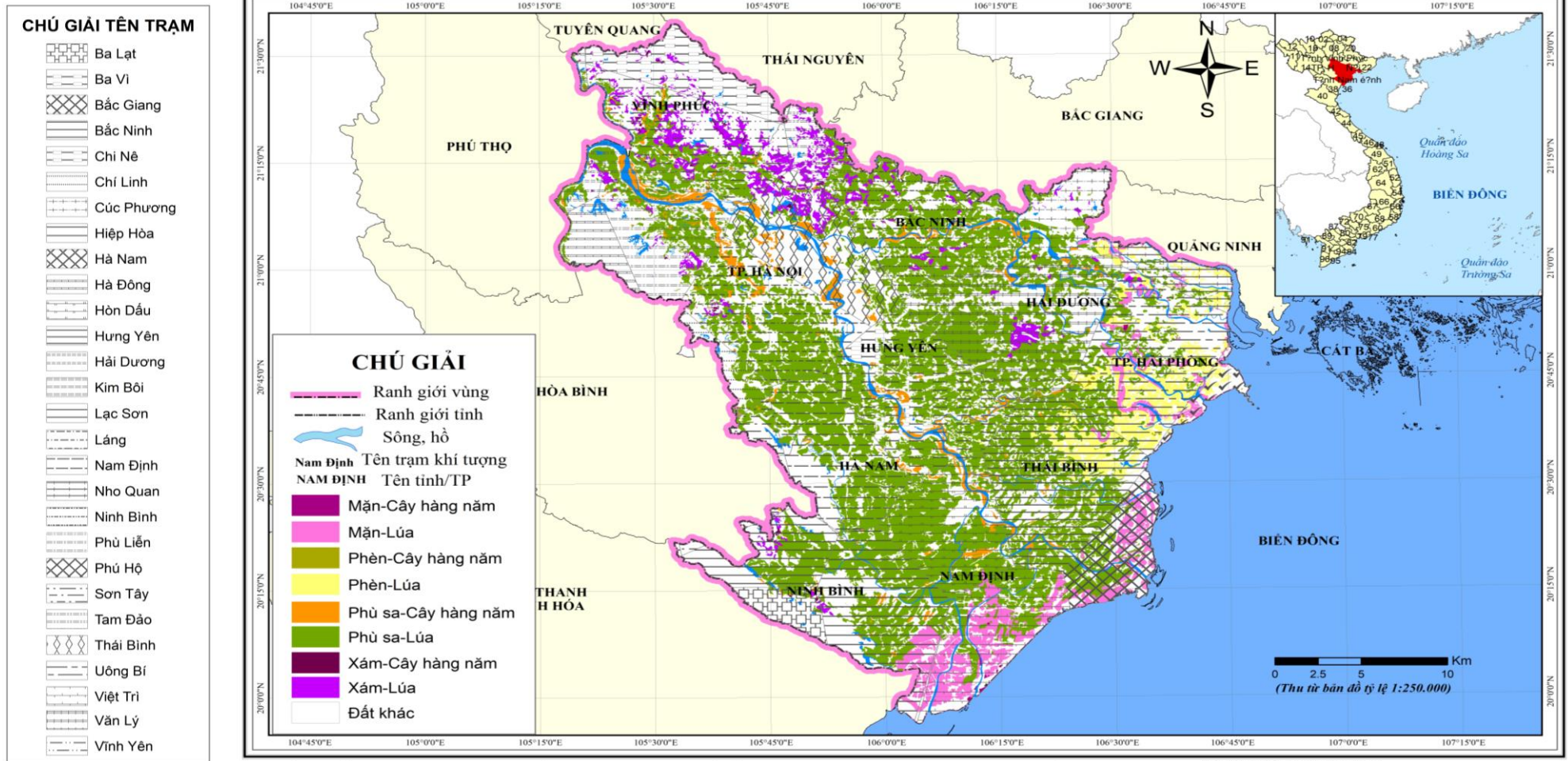
Trong bản đồ tổ hợp Khí tượng - Đất - Sử dụng đất, các tổ hợp điều kiện tự nhiên đã tích hợp các yếu tố về khí tượng, vị trí thửa đất, loại đất, diện tích canh tác lúa, cây hàng năm khác vào dữ liệu bản đồ, từ đó phân chia ra các tổ hợp khí tượng - đất - loại cây trồng và diện tích canh tác theo từng đơn vị. Tổng diện tích trồng lúa và cây trồng cạn hàng năm trên 4 loại đất chính là 1.115,41 nghìn ha. Trong đó, tổng diện tích 4 loại đất chính trồng lúa là 727,87 nghìn ha; tổng diện tích 4 loại đất chính trồng cây trồng cạn hàng năm là 387,54 nghìn ha. Bảng 3.11 thể hiện các tổ hợp khí tượng – đất – sử dụng đất tại vùng Đồng bằng sông Hồng.

Bảng 3.11: Các tổ hợp khí tượng – đất – sử dụng đất

Vùng thuộc trạm khí tượng	Đất trồng lúa				Đất trồng cây trồng cạn hàng năm			
	Phù sa	Xám	Mặn	Phèn	Phù sa	Xám	Mặn	Phèn
Sơn Tây	x	x			x	x		
Láng	x	x			x	x		
Ba Vì		x						
Hà Đông	x	x			x	x		
Vĩnh Yên	x	x			x	x		
Tam Đảo	x	x			x	x		
Bắc Ninh	x	x			x	x		
Hải Dương	x	x	x	x	x		x	
Chí Linh	x					x		
Phù Liên	x	x	x	x	x		x	x
Hòn Dấu			x					
Hưng Yên	x		x		x		x	

Vùng thuộc trạm khí tượng	Đất trồng lúa				Đất trồng cây trồng cạn hàng năm			
	Phù sa	Xám	Mặn	Phèn	Phù sa	Xám	Mặn	Phèn
Thái Bình	x		x	x	x		x	x
Ba Lạt	x		x					
Hà Nam	x	x			x	x		
Nam Định	x		x	x	x			
Văn Lý	x		x				x	
Ninh Bình	x	x	x		x	x		
Nho Quan	x					x		
Cúc Phương	x					x		
Uông Bí	x		x	x				
Bắc Giang	x							
Hiệp Hòa	x	x						
Việt Trì	x							
Phú Hộ	x							
Kim Bôi	x							
Chi Nê	x				x			

BẢN ĐỒ TỔ HỢP KHÍ TƯỢNG - ĐẤT - SỬ DỤNG ĐẤT



Nguồn: Bản đồ hành chính Việt Nam (2015), Bản đồ hiện trạng SDD (2015), Bản đồ thổ nhưỡng Việt Nam (2016), Thông tin trạm khí tượng theo Tổng cục KTTVQG

Hình 3.22: Bản đồ tổ hợp Khí tượng – Đất- Sử dụng đất vùng ĐBSH

3.5. Phát thải khí nhà kính từ đất trồng lúa và cây trồng cạn hàng năm theo không gian

3.5.1. Phát thải khí nhà kính theo loại đất

3.5.1.1. Phát thải KNK từ đất trồng lúa theo loại đất

Luận án đã sử dụng mô hình DNDC (đã được hiệu chỉnh và kiểm định) tính toán kết quả phát thải KNK cho từng tổ hợp của bản đồ tổ hợp khí tượng – đất – sử dụng đất (Hình 3.22). Căn cứ vào trường thuộc tính các loại đất và các vùng ảnh hưởng của trạm khí tượng thì tổng phát thải CH_4 và N_2O trên mỗi vùng đó được tính và tổng hợp như trong bảng 3.12.

Bảng 3.12: Phát thải CH_4 và N_2O từ các loại đất trồng lúa chính và vùng ảnh hưởng của các trạm khí tượng vùng ĐBSH

Loại đất	Vùng thuộc trạm khí tượng	Mức phát thải CH_4 (kg/ha)			Mức phát thải N_2O (kg/ha)		
		Vụ xuân	Vụ mùa	Cả năm	Vụ xuân	Vụ mùa	Cả năm
Phù sa	Bắc Ninh	324,76	417,58	742,33	1,196	0,094	1,290
	Hà Nam	315,30	378,43	693,73	0,836	0,540	1,376
	Hải Dương	309,38	386,13	695,50	0,759	0,136	0,894
	Hưng Yên	307,84	394,19	702,02	0,674	1,573	2,247
	Láng	347,87	438,85	786,72	1,246	0,215	1,461
	Nam Định	312,82	388,77	701,58	0,980	0,156	1,135
	Ninh Bình	305,84	388,71	694,55	0,897	0,199	1,097
	Phù Liễn	282,57	332,53	615,10	0,921	0,210	1,132
	Sơn Tây	327,41	396,19	723,60	0,407	0,134	0,542
	Tam Đảo	103,38	143,62	247,00	0,524	0,057	0,580
	Thái Bình	267,19	364,06	631,24	0,628	0,569	1,198
	Vĩnh Yên	364,51	431,09	795,60	0,368	0,132	0,500
	Hà Đông	347,87	438,85	786,72	1,246	0,215	1,461
	Chí Linh	309,38	386,13	695,51	0,759	0,136	0,895
	Ba Lạt	291,58	345,63	637,21	0,622	0,17	0,792
	Văn Lý	305,47	359,32	664,79	0,928	0,37	1,298
	Nho Quan	309,74	388,91	698,65	0,698	0,175	0,873

Loại đất	Vùng thuộc trạm khí tượng	Mức phát thải CH ₄ (kg/ha)			Mức phát thải N ₂ O (kg/ha)		
		Vụ xuân	Vụ mùa	Cả năm	Vụ xuân	Vụ mùa	Cả năm
	Cúc Phương	310,48	392,73	703,21	0,793	0,176	0,969
	Uông Bí	280,51	334,56	615,07	0,928	0,26	1,188
	Bắc Giang	326,76	422,58	749,34	1,191	0,089	1,28
	Hiệp Hòa	332,63	412,88	745,51	1,187	0,081	1,268
	Việt Trì	351,48	410,05	761,53	0,301	0,102	0,403
	Phú Hộ	349,32	403,16	752,48	0,309	0,115	0,424
	Kim Bôi	349,77	432,75	782,52	1,287	0,226	1,513
	Chi Nê	341,72	432,81	774,53	1,275	0,231	1,506
	Bắc Ninh	111,46	159,73	271,19	0,498	0,579	1,077
Xám	Hà Nam	107,89	143,16	251,05	0,338	0,109	0,446
	Hải Dương	104,11	146,61	250,72	0,309	0,452	0,761
	Láng	121,32	167,97	289,29	0,265	0,448	0,714
	Ninh Bình	103,96	147,99	251,95	0,350	0,264	0,614
	Phù Liên	93,77	122,98	216,75	0,368	0,166	0,535
	Sơn Tây	110,85	149,94	260,79	0,175	0,512	0,687
Xám	Tam Đảo	23,63	48,57	72,19	0,221	0,085	0,307
	Vĩnh Yên	126,60	165,61	292,21	0,161	0,696	0,857
	Ba Vì	115,25	132,81	248,06	0,273	0,584	0,859
	Hà Đông	122,45	157,86	280,31	0,251	0,245	0,496
	Hiệp Hòa	152,32	169,97	322,29	0,262	0,386	0,648
Mặn	Hải Dương	381,07	474,08	855,15	0,706	1,408	2,113
	Hưng Yên	376,39	482,77	859,15	1,168	0,376	1,544
	Nam Định	383,12	474,93	858,05	0,902	0,343	1,245
	Ninh Bình	374,93	474,23	849,16	0,823	0,854	1,677
	Phù Liên	348,08	413,26	761,33	0,839	0,586	1,425
	Thái Bình	329,05	449,88	778,93	0,582	0,382	0,964
	Hòn Dấu	347,06	413,03	760,09	0,815	0,557	1,372
	Ba Lạt	352,47	421,23	773,7	0,728	0,431	1,159
	Văn Lý	355,09	426,54	781,63	0,622	0,501	1,123

Loại đất	Vùng thuộc trạm khí tượng	Mức phát thải CH ₄ (kg/ha)			Mức phát thải N ₂ O (kg/ha)		
		Vụ xuân	Vụ mùa	Cả năm	Vụ xuân	Vụ mùa	Cả năm
	Uông Bí	308,91	401,13	710,04	0,734	0,532	1,266
Phèn	Hải Dương	381,07	474,08	855,15	0,450	0,728	1,178
	Nam Định	383,12	474,93	858,05	0,577	0,179	0,756
	Phù Liễn	348,08	413,26	761,33	0,539	0,270	0,808
	Thái Bình	329,05	449,88	778,93	0,363	0,184	0,547
	Uông Bí	347,02	413,21	760,23	0,528	0,21	0,738

Ghi chú: Vùng thuộc trạm khí tượng là vùng được xác định theo Phương pháp thiessen polygon (có thể bao gồm các vùng nhỏ của các tỉnh xung quanh nó), không phải vùng của tỉnh mà trạm đặt trên đó.

Kết quả chạy mô hình DNDC cho thấy, loại đất xám có lượng phát thải CH₄ thấp nhất (Giá trị CH₄ trung bình là 250,57 kg/ha/năm) và loại đất phèn có lượng phát thải CH₄ cao nhất (Giá trị CH₄ trung bình là 802,74 kg/ha/năm). Giá trị phát thải CH₄ dao động từ 72,20 kg/ha/năm đến 859,16 kg/ha/năm.

Đất xám có lượng phát thải N₂O thấp nhất (Giá trị N₂O trung bình là 0,667 kg/ha/năm) và đất mặn có lượng phát thải N₂O cao nhất (Giá trị N₂O trung bình là 1,389 kg/ha/năm). Giá trị dao động từ 0,306 kg/ha/năm đến 2,247 kg/ha/năm.

So sánh với kết quả phân tích đất thể hiện mối tương quan giữa hàm lượng các chất trong đất và phát thải. Đất xám có hàm lượng hữu cơ và hàm lượng đạm tổng số thấp hơn các loại đất khác. Đây cũng là một nguyên nhân dẫn tới kết quả đất xám có phát thải thấp hơn các loại đất khác. Đất phèn có hàm lượng chất hữu cơ cao nên phát thải CH₄ cao nhất trong các loại đất.

Kết quả bảng 3.12 cũng thể hiện khi chạy mô hình với cùng một loại đất nhưng khác về các yếu tố khí tượng (khác trạm) thì kết quả phát thải khác nhau. Điều đó cho thấy các yếu tố nhiệt độ, độ ẩm, ... có ảnh hưởng lớn tới mức độ phát thải. Kết quả này phù hợp với nhiều nghiên cứu như nghiên cứu của Conrad (1996) chỉ ra rằng độ ẩm đất tối ưu cho tạo thành N₂O thông qua quá trình khử nitrat là 60–65%. Khi độ ẩm đất đạt trên 80%, lượng O₂ trong đất trở nên hạn chế thì N₂O tiếp tục bị khử thành N₂ thay vì được giải phóng ra khí quyển. Nhiệt độ là yếu tố có ảnh

hưởng đến sự phân hủy của các vật liệu hữu cơ tạo ra các chất nền methanogenic dẫn tới ảnh hưởng đến sự hình thành và giải phóng CH_4 vào khí quyển (Allen và cộng sự, 2003). Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng 30-40°C là nhiệt độ tối ưu cho quá trình sinh CH_4 (Conrad, 2002).

3.5.1.2. Phát thải KNK từ đất trồng cây trồng cạn hàng năm theo loại đất

Luận án đã sử dụng mô hình DNDC (đã được hiệu chỉnh và kiểm định) tính toán kết quả phát thải KNK cho từng tổ hợp có cây trồng cạn hàng năm của bản đồ tổ hợp khí tượng – đất – sử dụng đất (Hình 3.22). Căn cứ vào trường thuộc tính các loại đất và các vùng ảnh hưởng của trạm khí tượng thì tổng phát thải N_2O trên mỗi vùng đó được tính và tổng hợp như trong bảng 3.13.

Bảng 3.13: Phát thải N_2O từ các loại đất chính trồng cây trồng cạn hàng năm

Loại đất	Trạm khí tượng	Mức phát thải N_2O (kg/ha)
Phù sa	Bắc Ninh	1,358
	Hà Nam	1,229
	Hải Dương	1,361
	Hưng Yên	2,404
	Láng	2,724
	Nam Định	1,306
	Ninh Bình	2,646
	Phù Liễn	2,628
Phù sa	Son Tây	1,251
	Tam Đảo	1,170
	Thái Bình	1,264
	Vĩnh Yên	2,392
	Hà Đông	2,728
	Chí Linh	1,358
	Việt Trì	1,263
Xám	Bắc Ninh	1,050
	Hà Nam	1,010
	Láng	1,171
	Ninh Bình	2,087
	Son Tây	1,069
	Tam Đảo	0,991

Loại đất	Trạm khí tượng	Mức phát thải N ₂ O (kg/ha)
	Vĩnh Yên	2,224
	Hà Đông	1,168
	Nho Quan	2,078
	Cúc Phương	2,081
Mặn	Hải Dương	0,984
	Hưng Yên	0,948
	Phù Liễn	1,081
	Thái Bình	0,955
Phèn	Phù Liễn	0,716
	Thái Bình	0,729

Kết quả chạy mô hình DNDC cho thấy, loại đất phèn có lượng phát thải N₂O thấp nhất (Giá trị N₂O trung bình là 0,723 kg N₂O /ha/năm) và đất phù sa có lượng phát thải N₂O cao nhất (Giá trị N₂O trung bình là 1,957 kg/ha/năm). Giá trị phát thải dao động từ 0,716 kg/ha/năm đến 2,728 kg N₂O/ha/năm.

3.5.2. Tiềm năng nóng lên toàn cầu

Kết quả quy đổi và tổng hợp đối với lúa được thể hiện qua bảng 3.14, đối với cây trồng cạn hàng năm được thể hiện qua bảng 3.14.

Bảng 3.14: Tổng lượng phát thải khí nhà kính tương đương từ đất trồng lúa theo các vùng thuộc trạm khí tượng

Vùng thuộc trạm khí tượng	Loại đất	Lượng phát thải KNK tương đương CO ₂ tđ (kgCO ₂ tđ/ha/năm)		
		Từ CH ₄	Từ N ₂ O	Tổng
Ba Lạt	Phù sa	17841,88	209,88	18051,76
	Mặn	21663,6	307,14	21970,74
Ba Vì	Xám	6945,68	227,64	7173,32
Bắc Giang	Phù sa	20981,52	339,20	21320,72
Bắc Ninh	Phù sa	20785,52	341,85	21127,37
	Xám	7593,32	285,41	7878,73
Chí Linh	Phù sa	19474,28	237,18	19711,46
Chi Nê	Phù sa	21686,84	399,09	22085,93
Cúc Phương	Phù sa	19689,88	256,79	19946,67
Hà Đông	Phù sa	22028,16	387,17	22415,33

Vùng thuộc trạm khí tượng	Loại đất	Lượng phát thải KNK tương đương CO ₂ tđ (kgCO ₂ tđ/ha/năm)		
		Từ CH ₄	Từ N ₂ O	Tổng
	Xám	7848,68	131,44	7980,12
Hà Nam	Phù sa	19424,44	364,64	19789,08
	Xám	7029,4	118,46	7147,86
Hải Dương	Phù sa	19474,28	237,18	19711,46
	Xám	7020,16	201,67	7221,83
	Mặn	23944,2	560,21	24504,41
	Phèn	23944,2	312,17	24256,37
Hiệp Hòa	Phù sa	20874,28	336,02	21210,30
	Xám	9024,12	171,72	9195,84
Hòn Dấu	Mặn	21282,52	363,58	21646,10
Hưng Yên	Phù sa	19656,84	595,46	20252,30
	Mặn	24056,48	409,16	24465,64
Kim Bôi	Phù sa	21910,56	400,95	22311,51
Láng	Phù sa	22028,16	387,17	22415,33
	Xám	8100,12	188,95	8289,07
Nam Định	Phù sa	19644,52	301,04	19945,56
	Mặn	24025,4	329,93	24355,33
	Phèn	24025,4	200,34	24225,74
Nho Quan	Phù sa	19562,2	231,35	19793,55
Ninh Bình	Phù sa	19447,4	290,44	19737,84
	Xám	7054,6	162,71	7217,31
	Mặn	23776,48	444,41	24220,89
Phú Hộ	Phù sa	21069,44	112,36	21181,80
Phù Lãng	Phù sa	17222,8	299,72	17522,52
	Xám	6069	141,51	6210,51
	Mặn	21317,52	377,63	21695,15
	Phèn	21317,52	214,39	21531,91
Sơn Tây	Phù sa	20260,8	143,37	20404,17
	Xám	7302,12	182,06	7484,18
Tam Đảo	Phù sa	6916	153,97	7069,97
	Xám	2021,6	81,09	2102,69
Thái Bình	Phù sa	17675	317,21	17992,21
	Mặn	21810,04	255,46	22065,50

Vùng thuộc trạm khí tượng	Loại đất	Lượng phát thải KNK tương đương CO ₂ tđ (kgCO ₂ tđ/ha/năm)		
		Từ CH ₄	Từ N ₂ O	Tổng
	Phèn	21810,04	144,96	21955,00
Uông Bí	Phù sa	17221,96	314,82	17536,78
	Mặn	19881,12	335,49	20216,61
	Phèn	21286,44	195,57	21482,01
Văn Lý	Phù sa	18614,12	343,97	18958,09
	Mặn	21885,64	297,60	22183,24
Việt Trì	Phù sa	21322,84	106,80	21429,64
Vĩnh Yên	Phù sa	22276,8	132,50	22409,30
	Xám	8181,88	227,11	8408,99

Ghi chú: $CO_2tđ = CH_4 \cdot 28 + N_2O \cdot 265$

Kết quả tính toán cho thấy, vùng thuộc trạm Tam Đảo có phát thải thấp nhất (trung bình 4.586,33 kg CO₂tđ/ha/năm); vùng thuộc trạm Nam Định có phát thải cao nhất (trung bình 22.842,21 kg CO₂tđ/ha/năm). Lý giải cho kết quả này là do vùng thuộc trạm Nam Định có cả đất phù sa, mặn và phèn trong khi vùng thuộc trạm Tam Đảo và trạm Hà Nam chỉ có 2 loại đất là phù sa và xám. Như đã trình bày trong kết quả phân tích tại các điểm thí nghiệm của luận án, đất xám có lượng phát thải thấp hơn đất phèn, đất mặn và đất phù sa. Bên cạnh đó, các yếu tố về khí tượng tại các trạm cũng có ảnh hưởng tới mức độ phát thải. Đặc biệt là nhiệt độ và độ ẩm. Nghiên cứu của Lu và cộng sự (2000) chỉ ra rằng nhiệt độ tăng từ 15 đến 25°C trong điều kiện yếm khí 45 ngày làm gia tăng đáng kể sự phân hủy các-bon trong đất. Nghiên cứu của Corton và cộng sự (2000) kết luận nhiệt độ cao sẽ thúc đẩy tốc độ sản sinh CH₄ ở giai đoạn ban đầu, nhưng khi lượng DOC (chất nền cho quá trình tạo mê-tan) trong đất cạn kiệt, mức độ sản sinh CH₄ sẽ không được duy trì như giai đoạn đầu. Nhiệt độ đất cũng ảnh hưởng tới quá trình phát thải N₂O từ đất vào khí quyển. Quá trình phân hủy chất hữu cơ trong đất và sự khoáng hóa của N được kích thích bởi sự gia tăng nhiệt độ, từ đó làm tăng lượng phát thải N₂O. Nhiệt độ tối ưu cho chuyển hóa nitơ là khoảng 25-27°C. Nhiệt độ thích hợp nhất cho quá trình nitrat hóa là khoảng 30 – 35°C. Nhiệt độ thích hợp cho quá trình phản nitrat hóa là khoảng 25 - 65°C (Alexander, 1977). Độ ẩm đất cũng có ảnh hưởng

quan trọng tới phát thải CH_4 và N_2O từ đất vào khí quyển, đặc biệt là khí N_2O . Theo nghiên cứu của Bateman và Baggs (2005), độ ẩm đất tối ưu cho tạo thành N_2O thông qua quá trình khử nitrat là 60–65%.

Đối với cây trồng cạn hàng năm, kết quả tính toán cho thấy, vùng thuộc trạm Thái Bình có phát thải thấp nhất (trung bình 260,41 kg $\text{CO}_2\text{tđ/ha/năm}$); tiếp theo là vùng thuộc trạm Phù Liễn với phát thải trung bình là 274,81 kg $\text{CO}_2\text{tđ/ha/năm}$; vùng thuộc trạm Nam Định có phát thải cao nhất (trung bình 346,09 kg $\text{CO}_2\text{tđ/ha/năm}$). Kết quả được thể hiện trong bảng 3.15.

Bảng 3.15: Phát thải N_2O và $\text{CO}_2\text{tđ}$ theo các vùng ảnh hưởng khí hậu và các loại đất chính trồng cây trồng cạn hàng năm

Vùng thuộc trạm khí tượng	Loại đất	Phát thải N_2O (kg/ha/năm)	Phát thải $\text{CO}_2\text{tđ}$ (kg/ha/năm)
Bắc Ninh	Phù sa	1,358	359,87
	Xám	1,05	278,25
Chí Linh	Phù sa	1,208	320,12
Cúc Phương	Xám	1,151	305,015
Hà Đông	Phù sa	1,328	351,92
	Xám	1,168	309,52
Hà Nam	Phù sa	1,229	325,685
	Xám	1,01	267,65
Hải Dương	Phù sa	1,361	360,665
	Mặn	0,984	260,76
Hưng Yên	Phù sa	1,202	318,53
	Mặn	0,948	251,22
Láng	Phù sa	1,362	360,93
	Xám	1,171	310,315
Nam Định	Phù sa	1,306	346,09
Nho Quan	Xám	1,119	296,535
Ninh Bình	Phù sa	1,323	350,595
	Xám	1,043	276,395
Phù Liễn	Phù sa	1,314	348,21
	Mặn	1,081	286,465
	Phèn	0,716	189,74
Sơn Tây	Phù sa	1,251	331,515

Vùng thuộc trạm khí tượng	Loại đất	Phát thải N ₂ O (kg/ha/năm)	Phát thải CO ₂ td (kg/ha/năm)
	Xám	1,069	283,285
Tam Đảo	Phù sa	1,17	310,05
	Xám	0,991	262,615
Thái Bình	Phù sa	1,264	334,96
	Mặn	0,955	253,075
	Phèn	0,729	193,185
Việt Trì	Phù sa	1,263	334,695
Vĩnh Yên	Phù sa	1,196	316,94
	Xám	1,112	294,68

3.5.3. Bản đồ phát thải khí nhà kính từ đất trồng lúa và cây trồng cạn hàng năm vùng Đồng bằng sông Hồng

3.5.3.1. Bản đồ phân bố phát thải CH₄, N₂O từ đất trồng lúa

Từ kết quả mô hình DNDC cho từng đơn vị thuộc bản đồ tổ hợp khí tượng - đất - sử dụng đất, xây dựng bản đồ chuyên đề thể hiện phân bố phát thải CH₄ như hình 3.23, phân bố phát thải N₂O như hình 3.24.

Kết quả thể hiện tổng lượng phát thải CH₄ phần lớn dao động trong khoảng 600 - 700 kg/ha/năm. Vùng ven biển, phát thải dao động từ 755 - 859 kg/ha/năm. Kết quả phát thải theo từng loại đất, đất xám có lượng phát thải CH₄ thấp nhất (Giá trị CH₄ trung bình là 250,57 kg/ha/năm) và loại đất phèn có lượng phát thải CH₄ cao nhất (Giá trị CH₄ trung bình là 802,74 kg/ha/năm). Kết quả này tương đối phù hợp với các kết quả quan trắc, phân tích tại các điểm thí nghiệm (đất xám có phát thải thấp nhất, phù sa và mặn có phát thải cao nhất).

Tổng lượng phát thải N₂O phần lớn dao động trong khoảng 0,85 -1,3 kg/ha/năm. Vùng ven biển phát thải dao động từ 0,55 -2,0 kg/ha/năm. Xét tới phát thải theo từng loại đất, đất xám có lượng phát thải N₂O thấp nhất (Giá trị N₂O trung bình là 0,667 kg/ha/năm) và đất mặn có lượng phát thải N₂O cao nhất (Giá trị N₂O trung bình là 1,389 kg/ha/năm). Giá trị phát thải N₂O dao động từ 0,306 kg/ha/năm đến 2,247 kg/ha/năm. Kết quả này phù hợp với kết quả quan trắc, phân tích tại các điểm thực hiện thí nghiệm (Đất xám có phát thải N₂O thấp nhất, phù sa có phát thải N₂O cao nhất) và xu hướng cũng phù hợp với nghiên cứu của một số tác giả trước đó như Arjun Pandey và cộng sự (2019), Mai Văn Trinh và cộng sự (2017) và Azeem Tariq và cộng sự (2017).

Có thể thấy, yếu tố thổ nhưỡng được coi là một trong những yếu tố chủ chốt đóng vai trò quan trọng trong quá trình hình thành và phát thải CH_4 và N_2O . Quá trình hình thành CH_4 trong đất là một quá trình phân hủy của VSV ở điều kiện yếm khí. Các tính chất ảnh hưởng đến hoạt tính của vi khuẩn sẽ ảnh hưởng đến việc hình thành và khuếch tán CH_4 . Các loại đất khác nhau có tiềm năng hình thành và khuếch tán CH_4 khác nhau. Một số loại đất hình thành và giải phóng CH_4 ngay sau khi bị ngập, một số loại đất hình thành và giải phóng CH_4 sau khoảng hai tuần ngập và một số loại đất lại hình thành và giải phóng CH_4 sau tám tuần bị ngập (Wassman và cộng sự, 2000). Vùng ven biển tập trung nhiều đất mặn và đất phèn nên đây là một trong những nguyên nhân cho kết quả khu vực này có phát thải cao.

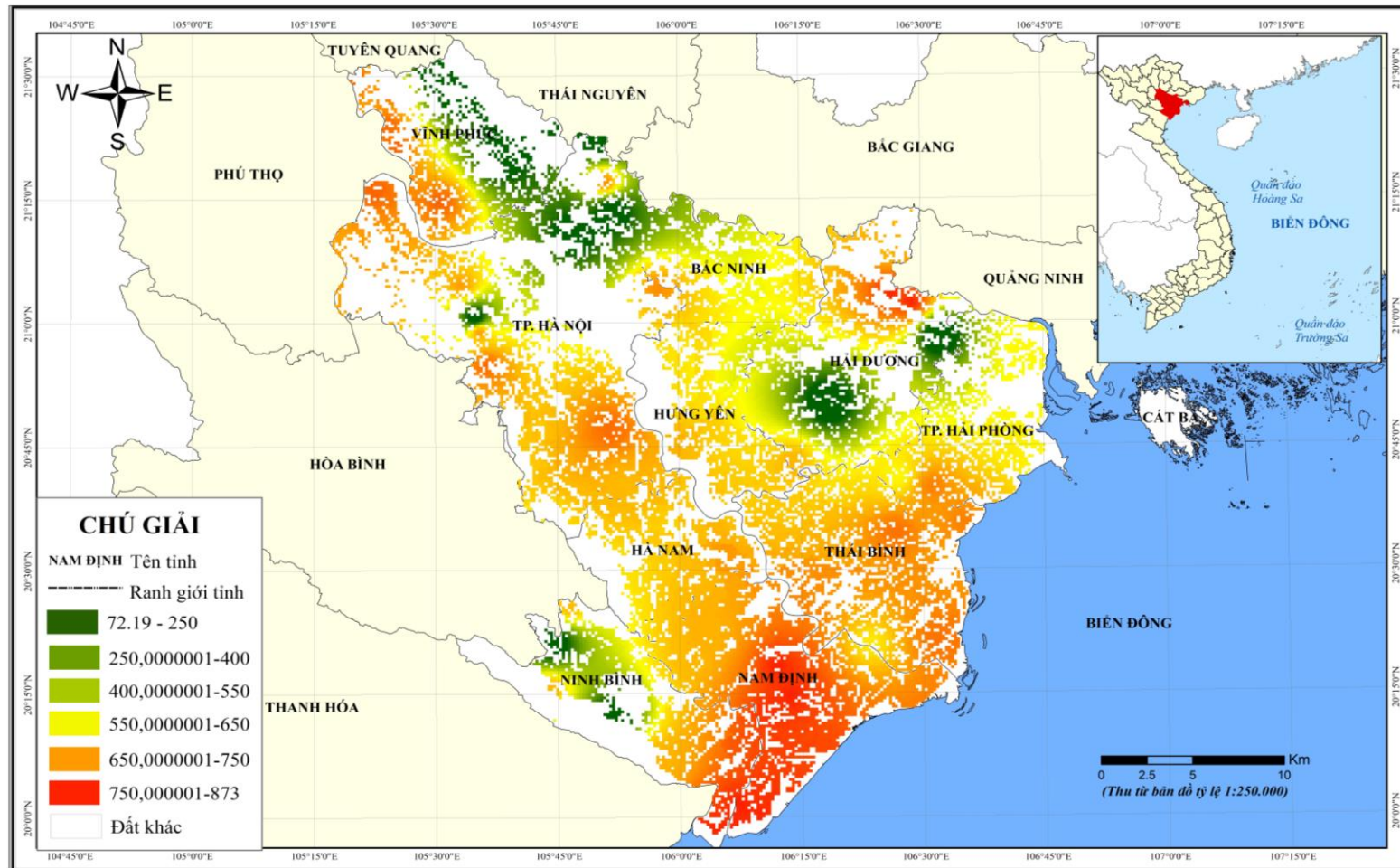
Các yếu tố khí tượng như nhiệt độ không chỉ ảnh hưởng đến lượng và tốc độ phát thải mà còn ảnh hưởng đến thời gian ngập để đạt được trạng thái phát thải CH_4 ổn định. Nhiệt độ cao sẽ thúc đẩy tốc độ sản sinh CH_4 . Nghiên cứu của Yamane và Sato (1967) chỉ ra rằng phát thải CH_4 đạt được giá trị tối đa ở 35°C đối với đất ngập nước và khi nhiệt độ thấp hơn 20°C , CH_4 phát thải rất ít (Yamane và Sato, 1967). Kết luận này phù hợp với trường hợp nghiên cứu của luận án, xu hướng phát thải tại những khu vực có nhiệt độ theo ngày thấp (trạm Tam Đảo) thì phát thải CH_4 cũng thấp hơn các khu vực khác. Nghiên cứu cũng cho thấy ảnh hưởng của nhiệt độ đất tại các tiểu vùng khác nhau tới quá trình phát thải N_2O từ đất vào khí quyển. Quá trình phân hủy chất hữu cơ trong đất và sự khoáng hóa của N được kích thích bởi sự gia tăng nhiệt độ, từ đó làm tăng lượng phát thải N_2O .

3.5.3.2. Bản đồ phân bố phát thải N_2O từ đất trồng cây trồng cận hàng năm

Từ kết quả mô hình DNDC cho từng đơn vị thuộc bản đồ tổ hợp khí tượng - đất - sử dụng đất, xây dựng bản đồ chuyên đề thể hiện phân bố phát thải N_2O từ đất trồng cây trồng cận hàng năm như hình 3.25.

Kết quả thể hiện tổng lượng phát thải N_2O phần lớn dao động trong khoảng 1,2 – 1,35 kg N_2O /ha/năm. Khu vực quanh thành phố Hà Nội có mức phát thải cao nhất trên 1,3 kg N_2O /ha/năm. Khu vực quanh thành phố Hải Phòng và tỉnh Thái Bình có mức phát thải thấp nhất, khoảng 0,7-0,9 kg N_2O /ha/năm.

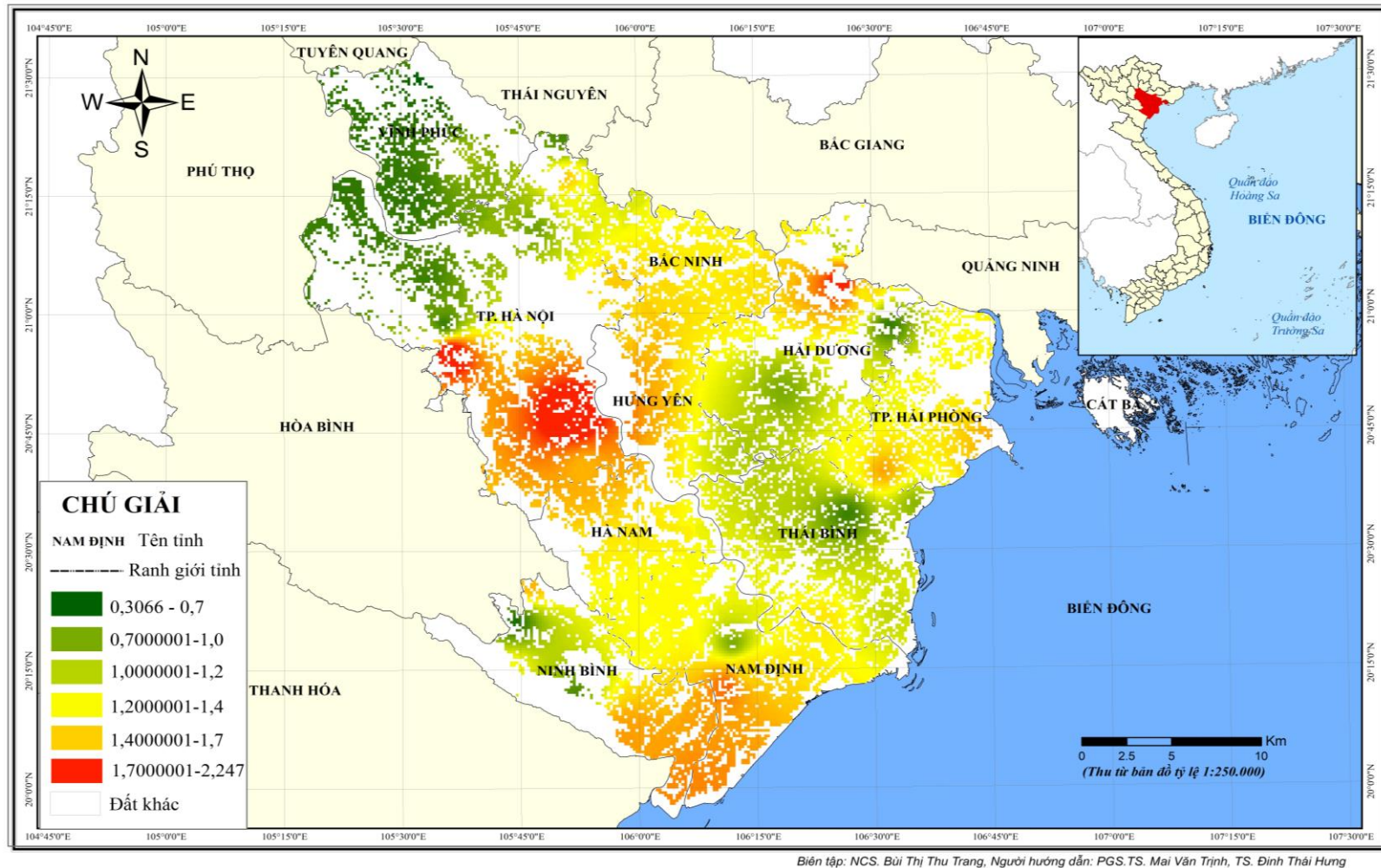
**BẢN ĐỒ PHÁT THẢI CH₄ TỪ ĐẤT TRỒNG LÚA
VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG (Đơn vị: kgCH₄/ha/năm)**



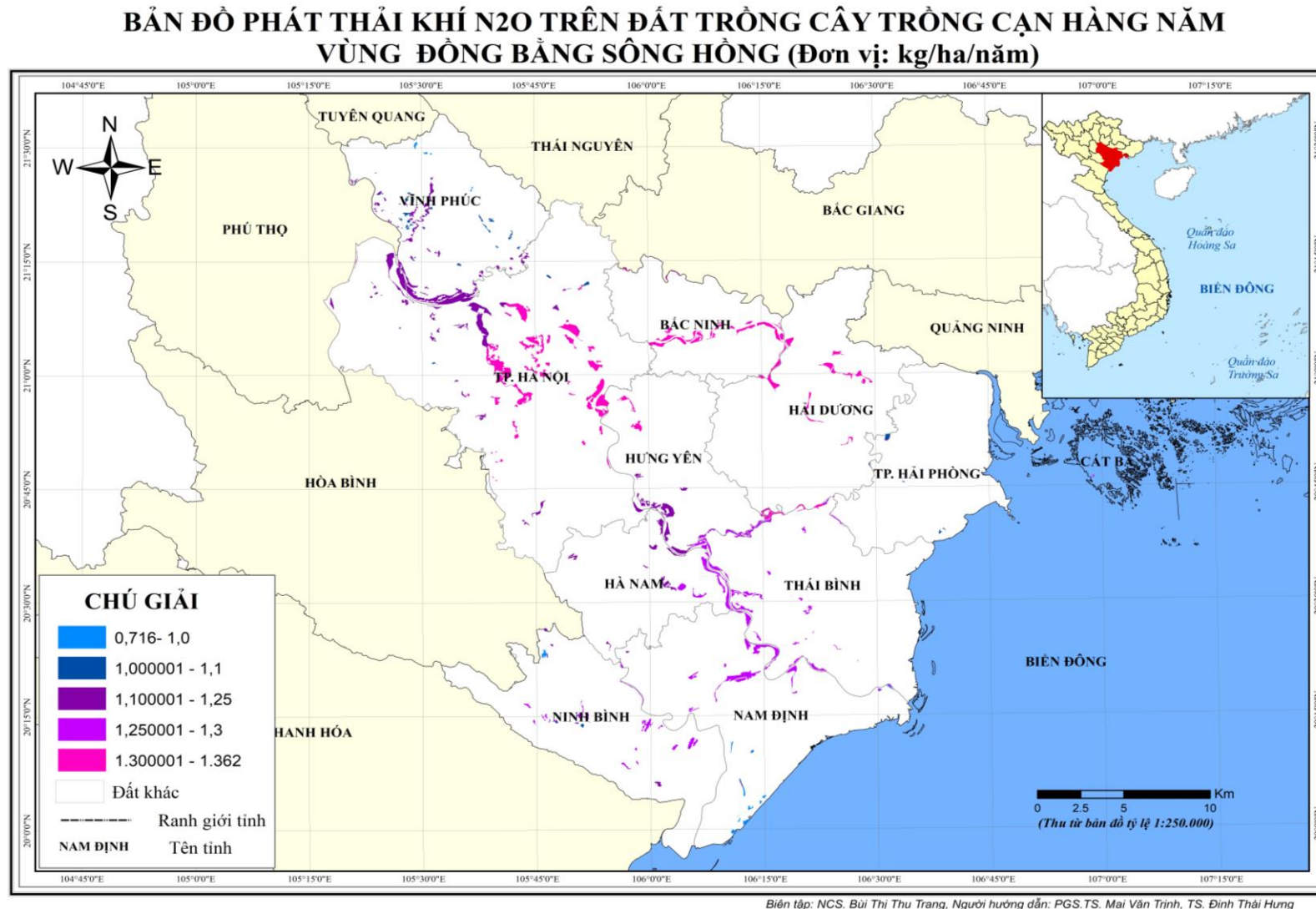
Biên tập: NCS. Bùi Thị Thu Trang, Người hướng dẫn: PGS.TS. Mai Văn Trịnh, TS. Đinh Thái Hưng

Hình 3.23: Bản đồ phát thải CH₄ từ đất trồng lúa vùng ĐBSH (kg/ha/năm)

**BẢN ĐỒ PHÁT THẢI N₂O TỪ ĐẤT TRỒNG LÚA
VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG (Đơn vị: kgN₂O/ha/năm)**



Hình 3.24: Bản đồ phát thải N₂O từ đất trồng lúa vùng ĐBSH (kg/ha/năm)



Hình 3.25: Bản đồ phát thải N₂O từ đất trồng cây trồng cạn hàng năm vùng ĐBSH (kg/ha/năm)

3.5.3.3. Bản đồ phân bố tiềm năng nóng lên toàn cầu từ trồng trọt (lúa và cây trồng cận hàng năm) vùng Đồng bằng sông Hồng

Bản đồ phát thải CO₂tđ từ đất trồng lúa

Từ kết quả phát thải CH₄ và N₂O của mô hình, luận án đã tính toán quy đổi ra lượng phát thải KNK tương đương (CO₂tđ) và thể hiện trên bản đồ phát thải như hình 3.26. Tổng lượng CO₂tđ phần lớn dao động trong khoảng 17.500 – 20.000 kg CO₂tđ/ha/năm. Vùng ven biển phát thải dao động từ 18.500 – 22.842,21 kg CO₂tđ/ha/năm.

Bản đồ phát thải CO₂tđ từ đất trồng cây trồng cận hàng năm

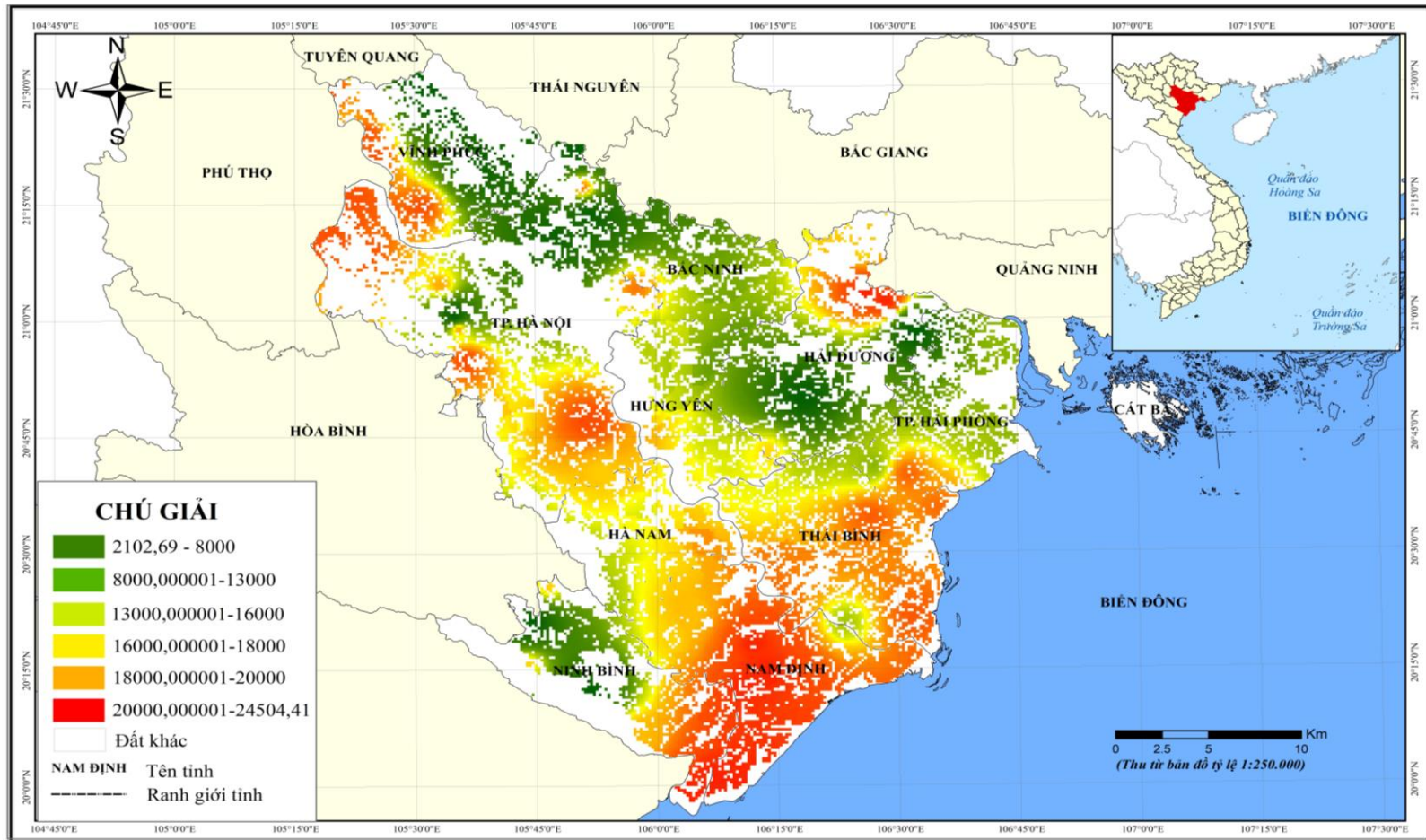
Từ kết quả phát thải N₂O của mô hình, luận án đã tính toán quy đổi ra lượng phát thải KNK tương đương (CO₂tđ) và thể hiện trên bản đồ phát thải như hình 3.27.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, tổng lượng CO₂tđ phần lớn dao động trong khoảng 310 – 355 kg CO₂tđ/ha/năm.

Bản đồ phát thải CO₂tđ từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm

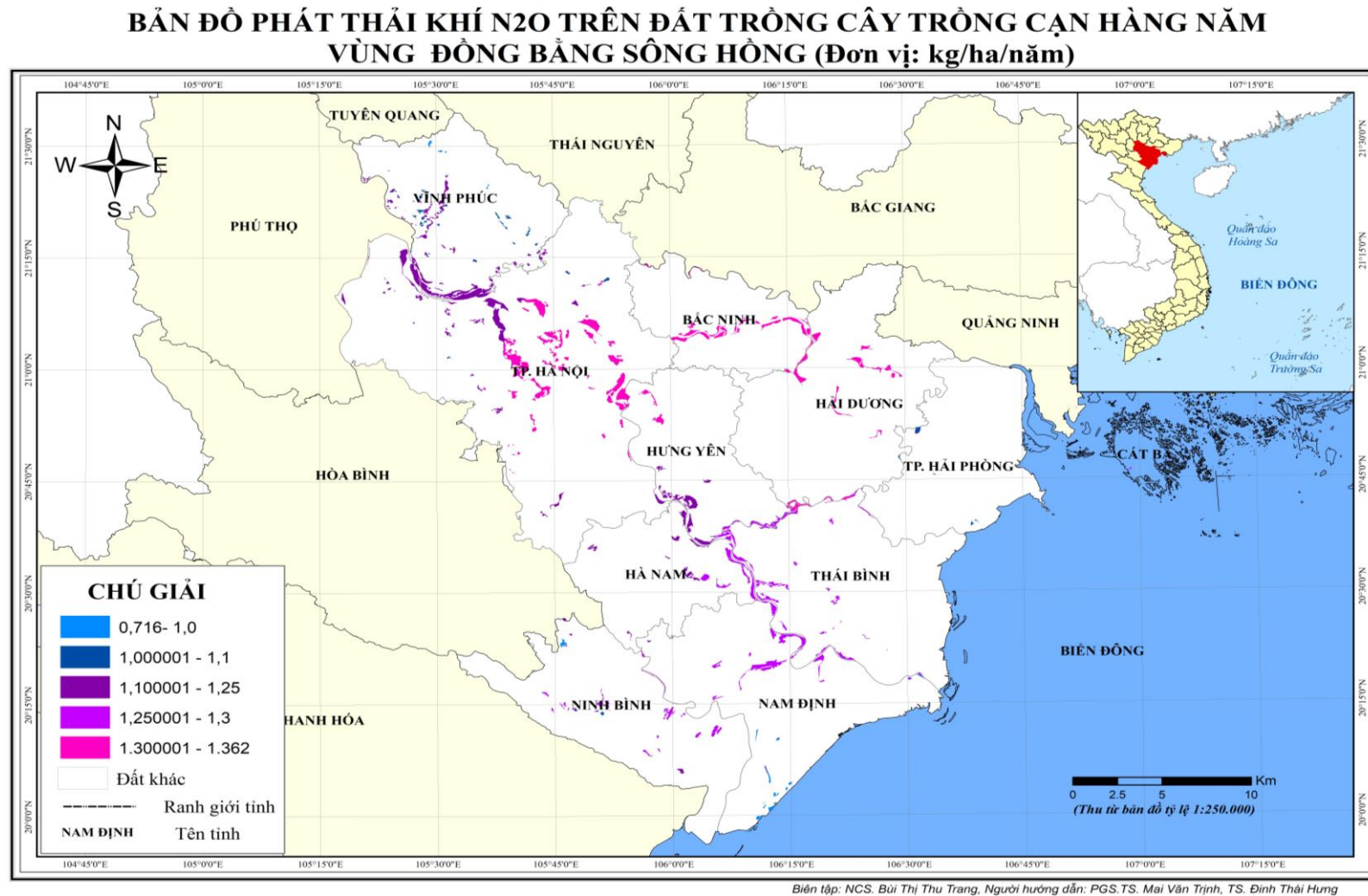
Bản đồ phát thải CO₂tđ từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm được thể hiện trong hình 3.28.

**BẢN ĐỒ PHÁT THẢI KHÍ CO₂td TRÊN ĐẤT TRỒNG LÚA
VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG (Đơn vị: kg/ha/năm)**



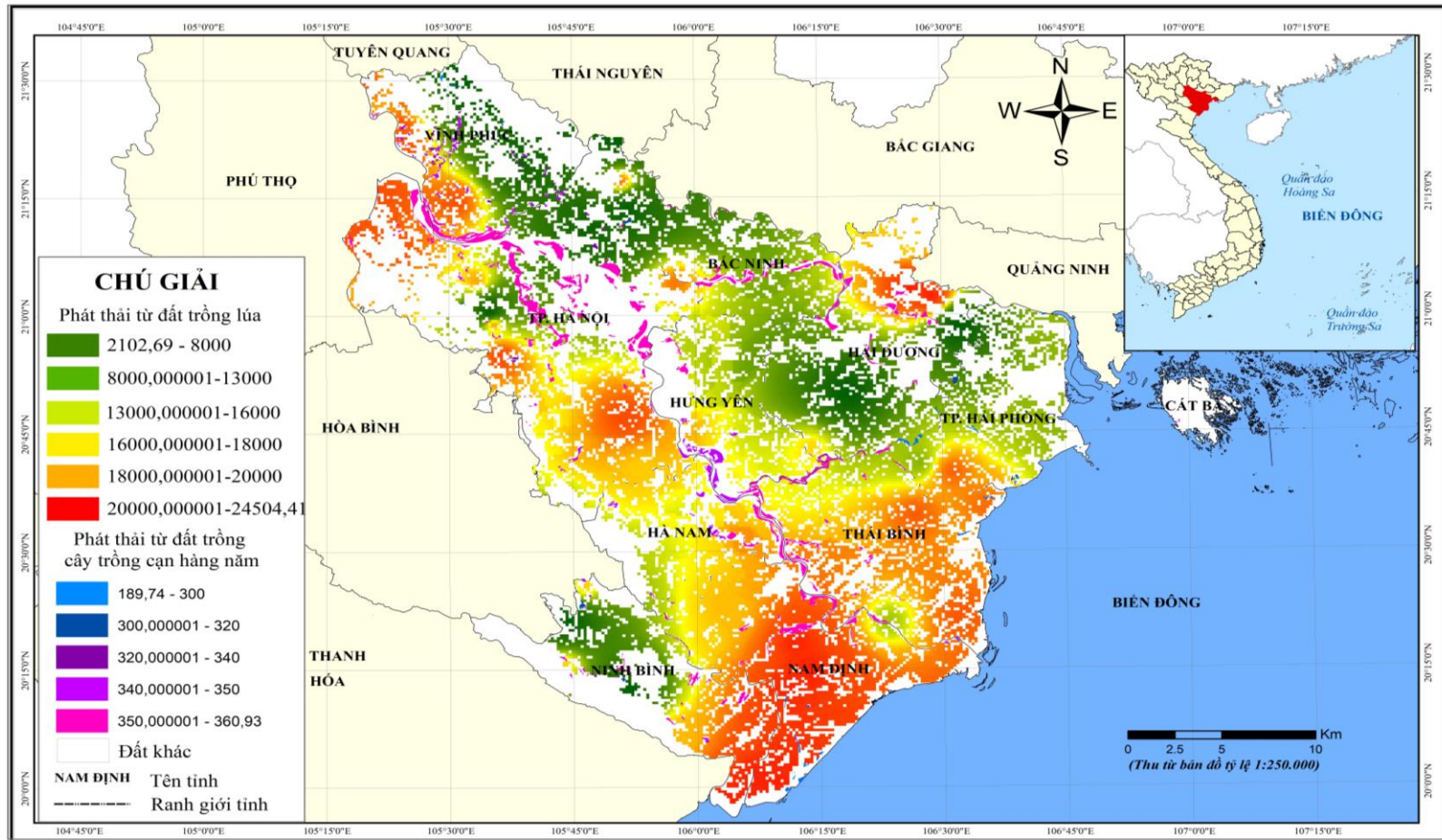
Biên tập: NCS. Bùi Thị Thu Trang, Người hướng dẫn: PGS.TS. Mai Văn Trịnh, TS. Đinh Thái Hưng

Hình 3.26: Bản đồ tổng lượng phát thải KNK quy đổi từ đất lúa vùng ĐBSH (kgCO₂td/ha/năm)



Hình 3.27: Bản đồ tổng lượng phát thải KNK quy đổi từ đất trồng cây trồng cạn hàng năm vùng ĐBSH (kgCO₂td/ha/năm)

**BẢN ĐỒ PHÁT THẢI KHÍ CO₂td TRÊN ĐẤT TRỒNG LÚA VÀ CÁC CÂY TRỒNG CẠN HÀNG NĂM
VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG (Đơn vị: kg/ha/năm)**



Hình 3.28: Bản đồ tổng lượng phát thải KNK quy đổi từ đất trồng lúa và cây trồng cận hàng năm vùng ĐBSH (kgCO₂td/ha/năm)

TIỂU KẾT CHƯƠNG III

Chương 3 trình bày kết quả nghiên cứu của luận án đã thực hiện theo các phương pháp nghiên cứu đã trình bày tại chương 2.

1. Kết quả nghiên cứu thực trạng, diễn biến phát thải CH_4 và N_2O từ lúa trồng tại các điểm quan trắc chính tại các huyện Thanh Trì (đất phù sa) và huyện Sóc Sơn (đất xám bạc màu), Hà Nội, huyện Hải Hậu (đất phù sa) và huyện Nghĩa Hưng (đất phù sa nhiễm mặn), tỉnh Nam Định; thành phố Thái Bình (đất phù sa), huyện Vũ Thư (đất phù sa), huyện Kiến Xương (đất phèn) và huyện Tiền Hải (đất mặn), tỉnh Thái Bình; huyện Nam Sách (đất phù sa), tỉnh Hải Dương; và ngô trồng trên đất phù sa sông Hồng tại Đan Phượng, Hà Nội:

+ Với cây lúa:

- Phát thải mê tan ở các điểm có xu hướng phát thải vụ mùa lớn hơn vụ xuân, lượng phát thải dao động từ 74,4 đến 698,51 kg CH_4 /ha/vụ, trong khi hầu hết phát thải N_2O trong vụ xuân cao hơn vụ mùa, lượng phát thải dao động trong khoảng từ 0,3 kg N_2O /ha/vụ đến 1,19 kg/ha/vụ.

- Tốc độ phát thải khí CH_4 trong vụ xuân dao động trong khoảng 3,12 – 14,67 mg $\text{CH}_4/\text{m}^2/\text{giờ}$, thường bắt đầu chậm và thấp ở thời kì đầu, sau đó tăng dần vào các giai đoạn sinh trưởng về sau và cao nhất ở giai đoạn đẻ nhánh, phát triển lóng thân và giảm dần ở các giai đoạn sau tới khi thu hoạch. Tốc độ phát thải CH_4 trong vụ mùa dao động trong khoảng 2,74 – 20,36 mg $\text{CH}_4/\text{m}^2/\text{giờ}$, có xu hướng tăng phát thải ngay sau khi cấy/gieo và đạt tốc độ phát thải tối đa trong giai đoạn từ đẻ nhánh, sau đó giảm dần tới cuối vụ.

- Tốc độ phát thải N_2O trong vụ xuân dao động trong khoảng 0,11-0,3 $\mu\text{g N}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{giờ}$, phát thải khí N_2O khá khác nhau theo các giai đoạn sinh trưởng và thể hiện sự phụ thuộc nhiều vào chế độ bón phân đạm. Tốc độ phát thải N_2O trong vụ mùa thấp hơn vụ xuân, dao động trong khoảng 0,13-0,19 $\mu\text{g N}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{giờ}$.

- Phát thải khí CH_4 và N_2O trên các loại đất rất khác nhau. Ngoài ra, tốc độ phát thải cũng thay đổi qua các giai đoạn sinh trưởng và hoạt động canh tác như chế độ nước và bón phân cho cây.

+ Với cây ngô:

- Tốc độ phát thải N_2O cao tập trung ở các giai đoạn có bón phân đạm nhiều như thời kì bón thúc lần 1 (3 - 4 lá), bón thúc lần 2 (7 - 8 lá) và thời kì bón thúc lần 3. Phát thải trong toàn vụ ngô trên đất phù sa sông Hồng là 1,251 kg N_2O /ha/vụ.

2. Kết quả tính toán phát thải KNK (CH_4 , N_2O , GWP) cho lĩnh vực trồng trọt của vùng ĐBSH (lúa và cây trồng cạn hàng năm) bằng mô hình DNDC và quy đổi theo hướng dẫn của IPCC 2014:

- Phát thải CH_4 từ đất trồng lúa dao động từ 72,20 - 859,16 kg CH_4 /ha/năm, phần lớn tập trung trong khoảng 600 – 700 kg CH_4 /ha/năm. Vùng ven biển phát thải dao động từ 755 – 859 kg CH_4 /ha/năm. Loại đất xám có lượng phát thải CH_4 thấp nhất (trung bình là 250,57 kg CH_4 /ha/năm) và loại đất phèn có lượng phát thải CH_4 cao nhất (trung bình là 802,74 kg CH_4 /ha/năm).

- Phát thải N_2O từ đất trồng lúa dao động từ 0,306 - 2,247 kg N_2O /ha/năm, phần lớn tập trung trong khoảng 0,85 – 1,3 kg N_2O /ha/năm. Vùng ven biển phát thải dao động từ 0,55 – 2,0 kg N_2O /ha/năm. Đất xám có lượng phát thải N_2O thấp nhất (trung bình là 0,667 kg/ha/năm) và đất mặn có lượng phát thải N_2O cao nhất (trung bình là 1,389 kg N_2O /ha/năm).

- Tổng lượng phát thải N_2O từ đất trồng cây trồng cạn hàng năm dao động từ 0,716 - 2,728 kg N_2O /ha/năm, phần lớn dao động trong khoảng 1,2 – 1,35 kg N_2O /ha/năm. Loại đất phèn có lượng phát thải N_2O thấp nhất (trung bình là 0,723 kg N_2O /ha/năm) và đất phù sa có lượng phát thải N_2O cao nhất (trung bình là 1,957 kg N_2O /ha/năm).

- Tổng lượng phát thải KNK quy ra CO_2 đ từ đất trồng lúa là 7,08 triệu tấn/năm, trong đó phát thải từ CH_4 là 6,94 triệu tấn CO_2 đ /năm (chiếm 98%), từ N_2O là 0,14 triệu tấn/năm (chiếm 2%). Tổng lượng phát thải quy ra CO_2 đ từ đất trồng lúa phần lớn dao động trong khoảng 17.500 – 20.000kg CO_2 đ/ha/năm. Tổng lượng phát thải quy ra CO_2 đ từ đất trồng cây trồng cạn hàng năm phần lớn dao động trong khoảng 310 – 355 kg CO_2 đ/ha/năm.

3. Kết quả biểu diễn các bản đồ đất, sử dụng đất, tổ hợp đơn vị Khí tượng - Đất - Sử dụng, bản đồ chuyên đề về phân bố phát thải KNK (CH_4 , N_2O , GWP) cho từng đơn vị của bản đồ tổ hợp khí hậu, đất và cây trồng tại vùng ĐBSH.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

1. Đề tài đã phân tích, đánh giá các ưu, nhược điểm của các nghiên cứu tính toán phát thải KNK trong nông nghiệp nói chung và từ lĩnh vực trồng trọt nói riêng, từ đó phát triển phương pháp tính phát thải KNK từ hoạt động canh tác lúa và cây trồng cạn hàng năm cho cả vùng ĐBSH từ việc quan trắc, mô hình mô hình hóa, phân tích không gian và lập bản đồ phân bố phát thải với các điều kiện khí hậu và đất đai khác nhau;

2. Đề tài đã xây dựng phương pháp tính toán được lượng khí CH_4 , N_2O , CO_2 từ đất trồng lúa và cây trồng cạn hàng năm tại vùng ĐBSH theo các điều kiện khí hậu và đất đai khác nhau theo thời gian và không gian;

3. Đề tài đã thực hiện quan trắc, phân tích và tính toán phát thải KNK từ hoạt động canh tác lúa và ngô (đại diện cho các cây trồng cạn hàng năm) tại các điểm thí nghiệm vùng ĐBSH.

4. Đề tài đã nghiên cứu cơ chế hoạt động và thực hiện phân tích độ nhạy các thông số của mô hình DNDC phục vụ tính toán phát thải KNK, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Kết quả mô hình DNDC có độ nhạy lớn với một số thông số và yếu tố đầu vào nhưng cũng không có phản ứng với một số thông số; luận án đã xây dựng được bộ thông số sau khi hiệu chỉnh mô hình cho 4 loại đất; kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho thấy mối tương quan tốt giữa giá trị đo thực tế và mô phỏng.

5. Từ bộ số liệu của các trạm khí tượng trong và xung quanh vùng ĐBSH, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ thổ nhưỡng, đề tài đã xây dựng nên được bản đồ tổ hợp Khí tượng - Đất - Sử dụng đất cho vùng ĐBSH. Mỗi đơn vị của bản đồ này đều chứa đầy đủ các thông tin về khí hậu, đất đai và cây trồng, làm dữ liệu đầu vào cho mô hình hóa phát thải KNK từ sản xuất trồng trọt cho đến từng đơn vị của bản đồ.

6. Từ những kết quả phân tích không gian và số liệu đầu vào thu thập được, đề tài đã nghiên cứu và tính toán phát thải KNK cho lĩnh vực trồng trọt của vùng ĐBSH (lúa và cây trồng cạn hàng năm) bằng mô hình DNDC. Các kết quả đầu ra

của mô hình được sử dụng xây dựng bản đồ chuyên đề về phân bố phát thải KNK (CH_4 , N_2O , GWP) cho từng đơn vị của bản đồ tổ hợp khí hậu, đất và cây trồng.

Kiến nghị

1. Trong khuôn khổ luận án tiến sỹ, nghiên cứu chỉ mới xét đến phát thải KNK cho các vùng trồng lúa và các cây trồng cạn hàng năm tại vùng ĐBSH với các điều kiện khí hậu và đất đai khác nhau. Đề nghị các nghiên cứu sâu hơn về ảnh hưởng của các yếu tố kỹ thuật canh tác trong quá trình làm đất, bón phân ... khi chạy mô hình DNDC tính toán phát thải KNK cho khu vực, để có đầy đủ cơ sở khoa học cho việc đánh giá và đề xuất giải pháp giảm thiểu phát thải KNK.

2. Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình DNDC, nghiên cứu thực hiện cho cây lúa canh tác trong điều kiện ngập nước thường xuyên. Vì vậy, các nghiên cứu sau cần lưu ý khi áp dụng bộ thông số sau khi hiệu chuẩn, và có thể mở rộng nghiên cứu hoàn thiện thêm bộ thông số này sẽ rất hữu ích cho việc kiểm kê KNK trong sản xuất nông nghiệp tại mỗi vùng sinh thái cũng như toàn quốc.

3. Đối với cây trồng cạn hàng năm, luận án chỉ mới thực hiện thí nghiệm cho đối tượng là cây ngô. Đề nghị các nghiên cứu thực hiện với nhiều thí nghiệm và quy mô lớn hơn cho các cây trồng hàng năm khác.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN TỚI LUẬN ÁN

1. **Bùi Thị Thu Trang**, Mai Văn Trinh, Đinh Thái Hưng, Vũ Thị Hằng (2021), Nghiên cứu diễn thế phát thải khí nhà kính từ đất canh tác ngô tại Đan Phượng, Hà Nội, Tạp chí Bảo vệ thực vật, Viện Bảo vệ thực vật, ISSN 2354-0710, số 5.
2. **Bùi Thị Thu Trang**, Mai Văn Trinh, Bùi Thị Phương Loan, Vũ Thị Hằng, Đinh Quang Hiếu, Lục Thị Thanh Thêm, Đặng Anh Minh (2021), *Nghiên cứu phát thải khí mê-tan (CH_4) và khí nitơ oxit (N_2O) trên bốn loại đất trồng lúa nước tại vùng Đồng bằng sông Hồng*, Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, ISSN 2525-2496, số 18, quý 2.
3. **Bùi Thị Thu Trang**, Chu Sỹ Huân, Mai Văn Trinh và Đinh Thái Hưng (2021), *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*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ, ISSN 1859-4794, tập 63, số 6, tháng 6.
4. **Bùi Thị Thu Trang**, Mai Văn Trinh, Đinh Thái Hưng, Quang Thị Thương Thương, Phan Thu Tiệp, Hoàng Thị Trang, Đặng Ngọc Tú (2021), *Ứng dụng mô hình sinh địa hóa DNDC (Denitrification – Decomposition) để tính toán phát thải khí nhà kính từ hoạt động canh tác lúa nước: thí điểm tại thị trấn Thịnh Long, huyện Hải Hậu, tỉnh Nam Định*, Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, ISSN 2525-2496, số 17, quý 1.
5. Chu Sỹ Huân, Mai Văn Trinh, Cao Việt Hà, Bùi Thị Phương Loan, Vũ Thị Hằng, Đinh Quang Hiếu, Đào Thị Minh Trang và **Bùi Thị Thu Trang** (2020), *Nghiên cứu phát thải khí nhà kính trên đất trồng lúa tỉnh Thái Bình*, Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, ISSN 1859-0004, số 1, tháng 3.
6. Nguyễn Lê Trang, **Bùi Thị Thu Trang**, Mai Văn Trinh, Nguyễn Tiến Sỹ, Nguyễn Mạnh Khải (2019), *Ứng dụng mô hình DNDC để xây dựng bản đồ phát thải khí nhà kính từ hoạt động canh tác lúa nước tại Nam Định*, Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, ISSN 2580-1094, số 2.

7. **Bùi Thị Thu Trang**, Bùi Thị Phương Loan, Lục Thị Thanh Thêm, Vũ Thị Hằng, Đặng Anh Minh và Mai Văn Trinh (2019), *Nghiên cứu phát thải khí oxit nito (N_2O) trên một số loại đất trồng ngô Việt Nam*, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, ISSN 2525-2208, số 706, tháng 10.

8. **Bùi Thị Thu Trang**, Mai Văn Trinh, Lê Thị Trinh, Nguyễn Thị Hoài Thương (2018), *Nghiên cứu tổng quan một số mô hình tính toán phát thải khí nhà kính từ các hoạt động trồng trọt trong nông nghiệp*, Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, ISSN 0866-7608, số 19, tháng 3.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Bộ nông nghiệp và phát triển nông thôn (2017), *Báo cáo thống kê tháng 12 năm 2017*, đường dẫn: <https://www.mard.gov.vn/Pages/bao-cai-thong-ke.aspx>.
2. Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn, Quyết định số 1659 QĐ/BNN -KHCV ngày 13/05/1999 về việc công nhận các giống cây trồng, các biện pháp kỹ thuật mới phổ biến trong sản xuất ở các tỉnh phía Bắc.
3. Bộ Tài Nguyên và Môi trường (2014), “*Báo cáo cập nhật hai năm một lần, lần thứ nhất của Việt Nam cho Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu*”, NXB Tài Nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
4. Bộ Tài Nguyên Môi trường (2017), “*Báo cáo cập nhật hai năm một lần, lần thứ hai của Việt Nam cho Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu*”, NXB Tài Nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
5. Bộ Tài Nguyên Môi trường (2019), “*Báo cáo cập nhật hai năm một lần, lần thứ ba của Việt Nam cho Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu*”, NXB Tài Nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
6. Nguyễn Văn Bộ, Mai Văn Trinh, Bùi Thị Phương Loan, Lê Quốc Thanh, Phạm Anh Cường, Nguyễn Lê Trang (2016), “*Urea-Agrotain và phát thải khí nhà kính*”, Hội thảo quốc gia về khoa học cây trồng lần thứ 2, NXB Nông nghiệp, tr. 80-87.
7. Chu Sỹ Huân, Mai Văn Trinh, Cao Việt Hà, Bùi Thị Phương Loan, Vũ Thị Hằng, Đinh Quang Hiếu, Đào Thị Minh Trang và Bùi Thị Thu Trang (2020), “*Nghiên cứu phát thải khí nhà kính trên đất trồng lúa tỉnh Thái Bình*”, *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 1, tr. 113-122.
8. Ngô Ngọc Hưng (2009), “*Tính chất tự nhiên và những tiến trình làm thay đổi độ phì nhiêu đất Đồng Bằng Sông Cửu Long*”, NXB Nông Nghiệp.
9. Đinh Văn Khương, Hoàng Trang, Lê Hùng Anh, Vera Susane Rotter (2020), “*Ứng dụng mô hình DNDC tính toán phát thải khí nhà kính từ hoạt động canh tác lúa nước tại huyện Cái Bè-Tiền Giang*”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 44, tr. 118-131.

10. Ngô Đức Minh (2019), “*Nghiên cứu mô phỏng sự phát thải khí nhà kính (CH_4 , N_2O) trong môi trường đất lúa lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn, tỉnh Quảng Nam*”, Luận án Tiến sỹ khoa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
11. Nghị định thư Kyoto của Công ước khung Liên Hợp Quốc về Biến đổi khí hậu.
12. Nguyễn Văn Tinh (2004), “*Các nhân tố ảnh hưởng đến phát thải khí metan trên ruộng lúa*”, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 7, tr. 914- 915.
13. Nguyễn Hữu Thành, Nguyễn Đức Hùng, Trần Thị Lệ Hà, Nguyễn Thọ Hoàng (2012), “*Tình hình phát thải khí metan (CH_4) do hoạt động canh tác lúa nước ở khu vực đồng bằng sông Hồng*”, Tạp chí Khoa học và Phát triển, 10 (1), tr.165-167.
14. Phạm Văn Thành, Vũ Anh Tú, Nguyễn Quang Huy (2018), “*Đánh giá độ phì nhiêu và những hạn chế của đất trồng lúa vùng đồng bằng sông Hồng*”, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn”, 22, tr. 3-10.
15. Phạm Văn Thành, Vũ Anh Tú, Nguyễn Quang Huy (2019), “*Tính chất lý, hóa học một số loại đất trồng lúa vùng đồng bằng sông Hồng*”, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 9, tr. 12-23.
16. 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.
17. Bùi Thị Thu Trang, Mai Văn Trinh, Lê Thị Trinh, Nguyễn Thị Hoài Thương (2018), “*Nghiên cứu tổng quan một số mô hình tính toán phát thải khí nhà kính từ các hoạt động trồng trọt trong nông nghiệp*”, Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường, 19, tr. 27-37.
18. Bùi Thị Thu Trang, Chu Sỹ Huân, Mai Văn Trinh và Đinh Thái Hưng (2021), “*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*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ, 63 (6), tr. 11-17.

19. Nguyễn Lê Trang, Bùi Thị Thu Trang, Mai Văn Trinh, Nguyễn Tiến Sỹ, Nguyễn Mạnh Khải (2019), “*Ứng dụng mô hình DNDC để xây dựng bản đồ phát thải khí nhà kính từ hoạt động canh tác lúa nước tại Nam Định*”, Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, 2, tr. 23-32.
20. Mai Văn Trinh (chủ biên), Bùi Thị Phương Loan, Vũ Dương Quỳnh, Cao Văn Phụng, Trần Kim Tính, Phạm Quang Hà, Nguyễn Hồng Sơn, Trần Văn Thê, Bjoern Ole Sander, Trần Tú Anh, Trần Thu Hà, Hoàng Trọng Nghĩa và Vừ Thị Bạch Thương (2016), “*Sổ tay hướng dẫn đo phát thải khí nhà kính trong canh tác lúa*”, NXB Nông nghiệp.
21. Mai Văn Trinh (2013), “*Nghiên cứu một số biện pháp thích ứng và tiềm năng giảm thiểu với biến đổi khí hậu trong sản xuất nông nghiệp*”, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 3, tr. 28-36.
22. Mai Văn Trinh, Nguyễn Hồng Sơn, Bùi Thị Phương Loan, Trần Văn Thê (2012), “*Phát thải khí nhà kính trong nông nghiệp và giải pháp giảm thiểu*”, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 18, tr. 3-10.
23. Mai Văn Trinh, Trần Văn Thê, Nguyễn Hồng Sơn, Bùi Thị Phương Loan và Lê Thị Thanh Huyền (2014), “*Phát triển hệ thống theo dõi, giám sát giảm phát thải khí nhà kính trong nông nghiệp*”, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 12, tr. 72-81.
24. Mai Văn Trinh, Trần Văn Thê, Bùi Phương Loan (2015), “*Nghiên cứu động thái thải khí nhà kính trên các hệ canh tác lúa nước*”, Báo cáo kết quả khoa học công nghệ của quỹ phát triển KHCN quốc gia, Hà Nội 2015.
25. Nguyễn Thanh Tuấn, Nguyễn Xuân Hải, Trần Văn Ý (2014), “*Khả năng áp dụng mô hình DNDC (Denitrification – Decomposition) xác định lượng Cacbon hữu cơ trong đất ở các hệ sinh thái nông nghiệp đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị*”, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, 30 (3), tr. 37-48.
26. Tổng cục thống kê (2020), *Quyết định số 2908/QĐ-BTNMT ngày 13 tháng 11 năm 2019 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường.*

Tiếng Anh

27. Adhya T.K., Bharati K., Mohanty S.R., Ramakrishnan B., Rao V.R., Sethunathanan N., Wassmann R. (2000), “*Methane emission from rice field at Cuttack, India*”, *Nutr. Cycl. Agroecosyst*, 58, pp. 95-105.
28. A. Fey, R. Conrad. (2000), “*Effect of Temperature on Carbon and Electron Flow and on the Archaeal Community in Methanogenic Rice Field Soil*”, *Applied and Environmental Microbiology*, 66 (11), pp. 4790-4797.
29. Alexander M. (1977), “*Introduction to soil microbiology, Second ed. John Wiley & Sons*”, New York, Santa Barbara, London, Sydney, Toronto, pp. 469
30. Allen Jr.L.H., Albrecht S.L., Colon-Guasp W., Covell S.A., Baker J.T., Pan D., Boote K.J. (2003), “*Methane emissions of rice increased by elevated carbon dioxide and temperature*”, *J Environ. Qual*, (32), pp. 1978-1991.
31. Angenent L.T., Karim K., Al-Dahhan M.H., Wrenn B.A. (2004), “*Production of bioenergy and biochemicals from industrial and agricultural wastewater*”, *Biotechnology*, 22 (9), pp. 477-485.
32. Anne Baily, Alejandra Hernandez, Gonzalo Lopez, Ovidio Perez (2014), “*Green-house gas emissions from the sugar industry in Guatemala: First glimpse of Nitrous Oxide (N₂O) losses from sugarcane fields*”, *The Science Beneath Organic Production*, Institute of Privado de Investigacion Sobre Cambio Climático (ICC).
33. Arjun Pandey, Helen Suter, Ji-Zheng He, Hang-WeiHu, Deli Chen (2019), “*Dissimilatory nitrate reduction to ammonium dominates nitrate reduction in long-term low nitrogen fertilized rice paddies*”, *Soil Biology and Biochemistry*, (131), pp.149-156, <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.01.007>.
34. Azeem Tariq, Duong Quynh Vu, Lars Stoumann Jensen, Stephane de Tourdonnet, Bjoern Ole Sander, Reiner Wassmann, Trinh Van Mai, Andreas de Neergaard (2017), “*Mitigating CH₄ and N₂O emissions from intensive rice production systems in northern Vietnam: Efficiency of drainage patterns in combination with rice residue incorporation*”, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 249 (1), pp. 101-111, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.011>.

35. Babu Y.J., Li C.S., Frolking S., Nayak D.R., Adhya T.K. (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.
36. Bloom P.R., (1999), “*Soil pH and buffering. Chapter 10*”, Handbook of Soil Science. Sumner, M.E. (Ed), CRC Press, pp. 333-352.
37. Bouwman, A. F., L. J. M. Boumans, and N. H. Batjes (2002), “*Emissions of N₂O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data*”, *Global Biogeochem Cycles*, 16 (4), pp. 1058, doi:10.1029/2001GB001811.
38. Bruce Linquist, Kees Jan Groenigen, Maria Arlene Adviento-Borbe, Cameron Pittelkow, Chris van Kessel (2011), “*An agronomic assessment of greenhouse gas emissions from major cereal crops*”, *Global Change Biology*, 18 (1), pp. 194-209.
39. Butterbach-Bah M K., Papen H., Rennenberg H. (1997), “*Impact of gas transport through rice cultivars on methane emission from rice paddies*”, *Plant Cell and Environment*, (20), pp.1175-1183
40. Cai Z., Sawamoto T., Li C., Kang G., Boonjawat J., Mosier A., Wassmann R., Tsuruta H. (2003), “*Field validation of the DNDC model for greenhouse gas emissions in East Asian cropping systems*”, *Global Biogeochem. Cycles*, 17 (4), pp. 1107. doi:10.1029/2003GB002046.
41. Cai Z., Shan Y., Xu H. (2007), “*Effects of nitrogen fertilization on CH₄ emissions from rice fields*”, *Soil Sci. Plant Nutr*, (53), pp. 353-361.
42. Carmo, Janaina Braga do, Solange Filoso, Luciana C. Zotelli, Eraclito R. de Sousa Neto, Leonardo M. Pitombo, Paulo J. Duarte-Neto, Vitor P. Vargas (2013), “*Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: Effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation*”, *GCB Bioenergy*, 5 (3), pp. 267–280.
43. Cicerone R. J. and Shetter J. D. (1981), “*Sources of atmospheric methane: measurements in rice paddies and a discussion*”, *J Geophys Res*, 86, pp. 7203-7209.

44. Conrad R. (1996), "*Soil microorganisms as controllers of atmospheric trace gases (H_2 , CO , CH_4 , OCS , N_2O , and NO)*", *Microbiology Reviews*, 60 (4), pp. 609-640.
45. Conrad R. (2002), "*Control of microbial methane production in wetland rice fields*". *Nutr. Cycl. Agroecosystem* (64), pp. 59-69.
46. Corton T.M. (1995), "*Methane emission from irrigated and intensively managed rice fields in Central Luzon (Phillipines)*". *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 58, 37-53.
47. Corton T.M., Bajita J.B., Grospf S.E., Pamplona R.R, Asis C.A, Wassmann R., Lantin Jr R.S., Buendia L.V.L. (2000), "*Methane emission from irrigated and intensively managed rice fields in Central Luzon (Phillipines)*", *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, (58), pp. 37-53
48. Daniel I. Sebacher, Robert C. Hariss, Karen B. Bartlett (1983), "Methane flux across the air-water interface: air velocity effects", *Chemical and Physical Meteorology*, 35B (2), pp. 103-109.
49. David S. Schimel (1995), *Terrestrial ecosystems and the carbon cycle*, *Global Change Biology*, Volume 1, Issue 1, p.77-91.
50. Devevre O., Horwath W. (2000), "*Decomposition of rice straw and microbial carbon use efficiency under different soil temperatures and moistures*", *Soil Biology and Biochemistry*, 32 (11-12), pp. 1773-1785.
51. DNDC Guideline, (2012), "*User's Guide for the DNDC Model version 9.5*", Institute for the Study of Earth, Oceans and Space University of New Hampshire.
52. Dlugokencky E. J., Houweling S., Bruhwiler L., Masarie K. A., Lang P. M., Miller J. B., and Tans P. P. (2003), "*Atmospheric methane levels off: Temporary pause or a new steady-state*", *Geophys Res Lett*, 30 (19), doi: 10.1029/2003GL018126.
53. Dobberman, A. (2004), "*A critical assessment of the system of rice intensification (SRI)*", *Agricultural Systems*, 79, pp. 261–281.

54. D Signor, C E P Cerri, R. Conant (2013), *N₂O emissions due to nitrogen fertilizer applications in two regions of sugarcane cultivation in Brazil*, Environmental Research Letters, Volume 8, Number 1.
55. Ehhalt D.H., Schmidt U. (1978), “*Sources and sinks of atmospheric methane*”, Pure Appl. Geophys, 116, pp. 452–464.
56. Fageria N.K., Carvalho G.D., Santos A.B., Ferreira E.P.B., Knop A.M. (2011), “*Chemistry of lowland rice soils and nutrient availability*”, Com Soil. Sci. Plant. Anal., 42(16), pp.1913-1933. DOI:10.1080/00103624.2011.591467.
57. Fillery I. R. P, J. R. Simpson, S. K. De Datta (1984), “*Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from flooded rice*”, Soil Science Society of America Journal, 48, pp. 914-920.
58. Food and Agriculture Organization (FAO) of The United Nations (1998), “*Report of the Fifth External Programme and Management Review of International Rice Research Institute (IRRI)*”, Produced by Natural Resources Management and Environment Department, FAO.
59. Franko, U., B. Oelschlägel, S. Schenk (1995), “*Simulation of temperature-, water-and nitrogen dynamics using the model CANDY*”, Ecological Modelling.
60. Freeman M., Robson M., Lilburne L., McCallum-Clark M., Cooke A., McNae D., (2016), “*Using Overseer in regulation: Technical resources and guidance for the appropriate and consistent use of Overseer by regional councils*”, Report prepared by Freeman Environmental Ltd for the Overseer Guidance Project Board, Conference: Fertiliser and Lime Research Centre, at: Massey University, Palmerston North, New Zealand, Volume: Implementing Sustainable Nutrient Management Strategies in Agriculture, Occasional Report No. 19.
61. Fumoto T., Yanagihara T., Saito T., Yagi K. (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.

62. Giltrap, Donna. L., Changsheng Li, and Surinder Saggar (2010), “*DNDC: A process-based model of greenhouse gas fluxes from agricultural soils*”, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 136, (3,4), pp. 292–300.
63. G. L. Hutchinson, A. R. Mosier (1981), *Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous Oxide Fluxes*, *Soil Science Society of America Journal*, 45, (2), pp. 311-316.
64. Hansen S., Jensen H. E., Nielsen N. E., Svendsen H. (1991), Simulation of nitrogen dynamics and biomass production in winter wheat using the Danish simulation model DAISY, *Crop Adaptation to Climate Change*, 27, pp. 245-259.
65. Harmanjit S. Dhadli, Thomas A. Black (2016), *N₂O emissions in a long-term soil fertility experiment under maize–wheat cropping system in Northern India*, *Geoderma Regional*, 7 (2), pp. 102-109.
66. Hou, A., Chen, G., Wang, Z., Cleemput, O., Patrick, W. (2000), “*Methane and Nitrous Oxide emissions from rice field in relation to soil redox and microbiological processes*”, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64 (6), pp. 2180-2186.
67. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1997), *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual*, vol. 3. Bracknell, UK
68. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2000), *Emissions Scenarios*.
69. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2001), “*Climate Change 2001: A Scientific Basis*”, Cambridge University Press, Cambridge, U.K, pp. 944
70. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006), “*Guidelines for national greenhouse gas inventories*”, vol. 4. Hayama, Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
71. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007), “*Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis*”, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)

Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

72. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013), “*Climate Change 2013: The Physical Science Basic, Summary for Policymakers, Technical Summary and Frequently Asked Questions*”.
73. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014), “*The Synthesis Report Summary for Policymakers (SYR) of the IPCC*”, Fifth Assessment Report (AR5) provides an overview of the state of knowledge concerning the science of climate change, emphasizing new results since the publication of the IPCC Fourth Assessment Report (AR4) in 2007.
74. Islam M. R., Siddique I. A., Ali M. H., Islam M. R., Mahmud A. A (2019), “*Rice genotypic variation in methane emission patterns under irrigated culture*”, *Fundamental and Applied Agriculture*, 4 (1) pp. 693-703, doi: 10.5455/faa.10569.80.
75. Khalil, K., Mary, B., & Renault, P. (2004), “*Nitrous oxide production by nitrification and denitrification in soil aggregates as affected by O₂ concentration*”, *Soil Biol, Biochem*, 36, pp. 687-699.
76. Kirk, G. (2004), “*The Biogeochemistry of Submerged Soils*”, National Soil Resources Institute, Cranfield University, UK and formerly International Rice Research Institute, Philippines, ISBN 0-470-86301-3.
77. Koyama (1963), “*Gaseous Metabolism in Lake Sediment and Paddy Soils and the Production of Atmospheric Methane and Hydrogen*”, *Journal of Geophys Research*, 68 (13), pp.3971.
78. Li C., Frolking S., Frolking T. A. (1992), “*A model of Nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: Model structure and sensitivity*”, *Geophysical Research*, (97), pp. 9759-9776.
79. Li C., Frolking S., Harris R. (1994), “*Modelling carbon biogeochemistry in agricultural soils*”, *Global Biogeochemical Cycles*, (8), pp.237-254.

80. Li C., Narayanan V., Harriss R. (1996), "*Model estimate of N₂O emissions from agricultural lands in the United States*", *Global Bio-geophysical Cycles*, (10), pp.297-306.
81. Li C., Frolking S., Crocker G. J., Grace P. R., Klir J., Korchens M., Poulton P. R. (1997), "*Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using the DNDC model*", *Geoderma*, (81), pp. 45-60.
82. Li C., (2000), "*Modelling trace gas emissions from agricultural ecosystems*", *Nutrients Cycling in Agro-ecosystems* (58), pp.259-276.
83. Li C., Mosier A., Wassmann R., Cai Z., Zheng X., Huang Y., Tsuruta H., Boonjawat J., Lantin R. (2004), "*Modeling greenhouse gas emissions from rice-based production systems: sensitivity and upscaling*", *Global Biogeochemical Cycles*, (18), pp. 1043.
84. Lindau C.W., Bollich P.K., DeLaune R.D., Patrick W.H.Jr.& Law V.J. (1991), "*Effect of Urea Fertilizer and Environmental Factors on CH₄ Emissions from a Louisiana*", *U.S.A. Rice field Plant Soil*, pp.195-203.
85. Lu W.F., Chen W., Duan B.W., Guo W.M., Lu Y., Lantin R.S., Wassmann R., Neue H.U. (2000), "*Methane emissions and mitigation options in irrigated rice fields in southeast China*", *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, (58), pp.65-73.
86. Ma B.L., Liang B. C., Dilip K. Biswas, Malcolm J. Morrison, Neil B. McLaughlin (2012), "*The carbon footprint of maize production as affected by nitrogen and maize-legume rotations*", *Journal of Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 94 (1), pp. 15-31.
87. Majumdar D. (2009), "*Nitrous Oxide Emissions from Rice Fields: Past, Present and Future*", *Nova Science Publishers, Incorporated*, ISBN, 1614703795, 9781614703792.
88. Maunder W. J. (1992), "*Dictionary of Global Climate Change*", Chapman & Hall, Inc, New York, USA.
89. MONRE (2017), "*The second biennial updated report of Vietnam to the United Nations framework on climate change*", Hanoi: Vietnam publishing house of natural resources, environment and cartography.

90. Moore T., Dalva M. (1993), "*The influence of temperature and water table position on carbon dioxide and methane emissions from laboratory columns of peatland soils*", *European journal of Soil science*, 44 (4), pp. 651-664.
91. Mosier A., Kroeze C., Nevison convention, C., Oenema, O., Seitzinger, S., & Cleemput, O. (1998), "*Closing the global N₂O budget: Nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle*", *Nutrient Cycling Agroecosystems* (52), pp. 225-248.
92. Mosier A., Hutchinson G., (1981), "*Nitrous Oxide Emissions from Cropped Fields*", *Journal of Environmental Quality*, 10 (2), pp.169-173.
93. Nash, J. E. and J.V. Suttcliffe (1970), "*River flow forecasting through conceptual models, Part 1. A disscussion of principles*", *Journal of Hydrology*, 10 (3), pp.282.
94. Neue H. U., Sass R. L. (1994), "*Trace gas emission from rice fields*", In *Global AtmosphericBiopheric Chemistry* (Prinn RG (ed)), Plenum Press, New York, U.S.A, pp. 119-146.
95. Neue H. U., R. Wassmann, H. K. Kludze, Wang Bujun, R. S. Latin (1997), "*Factors and processes controlling methane emissions from rice fields*", *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 49, pp. 111-117.
96. Neville Millar, G. Philip Robertson, Peter R. Grace, Ron J. Gehl, John P. Hoben (2010), Nitrogen fertilizer management for nitrous oxide (N₂O) mitigation in intensive corn (Maize) production: an emissions reduction protocol for US Midwest agriculture, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15 (2), pp. 185-204.
97. Ortiz-Gonzalo Daniel, Andreas de Neergaard, Philippe Vaast, Víctor Suárez-Villanueva, Myles Oelofse, Todd S. Rosenstock (2018), "*Multi-scale measurements show limited soil greenhouse gas emissions in Kenyan smallholder coffee-dairy systems*", *Science of the Total Environment*, 626, pp. 328-339.
98. Pandey A., Van Trinh Mai, Duong Quynh Vu, Thi Phuong Loan Bui, Thi Lan Anh Mai, Lars Stoumann Jensen& Andreas de Neergaard (2014), "*Organic*

- matter and water management strategies to reduce methane and nitrous oxide emissions from rice paddies in Vietnam*”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (196), pp. 137-146.
99. Pathak H., Li C., Wassmann R. (2005), “*Greenhouse gas emissions from Indian rice fields: calibration and upscaling using the DNDC model*”, *Biogeosciences*, (2), pp.113–123.
 100. Patrick J.W.H., Reddy C.N. (1978), “*Chemical changes in rice soils*”, In: *Soils and Rice* (IRRI Ed.)
 101. Paustian K., N. Ravindranath, A. Van Amstel (2006), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
 102. P. Krause et al., (2005), “*Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment*”, *Advances in Geosciences*, pp. 89-99.
 103. Ponnamperna F.N. (1972), “*The chemistry of submerged soils*”, *Adv. Agron*, (24), pp. 29-96
 104. Rath A.K., Ramakrishnan B., Sethunathan N. (2002), “*Temperature dependence of methane production in tropical rice soils*”, *Geomicrobiology Journal*, (19), pp. 581-592.
 105. Rolston DE. (1986), “*Gas diffusivity. Pp 1089-1102 in Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods 2nd Ed. ed. A Klute*”, American Society of Agronomy Inc. Soil Science Society of America Inc, Madison, WI.
 106. Sanger A., Geisseler D., Ludwig D. (2011), “*Effects of moisture and temperature on greenhouse gas emissions and C and N leaching losses in soil treated with biogas slurry*”, *Biol. Fertil. Soils*, DOI 10.1007/s00374-010-0528-y.
 107. Salas W. (2013), “*C-AGG DNDC Modeling Update: Applied Geosolutions and DNDC Applications*”, *Research and Training*,
http://cagg.org/cm_vault/files/docs/Salas-C-AGG_March2013.pdf.
 108. Sapkota T. B., Rai M., Singh L.K., Gathala M. K., Jat M. L., Sutaliya J. M., Bijarniya D., Jat M. K., Jat R. K., Parihar C. M., Kapoor P., Jat H. S., Dadarwal

- R. S., Sharma P. C., Sharma D. K (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.*
109. Sass R. L., Fisher F. M., Harcombe P. A., Tumer F. T. (1990), “Methane production and emission in a Texas rice field”, *Global Biogeochem Cycles*, (4), pp. 7-68.
110. Schutz H., A. Holzapfel-Pschorn, R. Conrad, H. Rennenberg and W. Seiler (1989), “A three-year continuous record on the influence of daytime season and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy field”, *Journal of Geophysical Research*, 94, pp. 16405-16416.
111. Schutz, H., W. Seiler, and R. Conrad (1989), “Processes involved in formation and emission of methane in rice paddies”, *Biogeochem*, 7, pp. 33-53.
112. Seiler, W., A. Holzapfel-Pschorn, R. Conrad and D. Scharfe (1984), “Methane emission from rice paddies”, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 1, pp. 241-268.
113. Sigg, L. (2000), “Redox Potential Measurements in Natural Waters: Significant Concepts and Problems. In: *Redox: Fundamentals, Processes and Applications. Berlin*”, Germany: Springer.
114. Skiba S., Smith K.A., (2000), “The control of nitrous oxide emissions from agricultural and natural soils”, *Chemosphere- Global Change Science*, 2 (3-4), pp. 379-386.
115. Smith K.A, Conen F (2004), “Impacts of land management on fluxes of trace greenhouse gases”, *Soil Use Manage*, 20, pp. 255-263, doi:10.1079/SUM2004238
116. Smith W. N, Grant B.B, Desjardins R.L, Worth D., Li C., Boles S. H., Huffman E.C., “A tool to link agricultural activity data with the DNDC model to estimate GHG emission factors in Canada”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136, pp. 301-309.
117. Soyez K., Grab H. (2008), “Climate Change and Technological Options Basic facts, Evaluation and Practical Solutions”, Springer Wien NewYork, 1st edition, Jan 2008. ISBN: 9783211782026.

118. Shaffer M.J., L. Ma, S. Hansen (2001), *Modeling carbon and nitrogen dynamics for soil management*.
119. Tariq, A., Quynh Duong Vu, Lars Stoumann Jensen, Stephane de Tourdonnet, Bjoern Ole Sander, Reiner Wassmann, Trinh Van Mai, Andreas de Neergaard, 2017, “*Mitigating CH₄ and N₂O emissions from intensive rice production systems in northern Vietnam: Efficiency of drainage patterns in combination with rice residue incorporation*”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 249, pp. 101-111, <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.011>.
120. Torbick N., Salas W., Chowdhury D., Ingraham P., & Mai V.T. (2017), “*Mapping rice greenhouse gas emissions in the Red River Delta, Vietnam*”, *Carbon Management*, (8), Doi: 10.1080/17583004.2016.1275816.
121. Van Trinh Mai, Mehreteab Tesfai, Andrew Borrell, Udaya Sekhar Nagothu, Thi Phuong Loan Bui, Duong Quynh Vu & Le Quoc Thanh (2017), “*Effect of organic, inorganic and slowrelease urea fertilisers on CH₄ and N₂O emissions from rice paddy*”, *Paddy Water Environment*, 15 (2), pp. 317-330, doi: 10.1007/s10333-016- 0551-1.
122. US-EPA (2012), “*Global Anthropogenic Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions 1990-2030*”, Office of Atmospheric Programs Climate Change Division U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C, US.
<http://www.epa.gov/climatechange/EPAactivities/economics/nonco2projections.html>
123. Varner R. K., Keller M, Robertson J. R. (2002), “*Experimentally induced root mortality increased nitrous oxide emission from tropical soil*”, *Geophysical Research Letters*, 29, pp. 1-7.
124. Vu Manh Quyet (2006), “*Modeling Methane and Nitrous oxide Emissions from Cropping Systems in Vietnam: Regional Case Studies and Upscaling for Rice*”, Master Thesis, University of Bonn.
125. Wang Z., Lindau C.W., Delaune R. D., Patrick Jr. W. H. (1993), “*Methane emission and entrapment in flooded rice soils as affected by soil properties*”, *Biol Fertil Soils*, (16), pp. 163-168.
126. Wassmann R., Neue H.U., Bueno C., Lantin R. S., Alberto M.R.C., Buendia L.V., Bronson K., Papen H. & Rennenberg H. (1998), “*Methane production*

- capacity of different rice soils derived from inherent and exogenous substrates*", *Plant Soil*, 203, pp. 227-237.
127. Wassmann R., Lantin R. S., Neue H. U., Buendia L. V., Corton T. M., Lu Y. (2000), "Characterization of methane emissions from rice fields in Asia, III. Mitigation options and future research needs", *Nutr. Cycl. Agroecosyst*, (58), pp. 23-36.
 128. Wrage N., Velthof G. L., Beusichem M.L., Oenema O. (2001), "Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide", *Soil Biology and Biochemistry*, 33 (12-13), pp. 1723-1732.
 129. Xu Hua, Xing Guangxi, Zu-Cong Cai, Haruo Tsuruta (1997), "Nitrous oxide emissions from three rice paddy fields in China", *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 49, pp. 23-28.
 130. Zhang Y., Haishan Niu, Shiping Wang, Kun Xu, Rui Wang (2016), "Application of the DNDC model to estimate N₂O emissions under different types of irrigation in vineyards in Ningxia, China", *Agricultural Water Management*, 163, pp. 295-304.
 131. Yamane I., Sato K. (1967), "Effect of temperature on the decomposition of organic substances in flooded soil", *Soil Science and Plant Nutrition*, 13 (4), pp. 94-100.
 132. Yan, X., H. Akimoto, and T. Ohara (2003), "Estimation of nitrous oxide, nitric oxide and ammonia emissions from croplands in East, Southeast and South Asia", *Global Change Biol*, 9, pp. 1-17.
 133. Yagi K., Tsuruta H., Kanda K., Minami K. (1996), "Effect of water management on methane emission from Japanese rice paddy field: automated methane monitoring", *Global Biogeochem Cycles*, (10), pp. 255-267.
 134. Yu K., Patrick Jr. W. H (2004), "Redox window with minimum global warming potential contribution from rice soils", *Soil Sci Soc Am J* (68), pp. 2086-2091.
 135. Zhang Y., Wang Y.Y., Su S.L., Li C. (2011), "Quantifying methane emissions from rice paddies in Northeast China by integrating remote sensing mapping with a biogeochemical model", *Biogeosciences*, 8 (5), pp.1225-1235.
 136. Zheng Zhao, Linkui Cao, Jia Deng, Zhimin Sha, Changbin Chu, Deping Zhou, Shuhang Wu, Weiguang Lv (2020), "Modeling CH₄ and N₂O emission patterns

and mitigation potential from paddy fields in Shanghai, China with the DNDC model”, Agricultural Systems, 178.

137. Zou J.W., Huang Y., Zong L.G., Zheng X.H., Wang Y.S. (2004), “*Carbon dioxide, nitrous oxide and methane emissions from a rice-winter wheat rotation system as affected by crop residue incorporation and temperature*”, *Adv. Atmos. Sci.*, (21), pp. 691–698.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1: DỮ LIỆU KHÍ TƯỢNG ĐẦU MÔ HÌNH DNDC

PHỤ LỤC 2: XỬ LÝ DỮ LIỆU ĐẦU VÀO VÀ CÁC BƯỚC CHẠY MÔ HÌNH

A. CÁC DỮ LIỆU KHÍ TƯỢNG

B. CÁC DỮ LIỆU THỔ NHƯỠNG

C. CÁC DỮ LIỆU CANH TÁC

D. CÁC BƯỚC CHẠY MÔ HÌNH DNDC

PHỤ LỤC 3: MỘT SỐ HÌNH ẢNH TRONG QUÁ TRÌNH TÁC GIẢ THỰC
HIỆN LUẬN ÁN

PHỤ LỤC 1
DỮ LIỆU KHÍ TƯỢNG ĐẦU VÀO CHẠY MÔ HÌNH DNDC
SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM BẮC NINH

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Ấm độ (°C)
1	01/01/2010	15,4	11,7		3	0	64
2	01/02/2010	16,3	13,3		4	0	76
3	01/03/2010	15,1	12,9	3,8	7	0	88
4	01/04/2010	12,9	10	0	7	0	79
5	01/05/2010	11,4	8,3	0	5	0	85
6	01/06/2010	13	8,6	0	6	0	80
7	01/07/2010	12,9	9,9	0	5	0	82
8	01/08/2010	13,1	10,2	0,7	5	0	92
9	01/09/2010	14,9	10,9	0	6	0	72
10	01/10/2010	14,9	11,7		5	0,1	62
11	01/11/2010	13	11,4		6	0	63
12	01/12/2010	15,1	10,4	0,1	6	0	72
13	01/13/2010	19,2	8,5	0,2	5	8,1	76
14	01/14/2010	16,7	10,6		3	0	84
15	01/15/2010	15,5	13,5	0,1	3	0	93
16	01/16/2010	17,9	14,7	0	4	0	91
17	01/17/2010	16,9	15,7	1,7	3	0	90
18	01/18/2010	15,7	13,4		5	0	78
19	01/19/2010	15,8	12,6	0	4	0	85
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	16,5	14,3	2,5	4	0	92
3644	12/23/2020	21,2	15,3	1,1	3	0	94
3645	12/24/2020	25,7	18,6	0	4	0,6	88
3646	12/25/2020	27,5	21,1	0	5	5,3	84
3647	12/26/2020	26	17,7	0	6	1	79
3648	12/27/2020	18,3	14,7		5	0	67
3649	12/28/2020	20,8	15,5		5	1,7	67
3650	12/29/2020	24	16		3	6,8	76
3651	12/30/2020	24,3	18,7		4	2,1	80
3652	12/31/2020	22,8	18,8	0	4	0	81

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM HÀ NAM

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Âm độ (°C)
1	01/01/2010	15,8	12,8		4	0	58
2	01/02/2010	17,3	13,8		3	0	76
3	01/03/2010	16,7	13,1	4,3	8	0	90
4	01/04/2010	13,4	10,4	0,4	6	0	88
5	01/05/2010	11	9,3	1,2	7	0	97
6	01/06/2010	12	9	1,4	4	0	90
7	01/07/2010	12,1	10,4	0,8	5	0	92
8	01/08/2010	12,2	10,9	0,6	5	0	98
9	01/09/2010	14,5	10,9	1,7	8	0	82
10	01/10/2010	14,9	12,2		4	0	66
11	01/11/2010	13,4	11,9		7	0	66
12	01/12/2010	14,7	10,9		9	0	72
13	01/13/2010	17,7	10,6		4	5,4	79
14	01/14/2010	16	12,8		4	0	86
15	01/15/2010	15,6	14,5		5	0	93
16	01/16/2010	17,7	15	0,4	4	0	95
17	01/17/2010	17,6	15,2	9,3	6	0	97
18	01/18/2010	15,7	14		6	0	82
19	01/19/2010	16,4	13,4		4	0	88
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	17,8	16,1	1,5	4	0	96
3644	12/23/2020	21,5	16,8	0,6	3	0,1	94
3645	12/24/2020	27,5	19,6		3	3,7	88
3646	12/25/2020	27,9	20,9		4	6,7	83
3647	12/26/2020	25,4	18,6	11,7	4	0,8	90
3648	12/27/2020	18,6	15,1	0,1	6	0	74
3649	12/28/2020	21,4	15,3		4	2,2	68
3650	12/29/2020	24	16,4		4	7	78
3651	12/30/2020	24,1	18,5	0,1	4	3,4	79
3652	12/31/2020	21,5	19,5	0,3	4	0	84

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM HẢI DƯƠNG

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Ấm độ (°C)
1	01/01/2010	16	11,5		3	0	64
2	01/02/2010	17,1	13,5		3	0	72
3	01/03/2010	15,9	12	1,5	6	0	90
4	01/04/2010	13,2	10	0	5	0	82
5	01/05/2010	11,2	8,5	1	4	0	95
6	01/06/2010	12,1	8,8	0,4	6	0	84
7	01/07/2010	12,6	9,8	0,1	4	0	89
8	01/08/2010	12,7	10,3	0,5	5	0	95
9	01/09/2010	14,2	10,8	0,1	5	0	74
10	01/10/2010	14,6	11,4		4	0	59
11	01/11/2010	13,1	11		5	0	66
12	01/12/2010	14,6	10,4	0,1	6	0,2	74
13	01/13/2010	19,4	9,2	0	4	8	72
14	01/14/2010	17,7	11,6		3	0	83
15	01/15/2010	16,3	14	0	4	0	92
16	01/16/2010	19,3	14,8	0	4	0	89
17	01/17/2010	18,5	16,3	0	5	0	88
18	01/18/2010	16,3	13,9		4	0	76
19	01/19/2010	16	12,2	0	3	0	87
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	16,4	14,8	2,1	5	0	98
3644	12/23/2020	22,4	16	0,1	4	0,5	96
3645	12/24/2020	26,6	19,8		6	5	92
3646	12/25/2020	27,1	20,4		6	6,5	92
3647	12/26/2020	26	19,2		6	1,2	86
3648	12/27/2020	19,3	15,7		6	0	73
3649	12/28/2020	22,3	15,3		5	2,9	75
3650	12/29/2020	24,4	16,2		4	8,1	81
3651	12/30/2020	24,8	18		4	2,7	86
3652	12/31/2020	23,4	19	0	5	0	86

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM HƯNG YÊN

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Âm độ (°C)
1	01/01/2010	15,9	12,6		5	0	54
2	01/02/2010	17,5	13,7		5	0	68
3	01/03/2010	16,1	12,9	1,4	6	0	89
4	01/04/2010	13,2	9,6		6	0	86
5	01/05/2010	10,6	8,5	0,4	4	0	97
6	01/06/2010	12,2	8,6	0,8	5	0	84
7	01/07/2010	12	9,8	0,5	4	0	94
8	01/08/2010	12	10,5	0,1	4	0	98
9	01/09/2010	14	10,8	0,7	6	0,2	75
10	01/10/2010	15	11,9		6	0,2	56
11	01/11/2010	13,2	11,4		6	0	62
12	01/12/2010	14,5	10,5		5	0	72
13	01/13/2010	18	9,7		5	7,6	77
14	01/14/2010	17	12,8		4	0	85
15	01/15/2010	15,7	14,3	0	4	0	96
16	01/16/2010	18,2	14,9	0	3	0	94
17	01/17/2010	17,4	16,2	0	6	0	88
18	01/18/2010	16,3	13,6		5	0	76
19	01/19/2010	16	12,3		3	0	88
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	16,6	15,6	1,6	5	0	98
3644	12/23/2020	21	16,3	0,4	5	0	96
3645	12/24/2020	26,6	19,7		5	3,2	94
3646	12/25/2020	27,4	21,3		7	8,4	84
3647	12/26/2020	26	19,2		5	2	86
3648	12/27/2020	19,2	15,7		6	0	73
3649	12/28/2020	21,2	15,4		5	2,2	75
3650	12/29/2020	24,1	16,3		5	7,6	82
3651	12/30/2020	23,3	18,5		5	2,2	86
3652	12/31/2020	21,2	19,2	0,1	5	0	92

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM LẮNG

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Ấm độ (°C)
1	01/01/2010	15,6	12,8		3	0	56
2	01/02/2010	16,2	14		2	0	69
3	01/03/2010	15,3	13,4	2,7	5	0	91
4	01/04/2010	13,6	10,5	0	3	0	85
5	01/05/2010	10,7	8,7	0,6	3	0	93
6	01/06/2010	12,9	9	0,9	4	0	83
7	01/07/2010	12,5	10,1	0,3	3	0	87
8	01/08/2010	12,4	10,5	1,1	3	0	92
9	01/09/2010	15,2	11,2	0,2	6	0	76
10	01/10/2010	16	12,5		2	0,4	58
11	01/11/2010	14	11,9		5	0	61
12	01/12/2010	15,4	11,3	0,1	5	0	70
13	01/13/2010	18,1	9,8	0	3	6,2	73
14	01/14/2010	16,6	12,9		2	0	83
15	01/15/2010	15,5	13,9	0,6	2	0	95
16	01/16/2010	18	14,8	0,6	3	0	93
17	01/17/2010	17,5	15,7	4,8	6	0	91
18	01/18/2010	15,7	13,7	0	4	0	78
19	01/19/2010	16,9	13,1	0	4	0	84
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	17	15,4	1,3	5	0	90
3644	12/23/2020	20,7	15,5	1,1	2	0	94
3645	12/24/2020	26,7	19,5		3	2,1	88
3646	12/25/2020	28,3	21,4		5	6,8	78
3647	12/26/2020	26,4	19,4	0,1	6	0	80
3648	12/27/2020	19,4	16	0,2	4	0	64
3649	12/28/2020	19,5	16		3	0	64
3650	12/29/2020	23,5	16,4		3	4,8	74
3651	12/30/2020	23,6	18,2		3	1,7	76
3652	12/31/2020	22,9	20,1	0	2	0	77

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM NAM ĐỊNH

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Âm độ (°C)
1	01/01/2010	16,3	12,5	-	4	0	62
2	01/02/2010	18,2	14,2	-	2	0	71
3	01/03/2010	16,6	12,3	3,10	5	0	92
4	01/04/2010	13	9,8	0,20	4	0	89
5	01/05/2010	10,6	9	0,90	4	0	98
6	01/06/2010	12	8,5	1,20	6	0	89
7	01/07/2010	11,8	10	1,00	4	0	97
8	01/08/2010	12,3	10,6	0,80	5	0	99
9	01/09/2010	14	10,6	0,60	6	0	82
10	01/10/2010	14,5	11,8	-	4	0,2	66
11	01/11/2010	13	11,4	-	5	0	70
12	01/12/2010	14,3	9,5	-	6	0	74
13	01/13/2010	18,6	9,4	-	5	7,1	80
14	01/14/2010	17,3	12,7	-	3	0	87
15	01/15/2010	16,1	14,4	0,10	4	0	94
16	01/16/2010	18,5	15	0,10	3	0	92
17	01/17/2010	18,4	16,2	0,20	4	0	93
18	01/18/2010	16,2	13,7	-	4	0	80
19	01/19/2010	16	12,7	-	3	0	90
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	17,6	16,1	0,2	4	0	97
3644	12/23/2020	26,5	16,7	0,1	4	2,3	89
3645	12/24/2020	27,7	19,9	0	5	4,5	89
3646	12/25/2020	27,6	21,1		5	8,6	86
3647	12/26/2020	26,5	20,6	0	5	1,6	86
3648	12/27/2020	21,6	16,3	0,1	4	0	70
3649	12/28/2020	22,5	15,1		4	1,5	69
3650	12/29/2020	25,7	16,1		4	8,5	78
3651	12/30/2020	24,3	18,6		4	1,3	81
3652	12/31/2020	21,5	19,1	0,1	4	0	89

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM NINH BÌNH

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Âm độ (°C)
1	01/01/2010	16,2	12,6		3	0	54
2	01/02/2010	18,2	14,2		3	0	70
3	01/03/2010	16,8	12,5	3,7	4	0	91
4	01/04/2010	13,4	10,5	0,4	5	0	89
5	01/05/2010	11	9,6	0,5	6	0	96
6	01/06/2010	12	9,1	0,8	5	0	89
7	01/07/2010	12,4	10,1	0,2	4	0	92
8	01/08/2010	13	11,1	0,5	4	0	96
9	01/09/2010	14,3	10,7	0,6	6	0	81
10	01/10/2010	14,9	12,1		5	0	64
11	01/11/2010	13,4	11,6		5	0	65
12	01/12/2010	14,6	10,7		5	0	69
13	01/13/2010	18	10,9		3	4,7	76
14	01/14/2010	17,3	13,3		4	0	82
15	01/15/2010	16,1	14,5	0,4	3	0	92
16	01/16/2010	18,3	15	0,1	4	0	93
17	01/17/2010	17,8	15,7	2,4	3	0	95
18	01/18/2010	16,3	14,1		4	0	80
19	01/19/2010	17,3	13,6		3	0	86
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	17,6	16,7	0,2	3	0	97
3644	12/23/2020	27,4	17	0	5	5,6	88
3645	12/24/2020	27,6	19,7		5	5,2	88
3646	12/25/2020	27,4	20,6		6	9,2	84
3647	12/26/2020	25	21	0,2	4	0,7	89
3648	12/27/2020	21,6	15,4	1,4	6	0	79
3649	12/28/2020	22,6	15,5		4	2,9	70
3650	12/29/2020	25,5	16,7		4	7	76
3651	12/30/2020	24,1	18,8	0	4	1,2	79
3652	12/31/2020	21,3	19,5	0,6	4	0	92

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM PHÙ LIỄN

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Âm độ (°C)
1	01/01/2010	15,9	10,9		3	0	67
2	01/02/2010	17	13		4	0	75
3	01/03/2010	15,6	12,5	5,9	5	0	93
4	01/04/2010	13,7	10,4	0,5	4	0	91
5	01/05/2010	12,1	10,4	1,2	4	0	98
6	01/06/2010	11,6	10	1,4	5	0	96
7	01/07/2010	12,6	10,5	0,5	4	0	98
8	01/08/2010	14,2	11,5	0,9	5	0	98
9	01/09/2010	13,3	10,6	0,2	5	0	86
10	01/10/2010	14,4	10,8		3	0	76
11	01/11/2010	13	10,6		4	0	78
12	01/12/2010	14,5	9,2	0	5	0	84
13	01/13/2010	18,3	8,9		5	9	78
14	01/14/2010	18,4	12,5		5	0	80
15	01/15/2010	16,2	14		5	0	91
16	01/16/2010	20	14,5		4	0	90
17	01/17/2010	21,1	16,8		5	0	86
18	01/18/2010	16,8	14,1		5	0	81
19	01/19/2010	16,2	13,4		4	0	90
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	18	16,5	0,1	3	0	99
3644	12/23/2020	24	17,3	0,2	4	2	96
3645	12/24/2020	25,5	19,2		4	3	94
3646	12/25/2020	26,2	19,8	0	4	5,7	94
3647	12/26/2020	25,5	19,4		5	4,1	92
3648	12/27/2020	19,4	15,7	0	5	0,1	82
3649	12/28/2020	24	15,2		4	4,5	80
3650	12/29/2020	25,3	15,5		6	6,2	83
3651	12/30/2020	25	17,7		3	3,4	89
3652	12/31/2020	21,6	18,6	0,2	5	0	90

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM SƠN TÂY

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Âm độ (°C)
1	01/01/2010	15	12		1	0	69
2	01/02/2010	15,5	12,7		2	0	80
3	01/03/2010	14,6	13	1,4	1	0	92
4	01/04/2010	13,6	10,3		1	0	86
5	01/05/2010	10,7	9,3	2,2	1	0	98
6	01/06/2010	12,5	9,1	1,5	1	0	93
7	01/07/2010	12,9	10,4	0,2	1	0	91
8	01/08/2010	12,4	10,5	2,2	2	0	96
9	01/09/2010	13,6	11	1,3	2	0	92
10	01/10/2010	15,5	12		1	0	77
11	01/11/2010	13,4	11,5		1	0	74
12	01/12/2010	14,9	10,6	0,5	2	0	84
13	01/13/2010	17	10		4	0,2	86
14	01/14/2010	15,7	13		1	0	87
15	01/15/2010	16	13,4	0,5	1	0	95
16	01/16/2010	17,5	14,6	0,4	1	0	97
17	01/17/2010	17	15,6	2,4	4	0	93
18	01/18/2010	15,8	13,8		2	0	87
19	01/19/2010	19,1	13		1	0	84
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	17,1	15,9	2	2	0	94
3644	12/23/2020	20,2	15,5	0,1	2	0	94
3645	12/24/2020	24	18,8	0,1	2	0,9	90
3646	12/25/2020	27,5	20,9		3	4,4	82
3647	12/26/2020	25,5	18,6	2,3	5	1,4	86
3648	12/27/2020	18,6	15	0,2	3	0	73
3649	12/28/2020	18,4	15,3		2	0	74
3650	12/29/2020	22,6	15		2	6,1	76
3651	12/30/2020	23,5	17,7		3	2,2	80
3652	12/31/2020	22,1	19,4	0,1	2	0	84

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM TAM ĐẢO

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Âm độ (°C)
1	01/01/2010	7,6	5,2		4	0	80
2	01/02/2010	11	7,2	0,3	4	0	99
3	01/03/2010	12,4	7,1	2,7	11	0	100
4	01/04/2010	8,5	6,5	0,6	6	0	100
5	01/05/2010	8,7	7,6	0,9	4	0	100
6	01/06/2010	8,4	6,2	1,4	2	0	100
7	01/07/2010	9	6,7	0,5	4	0	100
8	01/08/2010	9,7	7,5	1,5	4	0	100
9	01/09/2010	7,6	4,5	1,5	12	0	92
10	01/10/2010	7,7	5,4	0,1	11	0	72
11	01/11/2010	6,2	5		5	0	86
12	01/12/2010	8,4	4,1	0,5	11	0,2	93
13	01/13/2010	9,5	5,7	0,1	3	2,5	97
14	01/14/2010	11,2	7,9		6	0	96
15	01/15/2010	13	10,3	1,5	7	0	100
16	01/16/2010	13,3	12	0,4	7	0	100
17	01/17/2010	13,3	9	1,7	11	0	100
18	01/18/2010	9,8	8	0,8	11	0	100
19	01/19/2010	11,4	8,7	0,1	6	0	99
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	15,6	14,6	2,4	4	0	96
3644	12/23/2020	16	14,6	3,4	4	0	97
3645	12/24/2020	17,8	15,6	0,2	5	1,2	98
3646	12/25/2020	18,1	16,7	0,7	6	0,7	97
3647	12/26/2020	18	13,4	4,1	11	0	95
3648	12/27/2020	13,4	9,7	0,3	11	0	88
3649	12/28/2020	13,8	9,6	0,1	4	0	93
3650	12/29/2020	17	12,8		4	2,9	93
3651	12/30/2020	16,4	13,9		4	0	96
3652	12/31/2020	16,7	15,3		8	0	86

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM THÁI BÌNH

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Ấm độ (°C)
1	01/01/2010	16,6	11,6		4	0	66
2	01/02/2010	18,1	13,6		3	0	75
3	01/03/2010	17	12,2	0,6	8	0	92
4	01/04/2010	13,7	10	0	5	0	90
5	01/05/2010	11,1	8,8	0,1	5	0	98
6	01/06/2010	11,9	8,8	1,3	7	0	90
7	01/07/2010	12	10,4	0,7	5	0	96
8	01/08/2010	13,2	10,7	0,5	5	0	96
9	01/09/2010	13	10,5	0,6	7	0	86
10	01/10/2010	14,7	11,4		5	0	67
11	01/11/2010	13	10,9		7	0	72
12	01/12/2010	14,2	8,9		9	0	80
13	01/13/2010	18,7	9,7		6	8	76
14	01/14/2010	18	12		3	0	86
15	01/15/2010	16,2	14,5	0	5	0	92
16	01/16/2010	19,2	15,2	0	5	0	92
17	01/17/2010	20	16,7	1	6	0	91
18	01/18/2010	17	13,5		5	0	82
19	01/19/2010	15,9	13		5	0	93
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	18,1	16,3	0,1	3	0	96
3644	12/23/2020	26,7	17,4		4	4,4	90
3645	12/24/2020	25,5	20		4	1,8	91
3646	12/25/2020	27,2	20,6		9	7,3	86
3647	12/26/2020	25,4	19,8	0	8	3,3	87
3648	12/27/2020	21,2	16,1		7	0	67
3649	12/28/2020	22,8	14,8		6	2,3	70
3650	12/29/2020	26,1	15,7		5	7	76
3651	12/30/2020	25	17,6		5	1,5	84
3652	12/31/2020	21,6	19		3	0	88

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG TRẠM VĨNH YÊN

STT	Tháng/ngày/năm	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Lượng mưa (mm)	Tốc độ gió (m/s)	Số giờ nắng (Giờ)	Ấm độ (°C)
1	01/01/2010	15,1	12,5		3	0	64
2	01/02/2010	15,8	13,4		3	0	75
3	01/03/2010	15,2	13,5	2,9	4	0	90
4	01/04/2010	14	11		5	0	82
5	01/05/2010	12,2	9,2	0,5	5	0	90
6	01/06/2010	12,2	9,7	1	4	0	92
7	01/07/2010	13	11	0,2	3	0	86
8	01/08/2010	13	11,2	2,5	3	0	95
9	01/09/2010	14	11,9	1,8	5	0	88
10	01/10/2010	15,8	12,4		3	0	74
11	01/11/2010	14	12		4	0	66
12	01/12/2010	15,3	11,2	0,1	5	0	82
13	01/13/2010	17,5	9,4	0,1	5	4	82
14	01/14/2010	16,2	11		3	0	84
15	01/15/2010	15,6	13,8	0,4	3	0	95
16	01/16/2010	17,9	15	1	3	0	92
17	01/17/2010	17,3	16,2	4,6	6	0	89
18	01/18/2010	15,1	12,5		3	0	64
19	01/19/2010	15,8	13,4		3	0	75
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
3643	12/22/2020	17,8	15,6	3	3	0	92
3644	12/23/2020	21,3	16,1	0,4	3	0	94
3645	12/24/2020	25	19,2	0,2	2	0,5	92
3646	12/25/2020	28,4	21,3		5	3,3	84
3647	12/26/2020	25,4	19,6	0,7	7	1,3	80
3648	12/27/2020	19,6	16,4		6	0	78
3649	12/28/2020	18,6	16		3	0	80
3650	12/29/2020	23,4	15,6		4	5,8	82
3651	12/30/2020	23,6	17,8		4	2,8	86
3652	12/31/2020	22,9	19,5		3	0	88

PHỤ LỤC 2

XỬ LÝ DỮ LIỆU ĐẦU VÀO VÀ CÁC BƯỚC CHẠY MÔ HÌNH DNDC

A, CÁC DỮ LIỆU KHÍ TƯỢNG

Các dữ liệu khí tượng theo ngày trong khoảng thời gian từ năm 2013-2019, về nhiệt độ tối cao, nhiệt độ tối thấp (đơn vị: độ C), lượng mưa (đơn vị: mm), tốc độ gió (đơn vị: m/s), độ ẩm (đơn vị: %) và số giờ nắng trong ngày (đơn vị: giờ) được xử lý đúng theo định dạng cấu trúc dữ liệu đầu vào của mô hình, Số giờ nắng trong ngày được tác giả tính toán chuyển sang đơn vị cường độ bức xạ mặt trời (đơn vị: $Mj/m^2/d$), Dữ liệu khí được xử lý, tổng hợp theo từng năm, từng vùng khí tượng và lưu dưới dạng *.txt, Các số liệu được sắp xếp theo từng ngày, thứ tự từ trái qua phải như sau: ngày trong năm, nhiệt độ tối cao (Tmax), nhiệt độ tối thấp (Tmin), lượng mưa (Rainfall), tốc độ gió (Vmax), cường độ bức xạ mặt trời (Rn), độ ẩm (Humidity),

NamDinh2018.txt - Notepad

File	Edit	Format	View	Help		
0-1						
1	20	16.6	0	3	9.5	79
2	21.7	17.6	0.1	3	10.9	92
3	22.2	17.9	0.6	4	10.9	91
4	20.9	18.9	0.2	3	11.3	97
5	21.3	19.6	0	3	11.5	96
6	21.7	18.3	0.1	3	11.2	93
7	22	18.8	0	4	11.6	96
8	22.4	12.4	0.5	5	11.1	97
9	13	9.6	1	4	8.5	74
10	15	11.6	0	5	8.2	64
11	16.5	11.6	0	3	8.3	63
12	19.5	12.6	0	4	7.9	54
13	17.5	13.8	0	4	9.1	70
14	17.5	14.6	0	3	9.8	80
15	20.2	14.9	0	4	10.7	86

Hình 1: Ví dụ về file dữ liệu khí tượng đầu vào mô hình DNDC

B, CÁC DỮ LIỆU THỔ NHƯỠNG

Các dữ liệu về thổ nhưỡng được thu thập và nhập trực tiếp vào mô hình, bao gồm: Độ sâu tầng đất (cm), dung trọng tầng đất mặt (g/cm^3), độ xốp (%), độ ẩm (%), thành phần cấp hạt (%), tổng số mùn, N, P_2O_5 , K_2O (%), độ chua (ldl/100g đất), độ pH, độ dẫn điện,...

The screenshot displays the 'Input Information' window of the DNDC model, with tabs for 'Climate', 'Soil', 'Cropping', and 'Save'. The 'Soil' tab is active, showing various input fields for soil properties.

Land-use: (2) Rice paddy field

Define soil texture profile by specifying:

- top soil (0-10cm) texture: ☒ Heterogeneous profile

Top soil properties:

- Texture: (4) Silt Loam 0.14
- Bulk density: 1.4
- Field capacity (wfps): 0.4
- Clay fraction (0-1): 0.14
- Soil pH: 5.5
- Wilting point (wfps): 0.2
- Conductivity (m/hr): 0.0259
- Porosity (0-1): 0.485

Soil structure:

- Bypass flow rate (0-1): 0
- Depth of water-retention layer(m): 9.99
- Drainage efficiency (0-1): 0.5

Initial soil organic C (SOC) content, partitioning and profile:

- SOC at surface soil (0-10cm) (kg C/kg soil): 0.05
- SOC profile: Re-define ☐
- Depth of top soil with uniform SOC content (m): 0.2
- SOC decrease rate below top soil (0.5 - 5.0): 2

SOC partitioning:

	V.I. litter	Labile litter	Resistant litter	Humads	Humus	Biochar
Fraction	0	0	0.01	0.0638	0.9262	0
C/N	5	25	100	10	10	500

Modify decomposition rates by multiplying a factor for SOC pools:

- Litter: 1
- Humads: 1
- Humus: 1

Initial N concentration at surface soil (mg N/kg):

- nitrate: 0.5
- ammonium: 0.05

Microbial activity index (0-1): 0.75

Slope (0-90 degree): 0

Soil salinity index (0-100): 0

Rain water collection index: 1

Buttons: OK, Cancel, Apply, Help

Hình 2: Ví dụ về file dữ liệu thổ nhưỡng đầu vào mô hình DNDC

C, CÁC DỮ LIỆU CANH TÁC

Các dữ liệu gồm giống lúa; đặc tính sinh lý, sinh hóa của giống lúa; năng suất; ngày gieo cấy, ngày thu hoạch; các kỹ thuật canh tác (làm đất, tưới, bón phân, làm cỏ, phun thuốc bảo vệ thực vật...); các loại phân bón và đặc tính của phân bón,

The screenshot shows the 'Farming Management Practices' window with the 'Crop' tab selected. The 'Crop parameters' section is expanded, displaying various crop characteristics for 'Paddy_rice'.

Grain	Leaf	Stem	Root	
Max. biomass production, kg C/ha/yr	3377.5	2224.2	2224.2	411.9
Biomass fraction	0.41	0.27	0.27	0.05
Biomass C/N ratio	45	85	85	85
Annual N demand, kg N/ha/yr	132.239			
Thermal degree days for maturity	2000			
Water demand, g water/g DM	508			
N fixation index (crop N/N from soil)	1.05			
Optimum temperature (degree C)	25			
Vascularity (0-1)	1			
Tree maturity age (years)	0			
Tree current age (years)	0			
Tree leaf biomass, kg C/ha	Max: 0	Min: 0		

Below the parameters, there is a table showing crop details:

CropID	CropType	Planting	Harvest	Mode	Residue	Yield
1st crop	20	2	5	1	0.500000	3377.58...
2nd crop	20	7	15	1	0.500000	3377.58...

Hình 3: Ví dụ file dữ liệu về mùa vụ, làm đất

The screenshot shows the 'Farming Management Practices' window with the 'Fertilization' tab selected. The 'Manual' fertilization method is chosen, and the 'Applications in this year' is set to 6.

Application details:

- Application date: Month 2, Day 5
- Application depth: surface (selected), injection (unselected), Depth (cm): 0.2
- Applied amount of fertilizers: kg N or P or S/ha, lb N/acre
- Urea: 30, Anhydrous ammonia: 0, Ammonium bicarbonate: 0, Nitrate: 0
- Ammonium: 0, Sulphate: 0, Phosphate: 0

Additional alternative method:

- Controlled release fertilizer: (unselected), Days for total N release: 1
- Using nitrification inhibitor: (unselected), Efficiency (0-1): 0, Effective duration (days): 0
- Using urease inhibitor: (unselected), Efficiency: 0, Effective duration (days): 0

Below the settings, there is a table showing fertilization details:

Fer-ID	Month	Day	Method	Nitrate	NH4HCO3	Urea	NH3	NH4NO3	Sulphate	(NH4)2H...	Ds
1st till	2	5	0	0.000	0.000	30.000	0.000	0.000	0.000	0.000	(
2nd till	3	2	0	0.000	0.000	60.000	0.000	0.000	0.000	0.000	(
3rd till	4	10	0	0.000	0.000	30.000	0.000	0.000	0.000	0.000	(
4th till	7	15	0	0.000	0.000	30.000	0.000	0.000	0.000	0.000	(

Hình 4: Ví dụ file dữ liệu về chế độ bón phân

Farming Management Practices

Crop | Tillage | Fertilization | Manure Amendment | **Irrigation** | Flooding | Film mulch | Grazing or cutting

Irrigation input mode
☒ Based on irrigation events
☐ Based on an irrigation index

Number of irrigation events = 3
 Irrigation index (0-1) = 0

Accept

Input Irrigation date and amount for each irrigation event

Irrigation # 1 <- -> Month = 7 Day = 16
 Amount of water applied (cm) = 20

Method ☒ Furrow ☐ Sprinkler ☐ Drip (0cm) ☐ Drip (15cm)

Irr. ID	Month	Day	Water-cm	Method
1st Irr.	7	16	20.00	0
2nd Irr.	7	31	10.00	0
3rd Irr.	8	15	10.00	0

OK Cancel Apply Help

Hình 5: Ví dụ file dữ liệu về chế độ tưới nước

Farming Management Practices

Crop | Tillage | Fertilization | Manure Amendment | **Irrigation** | Flooding | Film mulch | Grazing or cutting

Water level control method:
☒ Scheduled flood
☐ Rainfed
☐ Observed water-table data
☐ Empirical parameters

Applications 1 Flooding # 1 <- ->
 Start on month 7 day 11 End on month 10 day 18
 Continuous flooding (10 cm) ☒ Alternative wet and dry flooding (-5 - 5 cm) ☐

Water gathering index 1

Select an observed water-table data file
 None0.000000

Initial WT depth, cm* 0 Surface inflow fraction of precipitation 0
 Lowest WT depth ceasing surface outflow, cm* 0 Intensity factor for surface outflow 0
 Lowest WT ceasing ground outflow, cm* 0 Intensity factor for ground outflow 0
 * Positive WT is above ground

N in flood water (mg/L) 0 Water leaking rate (mm/day) 0

Flood ID	Flood-M	Flood-D	Drain-M	Drain-D
1st flood	7	11	10	18

Accept

OK Cancel Apply Help

Hình 6: Ví dụ file dữ liệu về chế độ ngập nước

C, CÁC BƯỚC CHẠY MÔ HÌNH DNDC

Chạy mô hình DNDC bao gồm 04 bước chính:

- Bước 1: Nhập các thông số đầu vào, bao gồm:

- + Nhập các dữ liệu về khí tượng: Vào “Climate” để tạo tên file, nhập tọa độ khu vực nghiên cứu và chọn file khí tượng của khu vực nghiên cứu,
- + Nhập các dữ liệu về đất: Vào “Soil” để chọn loại đất, pH, SOC, NO_3 , NH_4^+ , độ mặn của đất, và một số thông số khác,
- + Nhập các dữ liệu về canh tác lúa: Vào “Cropping” để nhập các số liệu về làm đất, mùa vụ, tưới nước, phân bón, ngập nước,

Input Information

Climate | Soil | Cropping | Save

Site:

Latitude:

Simulated years: Record daily results: ☒

Obtain meteorological data from your database

Select Climate Files: Use 1 year climate file for all years: ☐

N concentration in rainfall (mg N/l or ppm) =

Atmospheric background NH_3 concentration ($\mu\text{g N/m}^3$) (0.06) =

Atmospheric background CO_2 concentration (ppm) (350) =

Annual increase rate of atmospheric CO_2 concentration (ppm/yr) =

Or read annual CO_2 concentrations from a file: ☐

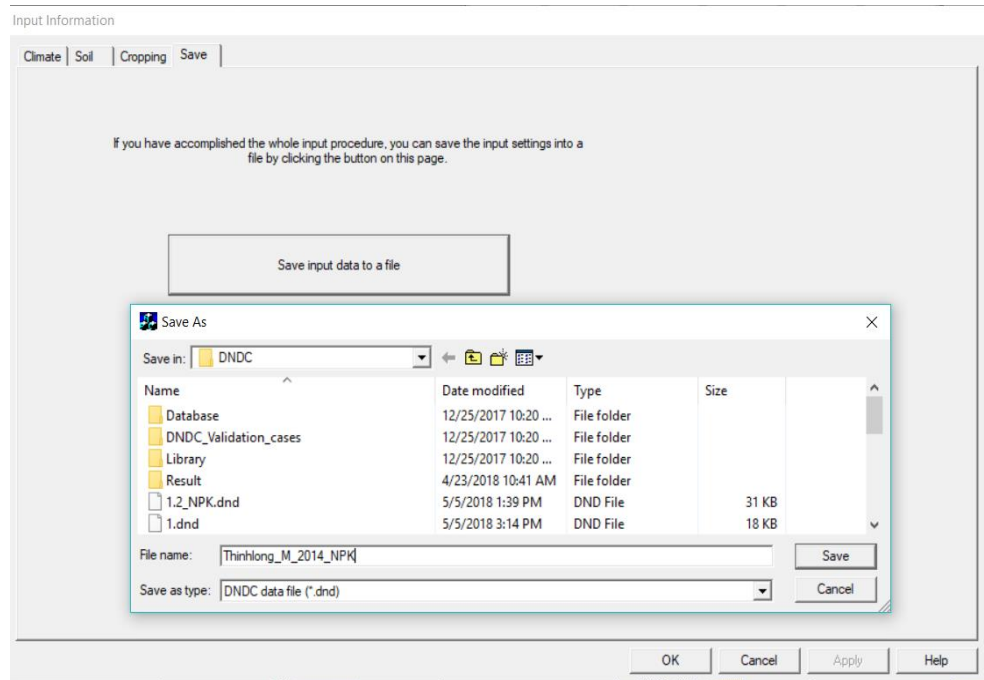
Select a format matching your climate file(s)

- ☐ Jday, MeanT, Prec
- ☐ Jday, MaxT, MinT, Prec
- ☒ Jday, MaxT, MinT, Prec, Radiation
- ☐ Jday, MaxT, MinT, Prec, WindSpeed
- ☐ Jday, MaxT, MinT, Prec, WindSpeed, Radi, Humi
- ☐ Jday, MaxT, MinT, Prec, WindSpeed, Humidity
- ☐ Jday, MaxT, MinT, Prec, Humidity

Prec (cm), Radiation (MJ/m2/day), WindSpeed (m/s), Humidity (%)

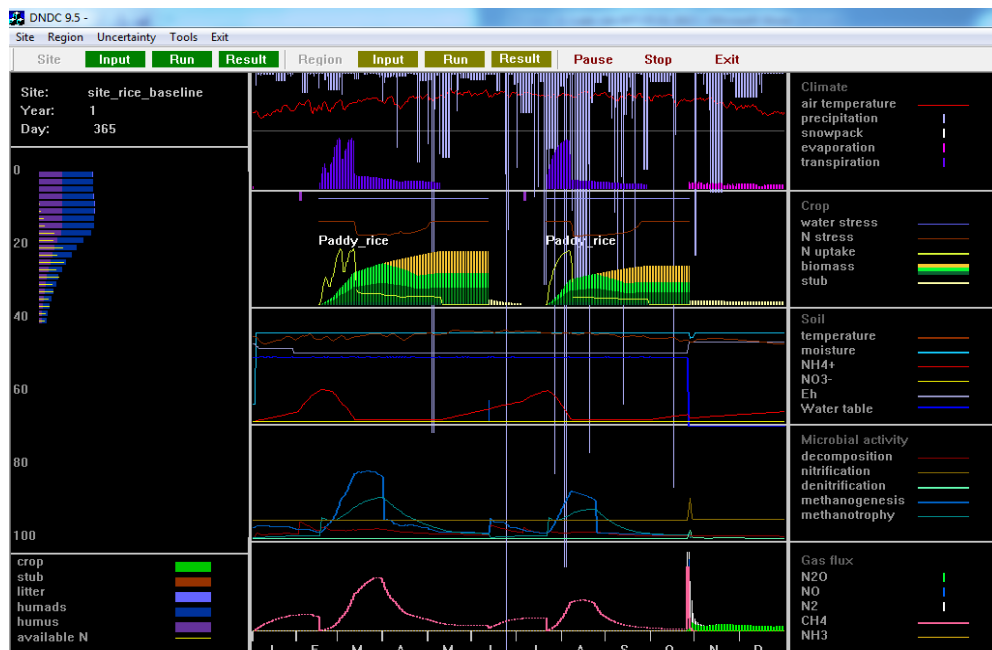
Hình 7: Ví dụ về bước 1 - Nhập dữ liệu khí tượng

- Bước 2: Lưu file chạy mô hình, File lưu dưới dạng *.dnd,



Hình 8: Ví dụ về bước 2 – Lưu file chạy

- Bước 3: Chạy mô hình (Run),

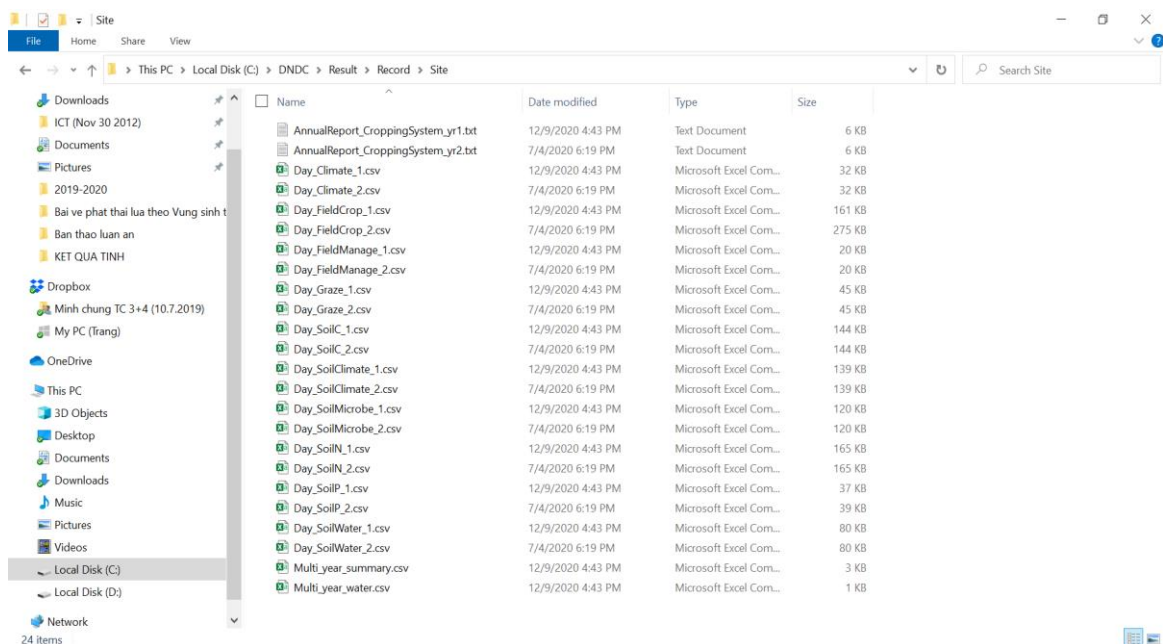


Hình 9: Ví dụ về bước 3 – Chạy mô hình

- Bước 4: Xem kết quả mô hình,



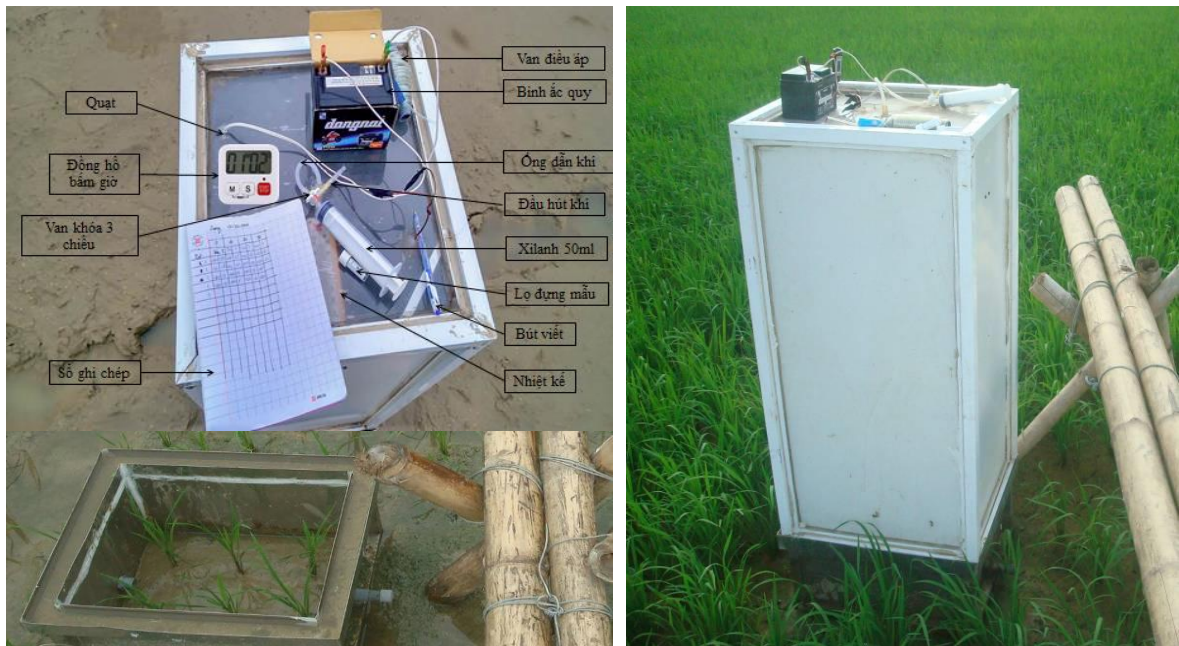
Hình 10: Ví dụ về bước 4 – Xem kết quả



Hình 11: Ví dụ về bước 4 – Xem kết quả

PHỤ LỤC 3

MỘT SỐ HÌNH ẢNH TRONG QUÁ TRÌNH THỰC HIỆN LUẬN ÁN



Hình ảnh chân, hộp đo khí và các phụ kiện trên hộp phục vụ lấy mẫu



Nghiên cứu sinh thực hiện lấy mẫu khí đối với lúa

MỘT SỐ HÌNH ẢNH TRONG QUÁ TRÌNH THỰC HIỆN LUẬN ÁN



Ổng đựng mẫu khí



Hộp lấy mẫu khí đối với ngô



Đặt hộp khí sau khi gieo hạt



Lấy mẫu khí sau bón lót



Đặt hộp khí khi cây ngô 3, 4 lá



Lấy mẫu khí sau bón thúc

MỘT SỐ HÌNH ẢNH TRONG QUÁ TRÌNH THỰC HIỆN LUẬN ÁN



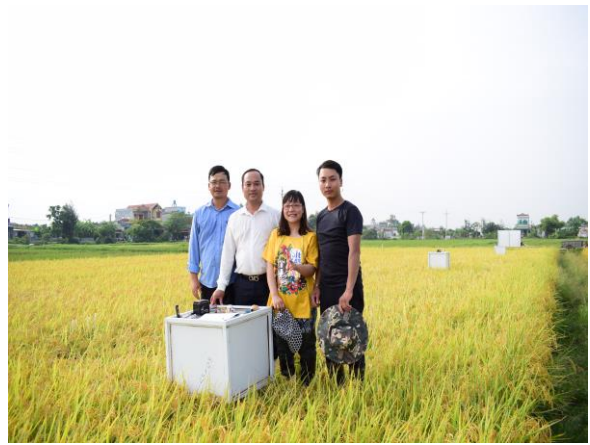
Cây ngô 7, 8 lá



Hộp đo khí và các thiết bị



Điều tra phỏng vấn



Khảo sát thực tế



Điều tra phỏng vấn



Khảo sát thực tế