

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

**VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM**



TRẦN KÝ

**TÊN LUẬN ÁN: XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN CHO LAN
TRUYỀN NƯỚC PHÈN TẠI VÙNG TỨ GIÁC LONG XUYÊN
VÀ ÁP DỤNG XEM XÉT MỘT SỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN
SẢN XUẤT TRONG VÙNG**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT TÀI NGUYÊN NƯỚC

MÃ SỐ: 9.58.02.12

TP. HỒ CHÍ MINH, NĂM 2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

**VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM**



TRẦN KÝ

**TÊN LUẬN ÁN: XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN CHO LAN
TRUYỀN NƯỚC PHÈN TẠI VÙNG TỨ GIÁC LONG XUYÊN VÀ
ÁP DỤNG XEM XÉT MỘT SỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN SẢN XUẤT
TRONG VÙNG**

CHUYÊN NGÀNH : KỸ THUẬT TÀI NGUYÊN NƯỚC

MÃ SỐ: 9.58.02.12

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT TÀI NGUYÊN NƯỚC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN 1: GS.TS. NGUYỄN TẮT ĐẮC

GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN 2: PGS.TS. LƯƠNG VĂN THANH

TP. HỒ CHÍ MINH, NĂM 2023

LỜI CAM ĐOAN

Tác giả xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của bản thân tác giả. Các kết quả nghiên cứu và các kết luận trong luận án này là trung thực, và 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 hoàn toàn chịu trách nhiệm về lời cam đoan của mình./.

Tác giả

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Trần Ký', with a stylized flourish at the end.

Trần Ký

LỜI CẢM ƠN

Công trình nghiên cứu này chủ yếu được thực hiện tại cơ sở đào tạo sau đại học Viện khoa học thủy lợi Miền Nam. Để hoàn thành công trình này, tác giả đã nhận được sự giúp đỡ nhiệt tình của các cấp lãnh đạo Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Viện khoa học thủy lợi Miền Nam, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh, các thầy hướng dẫn, các bậc đàn anh và các bạn đồng nghiệp. Tác giả xin chân thành bày tỏ lòng cảm ơn sâu sắc và kính trọng đến:

- GS.TS Nguyễn Tất Đắc, người thầy hướng dẫn chính đã đóng góp nhiều ý kiến quý báu và nhiệt tình hướng dẫn tác giả trong suốt quá trình thực hiện đề tài và viết luận án.

- PGS.TS Lương Văn Thanh, người thầy hướng dẫn thứ 2 đã nhiệt tình hướng dẫn tác giả kiến thức về quá trình phèn hóa, gây chua môi trường đất nước trên các vùng đất phèn phát triển và phèn tiềm tàng trong suốt quá trình thực hiện đề tài và xây dựng luận án.

- GS.TS Tăng Đức Thắng; GS.TSKH Nguyễn Ân Niên; PGS.TS Võ Khắc Trí và các thầy cô trong hội đồng chấm các chuyên đề và từ những góp ý của hội thảo nghiên cứu sinh tại hội đồng khoa học cơ sở đào tạo sau đại học thuộc Viện khoa học thủy lợi Miền Nam, các thầy trong hội đồng cấp cơ sở đã thẳng thắn đánh giá và đóng góp những ý kiến quý báu để tác giả chỉnh sửa và hoàn thiện luận án.

- GS.TSKH Lê Huy Bá, người thầy đã đóng góp những ý kiến chuyên sâu về cơ chế sinh phèn của vùng TGLX cho tác giả trong quá trình thực hiện đề tài và viết luận án.

- PGS. TS Hồ Thị Thanh Vân, TS.Lê Thị Quỳnh Anh; TS.Trần Hữu Thiện; TS. Huỳnh Thiên Tài trường đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh là những đồng nghiệp và là các chuyên gia chuyên ngành Hóa học đã cung cấp cho tác giả nhiều tài liệu tham khảo có giá trị và góp ý những kinh nghiệm quý giá trong quá trình nghiên cứu về cân bằng phương trình, độc học môi trường, đồng thời cũng đã đóng góp nhiều ý kiến có giá trị cho bản luận án này.

- TS. Vũ Ngọc Hùng cùng các đồng nghiệp tại Phân viện Quy Hoạch Và Thiết Kế Nông Nghiệp Miền Nam; Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam và Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam đã đã cung cấp cho tác giả các nguồn tài liệu liên quan về đất phèn, nước phèn của vùng nghiên cứu cũng như góp ý và tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tác giả trong quá trình thu thập tài liệu và nghiên cứu.

- Lãnh đạo Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam đặc biệt PGS.TS Nguyễn Nghĩa Hùng, Phó viện trưởng phụ trách đào tạo sau đại học và toàn thể các Anh/Chị của cơ sở đào tạo sau đại học, Viện khoa học thủy lợi Miền Nam đã tạo mọi điều kiện có thể được cho tác giả hoàn thành những công việc nghiên cứu và bảo vệ luận án.

Cuối cùng, nhân cơ hội này tác giả xin chân thành cảm ơn gia đình, Vợ con tác giả và người thân đã khuyến khích động viên, giúp đỡ luôn tạo mọi điều kiện cho tác giả nghiên cứu và hoàn thành luận án này./.

MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC BẢNG.....	viii
DANH MỤC HÌNH.....	ix
TÓM TẮT.....	1
ABSTRACT.....	2
MỞ ĐẦU	3
1. ĐẶT VẤN ĐỀ.....	3
2. MỤC TIÊU LUẬN ÁN	8
3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI, CÁCH TIẾP CẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	9
3.1. Đối tượng nghiên cứu.....	9
3.2 . Phạm vi nghiên cứu.....	10
3.3. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu.....	10
4. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ THỰC TIỄN CỦA LUẬN ÁN	11
4.1. Cơ sở lý luận.....	11
4.2. Cơ sở thực tiễn.....	11
5. NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN	12
6. GIÁ TRỊ THỰC TIỄN.....	12
7. GIÁ TRỊ KHOA HỌC	13
Chương 1. TỔNG QUAN	14
1.1. ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN	14
1.1.1. Vị trí địa lý.....	14
1.1.2. Hiện trạng sản xuất.....	15
1.1.3. Hệ thống sông, kênh và công trình Thủy lợi của vùng TGLX.....	22

1.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu về đất phèn.....	24
1.2.1. Tình hình nghiên cứu về đất phèn trên thế giới.....	24
1.2.2. Tình hình nghiên cứu về đất phèn tại Việt Nam, vùng ĐBSCL và vùng TGLX.	26
1.2.6. Về đất phèn.....	30
1.2.7. Phân bố	33
1.3. Một số quá trình biến đổi hóa học trong đất phèn	35
1.3.1. Quá trình hình thành pyrite trong đất phèn.....	36
1.3.2. Quá trình oxy hóa trong đất phèn	36
1.3.3. Quá trình khử trong đất phèn.....	39
1.4. Khái niệm chung về độc chất trong đất phèn.....	40
1.4.1. Tính độc của Ion nhôm (Al^{3+})	40
1.4.2. Tính độc của ion Fe^{2+} và Fe^{3+}	40
1.4.3. Tính độc của H_2S	43
1.4.3. Tính độc tố của Sulphate (SO_4^{2-}).....	43
1.4.4. Phương trình cân bằng cho phèn nhôm và phèn sắt.....	44
1.5. Ảnh hưởng của độc chất phèn lên hệ sinh thái nông nghiệp	44
1.5.1. Độc tố sắt.....	44
1.5.2. Độc tố nhôm	46
1.5.3. Độc chất H_2S	47
Chương 2. MÔ HÌNH TOÁN CHO QUÁ TRÌNH PHÈN VÀ LAN TRUYỀN NƯỚC PHÈN VÙNG TỨ GIÁC LONG XUYÊN	49
2.1. Về các quá trình lan truyền chất trong nước mặt.....	50
2.1.1. Quá trình lan truyền.....	51
2.1.2. Phương pháp giải.....	55

2.1.3. Việc lựa chọn phương pháp tính toán các yếu tố thủy lực, cụ thể là tính toán trường vận tốc U , cho mô hình lan truyền nước phèn trong kênh sông.	55
2.1.4. Ví dụ giải thích các phương pháp nội suy, [4]	58
2.1.5. Bài toán lan truyền chất trên hệ thống kênh sông.	60
2.1.6. Quá trình phèn trong các ô đồng ngập lũ	61
2.2. Nguyên lý thiết lập các phương trình toán học chi phối quá trình lan truyền nước phèn trên kênh sông.....	62
2.2.1. Cân bằng hóa học.....	63
2.2.2. pH và ion hóa của nước:	64
2.2.3. Quá trình phèn hóa:.....	65
2.3. Xây dựng các phương trình chi phối quá trình lan truyền nước phèn	67
2.3.1. Quá trình lan truyền nước phèn trong kênh, sông	67
2.3.2. Các phương trình 3 chiều	67
2.3.3. Phương trình 1 chiều	70
2.3.4. Về phương pháp giải số.....	71
2.3.5. Phương pháp giảm bậc phương trình giải bài toán.....	73
2.3.6. Vai trò của mận.....	74
2.3.7. Chương trình máy tính ACID2020	75
2.4. Kết luận chương 2:.....	78

Chương 3: ỨNG DỤNG CHƯƠNG TRÌNH ACID2020 MÔ PHỎNG ĐỊNH TÍNH QUÁ TRÌNH LAN TRUYỀN NƯỚC PHÈN MỘT KHU VỰC Ở VÙNG TGLX. 82

3.1. Tính toán lan truyền phèn cho vùng Tứ Giác Long Xuyên	82
3.1.1. Sơ đồ tính toán:	83
3.1.2. Một số tính toán với mô hình:.....	85
3.2. Kết quả tính toán thử nghiệm với mô hình	86

3.2.1. Kết quả tính toán giá trị pH theo các tháng.	86
3.2.2. Giá trị pH tính toán cho năm 2016.	100
3.2.3. Giá trị sunphate (SO_4^{2-}) tính toán cho năm 2016	102
3.3.4. Giá trị sắt tổng tính toán cho năm 2016.	103
3.2.5 Nhận xét chung:.....	104
3.3. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp cải tạo đất phèn phục vụ phát triển bền vững SXNN vùng nghiên cứu	107
3.3.1. Các trở ngại tác động xấu trong quá trình sử dụng đất phèn.....	107
3.3.2. Các giải pháp được đề nghị áp dụng để giảm bớt ô nhiễm và tác hại phèn ..	109
3.4. Kết luận chương 3:.....	119
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	122
Kết luận.....	122
Kiến nghị.....	123
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ	124
TÀI LIỆU THAM KHẢO	125
PHỤ LỤC.....	132
Phụ lục: 01 CHUỖNG TRÌNH CON TÍNH NHÔM VÀ SULPHATE TRONG ACID2020	132
Phụ lục 02: Quá hình thành pyrite trong đất phèn	147
Phụ lục 03 : Quá trình oxy hóa pyrite	147
Phụ lục 04: Sản phẩm của quá trình oxy hóa pyrite	148
Phụ lục 05: bảng thống kê Đất toàn quốc theo 7 vùng kinh tế	148
Phụ lục 06: Bản đồ đất vùng Đồng bằng sông Cửu Long năm 2006	149
Phụ lục 07: Bảng Quy mô và biến động diện tích đất phèn vùng ĐBSCL qua các thời kỳ	

Phụ lục 08: Bản đồ đất vùng Tứ giác Long Xuyên.....	151
Phụ lục 09: Sơ đồ mạng lưới sông kênh vùng TGLX	152
Phụ lục 10: Bản đồ diễn biến phèn tháng 5	153
Phụ lục 11: Bản đồ diễn biến phèn tháng 6	154

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1- 1: Lượng mưa (mm) bình quân tháng ở một số trạm (1961-2007)	16
Bảng 1- 2: Phân bố diện tích đất phèn ở các tỉnh ĐBSCL	33
Bảng 1- 3: Lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} trong một số loại đất phèn	42
Bảng 3- 1: Vị trí các mặt cắt đại diện, được lựa chọn phân tích kết quả	86
Bảng 3- 2: Giá trị pH qua tính toán mô hình cho năm 2016, tại một số mặt cắt đại diện	100
Bảng 3- 3: Giá trị Sulphate qua tính toán mô hình (mg/L)	102
Bảng 3- 4: Giá trị sắt tổng qua tính toán mô hình	103

DANH MỤC HÌNH

Hình 1- 1: Bản đồ ranh giới hành chính vùng TGLX	14
Hình 1- 2: Bảng trị lượng mưa trung bình nhiều năm vùng TGLX.....	17
Hình 1- 3: Địa hình vùng TGLX	18
Hình 1- 4: Thổ nhưỡng vùng TGLX	19
Hình 1- 5: Sự oxy hóa pyrite	36
Hình 1- 6: Biến đổi của pH khi Fe^{2+} biến đổi trong dung dịch Knop.	41
Hình 2- 1: Biểu đồ hạt lỏng di chuyển theo một quỹ đạo từ A đến B.....	57
Hình 2- 2: Nội suy giá trị chân đường đặc trưng.....	58
Hình 2- 3: Biểu đồ so sánh phương pháp giải phương trình tải bằng đặc trưng	59
Hình 2- 4: Sơ đồ làm việc của chương trình tính phèn ACID2020 ghép với phần tính thủy lực DELTA (Những chữ in đậm trong sơ đồ là các chương trình con được gọi tới).....	80
Hình 2- 5: Sơ đồ làm việc của chương trình COMAL3()	81
Hình 3- 1: Thiết lập Lập sơ đồ tính (mạng lưới sông kênh) cho vùng TGLX	83
Hình 3- 2: Sơ họa cách tính lượng mưa trên ô ruộng trong mô hình Delta.....	84
Hình 3- 3: Biểu đồ mưa trạm Hà Tiên trong ví dụ tính toán	84
Hình 3- 4: Bản đồ diễn biến phèn tháng 5.....	87
Hình 3- 5: Biểu đồ diễn biến phèn tháng 5.....	88
Hình 3- 6: Bản đồ diễn biến phèn tháng 6.....	90
Hình 3- 7: Biểu đồ diễn biến phèn tháng 6.....	92
Hình 3- 8: Vị trí Kênh Hà Giang, nhánh 30, 31 và các mặt cắt 96 và 118	92

Hình 3- 9: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước theo thời gian, tại mặt cắt 96 (nhánh 30, hình 3.8) thuộc kênh Hà Giang theo tháng 5	93
Hình 3- 10: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước theo thời gian, tại mặt cắt 96 (nhánh 30, hình 3.8) trong tháng 6	94
Hình 3- 11: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước theo thời gian, tại mặt cắt 118 (khu vực kênh Hà Giang, hình 3.8) trong tháng 5	94
Hình 3- 12: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước theo thời gian, tại mặt cắt 118 (hình 3.8) trong tháng 6.....	95
Hình 3- 13: Vị trí nhánh 234 và các mặt cắt 632 và 634. Các mặt cắt này gần sông Hậu, xa nguồn phèn vùng Hà giang.	95
Hình 3- 14: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước tại mặt cắt 632 (Vùng Châu phú - Hình 3.13) trong tháng 5.....	96
Hình 3- 15: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước tại mặt cắt 632 (Hình 3.13) trong tháng 6	96
Hình 3-16: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước tại mặt cắt 634 (vùng Châu Phú-Hình 3.13) trong tháng 5.....	97
Hình 3- 17: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước tại mặt cắt 634 trong tháng 6	97
Hình 3- 18: Biểu đồ diễn biến phèn của vùng năm 2016	101
Hình 3- 19: Biểu đồ diễn biến Sulphate của vùng năm 2016.....	103
Hình 3- 20: Biểu đồ Kết quả giá trị tổng sắt của vùng năm 2016	104
Hình 3- 21: Bản đồ vị trí các công vùng Tứ Giác Long Xuyên	113
Hình 3- 22: Đào mương thoát phèn trên ô ruộng	114
Hình 3- 23: Mô hình dùng nước rửa phèn cho (Sơ đồ bố trí ô ruộng sử dụng giải pháp dùng nước ngọt để rửa phèn phục vụ SXNN trồng lúa và rau màu).....	115
Hình 3- 24: Biến đổi của pH trong đất phèn khi bị ngập nước ngọt (Lê Huy Bá, 1982)	116
Hình 3- 25: Mô hình dùng nước để ém phèn cho vùng.....	117

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Số TT	Chữ viết tắt	Từ / cụm từ
1	ĐBSCL	Đồng bằng sông Cửu Long
2	TGLX	Tứ giác long Xuyên
3	TGHT	Tứ giác Hà Tiên
4	ĐTM	Đồng Tháp Mười
5	RG-HT	Rạch giá- Hà tiên
6	ĐX	Đồng Xuân
7	HST	Hệ sinh thái
8	HSTNN	Hệ sinh thái nông nghiệp
9	HSTĐR	Hệ sinh thái đồng ruộng
10	HT	Hè Thu
12	MRCS	Mekong River Commission Secretariat (Ban thư ký Ủy hội sông Mê Công)
13	NCS	Nghiên cứu sinh
14	NS	Năng suất
15	SXNN	Sản xuất nông nghiệp
16	NS	Năng suất
17	KSL	Kiểm soát lũ
18	Ox	Oxy hóa
19	Red	Oxy hóa khử
20	VQHTLMN	Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam
21	VKHTLMN	Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam
22	VKTB	Viện Kỹ thuật biển
23	PVKSTKNN	Phân viện khảo sát thiết kế nông nghiệp
24	BĐKH	Biến đổi khí hậu

TÓM TẮT

Đất phèn ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) ước tính có khoảng 1.5 triệu ha với quá trình hình thành phèn rất phức tạp từ trong đất được chuyển lên bề mặt và kết hợp với nước mưa hình thành các khối nước có độ phèn cao (pH thấp) đổ vào kênh rạch, lan truyền ra kênh sông.

Luận án không tập trung tìm hiểu quá trình hình thành phèn trong đất mà chỉ xem xét quá trình lan truyền nước phèn trong kênh sông. Với bài toán lan truyền phèn, vì là chất không bảo toàn có sự tham gia về biến đổi hóa sinh, trong luận án tập trung vào bước thứ nhất của xây dựng mô hình toán là phương pháp thiết lập các phương trình cơ bản cho quá trình lan truyền nước phèn trong kênh sông và thực hiện một số thử nghiệm để thấy tính hợp lý của mô hình thiết lập. Các bước còn lại tạm lướt qua và cố gắng tận dụng các kết quả đã có cho các chất bảo toàn. Nghiên cứu này tác giả sử dụng phần mềm thủy lực DELTA và một chương trình máy tính đã được viết để thử nghiệm tính lan truyền nước phèn cho vùng TGLX mang tên ACID2020.

Ứng dụng chương trình ACID2020 mô phỏng lan truyền phèn khu vực kênh Hà Giang. Sơ đồ tính toán bao gồm 1061 mặt cắt (hay điểm tính toán), 424 nhánh sông, 233 nút hợp lưu, 05 biên thủy lực là mực nước Châu Đốc, Vàm Nao, Cần Thơ, Rạch Giá, Hà Tiên. Các trạm mưa gồm Châu Đốc, Long Xuyên, Rạch Giá, Hà Tiên. Các công trình gồm đập cao su Tha La, Trà sư (đã thay bằng cống đập bê tông), 23 cống ngăn mặn dọc bờ biển. Thời gian mô phỏng từ tháng 5 đến tháng 6 năm 2016 (là những tháng đầu mùa mưa) với nguồn nước phèn trong một ô ruộng có diện tích 10ha thuộc khu vực kênh Hà Giang lan truyền ra ngoài kênh. Từ kết quả tính toán trên các biểu đồ diễn biến pH với thời gian (tháng 5, 6); biểu đồ diễn biến pH với mực nước (tháng 5, 6), cho thấy vào tháng 5 bắt đầu có mưa giá trị pH tăng dần từ giá trị pH 3 ÷ 5 (trong khoảng 10÷15 ngày vào tháng 5), cho đến khi mưa nhiều cùng với dao động triều mực nước tăng nhanh pha loãng nồng độ ion, làm cho pH tăng lên dần và đạt giá trị từ 6,01 vào tháng 6.

Từ kết quả mô hình tính sau khi phân tích cho thấy vùng TGLX nói chung và khu vực TGHT nói riêng, vấn đề nhiễm phèn vẫn còn chưa giải quyết triệt để. Các giải pháp được đề nghị áp dụng để giảm bớt ô nhiễm và tác hại phèn bao gồm: Dùng nước ngọt để rửa phèn bằng việc vận hành hệ thống công trình thủy lợi; lợi dụng thủy triều để rửa phèn, ém phèn; quản lý và giảm bớt nguồn sinh phèn do đào đắp đất phèn.

Từ khóa: đất phèn, nước phèn, mô hình DELTA, ACID2020, Tứ Giác Long Xuyên.

ABSTRACT

Acid sulphate soil in the Mekong Delta (Mekong Delta) is estimated at about 1,5 million hectares. The process of forming acidic water is complicated and transferred to the surface and combined with rainwater to form water block with high acidity (low pH), and then flows into river channels.

The thesis does not focus on studying the formation process of acid sulphate in the soil, but only considers the process of spreading acidic water in the river channels. because acid water is a non-conservative substance with the participation of biochemical changes, the thesis focuses on the first step of building a mathematical model, specifically the method of setting up basic equations for the propagation of acidic water in the river channel and carried-out some tests to see the reasonableness of the established model. The remaining modelling steps are also briefly considered and tried to take advantage of the results already available for the conservative substances. In this study, the author utilized the available DELTA hydraulic software and a new computer program ACID2020 was written to test the propagation of acidic water in the river system of the Long Xuyen quadrangle.

Application of the ACID2020 program to simulate the spreading of acidic water in the Ha Giang canal area is also presented. The modelling network includes 1061 cross-sections (or calculation points), 424 river branches, 233 confluence nodes, 05 hydraulic boundaries which are water level at Chau Doc, Vam Nao, Can Tho, Rach Gia and Ha Tien gauges. Rainfall stations include Chau Doc, Long Xuyen, Rach Gia, and Ha Tien. The hydraulic structures (sluice gates) include Tra Su and Tha La rubber dams (replaced by concrete dam), 23 salinity sluice gates along the coast. The simulation period is from May to June 2016 (beginning of the rainy season) with acidic water in a flood plain cell with an area of 10ha in the Ha Giang canal area. The simulation results are presented on the graphs of pH time series variation (May, June); the chart of pH changes corresponding to water level (May, June), showing that in May, the pH value increases gradually from approximately 3 ÷ 5 (within 10-15 days in May), giving in June when it rains a lot, the water level gradually increases to dilute the ionic concentration, causing the pH to increase gradually and reached a value of 6.01 in June.

After analyzing the results of the simulation model, it is seen that in the area of the Long Xuyen quadrangle in general and in the Ha Tien quadrangle in particular, the problem of acid water has not been completely resolved. The proposed solutions to reduce pollution and harmful effects of acidic water include: Using fresh water to wash-out acid sulphate by operating hydraulic works; taking advantage of the tidal variation to wash acidic water; practical management and reduction acid sulphate source caused by digging and filling acid sulphate soil.

Keywords: Acid sulphate soil, acidic water, DELTA model, ACID2020, Long Xuyen Quadrangle.

MỞ ĐẦU

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đồng bằng sông Cửu Long với diện tích gần 4 triệu ha bằng 12% tổng diện tích tự nhiên quốc gia, hơn 17 triệu dân bằng 20,6% tổng dân số hiện nay, cho sản lượng 90% sản lượng gạo xuất khẩu, với 160.000 vườn cây ăn trái và 400.000 ha nuôi trồng thủy sản. ĐBSCL có một vị trí rất quan trọng trong phát triển kinh tế – xã hội, đứng đầu nước ta về năng lực làm ra nông sản, là chìa khóa chính trong chiến lược an ninh lương thực quốc gia, đồng thời cho một lượng hàng hóa xuất khẩu đáng kể. Tuy nhiên, trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội, ĐBSCL luôn phải đương đầu với các trở ngại, thách thức bởi lũ lụt, đất chua phèn, xâm nhập mặn, xói lở bờ và cháy rừng. Trong đó, đất phèn là một vấn đề nóng bỏng và nhức nhối đối với những người làm quản lý và các nhà khoa học ở Việt Nam.

Đất phèn ở Đồng bằng sông Cửu long (ĐBSCL) ước tính có khoảng 1.5 triệu ha, chiếm cỡ 45% diện tích, phân bố chủ yếu trên Đồng Tháp Mười (ĐTM), Bán đảo Cà Mau (BĐCM) và Tứ Giác Long Xuyên (TGLX). Các quá trình hình thành phèn rất phức tạp, từ các quá trình hóa sinh trong đất, các quá trình thủy văn mùa lũ và mùa kiệt, do quá trình mao dẫn các sản phẩm phèn hình thành từ trong đất được chuyển lên lớp đất bề mặt và khi có các trận mưa đầu mùa các sản phẩm phèn bị thủy phân kết hợp với nước mưa hình thành các khối nước có độ phèn cao (rón phèn) đổ vào kênh sông và do các quá trình dòng chảy nói chung hay thủy triều ở ĐBSCL nước phèn lan truyền ra các vùng xung quanh gây ra các tác động xấu cho sản xuất, sinh hoạt và môi trường. Với sự phát triển sản xuất nông nghiệp trong những thập niên gần đây đã nảy sinh ra nhiều vấn đề trong việc quản lý khai thác đất phèn đặc biệt là vấn đề quản lý nước trong đó việc tiêu nước chua là một trong những nguyên nhân gây ra ô nhiễm và tái ô nhiễm đất đã gây những tác hại nghiêm trọng cho việc canh tác và hệ sinh thái môi trường xung quanh. Tùy thuộc lịch sử hình thành bản chất đất phèn tại mỗi vùng có thể là phèn nhôm, phèn sắt hay hỗn hợp. Các khoáng phèn có thể là jurbanite, jarosite, allunite, gibbsite, pyrite,... Đây là lĩnh vực mới đang được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu.

Đất phèn đã được chú ý từ rất sớm (1930). Đất ĐTM bắt đầu được nghiên cứu một cách bài bản từ những năm đầu của thập niên 70 do Hà Lan khi tiến hành khảo sát khả năng phát triển nông nghiệp ở ĐBSCL (Netherlands Delta Development Team 1974). Các

nhà khoa học Hà Lan đã có khuyến cáo đối với ĐTM không nên khai thác làm nông nghiệp do e ngại sự hóa chua, các độc tố phèn sẽ làm suy thoái về môi trường nên cần giữ nguyên hiện trạng tự nhiên, để đất hoang cho sậy hoặc tràm mọc với nước ngập cho thủy sản sinh sống.

Tuy nhiên, do áp lực gia tăng dân số người dân phải sử dụng đất phèn để đáp ứng nhu cầu gia tăng sản phẩm lương thực và phát triển kinh tế trong từng vùng. Trong quá trình khai thác và sử dụng đất phèn, một trong những vấn đề nguy hiểm luôn được cảnh báo là khi tiêu thoát nước chua từ mặt ruộng vào hệ thống kênh rạch, đã làm cho các độc chất trong đất phèn theo dòng nước lan truyền ra những vùng rộng lớn ảnh hưởng đến môi trường sinh thái trong vùng.

Cuối mùa khô mực nước ngầm hạ thấp, các khe nứt được hình thành trên mặt đất. Do ảnh hưởng của lượng bốc hơi cao, nước chua ở dưới các lớp đất sâu được đưa lên bề mặt bởi lực mao dẫn và tích tụ thành muối trên mặt đất. Ngoài ra, do hiện tượng ô xy hóa xảy ra mãnh liệt trong tầng đất có chứa pyrite, làm pyrite bị ô xy hóa, tạo thành Jarosite đồng thời giải phóng axit sulfuric làm cho đất hóa chua nhiều, pH của đất trở nên rất thấp (thường dao động từ 2,0 ÷ 4,0). Axit sulfuric công phá các khoáng sét (Alumino silicate) tạo nên một lượng ion nhôm tự do Al^{3+} phóng thích ra dung dịch đất, đồng thời xuất hiện sắt sulfat cũng gây độc cho sinh vật (cây cối, cá tôm).

Vào đầu mùa mưa, khi các cơn mưa đầu mùa bắt đầu các độc tố phèn được hình thành trong mùa khô sẽ bị rửa trôi và trôi trên mặt ruộng rồi tiêu thoát ra các kênh rạch xung quanh. Tại đây, ngoại trừ một số ít Fe^{2+} biến đổi thành $Fe(OH)_3$ rồi kết tủa, nước chua mang theo các ion H^+ , SO_4^{2-} , Al^{3+} và cả Fe^{2+} chưa kịp ô xy hóa, tiếp tục lan truyền bằng ảnh hưởng của các quá trình khuếch tán và đối lưu trong dòng chảy đến các khu vực lân cận. Sự lan truyền của nước chua trong mạng lưới kênh rạch được xem như là nguồn gốc của sự ô nhiễm đất canh tác và nguồn nước ngọt của cư dân trong vùng lân cận.

Sự lan truyền của nước chua phèn gây ra tác hại không nhỏ đối với hệ sinh thái nông nghiệp. Nước chua phèn có thể hủy diệt nhiều loài thủy sinh, giảm năng suất nông nghiệp, đặc biệt là lúa, cây ăn trái, gây ô nhiễm nguồn nước sinh hoạt của cư dân trên diện rộng, là tác nhân gây nên các bệnh lão hóa ở người, làm gia tăng quá trình ăn mòn điện hóa học và làm giảm tuổi thọ của các công trình xây dựng...

Vì sự phát triển bền vững của môi trường đất phèn, đã có nhiều dự án nghiên cứu về đất phèn như: VH-10 (hợp tác với Hà Lan), Quản lý đất chua phèn-MASS (hợp tác với Thụy Điển & Ủy ban quốc tế sông Mê Công), CASS (hợp tác với Hà Lan, CHLB Đức và Indonesia) vv.... Các dự án này đã đạt được những thành tựu cơ bản rất quan trọng trong việc tìm hiểu bản chất và tác động bất lợi của đất phèn, tiến tới việc mô phỏng được các hiện tượng hóa lý diễn ra trong quá trình ô xy hóa, khử trong đất phèn theo các điều kiện độ ẩm trong đất, Mekong Secretariat (1991), [36].

Tuy nhiên, những vấn đề có liên quan đến sự ô nhiễm nguồn nước mặt trên diện rộng có nguồn gốc từ vùng đất phèn được nghiên cứu rất ít do thiếu các kết quả đo, liệt số liệu theo dõi không nhiều và liên tục, mặt khác còn có các hạn chế về phương pháp nghiên cứu. Hiểu rõ được bản chất của quá trình lan truyền nước chua phèn có thể góp phần vào việc cải tạo đất phèn qua biện pháp quản lý nước. Bản chất của quá trình lan truyền này thể hiện ở mối quan hệ giữa độ chua trong dung dịch đất với nước đất và nước ngầm. Luận án muốn đóng góp vào quá trình nghiên cứu về sự biến đổi, lan truyền của nước chua phèn trên mặt ruộng chảy ra các kênh trong vùng Tứ Giác Long Xuyên, nhằm mô phỏng quá trình lan truyền của độc chất môi trường trong hệ thống kênh mương trong khu vực.

Vùng Tứ Giác Long Xuyên nằm ở phía Tây Bắc vùng ĐBSCL, với diện tích tự nhiên 498.141ha, bao gồm diện tích của 03 tỉnh thành là An Giang, Kiên Giang và huyện Vĩnh Thạnh của Thành phố Cần Thơ, là một vùng đất trũng với điều kiện đất và nước “có vấn đề” nên vẫn còn một số diện tích đất hoang hóa chủ yếu nằm trên vùng đất phèn nặng. Là vùng chịu ảnh hưởng thủy triều vào mùa khô, thủy triều biển Đông và nước sông Mê Công chảy vào toàn bộ vùng TGLX. Thủy triều biển Tây cũng xâm nhập vào nội đồng TGLX thông qua hệ thống kênh. Do có sự đối lập về hướng giữa bán nhật triều biển Đông và nhật triều biển Tây gây khó khăn cho nguồn nước của vùng. Trước áp lực về dân số của các vùng khác và nhu cầu cần nâng cao sản lượng lương thực nên vấn đề khai hoang ở TGLX đã trở thành một trong những mục tiêu quan trọng của khu vực cũng như của cả nước. Sau hơn 20 năm khai hoang, hệ thống thủy lợi được xây dựng và đi vào hoạt động, vùng TGLX đã trở thành vùng trọng điểm lương thực của ĐBSCL và cả nước, diện tích đất phèn và mức độ nhiễm phèn đã giảm đi rất nhiều.

Trong những năm qua, nhờ vào hệ thống thủy lợi được mở rộng và áp dụng những tiến bộ khoa học kỹ thuật mà diện tích, năng suất lúa của vùng Tứ Giác Long Xuyên ngày một tăng và sản lượng lúa của Tứ Giác Long Xuyên đã đạt gần 4 triệu tấn một năm.

Tuy nhiên, một trong những trở ngại chính cho quá trình khai hoang và canh tác lúa trên vùng đất phèn nặng là sự hiện diện với hàm lượng quá cao của các độc chất trong nước, sự lan truyền, biến động và ảnh hưởng đến sinh trưởng và năng suất cây trồng. Biến động của các độc chất trong đất và nước cũng hết sức phức tạp, phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng đất, chất lượng nước (tại chỗ và di chuyển từ nơi khác), vào mùa vụ và chế độ canh tác lúa. Môi trường nước phèn hoạt động với hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-} cao cùng với pH thấp là một cản trở lớn đối với việc mở rộng sản xuất thâm canh, Lê Huy Bá (1985), [1]. Ngoài ra, sự lan truyền của những ion độc này khi tiến hành rửa phèn là một tác nhân gây nguy hại trầm trọng đối với môi trường xung quanh. Sự lan truyền thể hiện ở các mặt, hoặc theo dòng nước mưa đầu mùa vận chuyển tự nhiên trong dòng chảy trên mặt ruộng, hoặc theo dòng nước rửa phèn (tác động bởi kỹ thuật rửa phèn của con người) trôi ra kênh mương.

Khai thác và sử dụng đất phèn trồng lúa trên vùng phèn nặng được thể hiện khá rõ nét thông qua kết quả cải tạo đất phèn tiềm tàng và phát triển vùng Đồng Tháp Mười (ĐTM). Trước năm 1975, ĐTM được biết đến như một cánh đồng cỏ năn (năn bộp), lau sậy đặc trưng cho đất phèn nặng vùng đầm lầy ngập nước quanh năm và rừng tràm, hầu như không có đường giao thông nội bộ trong nội vùng. Một số vùng có dân cư thưa thớt chỉ có thể khai hoang trồng lúa mùa 1 vụ, lúa trời năng suất thấp ($1,0 \div 1,5$ tấn/ha). Việc khai thác ĐTM trong những năm đầu của thập kỷ 80 chỉ tập trung vào những vùng dễ cải tạo, gần kênh dẫn nước, gần trục lộ và đã thu được những kết quả tốt với 2 vụ lúa với năng suất từ $3 \div 4$ tấn/ha/vụ (Cù Xuân Đồng và cộng sự, 1990).

Từ các kết quả đạt được trong thập niên 80 về nghiên cứu cải tạo đất phèn, nghiên cứu quá trình sinh hóa và lan truyền phèn từ trong đất ra hệ thống kênh rạch gây chua nguồn nước được thực hiện bởi dự án “Cải tạo đất chua phèn ĐTM” do Ủy ban sông Mê Công tài trợ làm cơ sở tham khảo để tác giả xây dựng mô hình lan truyền phèn trên hệ thống kênh rạch cho vùng đất phèn Tứ Giác Long xuyên trong bản luận văn này.

Cho tới nay các nghiên cứu về phèn tập trung vào các quá trình trong đất [52] tới [84]; trong các tài liệu tham khảo này các tác giả chủ yếu nghiên cứu các quá trình phèn trong đất, các tác động xấu của phèn tới sản xuất, sinh hoạt, cách quản lý của phèn để hạn chế các tác động không mong muốn. Một số đề cập tới sự lan truyền nước phèn nhưng xem chúng như các chất bảo toàn, quá trình lan truyền do dòng chảy và do chênh lệch nồng độ, không có các quá trình tương tác sinh hóa giữa các yếu tố sinh phèn trong quá trình lan truyền. Đã có một số nghiên cứu về đất phèn, tài liệu đáng chú ý, được tham khảo cho luận án là của Viện Quốc tế về cải tạo và hoàn thiện đất tại Wageningen, Hà Lan (International Institute for Land Reclamation and Improvement, P.O.Box 45.6700 A. A Wageningen, The Netherlands). Viện này thường xuyên tổ chức các hội nghị quốc tế để thông báo về thông tin và các kết quả nghiên cứu về phèn, các hội nghị gần đây là Wageningen (1972), Bangkok (1981), Dakar (1986) và vào tháng 3/1992 tại Thành phố Hồ Chí Minh.

Trong các bài báo được trình bày và thông tin tại các hội nghị thì hầu như chưa thấy các nghiên cứu quá trình lan truyền nước phèn trong kênh sông cũng như tương tác sinh hóa giữa phèn trong đất và trong nước kênh. Trong hội nghị trình bày tại Thành phố Hồ Chí Minh vào tháng 3-1992 có 39 báo cáo thì hầu hết về đất phèn (cơ chế, sử dụng, quản lý), có 9 bài liên quan tới mô hình nhưng trong đất (Xem: Selected Papers of the Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulphate Soil, Edited by D.I Dent and M.E.F. van Mensvoort, Ho Chi Minh City, Vietnam, March 1992). Gần đây một tác giả Việt Nam là Ngô Đăng Phong có làm luận án TS ở Úc sử dụng phần mềm máy tính VRSAP (của cố PGS Nguyễn như Khuê, của Viện Quy hoạch thủy lợi miền Nam, phần mềm tính dòng chảy và lan truyền mặn) để tính lan truyền của khối nước chua ở BĐCM, tuy nhiên tính toán đã xem nước phèn là chất bảo toàn (như nước mặn) không có tương tác sinh hóa giữa các yếu tố sinh phèn làm sinh thêm hoặc mất đi phèn.

Về phần mình, NCS cũng cũng bắt đầu xem xét sự tương tác các quá trình phèn trong 2 môi trường này, một kết quả được phác thảo ban đầu trong bài báo số 5 của GS Nguyễn Tất Đắc và NCS (bài báo tiếng Anh) nhưng chưa phải là yêu cầu cho luận án nên chưa được mô tả chi tiết trong luận án này.

Việc sử dụng tối ưu đất phèn cho phát triển sản xuất nông nghiệp và bảo vệ nguồn nước là một vấn đề đã được đặt ra từ lâu nhưng để “chung sống cùng đất phèn” một cách

ổn định và bền vững thì chúng ta phải tìm hiểu quy luật biến động của nó để tận dụng và khắc phục những vấn đề do đất phèn & nước phèn gây ra. Thực tế cuộc sống đòi hỏi phải nghiên cứu cải tạo và sử dụng đất phèn ở ĐBSCL nói chung và đặc biệt đối với vùng Tứ Giác Long Xuyên nơi chưa có nhiều kết quả nghiên cứu sâu của các tác giả cũng như các chương trình đầu tư của nhà nước về quản lý, cải tạo và khai thác đất phèn một cách hiệu quả và phát triển kinh tế tổng hợp có một ý nghĩa quan trọng và thiết thực trong sự nghiệp phát triển nông nghiệp, nông thôn trong thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa hiện nay. Vì vậy, được sự nhất trí Hội đồng Khoa học Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam và các Thầy hướng dẫn đã giúp tác giả thực hiện luận án này với đề tài: ***“xây dựng mô hình toán cho lan truyền nước phèn tại vùng Tứ Giác Long Xuyên và áp dụng xem xét một số tác động đến sản xuất trong vùng”***. Trong luận án này NCS cố gắng tìm kiếm thêm các phương trình mô tả quá trình tương tác sinh hóa của các yếu tố sinh phèn trong quá trình lan truyền.

2. MỤC TIÊU LUẬN ÁN

“Nghiên cứu bổ xung các phương trình còn thiếu để xây dựng mô hình toán cho lan truyền nước phèn trong hệ thống kênh rạch vùng TGLX vào đầu mùa mưa và áp dụng xem xét một số tác động đến sản xuất trong vùng”.

- Trước những đòi hỏi của thực tế, luận án: ***“xây dựng mô hình toán cho lan truyền nước phèn tại vùng Tứ Giác Long Xuyên và áp dụng xem xét một số tác động đến sản xuất trong vùng”*** nhằm tập trung giải quyết các mục tiêu sau đây:

- Tổng kết đánh giá các kết quả đã nghiên cứu bao gồm: Cơ sở lý thuyết và tham khảo kết quả các phẫu diện đất phèn từ các nghiên cứu của vùng từ đó tìm hiểu về cơ chế sinh phèn trong đất vùng nghiên cứu. Tập trung nghiên cứu kết quả sinh phèn gây chua trong thời đoạn mùa khô và đầu mùa mưa khi hình thành dòng chảy trên mặt ruộng trong đồng ra hệ thống kênh rạch vùng Tứ Giác Long Xuyên mà không nghiên cứu quá trình ngập lũ trên đồng. Nghiên cứu đánh giá những cân bằng hóa học của nước chua phèn, thiết lập chương trình tính toán... là chương trình tính lan truyền nước phèn nhôm (hay sắt) trong kênh sông (chủ yếu vào đầu mùa mưa), khi hình thành dòng chảy trên mặt ruộng trong đồng ra hệ thống kênh rạch của vùng.

- Trên cơ sở nói trên, đề xuất các giải pháp giảm thiểu tác động của các độc chất trong đất phèn đến hệ sinh thái nông nghiệp và đưa ra phương pháp tiếp cận hệ thống để quản lý hữu hiệu đất và nước chua phèn ở ĐBSCL đặc biệt là ở TGLX.

3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI, CÁCH TIẾP CẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Đối tượng nghiên cứu

3.1.1. Môi trường đất

Luận án chủ yếu tập trung nghiên cứu và khảo sát tài liệu từ 2 nguồn: (i) nguồn tài liệu thu thập của các đề tài, dự án đã và đang thực hiện cho vùng nghiên cứu và các vùng tương tự về các thông số sinh phèn, chất gây chua, chất độc cho sinh vật thủy sinh bao gồm dữ liệu từ dung dịch đất, nguồn nước mặt và từ các phẫu diện đất và (ii) nguồn tài liệu đo đạc khảo sát, nghiên cứu, thực hiện do các chuyên gia và đồng nghiệp công tác tại Phân Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp; Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam và Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam đã cung cấp cho tác giả, làm cơ sở tài liệu đánh giá tài liệu tính toán cho mô hình.

- Vùng nghiên cứu có diện tích đất phèn khá lớn, tồn tại 2 loại chính là: (i) đất phèn hoạt động và (ii) đất phèn tiềm tàng nội địa với độ pH thấp, thường từ 5,5 trở xuống, có khi pH chỉ còn 3 hoặc 2. Ion nhôm (Al^{3+}) và sắt (Fe^{2+} , Fe^{3+}) là tác nhân gây ra đất phèn. Tùy theo điều kiện hình thành mà có nơi Fe chiếm ưu thế, có nơi Al chiếm ưu thế, có nơi 2 thành phần này cùng tồn tại.

- Do điều kiện thời gian và khối lượng thực hiện luận văn có hạn nên nội dung nghiên cứu của tác giả không đi sâu vào tìm hiểu quá trình hình thành phèn trong đất cũng như những trao đổi vật lý - hóa học giữa môi trường đất và nước mà chỉ quan tâm giải quyết đến quá trình hòa tan, pha loãng, hóa sinh trong quá trình lan truyền trong vùng kênh sông xung quanh gây chua ảnh hưởng tới sản xuất và hệ thủy sinh thái.

3.1.2. Môi trường nước

Trong môi trường nước tác giả tập trung nghiên cứu một số thông số chính như Fe^{3+} , Al^{3+} , SO_4^{2-} và H^+ trong nước kênh theo thời gian và không gian cũng như ảnh hưởng của chúng đối với hệ sinh thái nông nghiệp.

Do vậy trong nội dung nghiên cứu của luận án chỉ tập trung xem xét kết quả sinh phèn gây chua trong thời đoạn đầu mùa mưa khi hình thành dòng chảy từ trên mặt ruộng trong dòng chảy ra hệ thống kênh rạch mà không nghiên cứu quá trình hình thành phèn trong đất.

- Vì trong các vùng đất phèn thì các tháng mùa khô và thời kỳ đầu mùa mưa nguồn nước trong hệ thống kênh, rạch và trên mặt ruộng bị ảnh hưởng chua rất lớn do các chất phèn sinh ra từ đất mao dẫn lên lớp đất bề mặt và một phần tiêu thoát ra hệ thống kênh rạch làm cho nguồn nước bị ô nhiễm nặng, có nơi giá trị pH giảm còn từ $2,0 \div 3,5$ gây hại cho các loài thủy sinh.

- Nước trong ruộng lúa, trong kênh cấp 1, cấp 2, cấp 3, chủ yếu là nước phèn, từ cuối mùa mưa năm trước qua một mùa khô đến đầu mùa mưa năm sau: có pH: $2,3 \div 5,0$ thấp, các độc chất cao, các dưỡng chất thấp và biến động rất lớn theo mùa, theo vị trí, theo loại đất và biện pháp canh tác.

3.2 . Phạm vi nghiên cứu

Vùng Tứ Giác Long Xuyên, tập trung phân tích kết quả và diễn biến phèn tại khu vực kênh Hà Giang trong tiểu vùng Tứ Giác Hà Tiên thuộc vùng TGLX.

- Việc nghiên cứu diễn biến nước phèn trong vùng là khối lượng công việc rất lớn đòi hỏi phải có đầu tư rất lớn về nhân lực, vật lực, kinh phí, thời gian và kinh phí nhằm xây dựng hệ thống thí nghiệm hiện trường, thu thập nguồn dữ liệu và xử lý dữ liệu phục vụ cho công tác tính toán cho nhiều thành phần môi trường trong vùng.

- Do vậy trong Luận án này tác giả chỉ cố gắng thực hiện những công việc nghiên cứu về bản chất và quá trình lan truyền nước phèn trong kênh của vùng.

3.3. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

Cách tiếp cận: Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu: Cách tiếp cận: Luận án lựa chọn cách đa tiếp cận: (i) Tiếp cận tổng hợp; (ii) Tiếp cận thực tế; (iii) Tiếp cận tích hợp thông tin; *Phương pháp nghiên cứu* (i) Phương pháp mô hình toán, (ii) ứng dụng các tiến bộ khoa học mới.

4. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ THỰC TIỄN CỦA LUẬN ÁN

4.1. Cơ sở lý luận

Sử dụng đất phèn để canh tác nông nghiệp và phát triển kinh tế là một vấn đề phức tạp và khó khăn của nhiều quốc gia trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Ở nước ta, đặc biệt là vùng ĐBSCL, đất phèn tập trung ở các vùng Đồng Tháp Mười, Tứ Giác Long Xuyên và bán đảo Cà Mau. Trong hơn thập niên qua các vùng này đã đóng một vai trò quan trọng trong việc gia tăng sản lượng lương thực và góp phần vào việc phát triển kinh tế ở Việt Nam.

Tuy nhiên, cùng với sự phát triển đã nảy sinh ra nhiều vấn đề trong việc quản lý đất phèn, đặc biệt nước chua phèn là một trong những nguyên nhân gây ra những nguy hại nghiêm trọng cho việc canh tác và hệ sinh thái môi trường nông nghiệp xung quanh. Đã có nhiều tác giả, nhóm tác giả tìm hiểu về đất phèn, cải tạo chúng theo hướng có lợi cho sản xuất. Tuy nhiên, ảnh hưởng của đất phèn, nước phèn do lan truyền gây ô nhiễm và tái ô nhiễm đối với hệ sinh thái nông nghiệp, đặc biệt đứng trên quan điểm độc học môi trường, vẫn là vấn đề khá mới và cần phải đầu tư nghiên cứu sâu thêm về cả lý thuyết lẫn thực tiễn.

Trong nhiều trường hợp quy hoạch sử dụng đất, nước, mâu thuẫn giữa các đối tượng hưởng lợi là điều không thể tránh khỏi. Trong trường hợp của quy hoạch sử dụng đất phèn mâu thuẫn này càng đặc biệt nghiêm trọng. Những biện pháp để gia tăng tốc độ rửa phèn đồng thời cũng làm gia tăng mức độ ô nhiễm nước và đất của những vùng lân cận. Để giải quyết bài toán giữa phát triển kinh tế và bảo vệ môi trường đòi hỏi phải có một cách tiếp cận hệ thống trong nghiên cứu khoa học.

4.2. Cơ sở thực tiễn

Đồng bằng sông Cửu Long với khoảng 1,5 triệu ha đất phèn, trong đó khó khai thác nhất vẫn là đất phèn nặng vùng trũng thấp Tứ Giác Long Xuyên, nơi có trên 70.000 ha đất phèn nặng. Cây lúa là một cây trồng truyền thống và là cây chủ lực tại vùng Tứ Giác Long Xuyên. Thực tế hiện nay, nếu đủ nước, nông dân vẫn chọn cây lúa để trồng trên đất phèn mới khai hoang. Mặt khác, nông dân đã có trong tay những kỹ thuật nhất định, lúa sau khi thu hoạch cũng dễ bảo quản và dễ bán, nhất là mức độ rủi ro thấp hơn các loại cây trồng khác.

Tuy nhiên, một trong những hạn chế của đất phèn nặng mới khai hoang là hàm lượng độc chất khá cao, lan truyền nhanh và rộng trên mặt ruộng rồi lan ra kênh rạch xung quanh các ruộng khác trong khu vực có thể gây chết lúa.

Xuất phát từ cơ sở lý luận và thực tiễn nêu trên, việc nghiên cứu diễn biến, đặc điểm lan truyền phèn trong nước, và đề ra các giải pháp thích hợp để hạn chế tác hại của chúng là rất cần thiết nhằm phục vụ cho quá trình quản lý đất phèn hiệu quả, góp phần đưa những tiến bộ khoa học kỹ thuật (như bước đầu xây dựng mô hình lan truyền nước phèn) tính toán, cho phép mở rộng dự báo để áp dụng cho việc quy hoạch và quản lý phục vụ sản xuất, đời sống và bảo vệ môi trường vùng Tứ Giác Long Xuyên.

5. NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

(1) Luận án đã xác định bản chất phèn cho vùng TGLX, là phèn nhôm và sắt, từ đó sử dụng các quy luật cân bằng hóa học cho các loại phèn này để thiết lập các phương trình toán bổ xung dùng để đóng kín hệ phương trình mô tả quá trình lan truyền của nước phèn trong kênh sông vùng TGLX.

(2) Dựa trên đó xây dựng chương trình máy tính cho tính lan truyền nước phèn một chiều trong kênh sông có tên ACID2020 để tính toán một số thông số đặc trưng cho lan truyền nước phèn trong hệ thống sông/kênh vùng TGLX.

6. GIÁ TRỊ THỰC TIỄN

- Kết quả nghiên cứu của luận án góp phần đánh giá và xác định mức độ phèn hóa, và lan truyền chất phèn trong môi trường nước vùng TGLX và áp dụng xem xét một số tác động đến sản xuất trong vùng nhằm phục vụ nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội và bảo vệ môi trường.

- Kết quả của luận án sẽ là tài liệu tham khảo cho công tác đào tạo trong lĩnh vực tài nguyên và môi trường cũng như bổ sung làm phong phú thêm kiến thức trong lĩnh vực nghiên cứu và cải tạo phèn cho vùng TGLX nói riêng và ĐBSCL nói chung,

Ngoài ra kết quả nghiên cứu có thể giúp gợi ý cho việc thiết kế hợp lý hệ thống công trình kênh rạch, giúp đưa ra các phương án quy hoạch, các giải pháp kiểm soát và đánh giá tác động môi trường.

7. GIÁ TRỊ KHOA HỌC

Xây dựng được mô hình lan truyền nước phèn trong kênh sông cho vùng TGLX và công cụ máy tính tương ứng (chương trình máy tính ACID2020) để tính toán lan truyền nước phèn vào đầu mùa mưa.

Đã dùng chương trình ACID2020 tính toán diễn biến phèn và sự lan truyền về định lượng.

Làm cơ sở tham khảo cho các công trình nghiên cứu tiếp theo về tính toán lan truyền nước phèn trong kênh sông.

Làm tư liệu tham khảo để giảng dạy trong ngành tài nguyên nước (cho khoa Tài nguyên nước, Đại học tài nguyên và môi trường TP HCM).

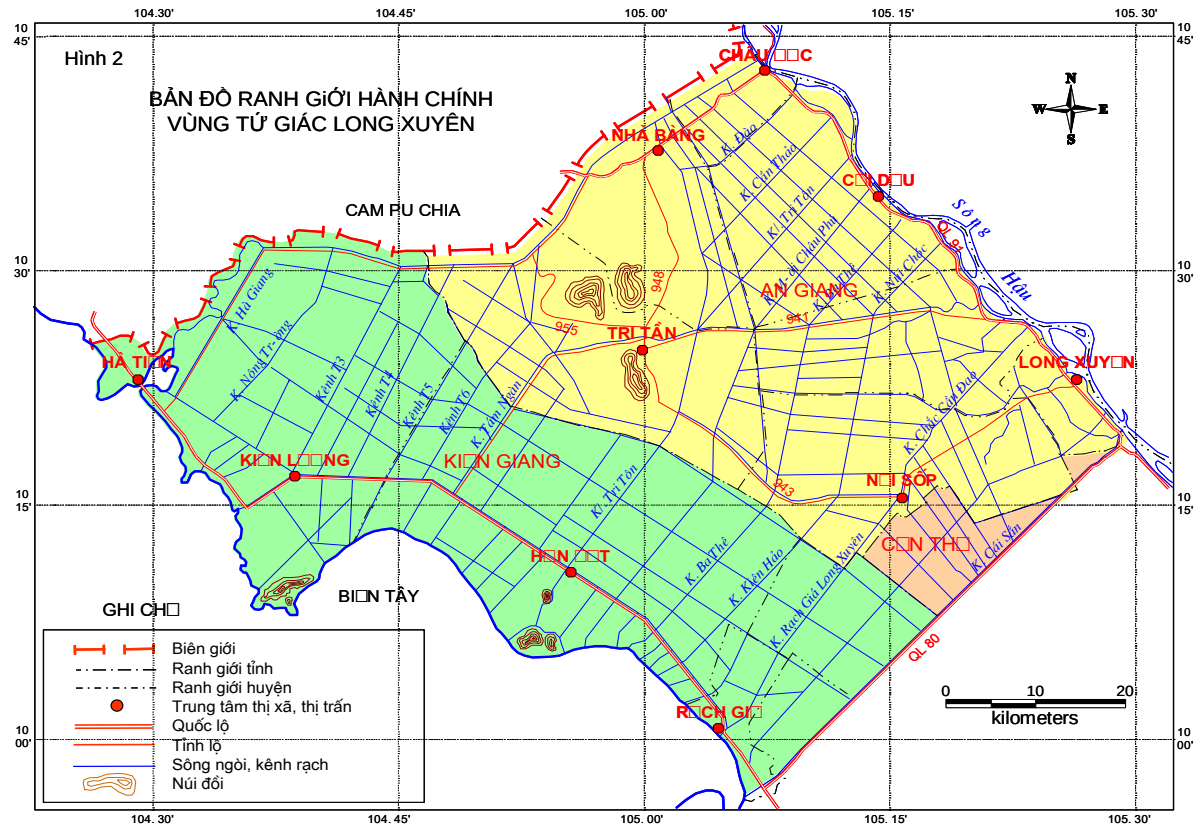
Ở mức độ nào đó kết quả của đề tài đóng góp cho đề xuất các cơ sở khoa học nhằm khắc phục ảnh hưởng của quá trình khai thác sử dụng tài nguyên đất (tới chất lượng nước, sinh vật thủy sinh) làm cơ sở cho việc quản lý sử dụng nguồn nước và môi trường vùng TGLX.

Chương 1. TỔNG QUAN

1.1. ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN

1.1.1. Vị trí địa lý

Vùng TGLX nằm ở vị trí từ $9^{\circ}57' \div 10^{\circ}12'$ vĩ độ Bắc và $104^{\circ}40' \div 105^{\circ}35'$ kinh độ Đông, đất đai thuộc phần lớn hai tỉnh An Giang, Kiên Giang và một phần nhỏ thuộc phía Bắc huyện Vĩnh Thạnh TP. Cần Thơ.



Hình 1- 1: Bản đồ ranh giới hành chính vùng TGLX

Vùng TGLX:

- Phía Bắc giáp Vương quốc Campuchia (CPC).
- Phía Nam giáp Quốc lộ 80 (kênh Cái Sắn).
- Phía Đông giáp sông Hậu Giang.
- Phía Nam-Tây Nam giáp vịnh Thái Lan

1.1.2. Hiện trạng sản xuất

a. Cơ cấu sử dụng đất

Diện tích tự nhiên toàn vùng khoảng 488.000ha, trong đó tỉnh An Giang 239.000ha (chiếm 49%), Kiên Giang 234.500ha (chiếm 48%) và tỉnh Cần Thơ 15.000ha (chiếm 3%).

Quỹ đất dùng cho nông nghiệp chiếm hơn 65% đất tự nhiên, riêng đất trồng lúa chiếm khoảng 76% đất nông nghiệp. Còn hơn 4.000ha đất chưa sử dụng, đây là các khu vực đất phèn nặng, canh tác khó khăn, tập trung chủ yếu ở Hà Tiên, Hòn Đất.

- Trong sản xuất nông nghiệp còn một số hạn chế
- Sản xuất nông nghiệp (SXNN) chịu chi phối mạnh bởi điều kiện tự nhiên. Phần lớn diện tích đất trong vùng là đất nhiễm phèn. Mùa khô bị mặn xâm nhập, thiếu nước ngọt, mùa mưa bị ngập lũ kéo dài nhiều tháng, ảnh hưởng đến việc chuyển dịch cơ cấu cây trồng, vật nuôi.
- Thế mạnh nông nghiệp trong vùng là cây lúa còn thấp, trong khi giá trị thu nhập từ cây lúa rất thấp, nên mức sống của các hộ dân thuần làm lúa cũng không cao.
- Tổ chức sản xuất chủ yếu là kinh tế hộ nên không chỉ hạn chế việc ứng dụng khoa học công nghệ để nâng cao năng suất, chất lượng cây trồng vật nuôi, mà còn ảnh hưởng đến sự đồng nhất sản phẩm hàng hóa, giảm sự cạnh tranh của sản phẩm trên thị trường tiêu thụ.
- Nông nghiệp chưa được cơ giới hóa, khi đến mùa vụ thường xảy ra việc thiếu lao động.
- Kinh tế thủy sản là một trong những thế mạnh của toàn vùng và là ngành kinh tế có khả năng tạo ra sản phẩm hàng hóa có giá trị cao. Tuy nhiên cần phải chủ động quản lý được nguồn nước cũng như có sự đầu tư và phát triển sản xuất đồng bộ trong ngành thủy sản nhằm đáp ứng nhu cầu thị trường, góp phần tăng nhanh kim ngạch xuất khẩu cho địa phương, cải thiện đời sống của nhân dân lao động.

c. Hiện trạng khai thác và sử dụng tài nguyên nước

Vùng TGLX là một trong những vùng chuyên sản xuất nông nghiệp và nuôi thủy sản nước ngọt thuộc ĐBSCL, hiện nay khu vực ven biển của tỉnh Kiên Giang đã có những quy

hoạch nuôi thủy sản nước lợ. Đây là mũi nhọn để phát triển kinh tế xã hội của khu vực, góp phần phát triển kinh tế xã hội của vùng.

Tài nguyên nước vùng TGLX chịu chi phối bởi nguồn nước từ thượng nguồn về (khá lớn vào mùa mưa lũ), nguồn nước mặn từ biển Tây vào nội đồng qua kênh Rạch Giá – Hà Tiên (Quốc lộ 80) và nguồn nước mưa.

Đây là khu vực có tài nguyên nước tương đối tốt, tuy nhiên vẫn chịu tác động của xâm nhập mặn từ biển Tây vào nội đồng.

Hiện nay, khu vực các huyện ven biển thuộc tỉnh Kiên Giang đã có quy hoạch nuôi trồng thủy sản trong vùng này thường là nuôi theo hình thức công nghiệp và nuôi quảng canh cải tiến. Trong quá trình nuôi, nguồn nước mặn được lấy qua các kênh rạch vào sâu trong nội đồng (qua quốc lộ 80).

d. Mưa

Một năm vùng có hai mùa rõ rệt là mùa mưa và mùa khô, mùa mưa thường bắt đầu vào tháng 5, kết thúc vào tháng 11.

Vùng TGLX nằm trong khu vực có lượng mưa trung bình (1.200÷2.200 mm) so với toàn ĐBSCL, lượng mưa tập trung chủ yếu vào mùa mưa, chiếm từ 90÷93% tổng lượng mưa cả năm.

Lượng mưa năm lớn nhất tại Rạch Giá 2.110 mm, Hà Tiên 1.995 mm, Tân Hiệp 1.841 mm, Long Xuyên 1.599 mm, Châu Đốc 1.250 mm,... Số ngày mưa trung bình năm khá cao, tại Rạch Giá 159 ngày, Tân Hiệp 131 ngày, Long Xuyên 120 ngày, Châu Đốc 107 ngày,...(hình 1-2).

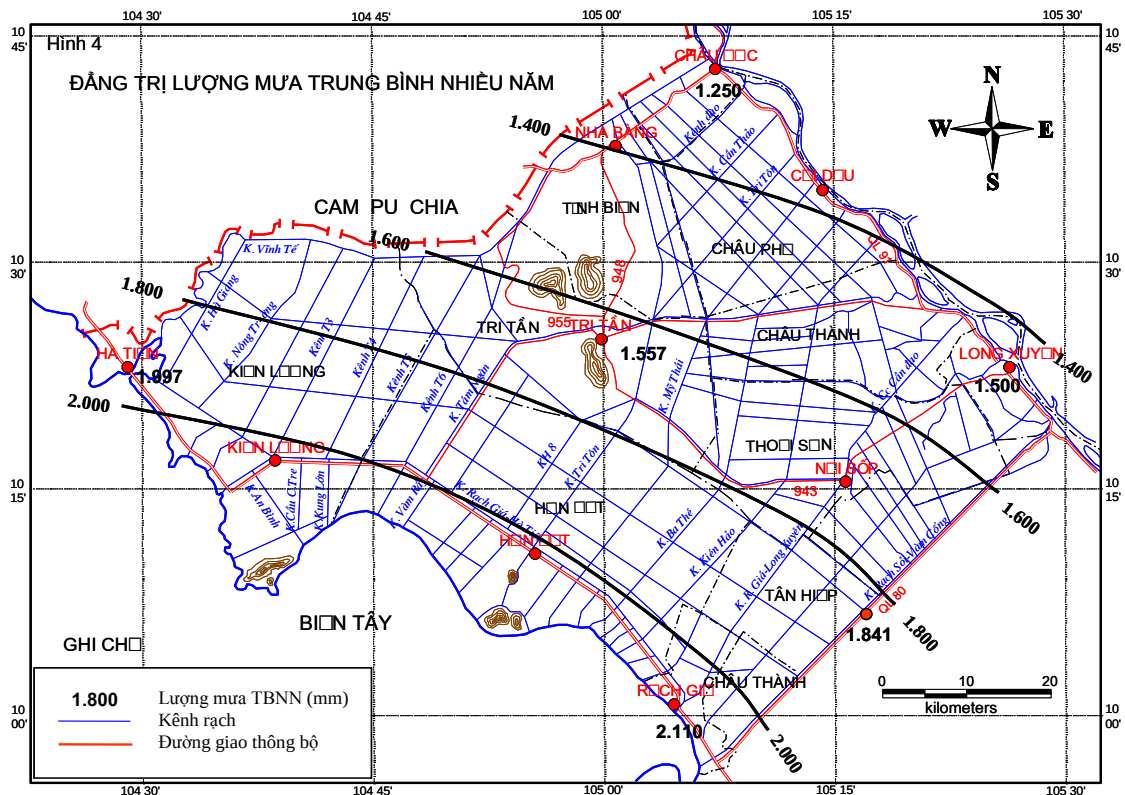
Lượng mưa bình quân tháng, theo số liệu đo mưa từ năm 1961 đến 2007, ở một số trạm đo mưa trong vùng TGLX như bảng 1-1.

Bảng 1- 1: Lượng mưa (mm) bình quân tháng ở một số trạm (1961-2007)

TT	Trạm	Tháng											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	Châu Đốc	8	5	26	85	145	113	137	142	145	258	144	46
2	Chợ Mới	8	1	10	63	137	142	162	180	198	246	174	28
3	Long Xuyên	10	6	14	86	149	168	199	192	218	283	140	38

TT	Trạm	Tháng											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4	Tri Tôn	3	0	9	97	208	180	251	235	215	228	110	22
5	Hà Tiên	8	12	42	142	240	240	279	310	253	276	140	55
6	Rạch Giá	9	7	34	99	244	268	309	342	305	284	168	41
7	Tân Hiệp	4	6	15	70	185	239	254	327	271	256	179	35

Nguồn: Viện khoa học thủy lợi miền Nam



Nguồn: Viện khoa học thủy lợi miền Nam

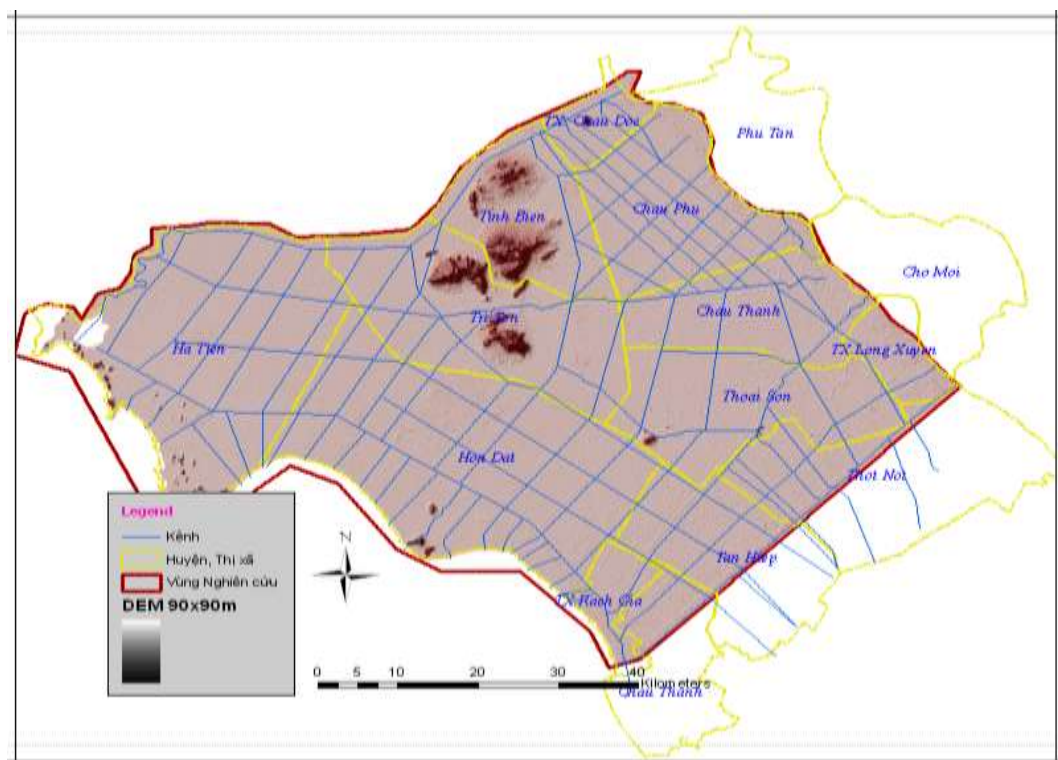
Hình 1- 2: Đẳng trị lượng mưa trung bình nhiều năm vùng TGLX

- Lượng mưa lớn tập trung. Theo con số thống kê nhiều năm cho thấy tổng lượng mưa khoảng 2.100 – 2.200 mm, khoảng 80% tổng lượng mưa tập trung vào mùa mưa. Mưa bắt đầu sớm (tháng 5) và kéo dài đến tháng 12. Sự xuất hiện của các trận mưa rất nhanh (do gần biển). Chế độ mưa như vậy, có điều kiện thuận lợi cho việc rửa phèn đầu vụ và bố trí thời vụ. Tuy nhiên, cũng sẽ có bất lợi tại các trận mưa đầu mùa, khi nước mưa chảy tràn trên mặt ruộng cuốn theo phèn lan truyền xuống kênh rạch gây ô nhiễm phèn cho nước.

e. Đặc điểm địa hình

Vùng TGLX có hai khối địa hình rõ rệt. Khối thứ nhất là đồng bằng, chiếm 87% diện

tích đất tự nhiên của vùng có cao trình bình quân +1.0, với độ nghiêng tổng hợp 1,0 cm/km theo hướng về phía Nam Cần Thơ và ra biển Tây. Khối thứ hai là đồi núi, chiếm 13% diện tích tứ giác với nhiều đỉnh cao trên 700m, đây là nơi địa hình đất cao, án ngữ ngay đầu Phía Bắc TGLX có vai trò chi phối khí hậu và thủy văn, đặc biệt là đối với dòng chảy trong các trận lũ lớn.



Nguồn: Viện khoa học thủy lợi miền Nam

Hình 1- 3: Địa hình vùng TGLX

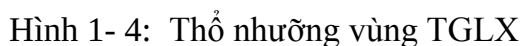
Địa hình vùng TGLX thấp dần từ phía Tây qua kênh Cái Sắn và từ sông Hậu tới biển Tây, với độ dốc trung bình khoảng 01cm/km. Khoảng 85% diện tích vùng TGLX có độ cao thấp hơn 1,0m và khoảng 10% vùng núi tập trung ở các huyện Tri Tôn và Tịnh Biên với cao độ từ 2m÷700m so với khu vực Hà Tiên.

f. Đặc điểm thổ nhưỡng

Theo tài liệu điều tra đất của Phân viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp, đơn vị phân loại đất tương ứng với quy trình lập bản đồ đất tỉ lệ 1/50.000 vùng TGLX có 08 nhóm đất, phân thành 18 loại đất (đơn vị chú giải bản đồ tỉ lệ 1/50.000). Diện tích cụ thể từng nhóm đất:

- (i) Nhóm đất phù sa (P): diện tích 96.532,0 ha, chiếm 19,51% diện tích tự nhiên.

(iv) Nhóm đất mặn: diện tích 6.633,0 ha, chiếm 1,34% diện tích tự nhiên, phân bố ở ven biển thuộc TP. Hà Tiên, huyện Kiên Lương, huyện Hòn Đất và TP Rạch Giá tỉnh Kiên Giang. Nhóm đất này được khai thác sử dụng trồng rừng phòng hộ và nuôi thủy sản (tôm nước lợ).



(v) Nhóm đất phèn: có diện tích lớn nhất 280.904 ha, chiếm 56,76% diện tích tự nhiên.

Được phân thành 5 loại đất. Trong đó, phần tỉnh Kiên Giang 163.016 ha, phần tỉnh An Giang 109.996 ha và huyện Vĩnh Thạnh – TP. Cần Thơ 7.893 ha. Đất phèn có độc tố là SO_4^{2-} , Fe^{3+} , Al^{3+} ảnh hưởng tiêu cực đến cây trồng và thủy sản nuôi nếu thiếu nước ngọt để rửa và ém phèn. Khai thác sử dụng đất phèn phát triển nông nghiệp vùng TGLX khi chưa có hệ thống KSL gặp trở ngại lớn nhất, trong đó loại đất phèn tiềm tàng và hoạt động tại tầng nông là đối tượng khó cải tạo nhất.

(vi) Nhóm đất lầy: diện tích 52.075 ha, chiếm 10,52% DTTN, trong đó An Giang 28.650 ha, Kiên Giang 22.275 ha và Vĩnh Thạnh 1.150 ha. Đất lầy được tạo lập từ 3 nhóm đất chính là đất phèn, đất phù sa và đất mặn nên tính chất lý hóa học khác biệt nhau. Do vậy, khi sử dụng phải tìm hiểu kỹ trên cơ sở tổng kết kinh nghiệm đã sử dụng đất bằng các hệ thống canh tác đồng thời đi kèm các biện pháp cải tạo tổng hợp (nông học, hóa học, sinh học,...)

(vii) Nhóm đất lầy: diện tích 52.075ha, chiếm 10,52% diện tích tự nhiên, trong đó An Giang 28.650 ha, Kiên Giang 22.275ha và huyện Vĩnh Thạnh (Cần Thơ) 1.150 ha. Đất lầy được tạo lập từ 3 nhóm đất chính là đất phèn, đất phù sa và đất mặn nên tính chất lý hóa học khác biệt nhau. Do vậy, khi sử dụng phải tìm hiểu kỹ trên cơ sở tổng kết kinh nghiệm đã sử dụng đất bằng các hệ thống canh tác đồng thời đi kèm các biện pháp cải tạo tổng hợp (nông học, hóa học, sinh học,...)

(viii) Nhóm đất than bùn phèn: diện tích 3.812,0ha, chiếm 0,77% DTTN. Trong đó, An Giang 1.462,0ha, Kiên Giang 2.350,0ha được sử dụng chủ yếu là trồng tràm.

(ix) Nhóm đất xói mòn trơ sỏi đá: diện tích 5.665,0ha, chiếm 1,14% DTTN. Trong đó, An Giang 4.933ha, Kiên Giang 732ha, phân bố ở đất đồi núi của các huyện Tri Tôn, Tịnh Biên, Kiên Lương, Hòn Đất, TP. Hà Tiên, TP. Châu Đốc. Nhóm đất này ít có giá trị sử dụng cho Sản xuất nông nghiệp.

Tóm lại, trong 08 nhóm đất, cần tập trung khai thác sử dụng cho SXNN 4 nhóm đất chính là phù sa, phèn, xám và đất lầy

f. Đặc điểm thủy triều biển Tây:

Thủy triều biển Tây thuộc loại triều hỗn hợp, thiên về nhật triều, thời gian triều lên xuống xấp xỉ nhau, thường kéo dài từ 11,3÷12,0 giờ với chu kỳ triều ngày 24,3 giờ. Biên độ triều biến động lớn nhất từ 0,8÷1,2 m, mực nước chân triều dao động ít (0,2÷0,4 m),

trong khi mực nước đỉnh triều dao động nhiều hơn ($0,6 \div 0,8$ m). Kết quả là thời gian duy trì mực nước thấp kéo dài hơn so với khoảng thời gian duy trì mực nước cao và đường mực nước bình quân ngày nằm gần với mực nước chân triều nên khó có thể tận dụng nước đỉnh triều tưới tự chảy, nhưng lại thuận lợi cho tiêu thoát nước.

Một chu kỳ triều trung bình 15 ngày, trong năm mực nước bình quân cao nhất xảy ra vào tháng XI÷XII và thấp nhất vào tháng IV÷V trùng với thời kỳ mực nước thấp nhất trên sông Hậu. Thủy triều biển Tây truyền vào TGLX qua các kênh rạch nội đồng từ TP. Hà Tiên đến TP. Rạch Giá.

g. Đặc điểm thủy triều biển Đông:

Thủy triều biển Đông là bán nhật triều, có biên độ lớn ($3,0 \div 4,0$ m), lên xuống ngày 2 lần với 2 đỉnh xấp xỉ nhau và 2 chân chênh lệch nhau khá lớn. Thời gian giữa 2 chân và 2 đỉnh vào khoảng $12,0 \div 12,5$ giờ và thời gian 1 chu kỳ triều ngày là 24,83 giờ. Chênh lệch mức nước lớn nhất giữa 2 chu kỳ triều khoảng $1,5 \div 2,0$ m, chênh lệch mức nước bình quân khoảng $0,5 \div 0,6$ m.

Trong năm, đỉnh triều có xu thế cao hơn trong thời gian từ tháng 12 đến tháng 1 và chân triều có xu thế thấp hơn trong khoảng tháng 7÷8. Mực nước chân triều dao động lớn ($1,6 \div 3,0$ m), trong khi mực nước đỉnh triều dao động nhỏ hơn ($0,8 \div 1,0$ m).

Kết quả là thời gian duy trì mức nước cao dài hơn, khoảng thời gian thủy triều biển Đông truyền vào các kênh rạch nội đồng ĐBSCL nói chung và TGLX nói riêng. Thực tế, triều biển Đông ảnh hưởng vượt qua Châu Đốc trên sông Hậu vào mùa kiệt.

Tóm lại, thủy triều biển Đông ảnh hưởng tích cực đến lấy nước tưới trong tháng 2, 3, tiêu cực trong các tháng 7÷8, nhưng bất lợi cho tiêu lũ (tháng 10, 11) trong khi triều biển Tây thuận lợi cho tiêu chua (tháng 5, 6) và tiêu lũ nhưng bất lợi cho việc lấy nước tưới cho cây trồng vào tháng 2, 3 và xâm nhập mặn trong tháng 3, 4.

h. Đặc điểm thủy triều nội đồng TGLX:

Vùng TGLX chịu ảnh hưởng triều biển Đông qua sông Hậu và biển Tây qua kênh Rạch Giá - Hà Tiên (RG-HT). Biên độ mực nước tại khu vực giáp nước thay đổi từ $0,2 \div 0,3$ m trong mùa kiệt và hoàn toàn biến mất vào thời gian đỉnh lũ.

Mức nước bình quân đỉnh triều có xu thế chung là giảm dần từ sông Hậu ($1,1 \div 1,2$ m) sang biển Tây ($0,4 \div 0,5$ m). Tuy nhiên, khi cách biển khoảng $10 \div 15$ km, mức nước bình quân đỉnh triều thấp hơn mặt đất $0,4 \div 0,5$ m.

Mức nước bình quân chân triều có xu thế khác với biến đổi mức nước bình quân đỉnh triều và mức nước trung bình là giảm dần từ khu vực trung tâm TGLX ra 2 phía sông Hậu và biển Tây. Ở phần phía Tây TGLX thuộc tỉnh Kiên Giang ảnh hưởng của công trình kiểm soát mặn là khá rõ. Khu vực Hà Giang-Ba Hòn và khu vực cuối kênh Rạch Giá-Long Xuyên, Rạch Sỏi nước biển ra vào tự do nên mức nước bình quân chân triều giảm rất nhanh và ảnh hưởng sâu vào nội đồng qua các kênh rạch. Trong khi đó, khu vực Hòn Đất, các công vắn đóng với mục đích trữ ngọt, kiểm soát mặn nên mức nước chân triều thay đổi không đáng kể.

1.1.3. Hệ thống sông, kênh và công trình Thủy lợi của vùng TGLX

a. Sông Hậu và các tuyến kênh tạo nguồn nước ngọt:

Vùng TGLX có ranh giới phía Đông giáp sông Hậu (từ Châu Đốc đến ngã 3 Lộ Tẻ (QL80) hoặc đầu kênh Cái Sắn. Sông Hậu là nguồn cấp nước chính cho vùng TGLX.

Sông Hậu là một trong chi lưu chính của sông Mê Công, đóng vai trò đặc biệt quan trọng cung cấp nước ngọt cho ĐBSCL, trong đó có vùng TGLX. Bề rộng mặt sông trung bình $1.500 \div 2.000$ m, độ sâu trung bình $15 \div 18$ m, lưu lượng nước mùa kiệt (tháng IV) tại Châu Đốc trung bình $415 \text{ m}^3/\text{s}$.

Số liệu quan trắc vào tháng 4 năm 1984, trong 15 ngày thời gian mùa kiệt tại các đầu kênh trực nhận nước từ sông Hậu chảy vào ở mức thấp (dưới $10 \text{ m}^3/\text{s}$), chỉ riêng kênh Long Xuyên và kênh Cái Sắn có lưu lượng khá hơn ($17,8 \div 15,2 \text{ m}^3/\text{s}$). Do vậy, trước khi có hệ thống kiểm soát lũ (KSL), khu vực Tứ giác Hà Tiên gồm (TP. Hà Tiên, huyện Giang Thành, huyện Kiên Lương và phía Tây huyện Hòn Đất) là nơi thường bị thiếu nước ngọt vào mùa khô.

b. Hệ thống công trình thủy lợi:

Ngoài các hệ thống thủy lợi đã được kế thừa, tiếp tục khai thác sử dụng, theo dự án hệ thống công trình Kiểm soát lũ vùng TGLX được cấp thẩm quyền phê duyệt đã tổ chức đầu tư xây dựng mới và cải tạo nâng cấp các công trình đã có như sau:

- Đập cao su Tha La và Trà Sư (đưa vào khai thác năm 1999) với quy mô đập: chiều dài 72÷90 m, cao trình đỉnh +3.80, cao trình ngưỡng +1.50. Nhiệm vụ của 2 đập cao su Trà Sư, Tha La là ngăn lũ đầu vụ và cuối vụ từ kênh Vĩnh Tế đổ vào nội đồng khu vực phía Bắc TGLX, tiêu lũ chính vụ nhằm kiểm soát mực nước lũ ở nội đồng góp phần cải tạo môi trường sinh thái và hiện nay hai đập cao su Tha La và Trà Sư đã được thay bằng (hai cống là loại cống hở, bằng bê tông cốt thép), cống Tha La có chiều rộng thông nước 66m, chia thành 3 khoang, mỗi khoang rộng 22m. Cửa cống phẳng, đóng mở bằng xy lanh thủy lực, cao trình đỉnh cửa +5,0m; Cống Trà Sư có chiều rộng thông nước 88m, chia thành 4 khoang, mỗi khoang rộng 22m.

- Xây dựng tràn kết hợp cầu cạn Xuân Tô với chiều dài 300 m, lưu lượng thoát lũ thiết kế là 1.220,0 m³/s (tương ứng lưu lượng lũ năm 1961).

- Cải tạo mở rộng và nạo vét kênh Vĩnh Tế. Bề rộng 30 m, cao trình đáy kênh -3.00. Lưu lượng cấp nước tưới vào mùa khô theo thiết kế 37 m³/s và lưu lượng thoát lũ 1.940 m³/s.

- Nạo vét các kênh thoát lũ T3, T4, T5, T6, nối từ kênh Vĩnh Tế đến kênh Rạch Giá - Hà Tiên.

- Xây dựng hoàn chỉnh tuyến Quốc lộ N1 ở phía Nam kênh Vĩnh Tế có vai trò là đê ngăn lũ tràn từ biên giới Campuchia vào tứ giác Hà Tiên.

- Xây dựng 18 kênh thoát lũ nội đồng với tổng chiều dài 72,0 km.

- Mở rộng khẩu độ các cầu trên quốc lộ 80 (từ Rạch Giá đi Hà Tiên) phục vụ thoát lũ.

- Xây dựng hệ thống công kiểm soát lũ (KSL), mặn trên đê biển Tây (từ Rạch Giá đến Chùa Hang).

- Nâng cấp tuyến đê biển Hòn Đất-Kiên Lương có tổng chiều dài 74,0 km, cao trình +2.0 m.

Ngoài ra, ngành thủy lợi các địa phương huy động các nguồn lực xây dựng bờ bao kiểm soát lũ (KSL) cả năm, KSL Tháng 8, chủ động kiểm soát mặn ngọt đảm bảo an toàn cho SXNN theo hướng chuyển vụ, tăng vụ và nuôi thủy sản trong vùng TGLX. Đặc biệt là tăng vụ lúa Thu Đông.

Từ khi được Nhà nước đầu tư của hệ thống KSL, mặn vùng TGLX đã phát huy nhiệm vụ KSL, thau chua rửa phèn, kiểm soát mặn theo chiều hướng tích cực tạo điều kiện thuận lợi cho SXNN và nuôi thủy sản nước lợ, mặn phát triển có hiệu quả hơn, nhất là tăng vụ, thâm canh, tăng năng suất lúa vì là cây trồng truyền thống có lợi thế của vùng TGLX. Tuy nhiên do một số HTCT khi xây dựng không tính đến yếu tố bất lợi của BĐKH-NBD nên không phát huy hết khả năng phục vụ, bởi vậy hiện tượng thời tiết bất thường do BĐKH trong những năm gần đây đã làm gia tăng tình trạng khô hạn và xâm nhập mặn vào nội đồng, cùng với chua phèn đã gây khó khăn nguồn nước cấp cho sinh hoạt, trong sản xuất nông nghiệp của người dân tại 1 số huyện ven biển của vùng đặc biệt là khu vực ven biển của tỉnh Kiên Giang.

1.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu về đất phèn

1.2.1. Tình hình nghiên cứu về đất phèn trên thế giới

Khái niệm đất phèn: được dùng để chỉ các đất và vật liệu mà kết quả của quá trình hình thành đất sản sinh ra một lượng axit sulphuric (H_2SO_4) có ảnh hưởng đến những đặc tính chủ yếu của đất (L. J. Pons, 1973), [46].

Trên thế giới đất phèn được gọi bằng nhiều tên khác nhau. Ở Việt Nam, đất phèn được nông dân miền Bắc gọi là đất chua mặn, ở miền Nam thường gọi là “đất phèn”, “đất mặn phèn đen”, “tầng ong phèn cháo”, “phèn nóng”, “phèn lạnh”, “đất phèn cứng chuột”, gọi là một dạng đất sét nhiều, kết vón thành cục nhỏ, kết cấu rời rạc để chỉ đất chua, tầng sulphate nhôm hoặc sắt có những đốm màu vàng, vàng nâu trong tầng phẫu diện, để chỉ đất này nhiều sét bùn, chua và có chất nhòn.

Diện tích đất phèn trên thế giới tương đối lớn, chiếm khoảng hơn 12 triệu ha (Dent, 1986), [35], phần lớn những diện tích này nằm trong vùng nhiệt đới. Việt Nam có diện tích đất phèn khoảng 2,0 triệu ha chiếm gần 16% diện tích đất phèn trên thế giới, chiếm khoảng 30% diện tích đất canh tác của Việt Nam trong đó tập trung chủ yếu ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là 1,5 triệu ha.

Từ năm 1735, Peelman đã phát hiện ra một loại khoáng biến thành đất chua và được mang tên là Agrilla Vitrolacea. Tác giả cho rằng, đất phèn xuất hiện ở vùng ven biển, trên đá trầm tích kỷ Cambri.

Arinol (1934) [34], cho rằng đất phèn có nguồn gốc từ biển.

F.R. Moormann (1961), [42], cho rằng lưu huỳnh (S) của đất phèn có nguồn gốc từ nước biển và cây sú, vẹt chính là nguyên liệu chính để hình thành lên đất phèn.

Đất phèn đã được các nhà khoa học đất Hà Lan nghiên cứu từ thế kỷ thứ 17 nhằm cải tạo những diện tích đất phèn thuộc các vùng hồ cạn mà dưới đáy hồ là các trầm tích của vỏ sò. Những biện pháp cải tạo là cày xới lớp trầm tích chứa nhiều canxi dưới sâu trộn với lớp đất mặt để giảm độ chua của đất và biện pháp này đã thành công ở Hà Lan, được nhắc bởi David Dent (1986) [35], đã khuyến cáo bón vôi cho đất phèn để trung hòa hàm lượng axit trong đất và năm 1973 Breemen, N.Van [49] nghiên cứu và công bố quá trình oxy hóa khử xảy ra trong đất phèn, đây là cơ sở ban đầu để các nhà khoa học đất đi sâu nghiên cứu về đất phèn. Breemen, N.Van năm 1976, [50], với những kết quả nghiên cứu đất phèn ở Thái Lan, Van Breemen đã đưa ra những khái niệm cơ bản, tương đối đầy đủ về các tiến trình hình thành đất phèn ở vùng nhiệt đới và đưa ra các phẫu diện đất đặc trưng của đất phèn (N.Breemen, 1976).

Được nhắc bởi David Dent (1986), [35], cho thấy từ năm 1972 Malaysia đã nghiên cứu cải tạo đất phèn vùng phía Tây phục vụ cho sản xuất nông nghiệp và nuôi tôm và đã đạt được những kết quả khả quan. Trước năm 1980 Senegan đã nghiên cứu cải tạo diện tích đất phèn lớn thuộc lưu vực sông Gambia nhằm xây dựng mô hình điều tiết nước tưới của hồ chứa để cải tạo đất phèn cho canh tác nông nghiệp và hạn chế khả năng thoát phèn ra các vùng lân cận.

Nghiên cứu và sử dụng đất phèn đã được các nhà khoa học đất nghiên cứu từ lâu tại các nước phát triển nhưng mãi tới năm 1972 hội nghị đất phèn lần thứ nhất được tổ chức tại trường đại học Wageningen của Hà Lan nhằm thống nhất các phương pháp nghiên cứu; các tiêu chuẩn đánh giá, phân loại đất phèn; và thông báo các kết quả nghiên cứu cũng như các kinh nghiệm nghiên cứu và cải tạo đất phèn của các Quốc gia trên Thế giới. Đến hội nghị đất phèn Thế giới lần thứ tư tổ chức tại TP. Hồ Chí Minh tháng 3/1992 [Selected Papers of the Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulphate Soils, HCM City, Vietnam, March 1992] lực lượng các nhà khoa học nghiên cứu về đất phèn trên Thế giới đã tăng lên đáng kể, một số thiết bị, máy móc phục vụ công tác nghiên cứu trong lĩnh vực này cũng được cải tiến và hiện đại hóa. Các phòng thí nghiệm của các Quốc gia đã cơ bản thống nhất với nhau về phương pháp phân tích đất (chủ yếu là phương pháp đã được đề xuất của Hà

Lan, Mỹ và Bỉ) và thống nhất chọn hai hệ thống tiêu chuẩn phân loại đất là tiêu chuẩn Taxonomy của Mỹ và tiêu chuẩn của Fao-Unesco. Đó là những thành tựu đạt được trong quá trình nghiên cứu, đánh giá về đất phèn của các nhà khoa học đất trên thế giới trong một thời gian hai mươi năm từ 1972 - 1992.

1.2.2. Tình hình nghiên cứu về đất phèn tại Việt Nam, vùng ĐBSCL và vùng TGLX.

Theo Lê Huy Bá (2003) [2], về nguồn gốc phát sinh và quá trình hình thành đất phèn đã được nghiên cứu từ lâu và được nhiều tác giả đề cập đến với những quan điểm khác nhau

Fritland khi nghiên cứu đất chua mặn miền Bắc Việt Nam cho thấy, đất phèn ở đây rất giàu sulphate là do S có trong nước lợ (nhưng không có liên quan đến cây sù, vẹt) bởi vì lưu huỳnh có trong nước biển theo thủy triều vào vùng nước lợ.

Đối với sắt, nhôm, là do sự phóng thích của chúng từ các keo sét. Sắt, nhôm bị rửa trôi theo dòng chảy đến vùng nước lợ cùng với lưu huỳnh sa lắng và đọng thành phù sa, sau thời gian biến động chúng sẽ kết hợp lại để tạo thành đất phèn như ngày nay.

Moormann và Thái Công Tụng 1961, [43] tài liệu của Moorman có tính khái quát chung toàn Miền Nam Việt Nam, còn tài liệu của Thái Công Tụng làm rõ thêm tài liệu của Moorman và cũng là chú giải bản đồ đất 1/200.000 các tỉnh, trong quá trình nghiên cứu, lập bản đồ đất miền Nam Việt Nam đều cho rằng, sự hình thành đất phèn xuất hiện ở vùng nước lợ, có thủy triều xâm nhập và có sự tham gia của các vi sinh vật trong điều kiện nhất định.

Vũ Cao Thái và cộng sự (1994), [17] đã chứng minh được tầng sinh phèn (sulfidic horizon) có chứa FeS_2 (pyrite) của đất ĐBSCL được hình thành từ trầm tích đầm lầy biển.

GS.TS. Nguyễn Ngọc Trân, Chương trình khoa học cấp Nhà nước "*Điều tra cơ bản tổng hợp đồng bằng sông Cửu Long*" (1987-1989), [31]. Báo cáo được xây dựng trên kết quả điều tra, nghiên cứu của chương trình 60-B và 60-02, kế thừa các kết quả nghiên cứu trong nước và trên thế giới về đồng bằng sông Cửu Long, cũng như về phương pháp luận điều tra cơ bản tổng hợp một vùng lãnh thổ. Các tác giả của chương trình 60B-02 cho thấy trong quá trình nghiên cứu đất ĐTM cho rằng đất phèn được hình thành trên cơ sở khối "vật liệu sinh phèn" (Sulfidic Materials). Đó là khối vật liệu sét (cũng có khi là cát-ít hơn

hiều, lẫn xác thực vật hoặc than bùn) có màu đen, xám xanh hoặc nâu sẫm đồng nhất, đầm nước chứa 2-10% hạt pyrite (FeS_2) .

Chương trình điều tra bổ sung chỉnh lý bản đồ đất cấp tỉnh (Viện Quy hoạch & Thiết kế nông nghiệp, năm 2006) đất phèn cả nước là 1.729.363 ha, vùng ĐBSCL là 1.459.223 ha, chiếm tới 84,38 % DT đất phèn cả nước (phụ lục 05)

Diện tích đất phèn trên thế giới, khoảng 12,6 triệu ha (Ponds L. J. (1973), [46], tuy nhiên một số thống kê từ nhiều nguồn gần đây cho thấy diện tích này ước tính xấp xỉ 22,4 triệu ha, sự khác biệt này có lẽ do mức độ chi tiết trong thống kê và phân loại đất phèn có sự khác nhau.

Phân bố đất phèn chủ yếu ở các vùng đất thấp duyên hải nhiệt đới ở Đông nam Á (Indonesia Việt nam, Thai land), Breemen, N. van (1976), [50], Tây Phi (Senegal, Gambia, Guynea Bissau, Sierra leone, Liberia), Australia, và dọc theo bờ biển phía đông bắc của Nam Mỹ (Venezuela, Guyanas).

Niloofer Karimian, 2017, [40], Địa hóa của sắt, lưu huỳnh và các kim loại vết trong quá trình dao động oxy hóa khử ở vùng đất ngập nước phèn tái sinh nước ngọt, Luận án Tiến sĩ, Đại học Southern Cross, Lismore, NSW. Luận án này cũng tập trung vào sự biến đổi do oxy hóa khử phi sinh học gây ra của jarosite, một trong những khoáng chất Fe phổ biến nhất trong các hệ thống này, Những phát hiện của nghiên cứu này cho rằng ngay cả một giai đoạn khô hạn tương đối ngắn ở các vùng đất ngập nước chua phèn, gây ra sự tiếp xúc trên bề mặt trong 2-3 tuần, ban đầu có thể tạo ra một lượng đáng kể nước bề mặt có tính axit sau sự kiện mưa lớn đầu tiên.

Sự hình thành đất phèn liên quan chặt chẽ với các điều kiện địa hình, địa chất, khí hậu, thủy văn của từng vùng cho nên các biện pháp cải tạo và sử dụng đất phèn ở từng vùng cũng khác nhau. Lê Huy Bá (1985), [1].

Đất phèn được định nghĩa là loại đất chứa vật liệu sinh phèn pyrite do quá trình tiêu nước, ô xy xâm nhập bị ô xy hóa chuyển thành dạng jarosite và giải phóng ra axit sulphuric làm chua đất ($\text{pH} < 4$). Dưới môi trường axit các chất dinh dưỡng cho cây trồng bị giảm do các phản ứng kết tủa giữa nhôm và sắt với các thành phần dinh dưỡng trong đất, đặc biệt là giảm hàm lượng phosphate làm thiếu hụt lân trong đất gây khó khăn cho sản xuất nông nghiệp. Lê Huy Bá (1985), [1] và Vũ Cao Thái (1986), [15].

Đất phèn là một trong số các loại đất xấu rất khó cải tạo để sử dụng vào mục đích nông nghiệp do đặc tính cơ lý và hóa học của chúng không phù hợp cho cây trồng phát triển. Trên thế giới, nghiên cứu về đất phèn còn là lĩnh vực khoa học mới mẻ, mới bắt đầu được đầu tư nghiên cứu sâu hơn từ giữa thế kỷ 20 trở lại đây, những thành tựu thu được cũng chỉ mới bước đầu. Phiên. H.N. (1991), [45] và Phan Liêu (1995), [44].

a. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất phèn bằng biện pháp thủy lợi tại Việt Nam, ĐBSCL và vùng TGLX

Viện Nghiên cứu Khoa học Thủy lợi Nam Bộ nay là Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam (từ năm 1989 đến 1994), đã triển khai dự án quản lý đất chua phèn ở vùng ĐTM. Dự án triển khai đo đạc khá công phu được thí nghiệm trong phòng và hiện trường, đo thường xuyên và tăng cường. Thu thập các tài liệu độc tố trong đất khi có tác động rửa ở các thời kỳ khác nhau nhằm mục đích thiết lập được mô hình toán vận chuyển độc tố trong đất ra hệ thống kênh nội đồng và vùng phụ cận.

Lương Văn Thanh (2002), [18], nghiên cứu và đề xuất các biện pháp quản lý nước hợp lý nhằm cải tạo, sử dụng đất phèn trồng lúa vùng ĐTM. Trên cơ sở nghiên cứu cơ bản về những đặc tính của đất phèn, tổng hợp phân tích các mô hình quản lý nước phát triển sản xuất nông nghiệp của các cơ quan, đơn vị đã nghiên cứu và những thí nghiệm được thiết lập của đề tài trên vùng đất phèn Tân Thạnh, đặc trưng của ĐTM...

Lương Văn Thanh (2010), Nghiên cứu đề xuất các giải pháp thủy lợi cải tạo đất phèn phục vụ phát triển bền vững sản xuất nông nghiệp vùng U Minh tỉnh Cà Mau “Viện Kỹ thuật biển”. trên cơ sở nghiên cứu, đánh giá chất lượng đất, sản xuất, tiềm năng sử dụng và khai thác các vùng đất phèn phục vụ cho sản xuất nông nghiệp vùng U Minh, tỉnh Cà Mau. Đề xuất các giải pháp thủy lợi hợp lý cải tạo đất phèn vùng nghiên cứu nhằm phát triển bền vững sản xuất nông nghiệp, nông thôn.

Các đề tài nghiên cứu khoa học trên, hầu hết đã đưa ra được bản chất của đất phèn, xác định được mức độ và quy mô thay đổi tính chất phèn ở đồng bằng Sông Cửu Long; Xây dựng các mô hình sản xuất nông nghiệp thích ứng trên vùng đất phèn ở đồng bằng sông Cửu Long; Xây dựng các mô hình trình diễn canh tác thích ứng trên vùng đất phèn ở đồng bằng sông Cửu Long; Hướng dẫn sản xuất nông nghiệp thích ứng trên vùng đất phèn ở đồng bằng.

Tuy nhiên nghiên cứu lan truyền nước phèn trên kênh sông ít được quan tâm.

c. Các kết quả nghiên cứu nông nghiệp trên đất phèn

Các kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả về giống lúa kháng phèn đều nhận xét rằng các giống khác nhau có khả năng chống chịu phèn ở mức độ khác nhau và thống nhất rằng biện pháp chọn giống, lai tạo các giống kháng hoặc chống chịu phèn là việc rất quan trọng trong việc canh tác lúa trên đất phèn.

Từ năm 1979 đến 1986 các nghiên cứu tập trung đánh giá mức độ và quy mô thay đổi tính chất phèn ở đồng bằng Sông Cửu Long; Xây dựng các mô hình sản xuất nông nghiệp thích ứng trên vùng đất phèn ở đồng bằng sông Cửu Long; Xây dựng các mô hình trình diễn canh tác thích ứng BĐKH trên vùng đất phèn ở đồng bằng SCL; Nội dung nghiên cứu như dùng nguồn nước tại chỗ có độ pH cho phép trồng được lúa để thau chua, rửa phèn ở khu Tứ Giác Long Xuyên [5]; Sử dụng và cải tạo đất phèn, đất mặn [7]; năng suất và hiệu quả kinh tế một số biện pháp kỹ thuật thâm canh tăng năng suất lạc trên đất lúa ở vùng Tứ Giác Long Xuyên [23]; Phân loại đất phèn ĐBSCL theo hệ thống chú dẫn bản đồ đất Thế Giới của FAO – Unesco [25]; Đất Phèn - Phương hướng khai thác và cải tạo [22]; Nghiên cứu phương pháp điều tra phân loại chi tiết đất phèn [14]; Tài nguyên đất vùng đồng Bằng Sông Cửu Long và vấn đề khai thác sử dụng [16]; Đặc điểm một số độc chất trong đất phèn nặng mới khai hoang trồng lúa ở Đồng Tháp Mười và biện pháp khắc phục [19]; Nghiên cứu về Địa hóa học [26]; Cơ sở khoa học của các biện pháp khai thác và sử dụng đất phèn hiện tại ở Đồng Tháp Mười [20]; Độc tố chủ yếu trong đất phèn [21.]

Võ Hồng Nhân (1982) đã nghiên cứu ảnh hưởng của phèn tới độ nảy mầm của hạt, sự phát triển của bộ rễ và sức chống chịu phèn của cây lúa. Dựa trên kết quả thí nghiệm và phân tích tác giả đã đưa ra bảng phân cấp kháng phèn dựa vào tỷ lệ nảy mầm, tỷ lệ phần trăm giảm chiều dài rễ, trọng lượng rễ và trọng lượng mầm so với kết quả đối chứng.

Lê Huy Bá (1985), [1], nghiên cứu các đặc tính của enzyme Peroxydaza, Phosphatasa và Catalaza trong cây lúa cho thấy: Peroxydaza trong lá có vai trò kháng độc chất, Phosphatasa có vai trò phục hồi cho cây lúa sau khi bị độc và Catalaza trong cây và trong rễ có vai trò phục hồi cho cây lúa sau khi bị phèn. Bằng phương pháp này kết hợp với việc theo dõi năng suất lúa trên ruộng thí nghiệm tác giả đã kết luận: Giống lúa Cà đung, NN5A chịu

phèn khá, giống lúa IR30 và 73 – 2 chịu phèn trung bình và giống lúa TK, IR8, IR38 chịu phèn kém.

Lê Huy Bá (2003), [2] Những vấn đề về đất phèn Nam bộ, nghiên cứu nguồn gốc. Phân bố, phân loại đất phèn, sinh vật vùng đất phèn, chế độ nước vùng đất phèn, tính chất đất phèn, hóa tính đất phèn, độc chất trong đất phèn, sử dụng đất phèn hợp lý, các vùng đất phèn chính ở ĐBSCL, Đất phèn vùng ĐTM, sinh thái đất phèn vùng TGLX, đất phèn vùng Bán đảo Cà Mau...

Phan Liêu và cộng sự (1988), [11], trong báo cáo các quá trình thổ nhưỡng cơ bản và phân loại đất phèn đã đưa ra các khái niệm về tiến trình hóa học xảy ra trong đất phèn dựa vào tiêu chuẩn của FAO để sử dụng việc lập bản đồ đất tỷ lệ 1 : 25.000 và 1 : 5.000.

Võ Khắc Trí (2002), [29] nghiên cứu đất chua phèn vùng Tân Thạnh. Nghiên cứu thực nghiệm và sử dụng mô hình toán nhằm vào việc phân chia và ước lượng các dạng dòng chảy qua phẫu diện đất chưa canh tác trong mùa mưa khi mà tiến trình phản ứng về lý hoá trong đất phèn rất quan trọng thường xảy ra vào thời kỳ đầu mùa mưa ở Tân Thạnh – Đồng Tháp Mười. Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam.

Tô văn Trường, Nguyễn Tất Đắc, (1996), [52], mô hình 2 chiều ngang cho liên kết giữa đất với kênh, và kết quả bước đầu đã mô tả được mối liên hệ giữa nước phèn trong đất và lan truyền trong kênh tùy thuộc vào các chế độ thủy văn thủy lực.

Ngoài ra, còn có các nghiên cứu khác riêng về vùng U Minh như Dự án JiCa về phục hồi rừng sau cháy, một số công trình nghiên cứu về đất phèn của trường Đại Học Cần Thơ như dự án VH10, một số công trình nghiên cứu về đất phèn và rừng ngập ven biển của trung tâm nghiên cứu ứng dụng Kỹ thuật rừng ngập Minh Hải...

1.2.6. Về đất phèn

Jon Pons, (1973), [46] đã chia đất phèn thành 2 loại: đất phèn tiềm tàng (Potential Acid Sulphate Soils) và đất phèn hoạt động (Actual Acid Sulphate Soils). Tiêu chuẩn phân loại đất phèn tiềm tàng và đất phèn hoạt động dựa trên hệ thống phân loại đất theo Soil Taxonomy là vật liệu sinh phèn (Sulfidic Materials) và tầng phèn (Sulfidic Horizon) với $\text{pH} < 3,5$ và những đốm vàng của Jarosite $[\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$.

Ở Nam bộ, đã có một số tác giả nghiên cứu và phân loại đất phèn miền Nam Việt nam như Mai Thị Mỹ Nhung, Nguyễn Hoài Văn, Châu Văn Hạnh, (1964), [6], các tác giả này đã phân loại dựa trên tính chất hóa học và dựa vào vùng phèn điển hình để mang tên loại đất phèn đó theo địa danh. Ví dụ: các biểu loại Thạnh Mỹ, Cai Lậy, Long Phú, Mộc Hóa, Hiệp Hòa, Cái Sắn.

Tuy nhiên, theo thời gian, cách phân loại “theo biểu loại” này ngày càng ít dùng và không còn phù hợp nữa. Để cải tiến cách phân loại đất, Moormann và Thái Công Tụng, (1961), [43], đã chia đất phèn thành 2 loại: đất phèn trung bình và đất phèn nhiều. Nhóm đất phèn trung bình thường phân bố ở những vùng có địa hình cao hơn, có pH từ 3,8 đến 4,5. Ngược lại, đất phèn nhiều ở các vùng trũng thấp, pH đất từ 3,0 đến 3,5 có các vết sắt tan gần lớp đất mặt; tại vùng đất phèn nhiều, nước trong hơn.

Theo Phan Liêu và cộng sự 1995, [44], quan niệm về phát sinh và phân loại đất phèn được tách ra thành đất phèn tiềm tàng (Potential Acid Sulphate Soil), đất phèn hoạt động (Actual Acid Sulphate Soils) và đất phèn thủy phân (Hydrolyzed Acid Sulphate Soils) như những “nhóm phụ” trong đất phèn cùng với những dạng trung gian giữa chúng.

Qua nhiều tài liệu cho thấy, từ sau năm 1975 đến nay, đặc biệt từ thập niên 80, đất phèn ĐTM đã được nghiên cứu kỹ lưỡng và chi tiết bởi các nhà khoa học trong và ngoài nước như Langohr. R, Lê Văn Tự, Tôn Thất Chiêu và Trần An Phong, 1990, Phan Liêu, Vũ Cao Thái, Lê Huy Bá vv... Cho tới nay đã có một khối lượng lớn các tài liệu về đất phèn, trong đó có phân loại đất phèn ĐTM riêng biệt hoặc liên kết với các vùng phụ cận. Các tác giả đã từng bước làm rõ đặc tính và phân loại đất phèn của vùng, với những bản đồ đất từ tỷ lệ nhỏ đến tỷ lệ lớn và phân loại ngày càng chi tiết hơn. Qua nghiên cứu tài nguyên đất ĐTM của Phan Liêu (1998) có thể nói công tác phân loại đất phèn cho tới nay được xem là gần như hoàn chỉnh.

Để nhận diện đất phèn trên đồng ruộng, D. Dent 1986, [35], đề nghị:

Trong điều kiện đất thoáng khí, có thể đo pH của đất pH < 4 là đất phèn hoặc trực tiếp quan sát sự hiện diện của các đốm màu vàng rơm của jarosite hoặc quan sát màu nâu đỏ của nước kênh tiêu. Trong đất ngập nước như đất lúa, pH có thể > 4 vì ở môi trường khử, nhưng đất để khô sẽ hóa chua.

Một số tác giả Lê Huy Bá 1985, [1], Đào Xuân Học, [7], Nguyễn Đức Thuận (2001), [19] cho rằng, có thể dùng thảm thực vật tự nhiên như rừng lầy hỗn hợp, rừng tràm, cây cỏ ngập nước chua phèn (bàng, năn, cỏ mồm, cói, lác...) như là những cây chỉ thị để nhận dạng đất phèn. Nơi nào nhiều cỏ mồm và năn ngọt mọc thì nơi đó phèn ít hoặc trung bình; Ngược lại, nơi nào năn kim chiếm ưu thế thì nơi đó thường là đất phèn nặng. Vũ Cao Thái (1986), [15] và Lê Huy Bá (1985), [1] cũng đã tổng kết kinh nghiệm của nông dân Nam bộ dựa vào những đặc trưng hình thái của các muối phèn trong đất hoặc trong nước kênh để nhận dạng và phân loại đất phèn: “phèn sắt” hay còn gọi là “phèn đỏ” hoặc “phèn nóng” do sắt và sulphate tạo thành, thường có váng đỏ ánh trên mặt nước hoặc trên bề mặt khe nứt của đất. “Phèn nhôm” hay còn gọi là “phèn trắng” hoặc “phèn lạnh” chính là hợp chất sulphate nhôm tạo thành, làm cho nước ruộng và nước kênh trong suốt. Khi đất bị khô, muối này bốc lên bề mặt thành những hạt nhỏ lấm tấm trên mặt đất, màu trắng thông thường, phèn nhôm độc và nguy hiểm hơn phèn sắt.

a. Đất phèn tiềm tàng (Potential Acid Sulphate Soils): Trong phần diện chứa vật liệu sinh phèn (tầng pyrite) trong vòng 0÷150 cm từ mặt đất. Đất phèn tiềm tàng thường có hàm lượng S tổng số từ 1÷6 %. Trong điều kiện bão hòa nước, yếm khí, chúng chưa thể hiện tính độc, chưa có axit sulphuric. Trong điều kiện khô nước và thoáng khí, pyrite bị oxy hóa và sản sinh ra axit sulphuric (H_2SO_4), tạo thành tầng đất phèn, kết quả là đất phèn tiềm tàng biến thành đất phèn hoạt động.

b. Đất phèn hoạt động (Actual Acid Sulphate Soils): Chỉ các loại đất có sự hiện diện của tầng chứa sản phẩm của quá trình phèn hóa trong phạm vi 150 cm so với bề mặt, với đặc trưng cơ bản là pH thấp hơn 3,5 và thường có đốm Jarosite (trường hợp không thấy đốm vàng Jarosite mà pH vẫn rất chua, đó là trường hợp “phèn lặn” đốm Jarosite bị màu đen của chất hữu cơ che lấp).

Trong mỗi loại đất phèn lại diễn ra những phản ứng hóa học khác nhau dẫn đến những sự biến đổi khác nhau. Các độc chất trong đất phèn vì thế có thể chuyển đổi từ dạng này sang dạng khác, độc hơn hay ít độc hơn.

Phương pháp xác định đất phèn hoạt động ngoài đồng, theo David Dent (1986), [35], cho biết:

Trong điều kiện thoáng khí, có thể đo pH của đất. Nếu $\text{pH} < 4$ là đất phèn hoặc trực tiếp quan sát sự hiện diện của các đốm màu vàng rơm của Jarosite hoặc quan sát màu nâu đỏ của nước kênh tiêu.

Trong đất ngập nước, ví dụ như đất lúa, pH có thể > 4 vì ở điều kiện môi trường ở lớp trên đã bị rửa trôi phèn nên pH tăng nhưng nếu để đất khô nó sẽ lại hóa chua. Cách thực hành là đo pH trực tiếp trên đồng ruộng (ban đầu $\text{pH} > 4$) nếu để đất khô sau 3 tháng đo lại mà có $\text{pH} < 4$ đó là đất phèn.

1.2.7. Phân bố

Trên thế giới có khoảng 12,6 triệu ha, theo (Dent, 1986), [35]. Đất phèn phân bố chủ yếu vùng nhiệt đới châu Phi (cả Đông và Tây Phi, nhưng tập trung Tây Phi như Senegal), Đông Nam châu Á (Malaysia, Indonesia, Thái lan, Việt Nam), Nam Á (Ấn Độ), Trung Nam Mỹ (Cuba, Brazil...).

Theo Lê Huy Bá, 2003, [2] diện tích đất phèn Việt Nam chiếm tới hơn 2,0 triệu ha trong đó tập trung chủ yếu ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là 1,642 triệu ha, phần còn lại là đất phèn ven thành phố Hồ Chí Minh, miền Đông Nam bộ và Hải Phòng.

Diện phân bố diện tích đất phèn ở các tỉnh ĐBSCL có thể tham khảo bảng dưới đây:

Bảng 1- 2: Phân bố diện tích đất phèn ở các tỉnh ĐBSCL

TT	Tỉnh thành – khu vực	Phèn nhiều (ha)	Phèn trung bình và ít (ha)	Phèn mặn (ha)
1	Long An	63.327	130.340	51.340
2	Bến Tre	-	2.460	47.028
3	Tiền Giang	27.446	24.698	23.190
4	Cửu Long (<i>Vĩnh Long và Trà Vinh</i>)	3.484	29.066	53.594
5	Đồng Tháp	85.456	69.575	-

6	Hậu Giang	7.214	123.700	160.900
7	An Giang	21.555	54.384	-
8	Kiên Giang	63.090	3.962	2.240
9	Minh Hải (<i>Bạc Liêu và Cà Mau</i>)	1.331	4.639	434.000
Tổng diện tích		272.134	597.689	772.292

Nguồn: Lê Huy Bá, 2003, [2]

Ghi chú: tỉnh Cửu Long (nay là Vĩnh Long và Trà Vinh); tỉnh Minh Hải (nay là Bạc Liêu và Cà Mau)

Theo báo cáo của Chương trình quốc gia 60-B năm 1986, diện tích đất phèn của vùng ĐTM là 356.142 ha (chiếm 56,6%); theo Lê Văn Tự và cộng sự (1985), và trong Atlas ĐTM năm 1990 do Phân viện địa lý, trung tâm Khoa học công nghệ Quốc gia chủ biên là 370.813 ha (chiếm 54,24%) nhưng theo số liệu của nhóm Phân loại đất phèn ĐBSCL theo hệ chú dẫn bản đồ đất Thế giới của FAO-UNESCO (Võ Tổng Xuân, Lê Quang Trí, Võ Tổng Anh, Trần Kim Tính, Nguyễn Bảo Vệ được công bố (năm 1996), [9] và số liệu công bố năm 1998 của Phan Liêu [11] và cộng sự thì tổng diện tích đất phèn vùng ĐTM là 273.659 ha, chiếm 39,27% diện tích tự nhiên của vùng. Sở dĩ có sự khác biệt giữa các tài liệu là do chỉ tiêu xếp loại đất của các chương trình và các tác giả có sự khác nhau. Các loại đất phèn chính ở ĐTM phân bố chủ yếu ở phần giữa của lãnh thổ, trong đó chủ yếu là đất phèn hoạt động. Đất phèn tiềm tàng nội địa chỉ được tìm thấy rất hạn chế ở Tân Phong, Thủ Thừa, nam Thạnh Hóa của Long An và ở Phú Thạnh A và An Bình B, huyện Tam Nông tỉnh Đồng Tháp. Đất phèn tích lũy tích trên mặt phân bố thành các dải đứt đoạn ở rìa giáp với phù sa cổ ở phía bắc ĐTM như Vĩnh Hưng, Mộc Hóa và phía bắc Thủ Thừa, tỉnh Long An cũng như bắc Tam Nông, tỉnh Đồng Tháp.

Theo số liệu tổng hợp Đất Việt Nam, nhóm đất phèn có quy mô diện tích 1,86 triệu ha (Hội khoa học đất Việt nam, 2000), chiếm khoảng 5,3% diện tích toàn quốc chúng có mặt trên 33 tỉnh thành trong cả nước, tập trung nhiều nhất ở vùng đồng bằng sông Cửu Long.

Tuy nhiên số liệu tổng hợp từ kết quả điều tra bổ sung chỉnh lý bản đồ đất cấp tỉnh (Viện QH&TKNN, năm 2006) [33], đất phèn cả nước là 1.729.363 ha, vùng ĐBSCL là 1.459.223 ha, chiếm tới 84,38 % DT đất phèn cả nước tại (phụ lục 05)

Quy mô và biến động diện tích đất phèn vùng ĐBSCL theo thời gian khai thác sử dụng:

Ở ĐBSCL có các bồn trũng rộng, đất phèn tập trung nhiều như: vùng Tứ Giác Long Xuyên, vùng Bán đảo Cà Mau (An Biên- Vĩnh Thuận- Cà Mau- Bạc Liêu) và vùng Đồng Tháp Mười (DTM). Theo kết quả một số nghiên cứu [30] , [31] và tổng hợp số liệu từ các dự án điều tra xây dựng bản đồ đất cấp tỉnh và cấp vùng trên toàn vùng ĐBSCL từ năm 1975 đến 2006 có thể thấy tổng diện tích đất phèn giảm hơn 330 ngàn ha, trong đó đất phèn tiềm tàng giảm khoảng 1 triệu ha và đất phèn hoạt động tăng gần 700 ngàn ha, tại (phụ lục 07). Nhóm đất phèn tại vùng TGLX có diện tích là: 280.904 ha, chiếm 56,76% diện tích tự nhiên. Được phân thành 5 loại đất. Trong đó, phần tỉnh Kiên Giang 163.016 ha, phần tỉnh An Giang 109.996 ha và huyện Vĩnh Thạnh - TP Cần Thơ 7.893 ha. Đất phèn có độc tố là SO_4^{2-} , Fe_3^+ , Al_3^+ ảnh hưởng tiêu cực đến cây trồng và thủy sản nuôi nếu thiếu nước ngọt để rửa và ém phèn. Khai thác sử dụng đất phèn phát triển nông nghiệp vùng TGLX khi chưa có hệ thống KSL gặp trở ngại lớn nhất, trong đó loại đất phèn tiềm tàng và hoạt động tại tầng nông là đối tượng khó cải tạo nhất.

Nguyên nhân:

- Chủ yếu do quá trình khẩn hoang, khai thác sử dụng đất phèn với vai trò của hệ thống thủy lợi, tập trung ở các tiểu vùng Tứ giác Long Xuyên, Đồng Tháp Mười, Bán đảo Cà Mau,...

- Do nhận thức về đất phèn trong phân loại đất. Ví dụ số liệu diện tích đất phèn năm 2006 giảm do một số lượng đáng kể được chuyển sang đất lập liếp.

- Thay đổi thống kê đo đạc diện tích tự nhiên,...

1.3. Một số quá trình biến đổi hóa học trong đất phèn

Biến đổi hóa học trong đất phèn là rất phức tạp, phụ thuộc vào điều kiện khí hậu, địa hình và chế độ nước của từng khu vực và sự tham gia của các vi sinh vật. Có 3 quá trình hóa học chính trong việc hình thành và phát triển của đất phèn, theo Lê Huy Bá 1985, [1]. đó là:

- Quá trình hình thành pyrite
- Quá trình oxy hóa

- Quá trình khử

1.3.1. Quá trình hình thành pyrite trong đất phèn

Nói chung, sự hình thành và tích tụ pyrite phụ thuộc vào quá trình khử SO_4^{2-} hòa tan, theo Nguyễn Đức Thuận (2001), [19], các thành phần quan trọng cần thiết để tạo thành pyrite bao gồm nguồn cung cấp SO_4^{2-} , chất hữu cơ và sắt trong môi trường yếm khí

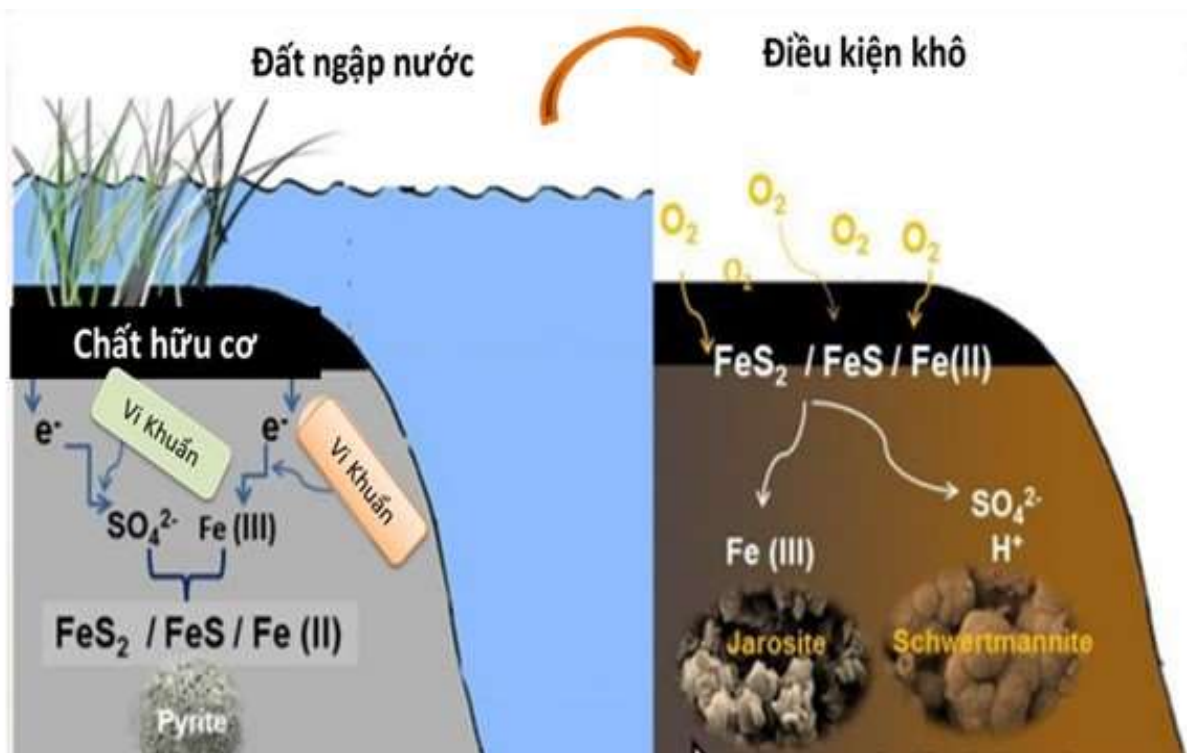
Sự hình thành pyrite được D. Dent (1986), [35], biểu diễn bởi phương trình tổng quát:



1.3.2. Quá trình oxy hóa trong đất phèn

a. Sự oxy hóa pyrite:

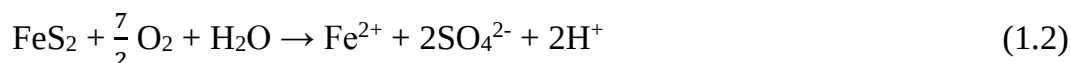
Chất pyrite (FeS_2) chỉ bền dưới điều kiện khử (bị ngập nước, thiếu oxy). Do vậy, trong điều kiện khô nước do sự biến đổi của thủy cấp theo mùa hoặc do khai thác cần tiêu nước để canh tác các cây trồng khác nhau, oxy sẽ len lỏi qua các vết nứt của đất hoặc theo các đường rễ và quá trình oxy hóa bắt đầu xảy ra. Sự oxy hóa trong đất phèn đã làm thay đổi mạnh mẽ đến đặc tính hóa học đất. Đất sẽ trở nên rất chua do đã sản sinh ra một lượng lớn axit sulphuric (H_2SO_4). Niloofar Karimian (2017), [40].



Hình 1- 5: Sự oxy hóa pyrite

Quá trình oxy hóa pyrite được mô tả như sau:

Ban đầu sự xâm nhập của oxy tác động lên FeS₂ để sản sinh ra Fe²⁺ và sulphate:



Nhờ sự có mặt của vi khuẩn tự dưỡng trong đất phèn có khả năng hoạt động ở pH thấp như *Thiobacillus ferrooxydans* đã tham gia trong quá trình oxy hóa Fe²⁺ và kết quả đã tạo ra Fe³⁺ như sau:



Một khi pH của hệ thống oxy hóa xuống dưới 4, sắt trở nên dễ hòa tan và sự oxy hóa pyrite xảy ra theo phản ứng sau:



Ion sắt có thể tạo thành sắt hydroxit tương đối không tan trong điều kiện hơi axit đến kiềm thông qua quá trình oxy hóa và thủy phân theo phương trình:

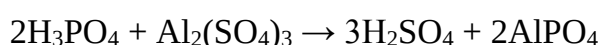


Quá trình oxy hóa pyrite trong đất có thể tạo ra tầng phèn và làm cho đất phèn tiềm tàng chuyển sang đất phèn hoạt động, Niloofar Karimian, 2017, [40].

Ở đất không kiềm, pH giảm rất rõ, khoáng sét bị phá hủy bởi axit, Al³⁺ từ khoáng sét trở nên ở dạng tan và trao đổi.



Đất phèn mới thường chứa một số lượng đáng kể các cation K, Mg, Fe³⁺ và Al³⁺. Độ độc trong đất chủ yếu gây bởi Al³⁺ tự do trong dung dịch đất. Nhưng trong đất phèn đã phát triển, hầu hết K, Mg và Fe đã bị rửa trôi xuống dưới hoặc di chuyển bởi nước lũ, để lại một lớp đất sét với hàm lượng Al³⁺ cao. Sự thiếu hụt lân thường bị gắn liền với tăng độ độc Al³⁺; bởi vì có hiện tượng tạo phức hợp phosphate Al không tan, cố định P (Nguyễn Đăng Nghĩa, 1994).

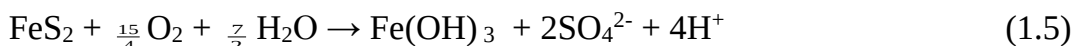


Sét Al³⁺ bão hòa ổn định, không phân tán, và cho cấu trúc rời rạc.

b. Sản phẩm của quá trình oxy hóa pyrite:

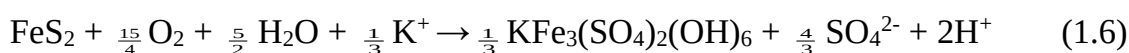
Kết quả của quá trình oxy hóa pyrite là tạo ra các sản phẩm liên quan đến đặc tính hóa học và phát triển đất. Một số sản phẩm chính là: H^+ , oxyt sắt, jarosite, sulphate và nhôm di động. Niloofar Karimian, 2017, [40].

- *Ion H^+ :*

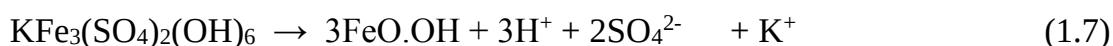


Như vậy cứ 1 mol pyrite bị oxy hóa sẽ phóng thích 4 mol axit và làm chua đất.

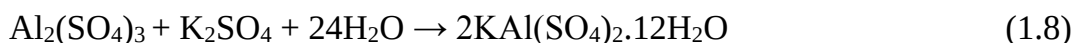
- *Jarosite $[KFe_3(SO_4)_2(OH)_6]$*



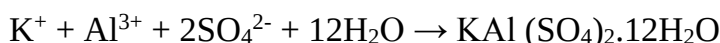
Khi pH tăng lên, jarosite sẽ bị thủy phân tạo thành goethite $[FeO.OH]$:



Tương tự, trong đất có thể hình thành hợp chất phèn nhôm:



Hay:



- *Các oxit sắt:*

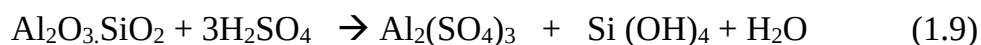
- Khi quá trình oxy hóa pyrite xảy ra thì thường xuất hiện oxit Fe^{3+} ở dạng keo dễ nhìn thấy trong nước kênh tiêu. Goethite ($FeO.OH$) là dạng phổ biến của oxit sắt.

- *Ion sulphate (SO_4^{2-}):*

Sản phẩm của các quá trình oxy hóa pyrite và jarosite đều sản sinh ra SO_4^{2-} . Tuy nhiên, phần lớn các dạng sulphate hòa tan bị mất đi do tiêu nước hoặc trực tiếp di chuyển xuống tầng sâu và lại tiếp tục bị khử một lần nữa để tạo thành Sunfit. Chỉ một phần sulphate được giữ lại ở dạng các muối sulphate sắt, nhôm, jarosite và gypsum (thạch cao).

- *Nhôm di động:*

Sản phẩm oxy hóa pyrite đã giải phóng ra hàm lượng H^+ làm pH trong đất giảm xuống, H_2SO_4 sinh ra trong quá trình phản ứng công phá các Alummin Silicat của các khoáng sét có trong đất để giải phóng nhôm di động:

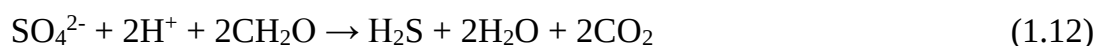
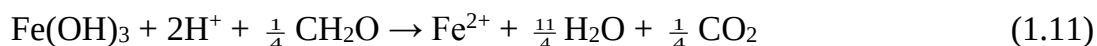


Nồng độ Al^{3+} di động sẽ tăng lên càng làm đất chua thêm.

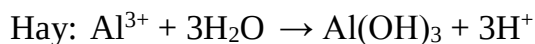
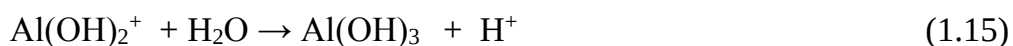
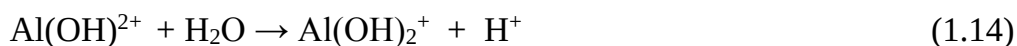
Lê Huy Bá, (1985), [1], Van Breemen (1973), [49], đã chỉ ra rằng, hoạt động của Al^{3+} liên quan chặt chẽ đến pH. Nồng độ Al^{3+} trong dung dịch đất phèn tại pH 4,8 là 1 ppm và thay đổi rất nhanh, khoảng 10 lần cho mỗi đơn vị pH, tăng lên khi pH giảm và giảm đi khi pH tăng. Như vậy, quá trình oxy hóa pyrite có thể làm cho hoạt động của nhôm tăng lên rất nhiều lần do pH bị giảm xuống.

1.3.3. Quá trình khử trong đất phèn

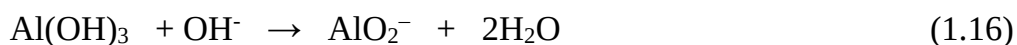
Theo DDent, 1986, [35], trong đất phèn bị ngập nước sự phân hủy các hợp chất hữu cơ tiếp tục xảy ra do hoạt động của các vi sinh vật yếm khí sẽ khử nitrat, oxyt sắt III và sulphate. Chính sự khử này đã làm giảm lượng sắt Fe^{3+} và H^+ và làm tăng Fe^{2+} và sản sinh ra H_2S . Fe^{2+} và H_2S là 2 độc chất chính trong môi trường khử của đất phèn:



Khi giá trị pH trong đất tăng hơn 4,5 thì lượng Al^{3+} di động trong đất sẽ giảm nhanh do Al^{3+} sẽ chuyển sang tồn tại dưới dạng nhôm hydroxyt không tan:



Do nhôm hydroxyt có tính lưỡng tính nên trong môi trường pH cao, AlO_2^- được tạo thành theo phản ứng:



1.4. Khái niệm chung về độc chất trong đất phèn

Theo Lê Huy Bá (1985), [1], các ion Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-} , Cl^- ... ở mức độ nhất định nào đó thì không độc, thậm chí lại là những nguyên tố cần thiết cho sự sinh trưởng và phát triển của sinh vật nhưng tới mức độ nào đó chúng lại kìm hãm những quá trình trên nên được coi là độc.

1.4.1. Tính độc của Ion nhôm (Al^{3+})

Nhôm là một cation trao đổi chủ yếu trong đất phèn và nó tồn tại dưới dạng keo hydroxit. Khi giá trị $\text{pH} < 4,5 - 4,0$ thì có sự hiện diện của Al^{3+} dạng hòa tan gây độc cho cây trồng và môi trường nước. Khi giá trị pH trong khoảng $4,5 \div 7,5$ nhôm tồn tại dưới dạng hydroxit $\text{Al}(\text{OH})_3$ và khi pH kiềm ($\text{pH} > 7,5$) nhôm sẽ tồn tại dưới dạng anion $\text{Al}(\text{OH})_4^-$, $\text{Al}(\text{OH})_5^{2-}$, $\text{Al}(\text{OH})_6^{3-}$. Với hàm lượng nhôm từ $0,12 - 0,24$ meq/100g đất là đã làm giảm năng suất cây trồng (Lương Văn Thanh, 1991). Một số tác giả (Van Breemen, 1976; [50], Lương Văn Thanh, (1991); Nguyễn Tấn Danh, (1992) đã chứng minh rằng tương quan giữa hàm lượng nhôm và pH trong đất phèn là tương quan nghịch.

Theo như thí nghiệm của Lê Huy Bá và cộng sự, (1985), [1] cho thấy sự tương quan giữa Al^{3+} và pH có dạng hình hyperpol mà đường tiệm cận dưới là $\text{pH} = 2,4$.

Lúa bị ngộ độc bởi nhôm sẽ thấy rễ bị dị dạng chùn lại và dễ gãy, rễ trở nên dày hơn và nếu bị nặng sẽ biến thành màu đen và không còn khả năng hấp thụ các chất dinh dưỡng. Auriol và Lam Van Vang (1934) đã thiết lập bảng phân cấp gây độc của nhôm trong đất lúa như sau:

- < 25 ppm : Không gây độc
- $25 - 80$ ppm : độc và một vài giống bị ảnh hưởng
- $80 - 100$ ppm : ảnh hưởng đối với hầu hết các giống cây trồng
- > 100 ppm : độc với tất cả các giống cây trồng.

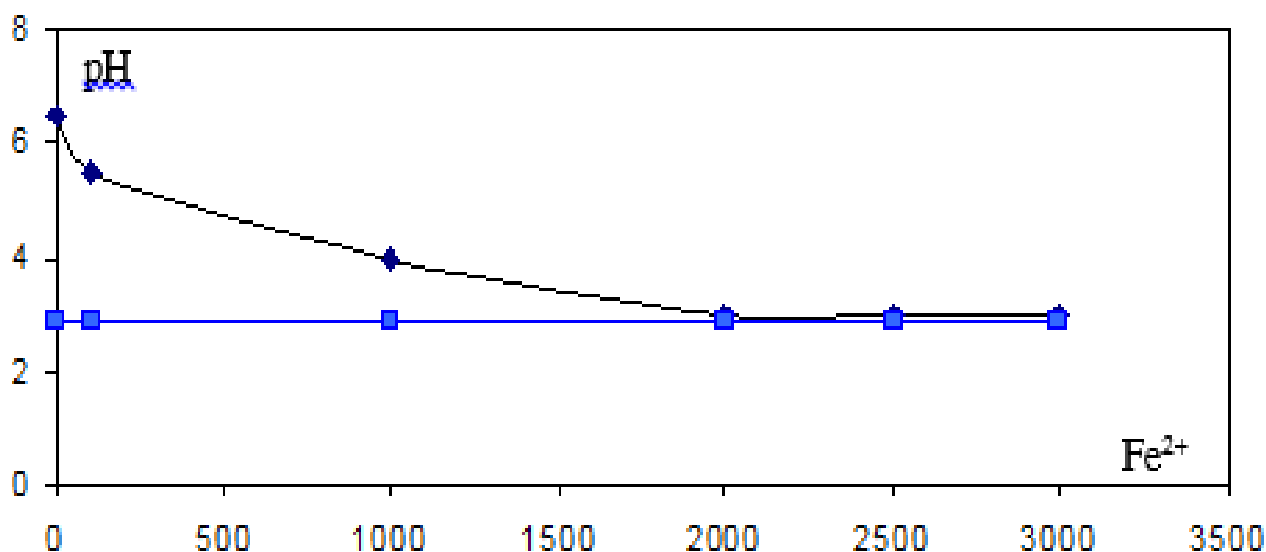
1.4.2. Tính độc của ion Fe^{2+} và Fe^{3+}

Sắt tồn tại trong đất phèn chủ yếu dưới dạng trầm tích bao gồm Goethite (FeOOH), hermatite (Fe_2O_3) trong tầng pyrite, tầng Jarosite [$\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$], các dạng oxit sắt

ngậm nước ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Ion sắt trong đất phèn tồn tại dưới 2 dạng: Fe^{2+} và Fe^{3+} . Theo Lê Huy Bá (2003), [2].

- Ion Fe^{2+} :

Fe^{2+} dễ tan trong nước và khi tan gây chua cho đất. Trong môi trường phèn (môi trường axit sulphuric), Fe^{2+} di động dễ dàng có thể tồn tại ở những dạng sau: FeSO_4 , $\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2$ hay $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, cũng có khi là hợp chất hữu cơ.



Nguồn: Lê Huy Bá, 2003, Những vấn đề về đất phèn Nam Bộ - NXB ĐHQG TP .HCM

Hình 1- 6: Biến đổi của pH khi Fe^{2+} biến đổi trong dung dịch Knop.

Khi pH vượt quá 4,5 thì $\text{Fe}(\text{OH})_2$ có hiện tượng trầm lắng trong dung dịch và tan nhiều trong điều kiện pH = 3,5. Trong dung dịch Fe^{2+} gây chua. Sự tăng của Fe^{2+} làm giảm pH. Thí nghiệm của Lê Huy Bá, [2], qua ba thời kỳ, lặp lại 3 lần thí nghiệm khác nhau về nồng độ của Fe^{2+} có trong dung dịch Knop. Hàm lượng ion sắt (Fe^{2+}) vượt quá 9 mmol/l là gây độc cho cây lúa nước (Mai Thị Mỹ Nhung và Ponnampereuma, 1996), nhưng với những giống khác nhau thì có mức độ kháng sắt khác nhau. Triệu chứng của cây lúa khi bị nhiễm độc sắt là trên lá có hiện tượng “bronzing” tức là khi trên lá xuất hiện những vết nâu điển hình của độc sắt. Trong đất,

Fe^{2+} dễ bị chuyển thành Fe^{3+} khi có điều kiện thoáng khí, ngược lại Fe^{3+} sẽ bị chuyển thành Fe^{2+} trong điều kiện yếm khí.

- Ion Fe^{3+} :

Fe^{3+} là một ion kém linh động hơn Fe^{2+} và ít gây độc hơn. Một hiện tượng đáng ngại của Fe^{2+} và Fe^{3+} là sự bám vào của chúng dưới dạng oxit vào các rễ cây lúa hoặc cây trồng khác. Sự bám dính này làm cho cây lúa khó hút dinh dưỡng và trao đổi khí.

Sự có mặt của Fe^{2+} và Fe^{3+} đưa đến hiệu thế oxy hóa - khử biến đổi. Mai Thị Mỹ Nhung (1964), [6], cho biết, sau 16 tuần, Eh giảm từ 397 mV xuống 177 mV. Điều này, có liên quan đến khả năng hòa tan và cung cấp chất dinh dưỡng của dung dịch đất hay gây hiện tượng ngộ độc bởi yếm khí của Fe^{2+} đối với cây trồng.

Lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} trong một số loại đất phèn cho trong Bảng 1-3, đã phân nào cho thấy lượng Fe^{2+} , Fe^{3+} , và Al^{3+} khá cao và rất biến động. Lượng ấy đủ gây độc cho cây trồng.

Bảng 1- 3: Lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} trong một số loại đất phèn

Loại đất	Địa điểm	Độ sâu(cm)	Fe^{2+} (ppm)	Fe^{3+} (ppm)	Al^{3+} (ppm)
Phèn nhiều	Nhị Xuân Tp. HCM	0-25	349	415	815
		40-50	310	644	927
		80-90	515	501	1025
Phèn trung bình và ít	Phú Hòa Hòa Long Sông Bé	0-6	-	2400	210
		6-17	-	110	600
		17-35	-	70	480
		35	-	2000	820
Phèn mặn	Hiệp Bình Thủ Đức Tp. HCM	0-7	-	270	800
		7-20	-	130	430
		20-42	-	200	700
		42-100	-	570	200
	Tam Nông	0-15	780	1038	235

Loại đất	Địa điểm	Độ sâu(cm)	Fe ²⁺ (ppm)	Fe ³⁺ (ppm)	Al ³⁺ (ppm)
Phèn chuyển hóa	Đồng Tháp	15-40	879	1083	526
		40-60	623	1758	1500
		60-80	787	625	1700
		80-100	2975	2707	2160
Phèn tiềm tàng	Hồng Ngự ĐồngTháp	0-25	890	315	215
		40-50	792	301	721
		80-90	1142	631	920

Nguồn: Lê Huy Bá, 2003, Những vấn đề về đất phèn Nam Bộ - NXB ĐHQG, TP.HCM

1.4.3. Tính độc của H₂S

Hydrogen sulphide (H₂S) trong đất phèn hình thành do sự khử sulphate trong điều kiện đất ngập nước.



H₂S rất độc đối với cây trồng, một hàm lượng nhỏ của H₂S từ 1 tới 2.10⁻⁶ mmol/l đã ảnh hưởng tới sự phát triển của bộ rễ, đặc biệt lúa còn non dễ bị ảnh hưởng của H₂S. Những đất giàu chất hữu cơ và có hàm lượng sắt thấp trong điều kiện ngập nước sẽ sinh ra nhiều H₂S gây độc cho cây trồng và các sinh vật sống trong nước. Nguyễn Đức Thuận (2001), [19].

1.4.3. Tính độc tố của Sulphate (SO₄²⁻).

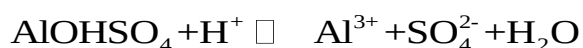
Trong đất phèn lưu huỳnh có thể ở dạng FeS, FeS₂, H₂S, hay S tự do, lưu huỳnh hữu cơ hoặc các dạng với oxy như SO₂, SO₃²⁻, SO₄²⁻. Trong đó các dạng gây độc là SO₂, SO₃²⁻, SO₄²⁻, H₂S. Với một lượng nhỏ, lưu huỳnh là chất dinh dưỡng cho cây trồng (tích lũy từ 0,1 ÷ 15 %) trong tro thực vật và mức độ bình thường là 2,0 ÷ 5,0 %. Theo Prenman nếu vượt quá ngưỡng này nó sẽ gây độc cho cây. SO₄²⁻ có đặc tính rửa trôi chậm (chậm hơn Cl⁻) nên gây độc cho cây và khó khăn trong sản xuất.

1.4.4. Phương trình cân bằng cho phen nhôm và phen sắt

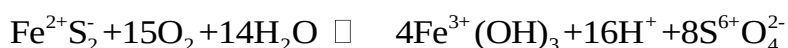
Về mặt hóa học, trong quá trình lan truyền hay tương tác môi trường, các khoáng phen luôn tồn tại dưới các phản ứng thuận nghịch, Đặng Trung Thuận 2005, [26]. Đặc điểm của phản ứng thuận nghịch là không thể thực hiện được một cách hoàn toàn, nghĩa là các chất phản ứng không thể biến hết thành các sản phẩm, bởi vì theo thời gian tốc độ thuận sẽ giảm dần, đồng thời những sản phẩm của phản ứng lại tác động với nhau tạo nên các chất phản ứng ban đầu. Đến một lúc nào đó tốc độ của phản ứng thuận bằng tốc độ của phản ứng nghịch. Khi đó trong mỗi đơn vị thời gian có bao nhiêu phân tử mất đi do phản ứng thuận thì có bấy nhiêu phân tử được tạo nên theo phản ứng nghịch. Một hệ phản ứng khi có tốc độ phản ứng thuận bằng tốc độ phản ứng nghịch được gọi là phản ứng ở trạng thái cân bằng hóa học.

Sự cân bằng hóa học của các sản phẩm phen sẽ được trình bày kỹ hơn trong chương 2, tuy nhiên về mặt tổng thể, từ các tài liệu tham khảo, có thể thấy với phen nhôm (chẳng hạn ở ĐTM) có sự cân bằng trong phản ứng của nhôm Al, sulphat SO_4 và Hydrogen H^+ , với phen sắt là sắt Fe, sulphat SO_4 và Hydrogene H^+ . Mỗi một loại phen có sự tham gia của 3 yếu tố như các phương trình dưới đây:

- **Phen nhôm:** cân bằng Jurbanite cho phen nhôm ở vùng Tân thành, Đồng Tháp Mười (Theo Nguyễn Thành Tín 1990), [51] tuân thủ theo cân bằng:



- **Phen sắt:** Theo Đặng trung Thuận 2005, [26], trong vùng TGLX cân bằng như sau:



1.5. Ảnh hưởng của độc chất phen lên hệ sinh thái nông nghiệp

1.5.1. Độc tố sắt

a. Độc sắt đối với cây lúa:

Theo Nguyễn Đức Thuận, (2001), [19], cây lúa bị ngộ độc sắt thường thấy biểu hiện trên lá có màu nâu tím hoặc có màu vàng đến màu vàng cam. Sinh trưởng và đẻ nhánh bị giảm và hệ thống rễ kém phát triển, ít, ngắn, thô và có màu nâu hoặc đỏ bần. Ngộ độc sắt cũng có thể làm cho rễ lúa bị đen vì có FeS_2 bám vào biểu bì rễ lúa. Triệu chứng ngộ độc

sắt thường thấy trong giai đoạn đẻ nhánh và làm đòng. Nếu ngộ độc sắt xuất hiện ở giai đoạn sau, năng suất lúa có thể bị giảm trầm trọng.

Lê Huy Bá (1985), [1], khi nghiên cứu về độc sắt trong đất phèn tiềm tàng trồng lúa ở Đồng Hòa thấy hàm lượng độc sắt ở mức 212 ppm cây lúa vẫn phát triển bình thường nhưng ở mức 914 ppm đã ảnh hưởng đến sinh trưởng của cây lúa thiếu P, K, Ca và Mg có thể làm tăng mức độ độc của sắt .

Hàm lượng sắt trong lá rất khác nhau giữa các giống lúa. Van Breemen (1973), [50], và Moormann (1961), [44], cho rằng, so sánh hàm lượng sắt trong lá bị ảnh hưởng và lá khỏe mạnh của cùng một giống trên cùng một ruộng là một phương pháp để xác định mức độ ngộ độc sắt.

b. Cơ chế ngộ độc sắt trong cây lúa:

Trong điều kiện đất chua, nồng độ sắt trong dung dịch nhỏ hơn khoảng 50 ppm có thể gây hại đối với cây lúa nếu hàm lượng các chất dinh dưỡng rất thấp. Các triệu chứng như biến đổi màu, sinh trưởng chậm và các triệu chứng khác được kết hợp với hội chứng ngộ độc sắt có thể thấy trên lúa bởi hàm lượng sắt vượt quá giá trị này, nhưng chỉ xuất hiện khi đất hoặc dung dịch dinh dưỡng có tính axit. Trên đất trung tính, hàm lượng sắt cao hơn rất nhiều, có khi tới vài ngàn mg/kg chất khô, cây lúa vẫn thấy khỏe mạnh và sinh trưởng tốt. Hiện tượng này có thể được giải thích như sau:

Tại nồng độ sắt hòa tan rất thấp hoặc ở nồng độ trung bình với sự có mặt đầy đủ các chất dinh dưỡng, đặc biệt K, Ca và P, cây lúa không hút nhiều hơn lượng sắt mà nó cần cho nhu cầu sinh lý của nó. Nhưng khi nồng độ sắt cao hoặc với các tỷ lệ Fe-Ca, Fe-K, hoặc Fe-P cao trong dung dịch, Fe có thể đi vào cây lúa với số lượng lớn hơn nhu cầu của nó. Trong điều kiện trung tính, Fe có thể đi vào cây với HCO_3^- như là một anion chính. Trong điều kiện axit, một phần của dòng vận chuyển của Fe có thể kết hợp với Cl^- hoặc SO_4^{2-} . Trong lá, sắt dư bị oxy hóa thành $\text{Fe}(\text{OH})_3$. HCO_3^- được chuyển đổi thành CO_2 được sử dụng cho đồng hóa hoặc thoát ra ngoài.

c. Khắc phục độc tố sắt:

Các tác giả Lê Huy Bá 2003, [2], Nguyễn Đức Thuận 2001,[9], Vương Đình Đức 1979, [5] đều đi đến thống nhất rằng, cho đất ngập nước một thời gian đủ an toàn trước khi

gieo sạ (để tránh điểm cực đại của sắt), tăng sự cung cấp O_2 trong lớp đất mặt bằng việc tiêu nước, bón phân (để tạo thể cân bằng dinh dưỡng), bón vôi và rửa mặn (để tăng tỷ lệ bicacbonat/tổng số anion) là những biện pháp khả thi để khắc phục ngộ độc sắt trong các loại đất phèn.

Chọn các giống kháng là một giải pháp đơn giản và kinh tế đối với độc tố sắt. Nhiều tác giả cho rằng, các giống lúa khác nhau có khả năng chịu đựng được hàm lượng sắt trong dung dịch đất rất khác nhau. Còn theo Nguyễn Đức Thuận (2001) [19] và Đỗ Thị Ren, Võ Thị Gương, Nguyễn Mỹ Hoa, Võ Quang Minh, Trần Thanh Lập (1993), [49], trong trường hợp đất bị phèn sắt nặng, các giống kháng phèn vẫn có thể cho năng suất 3÷6 Tấn/ha, nếu các chất dinh dưỡng được bón một cách cân đối.

1.5.2. Độc tố nhôm

a. Hiện tượng

Ngộ độc nhôm chỉ xảy ra trong điều kiện đất rất chua. Hiện nay, dưới áp lực của việc khai thác đất chua phèn ngày càng cao, vấn đề ngộ độc nhôm cũng được coi là quan trọng.

Ngộ độc nhôm trên cây lúa thường xuất hiện ở những lá già trước. Biểu hiện đặc trưng là những vệt màu vàng lục hoặc màu trắng lục trên các gân lá. Trong trường hợp bị nặng, các phần màu lục sẽ bị chết. Ngộ độc nhôm làm chậm sự sinh trưởng của bộ rễ và có thể gây hại trước khi thấy các biểu hiện ngộ độc ở lá.

Trong môi trường nuôi cấy bằng dung dịch với pH thấp, Al^{3+} gây độc đối với lúa ở thời kỳ cây con ở nồng độ 0,05-2 ppm trong khi ở lúa từ 3 đến 4 tuần tuổi ở nồng độ 25 ppm. Trên đất phèn, ngộ độc Al^{3+} xảy ra nhiều nhất, Al^{3+} đạt tới 1 ppm tại pH 4,8 và tăng gấp 10 lần khi giảm một đơn vị pH. Vì vậy, ngộ độc nhôm đối với lúa thường xảy ra ở pH 4,5÷5,0 đối với thời kỳ cây con và 3,4÷4,0 đối với các thời kỳ sau.

b. Cơ chế gây độc của nhôm

Khi Al^{3+} hiện diện trong đất ở hàm lượng cao sẽ gây độc cho cây, ảnh hưởng đến các quá trình sinh lý, sinh hóa của cây, cuối cùng ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của cây. Tác hại của chúng được L. J Pons (1973), [48], cho biết, có thể là do:

- Gây ức chế enzym làm nhiệm vụ tổng hợp vật chất của vách tế bào. Gây trở ngại cho sự phân chia của tế bào, làm giảm tính thấm thấu của tế bào và qua đó ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp protein. Làm giảm sự hô hấp của các tế bào rễ.
- Làm giảm sự tăng trưởng của rễ và thân lá. Làm trở ngại cho sự hấp thu các chất dinh dưỡng N, P, K, Ca, Mg của cây và hậu quả làm giảm năng suất cây trồng.
- Làm giảm năng suất cây trồng.
- Làm giảm sự hô hấp của các tế bào rễ.

c. Cơ chế kháng nhôm

Khi loại đất phèn Sulfic Tropaquept có pH ở tầng đất mặt thấp ($\text{pH} = 3,6 \div 4,2$), bón vôi có thể giảm hoặc ngăn ngừa được ngộ độc Al^{3+} . Lượng khuyến cáo là $3 \div 6$ tấn/ha nhưng bón vôi đơn độc thì tỏ ra ít có hiệu quả trên đất phèn ở ĐBSCL. Bón lân, đặc biệt là các dạng lân đơn cho hiệu quả rất rõ Theo Lê Huy Bá (1985), [1].

Đối với đất phèn Sulfaquepts có hàm lượng Al^{3+} cao trong đất thì việc cày ải có một ý nghĩa rất lớn trong việc cắt đứt mao dẫn và tạo nên một lớp đất che phủ bề mặt để ngăn chặn nước mao quản mang nhôm lên bề mặt và giảm sự bốc hơi nước của đất. Một biện pháp khác được sử dụng thường xuyên và có hiệu quả là thiết lập hệ thống kênh tiêu phèn hợp lý. Hệ thống kênh này có thể thúc đẩy quá trình tiêu các muối phèn dễ tan trong đầu mùa mưa ở lớp đất mặt.

Chọn các giống kháng hoặc chịu phèn là một giải pháp đơn giản và kinh tế đối với độc tố nhôm.

1.5.3. Độc chất H_2S

Biểu hiện ngộ độc H_2S trên lúa lần đầu tiên được biết đến ở Nhật như là hiện tượng “Akiochi”. Khi bị ngộ độc H_2S , hoạt động hô hấp của rễ không hồi phục được. Nồng độ gây độc của H_2S đối với lúa được ghi nhận vào khoảng 0,1 ppm trong dung dịch đất.

H_2S trong đất ngập nước gây ra chủ yếu từ quá trình khử sulphate, hiện diện chủ yếu trong đất chua. H_2S làm giảm sức oxy hóa của rễ và kéo theo ngộ độc Fe^{2+} bởi vì lúc đó bộ rễ không có khả năng oxy hóa Fe^{2+} ở bề mặt rễ.

Trên đất phèn, không nên sử dụng dạng phân có chứa S. Biện pháp bón vôi để tăng pH ≥ 5.2 trong điều kiện ngập nước được nhiều tác giả khuyến cáo.

1.6. Kết luận chương 1

Từ những kết quả của các tài liệu và các nghiên cứu trong và ngoài nước về đất phèn tại đồng bằng Sông Cửu Long nói chung và tại vùng TGLX nói riêng tác giả đã trình bày được những vấn đề liên quan cụ thể như:

- NCS đã tổng hợp được kết quả của các nghiên cứu, cập nhật được tổng quan đất phèn và tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước cũng như tại vùng TGLX về phèn. Từ đó đã xác định cơ chế hình thành phèn và các nguyên nhân gây ra phèn, quy luật diễn biến lan truyền các độc tố chính trên đất phèn tại vùng TGLX. Đồng thời Tác giả cũng đã khái quát hóa lại những khái niệm cơ bản về độc chất cũng như hệ sinh thái nông nghiệp để từ đó đưa ra những ảnh hưởng qua lại giữa chúng.
- Những ảnh hưởng của các độc chất có nguồn gốc từ hiện tượng oxy hóa đất phèn là rất đa dạng, biến động mạnh và hầu như không thể đảo ngược được. Ảnh hưởng nhiều đến sự sinh trưởng và năng suất trong sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là với cây lúa và sự sinh sản và phát triển của nuôi trồng thủy sản.
- Những kết quả tổng hợp được là cơ sở để triển khai các bước nghiên cứu tiếp theo tiến hành xác định cân bằng hóa học trong nước chua phèn ở vùng TGLX và thiết lập mô chương trình máy tính mô phỏng sự lan truyền nước chua phèn trên kênh, rạch và đồng ruộng. Những kết quả nghiên cứu ban đầu đã cho thấy hướng đi đúng đắn khi tiếp cận vấn đề trong việc giải quyết bài toán lan truyền phèn cho vùng TGLX và đề xuất giải pháp quản lý và phát triển tiềm năng của đất phèn ở ĐBSCL. Do vậy việc xây dựng chương trình máy tính mô phỏng diễn biến phát sinh và lan truyền chất gây chua cho vùng TGLX là rất cần thiết.

Chương 2. MÔ HÌNH TOÁN CHO QUÁ TRÌNH PHÈN VÀ LAN TRUYỀN NƯỚC PHÈN VÙNG TỨ GIÁC LONG XUYỀN

Trong phần tổng quan và trong chương 1 Tác giả đã khái quát lại các quá trình hóa học xảy ra trong đất phèn cũng như các độc tố của các nguyên tố cũng như ảnh hưởng của chúng tới hệ sinh thái. Có thể thấy rằng các quá trình hóa sinh đó rất phức tạp, sự ảnh hưởng của chúng tới hệ sinh thái cũng phụ thuộc nhiều vào các điều kiện môi trường. Việc nghiên cứu các quá trình cụ thể cho từng vùng cụ thể bắt buộc phải tiến hành lấy mẫu để thực hiện thí nghiệm trong các phòng thí nghiệm chuyên sâu (chẳng hạn phòng thí nghiệm đất phèn tại Tân Thạnh vùng Đồng tháp Mười do Ủy Ban sông Mê Công tài trợ). Tất nhiên việc lấy mẫu và tiến hành các thí nghiệm là rất tốn kém và chủ yếu là tìm hiểu bản chất phèn, còn việc nghiên cứu ảnh hưởng của nguồn phèn tới các vùng khác do nguồn nước, đặc biệt là do ảnh hưởng của thủy triều, còn là những hạn chế nhưng lại là các yêu cầu thiết cho sản xuất nông nghiệp cũng như quản lý hệ sinh thái bền vững. Ngày nay, do sự phát triển quá nhanh của kỹ thuật máy tính (cả phần cứng và phần mềm) cũng như các công cụ toán học hiện đại, mô hình toán học được sử dụng rộng rãi để giải quyết các bài toán lớn phức tạp về tự nhiên và môi trường vừa nhanh và kinh tế và là công cụ mạnh không thể thiếu cho công tác quy hoạch. Dưới đây là cách xây dựng mô hình toán trong nghiên cứu sự lan truyền nước phèn trong mạng kênh, rạch (đặc biệt là vào đầu mùa mưa khi một lượng lớn nước phèn từ các ô ruộng ngập nước xung quanh lan truyền ra mạng kênh rạch và lan truyền ra các vùng xung quanh gây tác động xấu cho sản xuất và sinh hoạt). Cơ sở của mô hình toán học là các quá trình tự nhiên ở các dạng khác nhau đều được mô tả bằng các phương trình toán học, khi giải các phương trình này (giải chính xác hay giải số) sẽ được các nghiệm số, khảo sát tính chất các nghiệm số có thể phát hiện ra các quy luật liên quan đến mối liên hệ giữa các đại lượng cần quan tâm, chẳng hạn với các mô hình thủy động lực học người ta có thể đánh giá các quy luật dòng chảy hay sự phụ thuộc của các chế độ dòng chảy vào các tham số môi trường nào đó như địa hình, thủy văn, các điều kiện sử dụng nước.

Việc xây dựng các mô hình toán học phải trải qua các bước Xem Nguyễn Tất Đắc 2010 [4]:

- i). Thiết lập các phương trình toán học chi phối các quá trình quan tâm,
- ii). Thiết lập các điều kiện biên và điều kiện ban đầu, xác định một số tham số của mô hình,
- iii). Phần lớn các phương trình không thể giải chính xác vì thế phải thiết lập các thuật toán để giải số,
- iv) Lập trình để giải trên máy tính,
- v). Bước cuối là kiểm tra tính đúng đắn qua việc hiệu chỉnh và kiểm định với một số ví dụ cụ thể.

Một mô hình trải qua cả 5 bước nêu trên được gọi là mô hình làm việc. Để có thể thực hiện được cả 5 bước này cho một đối tượng bất kỳ là cả một quá trình cực kỳ khó khăn đòi hỏi sự đóng góp tri thức, thời gian, kinh nghiệm, tiền bạc của nhiều nhà khoa học chuyên sâu. Chẳng hạn đối với lan truyền mặn, một chất bảo toàn, các nhà khoa học đã mất nhiều thập kỷ để xây dựng được mô hình lan truyền mặn 1 chiều tạm gọi là có thể sử dụng được giải quyết được các bài toán thực tế về lan truyền mặn ở ĐBSCL, Xem Nguyễn Tất Đắc 2010, [4] .

Với bài toán lan truyền phèn, vì là chất không bảo toàn, có sự tham gia (về mặt hóa sinh) đồng thời của một số yếu tố cho nên bài toán gặp rất nhiều khó khăn và còn ít được nghiên cứu, vì vậy trong luận án này, trước tiên, tập trung vào bước thứ nhất của xây dựng mô hình toán là phương pháp thiết lập các phương trình cơ bản cho quá trình lan truyền nước phèn trong kênh sông. Khi đã có hệ phương trình cơ bản, do sự giống nhau về dạng với các chất bảo toàn, có thể học tập phương pháp giải đã có đối với chất bảo toàn và thực hiện một số thử nghiệm để thấy tính hợp lý của mô hình thiết lập. Các bước còn lại sẽ lướt qua và cố gắng tận dụng các kết quả đã có cho các chất bảo toàn.

2.1. Về các quá trình lan truyền chất trong nước mặt

Kết quả phân tích từ một số nghiên cứu liên quan (trong ngoài nước) ở trên đã cho thấy đất phèn vùng Bán đảo Cà Mau và Tứ Giác Long Xuyên có ưu thế hơn cả về sắt Fe và nhôm Al, hiện diện chủ yếu là các khoáng pyrite, jurbanite hay jarosite; ở vùng Đồng Tháp Mười thì Al ưu thế hơn nên hiện diện nhiều các khoáng jurbanite, vì thế với những vùng có cả nhôm và sắt thì tùy mức độ cụ thể sẽ ưu tiên từng loại yếu tố.

Qua hình thái và số liệu phân tích 4 phẫu diện (ở vùng TGLX) cho thấy, ngoài nhôm, hàm lượng sắt cũng đáng kể, hiện diện nhiều đốm vệt màu nâu đỏ, nâu rỉ trong đất, váng màu rỉ sắt trên mặt đất, nước trong kênh rạch vùng đất phèn ở TGLX và BĐCM thoát ra cũng có màu nâu rỉ, người dân thường gọi là “phèn sắt” để phân biệt với “phèn lạnh” hay “phèn nhôm” ở vùng ĐTM.

Từ các vấn đề trên cho thấy bản chất phèn trong vùng TGLX vừa là phèn sắt vừa là phèn nhôm. Vì bài toán lan truyền phèn vào đầu mùa mưa rất phức tạp cả về mặt hóa lý lẫn các điều kiện khí tượng thủy văn, cho nên trình bày dưới đây trước tiên tác giả thử nghiệm với lan truyền phèn nhôm (đã có một số kết quả nghiên cứu cho ĐTM) với các quá trình đơn giản hơn phèn sắt, các bước tiếp theo sẽ thử nghiệm với phèn sắt.

2.1.1. Quá trình lan truyền

Các chất lan truyền nói chung có thể là đơn chất hay hợp chất, có thể là chất bảo toàn (như độ mặn) hay các chất không bảo toàn (như các chất ô nhiễm hữu cơ, nước phèn,...). Với các chất bảo toàn (như mặn), quá trình lan truyền chỉ bị chi phối bởi quá trình lan truyền theo dòng chảy và quá trình pha loãng. Với các chất không bảo toàn (ô nhiễm hữu cơ, nước phèn), ngoài quá trình lan truyền theo dòng chảy, quá trình pha loãng, các chất lan truyền còn bị chi phối bởi các quá trình sinh hóa mà các phản ứng sinh hóa lại có nhiều yếu tố cùng tham gia và có thể phụ thuộc vào nhau, nhiệt độ và áp suất môi trường.

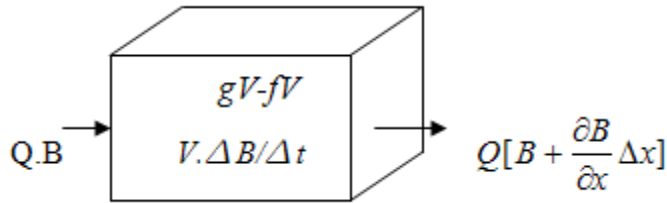
Các chất lan truyền dù bảo toàn hay không bảo toàn đều tuân thủ luật bảo toàn khối lượng. Theo luật này: Sự thay đổi theo thời gian của một đại lượng trong một thể tích (V) bằng tổng lượng vào trừ đi tổng lượng ra khỏi thể tích V cộng với lượng sản sinh trong V trừ đi lượng tự mất đi trong thể tích (V) do các nguyên nhân khác nhau (như quá trình hóa, sinh hay điện hóa,...). Chẳng hạn chất ô nhiễm hữu cơ với nồng độ BOD nguyên lý cân bằng trên được viết như sau :

BOD vào thể tích V + BOD sản sinh trong V – (BOD ra khỏi V + BOD bị chuyển hoá do các nguyên nhân khác nhau) = sự thay đổi BOD trong thể tích V trong khoảng thời gian Δt .

Với B là nồng độ BOD (thường dùng đơn vị đo là mg/l), Q là lưu lượng dòng chảy (m^3/s) tại mặt cắt vào, g là tốc độ sản sinh BOD trong thể tích V, f là tốc độ mất BOD

trong thể tích V (do các nguyên nhân khác nhau, chẳng hạn sinh hóa). Đoạn phát biểu trên được toán học hóa bằng biểu thức (2.1) và mô tả bằng hình vẽ sau:

$$Q \cdot B + gV - \left[Q \left(B + \frac{\partial B}{\partial x} \Delta x \right) + fV \right] = \frac{V \cdot \Delta B}{\Delta t} \quad (2.1)$$



Sau một số biến đổi phương trình (2.1), (bằng cách triển khai các số hạng rồi ước lượng các số hạng giống nhau, cụ thể hóa các số hạng vào ra, g, f) có thể chuyển (2.1) về dạng sau cho dòng chảy một chiều trên kênh sông:

$$\frac{\partial B}{\partial t} + U \frac{\partial B}{\partial x} = E \frac{\partial^2 B}{\partial x^2} - K_1 B \quad (2.2)a$$

Vì BOD và Oxy hòa tan là 2 yếu tố có tương tác sinh hóa với nhau (lượng oxy càng nhiều thì phản ứng oxy hóa khử làm lượng chất bẩn BOD mất đi càng nhanh) vì thế cũng dựa trên luật bảo toàn khối lượng, sử dụng giả thiết độ mất oxy tỷ lệ tuyến tính với nồng độ BOD, ta có phương trình, với D là nồng độ oxy hòa tan, Nguyễn Tất Đắc 2010, [4]

$$\frac{\partial D}{\partial t} + U \frac{\partial D}{\partial x} = E \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} + (D_s - D)K_2 - K_1 \cdot B \quad (2.2)b$$

Trong (2.2)_a và (2.2)_b : U là vận tốc dòng chảy theo chiều x dọc sông (m/s), E là hệ số phân tán dọc (dispersion) K_1 là hệ số mất BOD do oxy hóa và được giả thiết là tỷ lệ bậc một với nồng độ BOD có trong dòng chảy. K_2 là hệ số thấm oxy từ không khí, D_s là độ bão hòa oxy hòa tan trong nước.

Lưu ý rằng: Trong các phương trình (2.2)_a hay (2.2)_b phần phía trái là sự biến đổi do dòng chảy (do vận tốc U), phần còn lại phía phải là sự biến đổi do chênh lệch nồng độ (do hệ số E) và do các quá trình tương tác (mất đi- hay sinh ra do biến đổi (- $K_1 B$ hay - $K_2 D$,...)). Nếu các hệ số của từng thành phần không có (bằng 0) thì không có các quá trình này. Như vậy các quá trình (biểu diễn bằng các phương trình (2.2)_a, (2.2)_b đúng cho cả quá trình bảo toàn và không bảo toàn. Quá trình mất không bị chi phối bởi quá trình sinh hóa (chỉ thay đổi do dòng chảy và chênh lệch nồng độ) nên phương trình như (2.3) dưới đây.

Với nước mặn có nồng độ C (g/L), do là chất bảo toàn và nếu không có nguồn mặn gia nhập từ bên ngoài thì phương trình (2.2)a có dạng

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} = E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (2.3)$$

(2.2) a&b là một ví dụ về phương trình cho lan truyền chất không bảo toàn và (2.3) là phương trình lan truyền cho chất bảo toàn. Cũng chú ý mối liên hệ giữa B và D được giả thiết là tuyến tính. Như trình bày trong phần dưới mối quan hệ giữa các yếu tố phen không còn là tuyến tính mà phải sử dụng tới các luật cân bằng hóa học để thiết lập mối quan hệ giữa các yếu tố này trong quá trình lan truyền, vì thế quá trình trở nên vô cùng phức tạp. Những điểm nêu trong phần này nhằm dẫn dắt từ đơn giản tới phức tạp cho các quá trình phen được trình bày trong phần dưới.

Lưu ý rằng ta sẽ sử dụng đạo hàm toàn phần theo thời gian bằng định nghĩa sau (trường hợp một chiều):

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} \quad (2.4)$$

Như vậy dựa vào luật cân bằng khối lượng phương trình lan truyền chất có thể viết ở dưới dạng tổng quát sau đây:

$$\text{Với chất bảo toàn có nồng độ } C: \frac{dC}{dt} = f(C) \quad (2.5)$$

Với $f(C)$ là hàm số đặc trưng cho nguồn sinh ra hay sự mất đi của C từ bên ngoài.

Trong trường hợp chất không bảo toàn, chẳng hạn phen, có sự tham gia của n chất (ví dụ với phen nhôm hay phen sắt, như nêu trong mục 1.4.4 trong chương 1, $n=3$) với nồng độ C_i ($i=1,2,3$ cho từng loại phen nhôm hay sắt) phương trình dạng (2.5) được viết cho từng chất một trong loại phen đó như sau:

$$\frac{dC_1}{dt} = f_1(C_i) \quad i = 1,2,3 \quad (2.6)_1$$

$$\frac{dC_2}{dt} = f_2(C_i) \quad i = 1,2,3 \quad (2.6)_2$$

$$\frac{dC_3}{dt} = f_3(C_i) \quad i = 1,2,3 \quad (2.6)_3$$

Với phèn nhôm C_1 là nhôm Al , C_2 là sulphat SO_4 , C_3 là Hydrogen H ; với phèn sắt C_1 là Fe , C_2 là Sulphat SO_4 , C_3 là Hydrogen (Các đạo hàm phía trái là đạo hàm toàn phần có dạng như (2.4)).

Khác với phương trình (2.5) cho chất bảo toàn, các hàm f_i ($i=1,2,3$) trong vế phải của các phương trình (2.6) i là hàm phụ thuộc của các nồng độ C_i , đây là khó khăn về mặt toán học đòi hỏi phải bổ xung thêm phương trình và có các thuật toán chuyên biệt khi phải giải các phương trình này.

Để lý giải xin nêu một ví dụ cụ thể. Với BOD có nồng độ B và DO có nồng độ D (oxy hòa tan) các phương trình cân bằng tương ứng là (Theo Nguyễn tất Đức 2010 [4]):

$$\begin{aligned} \frac{\partial B}{\partial t} + U \frac{\partial B}{\partial x} &= E \frac{\partial^2 B}{\partial x^2} - \left(K_1 + K_3 + \frac{q + Q_{sr} + Q_r}{A} \right) B + \frac{qB_q + Q_{sr}B_s}{A} \frac{\partial D}{\partial t} + \\ U \frac{\partial D}{\partial x} &= E \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} - \left(\frac{q + Q_{sr} + Q_r}{A} \right) D + (D_s - D)K_2 - K_1 \cdot B + \left(\frac{qD_q + Q_{sr}D_{sr} + Q_rD_r}{A} \right) \end{aligned}$$

Trong đó: K_1 là hệ số chuyển hóa BOD do các nguyên nhân khác nhau phụ thuộc vào điều kiện dòng chảy và khí tượng thủy văn; K_3 là hằng số biến đổi BOD do lắng đọng; B_s và B_q là nồng độ BOD trong các nguồn trao đổi sông-ruộng và trong nguồn gia nhập dòng chảy (xả thải). D_q , D_{sr} , D_r tương ứng là nồng độ DO trong dòng gia nhập, dòng trao đổi và mưa. D_s là độ bão hòa ô xy. K_2 là hằng số thẩm khí. D là hệ số tán xạ dọc. Q_{sr} là lưu lượng trao đổi giữa sông và ruộng, Q_r là lưu lượng mưa, q là lưu lượng gia nhập như xả trực tiếp hoặc bơm. Nói chung D_s là hàm của nhiệt độ và được xác định bằng công thức thực nghiệm sau đây :

$D_s = 475 / (33.5 + T)$, với T là nhiệt độ của dòng chảy. Hệ số thẩm khí K_2 thường là hàm của vận tốc dòng chảy và độ sâu .

Các phương trình (2.2)a,b và (2.3) hoặc (2.6)₁; (2.6)₂; (2.6)₃ trong trường hợp một chiều, cũng giống như các phương trình cho BOD và DO nêu trên, đều có thể viết chung dưới dạng chung:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + U \frac{\partial S}{\partial x} = E \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} - \sigma S + \phi(S_i) \quad (2.7)$$

Trong đó S là nồng độ một chất bất kỳ, còn S_i là nồng độ chất khác S cùng tham gia vào quá trình. Đối chiếu với phương trình cho BOD và DO nêu trên dễ thấy $\sigma > 0$. E là hệ

số tán xạ (dispersion), Φ là hàm số của các ẩn S_i khác tùy thuộc vào mối quan hệ cụ thể (Xem biểu thức cụ thể của các hệ số σ , Φ trong phương trình cho BOD và DO trong các phương trình nêu trên). Vì tính phức tạp của (2.7) phải xây dựng các thuật toán chuyên biệt cho quá trình giải số. Trong phần dưới sẽ giới thiệu một trong các phương pháp được áp dụng cho việc giải phương trình lan truyền dạng hyperbolic. Xem [3], [4].

2.1.2. Phương pháp giải

Phương trình (2.7) thể hiện sự xảy ra đồng thời của các quá trình lan truyền và phân tán (dispersion) theo dòng chảy với vận tốc U và hệ số phân tán E . Hai số hạng cuối của (2.7) là thể hiện quá trình phát sinh hay mất đi do các quá trình tương tác hóa sinh. Với nhiều quá trình như vậy, để đơn giản trong toán học người ta phân nhỏ thành từng quá trình, gọi là phương pháp phân rã. Các quá trình nhỏ này xảy ra liên tiếp trong một bước thời gian, giá trị của quá trình 1 sẽ là điều kiện đầu cho quá trình 2,... Trong vùng triều quá trình tải thuận túy theo dòng chảy là quan trọng và được mô tả bởi phương trình

$$\frac{\partial S_t}{\partial t} + U \frac{\partial S_t}{\partial x} = 0 \quad (2.8)$$

(với S_t là nồng độ do quá trình tải) đóng vai trò quan trọng, các quá trình khác đóng vai trò hiệu chỉnh trong một bước thời gian. Các phương pháp giải số (2.8) thường gặp hiện tượng khuếch tán số làm sai lệch nghiệm số [Nguyễn Tất Đắc 2005]. Nhằm giảm tối đa hiện tượng khuếch tán số này, dưới đây giới thiệu tóm tắt phương pháp đường đặc trưng dùng để giải (2.8). Chi tiết có thể tham khảo trong Nguyễn Tất Đắc (2005), [3] hay (2010), [4].

2.1.3. Việc lựa chọn phương pháp tính toán các yếu tố thủy lực, cụ thể là tính toán trường vận tốc U , cho mô hình lan truyền nước phèn trong kênh sông.

Trong các phương trình (2.4) hay từ (2.5) đến (2.8) đều có tham số U là vận tốc dòng chảy, muốn giải được phương trình để có số liệu vận tốc U phải dựa vào các phần mềm hiện có về tính toán thủy lực, đặc biệt đối với các hệ kênh sông thực tế rất phức tạp có công trình cống đập với cách sử dụng nước khác nhau, vì vậy muốn xây dựng bài toán lan truyền phèn trong thực tế cũng phải sử dụng các phần mềm tính toán thủy lực đã có. Những phần mềm sẵn có được áp dụng nhiều cho ĐBSCL, bao gồm cả vùng TGLX có thể liệt kê như sau [Xem chi tiết trong Nguyễn Tất Đắc (2005), [3] hay (2010), [4]:

- Mô hình SOGREAH của Pháp.
- Mô hình Mike11 của DHI.
- Mô hình ISIS của Anh, Wallingford.
- Mô hình KOD giải hiện của GS.TS KH Nguyễn Ân Niên.
- Mô hình Hydrogis của PGS TS Nguyễn Hữu Nhân.
- Mô hình VRSAP của cố PGS TS Nguyễn Như Khuê.
- Mô hình Delta của GS TS Nguyễn Tất Đắc,...

Do được sử dụng nhiều cho các dự án sử dụng nước trên vùng ĐBSCL bao gồm cả vùng TGLX, GS Nguyễn Tất Đắc, người hướng dẫn NCS luận án này và cũng là tác giả của DELTA, trong luận án này đã sử dụng phần tính thủy lực của mô hình **DELTA** để tính trường vận tốc U . Phần cơ sở học thuật cụ thể của DELTA, gồm cả phần tính thủy lực, tính mặn và một số chất ô nhiễm cùng một số ứng dụng cho ĐBSCL được mô tả kỹ trong Nguyễn Tất Đắc (2005), [3] và Nguyễn Tất Đắc (2010), [4]. Phần thuật toán tính lan truyền mặn được sử dụng với một số cải biên cho bài toán lan truyền phèn sẽ được trình bày tóm tắt những điểm chính trong phần dưới đây.

2.1.4. Phương pháp đường đặc trưng giải phương trình tải khuếch tán [4]

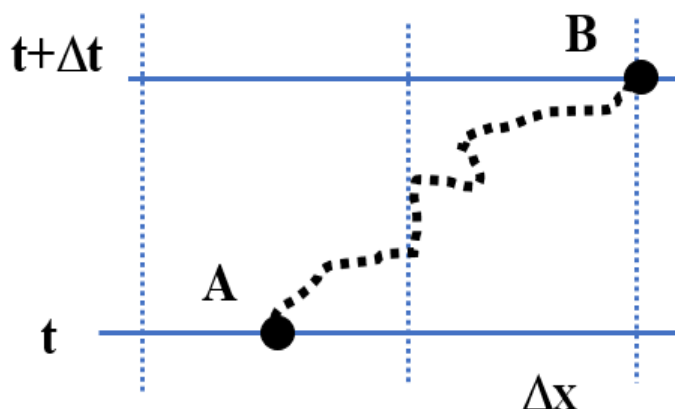
Với bài toán truyền tải thuần túy, theo quan điểm Lagrange, có thể hiểu bài toán như sau: Một hạt lỏng ở thời điểm t (lớp thời gian trước) nằm tại điểm **A**, với vận tốc U hạt lỏng sẽ di chuyển theo một quỹ đạo nào đó để đạt tới điểm **B** vào thời điểm (lớp thời gian sau) $t + \Delta t$. Trong quá trình tải thuần túy hạt lỏng không thay đổi, mật độ tại điểm B sẽ bằng mật độ tại điểm A, hay $S(B, t + \Delta t) = S(A, t)$. Như vậy để xác định được nồng độ tại điểm B chỉ cần lần ngược lại quỹ đạo để tới điểm A, tại đây ta xem như đã biết nồng độ (hoặc biết trước hoặc qua các điểm lân cận bằng cách nội suy). Quá trình vừa mô tả là nội dung của phương pháp đường đặc trưng áp dụng cho phương trình tải (2.8).

Trong phương pháp đường đặc trưng, để tìm nồng độ chất lan truyền tại B, có 2 bước cần tiến hành:

- Xác định điểm A là chân đường đặc trưng tại lớp thời gian t (lớp thời gian trước).
- Nội suy giá trị nồng độ tại A qua các giá trị đã biết tại các điểm lưới (lớp thời gian trước).

Mặc dù về cơ bản phương pháp đường đặc trưng được xem như phương pháp chính xác, tuy nhiên khi giải số lại phải qua 2 bước trên, cho nên lại cần có những thuật toán riêng.

Trong mô hình tính lan truyền mặn thuật toán sau đây đã được áp dụng Nguyễn Tất Đắc (2010), [4]:



Hình 2- 1: Biểu đồ hạt lỏng di chuyển theo một quỹ đạo từ A đến B

- Xác định chân đường đặc trưng:

Trong khoảng tích phân Δt , xem U chỉ là hàm của x , và được lấy trọng số giữa 2 lớp thời gian t và $t+\Delta t$ (hay n và $n+1$); giá trị của U được cho tại các điểm $x_1, x_2, \dots, x_N$ (tính từ mô hình dòng chảy trong cùng một bước thời gian), giữa các khoảng $[x_i, x_{i+1}]$ vận tốc U được xem như một hàm tuyến tính theo x : $U = ax + b$.

$$\delta t = \frac{\Delta x}{U(x)} = \text{const}$$

Do U không phụ thuộc t (trong một bước Δt) cho nên trong mỗi khoảng $[x_k, x_{k+1}]$ các đường cong tích phân $dx = U(x)dt$ đều song song, cho nên để xác định chân đường đặc trưng chỉ cần tính δt với từng khoảng $[x_k, x_{k+1}]$, sau đó kiểm tra điều kiện:

$$\sum_{i=1}^k \delta t_i > \Delta t. \text{ Nếu điều kiện này thỏa mãn có nghĩa là đặc trưng đã cắt đường thẳng}$$

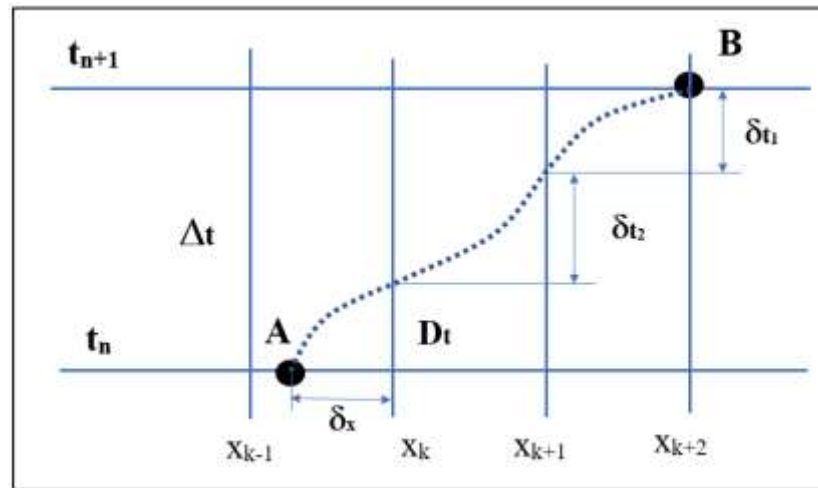
$$t = t_n; \text{ khi đó tính } \mathbf{Dt} = \Delta t - \sum_{i=1}^{K-1} \delta t_i$$

Để tính $\delta t, \delta x$ (xem hình vẽ 2-2) ta có thuật toán sau:

Gọi $\varepsilon = \pm 1 = -\text{sign}(U_k)$, trong mỗi khoảng x_k và $x_{k+\varepsilon}$ hàm U có dạng tuyến tính :
 $U(x) = ax + b$; Dễ thấy:

$$a = \frac{U_{k+\varepsilon} - U_k}{\varepsilon \Delta x} \quad ; \quad b = U_k \left(1 + \frac{x_k}{\varepsilon \Delta x}\right) - U_{k+\varepsilon} \frac{x_k}{\varepsilon \Delta x}$$

Nội suy giá trị chân đường đặc trưng **A**: Vì điểm A có thể trùng với một điểm lưới tính toán ở lớp thời gian trước, tuy nhiên nói chung A nằm giữa các mắt lưới (hình 2-2), vì thế cần tiến hành nội suy giá trị tại **A** qua giá trị đã biết tại các điểm lưới. Cách nội suy tuyến tính có thể gây ra khuếch tán số, vì thế trong phần mềm DELTA (*phần mềm được sử dụng để tính các yếu tố thủy lực cho bài toán lan truyền phèn*) đã dùng hàm nội suy spline bậc 3 (phiên bản trước của DELTA dùng nội suy kết hợp tuyến tính với nội suy Lagrange). Xem chi tiết trong Nguyễn Tất Đắc (2005), [3] và (2010), [4].



Hình 2- 2: Nội suy giá trị chân đường đặc trưng

2.1.4. Ví dụ giải thích các phương pháp nội suy, [4]

Để so sánh độ chính xác của các sơ đồ sai phân và phương pháp đường đặc trưng áp dụng cho phương trình tải ta xét một ví dụ chính xác có nghiệm giải tích sau đây (lấy từ [4]):

Xét phương trình $\frac{\partial f}{\partial t} + u(x, t) \frac{\partial f}{\partial x} = 0$ với $x \in (0,1)$ và $t > 0$

$$u(x, t) = \pi a \left(\frac{1-2x}{1-2a \sin \pi t} \right) \cos \pi t \quad ; \quad \text{Trong đó (Xét trường hợp } a = 1/4)$$

$$f(0, t) = -3 \sin \left(4\pi \frac{a \sin \pi t}{1 - 2a \sin \pi t} \right)$$

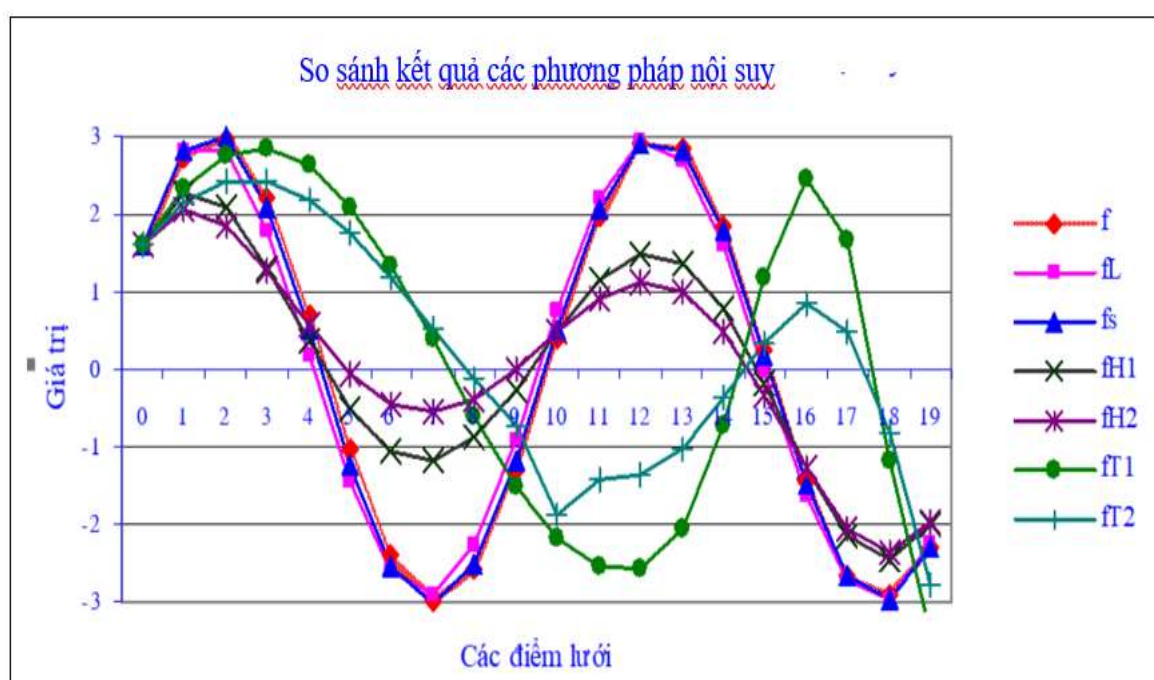
- Điều kiện ban đầu : $f(x,0) = 3\sin(4\pi x)$

- Điều kiện biên : $f(1,t) = 3\sin(4\pi \frac{1-\sin\pi t}{1-2\sin\pi t})$

Với điều ban đầu và điều kiện biên như trên, dễ thấy nghiệm chính xác của bài toán này là:

$$f(x,t) = 3\sin(4\pi \frac{x-\sin\pi t}{1-2\sin\pi t})$$

Để giải số chia đoạn $[0,1]$ thành 41 đoạn nhỏ với $\Delta x = 1/41$ và lấy $\Delta t = 1,5/41$. Hình vẽ 2-3 dưới cho so sánh kết quả của các phương pháp số ứng với thời điểm $t=0,4024$



Hình 2- 3: Biểu đồ so sánh phương pháp giải phương trình tải bằng đặc trưng

Các ký hiệu được sử dụng trên biểu đồ:

f : là nghiệm chính xác; f_L : là lời giải bằng phương pháp đặc trưng sử dụng phương pháp nội suy tuyến tính kết hợp với nội suy Lagrange.

f_s : lời giải đặc trưng dùng nội suy Spline bậc 3.

(f_{H1}, f_{H2}) : lời giải bằng phương pháp sai phân theo hướng với giá trị khác nhau của trọng số θ .

$f_T(f_{T1}, f_{T2})$: lời giải bằng phương pháp sai phân trung tâm với 2 giá trị của trọng số θ .

Từ biểu đồ trên cho thấy:

- Phương pháp đường đặc trưng với cả 2 cách nội suy đều cho kết quả khá chính xác cả pha và biên độ.
- Phương pháp sai phân trung tâm cho kết quả sai lệch cả về pha và biên độ.
- Phương pháp sai phân theo hướng giữ được pha lan truyền nhưng sai về biên độ.

2.1.5. Bài toán lan truyền chất trên hệ thống kênh sông.

Trên thực tế, vào đầu mùa mưa, nước phèn từ các vùng thấp hay các ô đồng ngập nước chảy ra mạng lưới kênh rạch kế cận rồi lan truyền ra các vùng khác. Theo quan điểm áp dụng, không thể chỉ xem xét trong từng kênh sông riêng lẻ vì không có số liệu đo cho từng kênh sông (vì rất tốn kém khi phải đo cho riêng từng kênh sông), mặt khác các kênh sông có tương tác với nhau. Về mặt ảnh hưởng nước phèn, khi lan truyền tới các vùng xa nguồn, độ phèn sẽ giảm dần ảnh hưởng (độ pH sẽ gia tăng dần) do các nguyên nhân khác nhau. Mặt khác về mặt dòng chảy các kênh sông có tương tác với nhau. Với một hệ thống nhiều kênh sông, các nhánh sẽ nối với nhau tại các điểm hợp hay phân lưu (thường được gọi là điểm nút hợp lưu); trong trường hợp này nếu biết được nồng độ tại các hợp lưu thì bài toán đưa về giải cho từng nhánh sông đơn. Vì thế bài toán lan truyền phải được xét trong hệ thống kênh. Bằng cách áp dụng phương pháp đường đặc trưng, khi dòng chảy hướng về các hợp lưu thì nồng độ tại các mặt cắt áp sát hợp lưu có thể tính được nhờ giải phương trình tải thuần túy, số hạng khuếch tán xem như đã biết (hay được đánh giá) tại lớp thời gian trước. Như vậy khi dòng chảy hướng tới hợp lưu tại các nhánh khác nhau không bắt buộc có nồng độ giống nhau (như các mô hình hiện có). Điều kiện duy nhất phải tuân theo là bảo toàn vật chất tại hợp lưu để tổng lượng vật chất vào hợp lưu bằng tổng lượng ra khỏi hợp lưu. Từ đó ta có điều kiện sau đây cho nồng độ chất tại các hợp lưu (hay phân lưu).

$$S_N = \frac{\sum_i Q_i^V S_i}{\sum_j Q_j^R} \quad ; \quad \sum_i Q_i^V = \sum_j Q_j^R$$

Trong đó S_N là nồng độ tại các mặt cắt chảy ra khỏi hợp lưu, S_i , Q_i^V là nồng độ và lưu lượng tại các mặt cắt áp sát hợp lưu của các nhánh chảy vào hợp lưu (tất nhiên chảy vào hoặc chảy ra là tùy thuộc từng thời điểm). Q_j^R là lưu lượng tại các mặt cắt áp sát hợp lưu

của các nhánh chảy ra. Khi đã có giá trị nồng độ tại các hợp lưu kết hợp với điều kiện biên bài toán đưa về giải cho từng nhánh sông.

Bằng phương pháp nêu trên vật chất lan truyền tới đâu tính tới đó cho nên tiết kiệm được thời gian tính toán trên máy, khác với các phương pháp sai phân là luôn phải giải hệ phương trình đại số cho toàn mạng, gồm cả những điểm không có độ (mặn hay vật chất) gây tốn thời gian tính toán.

Tất nhiên để giải được bài toán lan truyền phải có trường vận tốc U dọc theo dòng chảy. Với bài toán dòng chảy đã có nhiều phần mềm đang được sử dụng, với bài toán kênh sông phần mềm Mike11 của DHI đang được sử dụng rộng rãi. Tuy nhiên, như đã nêu ở trên, để thuận tiện và chủ động, trong nghiên cứu này NCS đã sử dụng phần mềm DELTA của GS TS Nguyễn Tất Đắc, phần mềm này đã được áp dụng cho nhiều dự án sử dụng nước ở ĐBSCL.

2.1.6 Quá trình phèn trong các ô đồng ngập lũ

Như đã nêu trong các phần trên, trong mùa khô, do hiện tượng mao dẫn, các sản phẩm sinh phèn trong các lớp đất không bão hòa nằm trong các lớp đất dưới sâu, theo các khe nứt chuyển lên mặt đất. Với các trận mưa đầu mùa các sản phẩm sinh phèn nằm trên lớp mặt bị thủy phân tạo thành các ổ phèn (hay các hồ, ruộng) và giả thiết rằng nước phèn trong đó được hòa đều, và khi mực nước trong hồ/ruộng cao tới mức nào đó sẽ tràn ra kênh qua các chỗ vỡ và lan truyền tới các kênh rạch khác xung quanh gây ô nhiễm cho nước sinh hoạt hay nước sản xuất của các vùng xung quanh. Mục tiêu đặt ra cho luận án này đánh giá ảnh hưởng của các nguồn phèn trong các ô ruộng khi tràn ra mạng kênh sông và lan truyền ra các vùng xung quanh. Với giả thiết nước phèn trong từng ô ruộng được hòa đều (khi ruộng lớn thì chia thành các ô nhỏ hơn) thì các phương trình cân bằng trong từng ô ruộng trở nên đơn giản như được trình bày dưới đây.

Cũng giống như bài toán lan truyền mặn giữa ô ruộng và kênh sông [4], giả sử V là thể tích tổng thể của từng ô ruộng, C là nồng độ của chất sinh phèn trên ô ruộng, C_s là nồng độ chất sinh phèn trong dòng trao đổi (chảy vào và chảy ra) giữa kênh và ô ruộng với lưu lượng Q_s còn mưa rơi trên ruộng được ký hiệu là Q_r , Q_e là lưu lượng bốc hơi. Với ký hiệu như vậy phương trình cân bằng thể tích cho một ô ruộng có thể tích V là:

$$\frac{dV}{dt} = Q_s + Q_r - Q_e \quad (2.9)$$

Phương trình cân bằng khối lượng cho chất sinh phèn trong ô ruộng sẽ là:

$$\frac{d(V.C)}{dt} = Q_s . C_s + F(C_g) \quad (2.10)$$

Trong đó $Q_s.C_s$ là lượng phèn trao đổi giữa sông và ruộng, còn $F(C_g)$ là tổng khối lượng chất sinh phèn từ dưới đất với nồng độ C_g , hoặc từ các nguồn khác nhau.

Việc xác định C_g bằng mô hình sẽ rất phức tạp và khó khăn, mục đích của nghiên cứu là xem xét quá trình lan truyền trên kênh, vì thế để đơn giản, trong luận án đã đề nghị sử dụng phương pháp tính toán C_g bằng công thức sau đây:

$$C_g = \sum_i C_{oi} \cdot e^{-a_0(t-t_0)} \quad (2.11)$$

Trong đó C_g là nồng độ phèn trên ruộng, C_{oi} là nồng độ chất gây phèn ban đầu lúc bắt đầu (tại t_0) mùa mưa trên mặt ruộng (hồ) tại điểm i ; a_0 là hằng số phụ thuộc một số yếu tố, hằng số này được xác định qua số liệu đo đạc. Bằng cách sai phân, phương trình (2.10) đưa về dạng sau:

$$V.C = V'(C' + \alpha_1 C_g) + Q_s.C_s.\Delta t \quad (2.12)$$

Trong đó α_1 là hằng số đặc trưng cho quá trình hòa tan từng phần trong ô ruộng tại thời điểm t (α_1 được xem là tham số hiệu chỉnh qua số liệu đo, thông thường có thể xem $\alpha_1=0$). V' và C' là thể tích nước và nồng độ chất sinh phèn trong ô ruộng tại thời điểm trước; C_s là nồng độ chất sinh phèn trong kênh nếu nước chảy ngược từ kênh vào ô ruộng và bằng nồng độ chất sinh phèn C' trong ô ruộng trong trường hợp ngược lại (lưu ý rằng trong vùng triều nước có thể chảy từ ô ruộng ra kênh khi triều xuống và chảy từ kênh vào ô ruộng khi triều lên). Như vậy một khi đã biết đặc trưng dòng chảy từ tính toán thủy lực thì dễ dàng tính toán nồng độ độ chất sinh phèn C trong các ô ruộng nhờ công thức (2.12).

2.2. Nguyên lý thiết lập các phương trình toán học chi phối quá trình lan truyền nước phèn trên kênh sông

2.2.1. Cân bằng hóa học

Như đã nêu trong chương 1, về mặt hóa học, trong quá trình lan truyền hay tương tác môi trường, các khoáng phèn luôn tồn tại dưới các phản ứng thuận nghịch, Đặng Trung Thuận (2005), [26]. Đặc điểm của phản ứng thuận nghịch là không thể thực hiện được một cách hoàn toàn, nghĩa là các chất phản ứng không thể biến hết thành các sản phẩm, bởi vì theo thời gian tốc độ thuận sẽ giảm dần, đồng thời những sản phẩm của phản ứng lại tác động với nhau tạo nên các chất phản ứng ban đầu. Đến một lúc nào đó tốc độ của phản ứng thuận bằng tốc độ của phản ứng nghịch. Khi đó trong mỗi đơn vị thời gian có bao nhiêu phân tử mất đi do phản ứng thuận thì có bấy nhiêu phân tử được tạo nên theo phản ứng nghịch. Một hệ phản ứng khi có tốc độ phản ứng thuận bằng tốc độ phản ứng nghịch được gọi là phản ứng ở trạng thái cân bằng hóa học.

Trong động học của phản ứng một quá trình phản ứng thuận nghịch được biểu diễn như sau:



Trong đó chữ nhỏ a, b, c, d được gọi là hệ số tỷ lượng còn chữ hoa lớn A, B, C, D là các chất phản ứng.

Tốc độ của một phản ứng hóa học được xác định bằng độ biến thiên nồng độ của chất trong một đơn vị thời gian. Động học, hay tốc độ phản ứng có thể biểu diễn một cách định lượng bằng luật tác động khối lượng, theo luật này tốc độ phản ứng tỷ lệ với nồng độ của các chất tham gia phản ứng. Tốc độ của phản ứng hóa học ở nhiệt độ không đổi tỷ lệ thuận với tích nồng độ (được viết trong móc vuông []) của chất phản ứng với số mũ là hệ số của chất trong phương trình phản ứng. Với (2.9) tốc độ của phản ứng thuận tại mỗi thời điểm là

$$r_f = K_f[A]^a[B]^b \quad (2.14)$$

$$\text{Còn tốc độ phản ứng ngược là } r_b = K_b[C]^c[D]^d \quad (2.15)$$

Sau một thời gian đủ dài tốc độ phản ứng thuận nghịch phải bằng nhau, hay đạt trạng thái cân bằng, nghĩa là

$$K_f[A]^a[B]^b = K_b[C]^c[D]^d$$

Hay

$$K = \frac{k_f}{k_b} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} \quad (2.16)$$

K được gọi là hằng số cân bằng và là hằng số tại một nhiệt độ nhất định. Hằng số cân bằng cho thấy tích nồng độ của sản phẩm phản ứng lớn hay bé hơn tích nồng độ chất phản ứng bao nhiêu lần. Cũng như hằng số tốc độ, hằng số cân bằng không phụ thuộc vào nồng độ các chất phản ứng mà chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ. (2.16) là biểu thức của định luật tác động khối lượng áp dụng vào cân bằng hóa học của Guldberg và Waage; Đặng Trung Thuận 2005, [46]. (2.16) cũng là luật cơ bản được áp dụng để thiết lập các phương trình cơ bản chi phối các quá trình lan truyền nước phèn. Lưu ý đại lượng đặt trong dấu [] là ký hiệu nồng độ, chẳng hạn $[B]^b$ là nồng độ của chất B với số mũ b.

Nước nguyên chất gồm ion Hydrogen H^+ và ion hydroxyl OH^- với phương trình cân bằng: $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ và hằng số cân bằng được xác định bằng biểu thức:

$$K_w = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} \quad (2.17)$$

Những điều vừa tóm tắt ở trên về cân bằng hóa học là cơ sở để thiết lập các phương trình bổ sung cho quá trình lan truyền nước phèn được sử dụng trong luận án này. Dưới đây sẽ xét trường hợp đơn giản là cân bằng của nước

2.2.2. pH và ion hóa của nước:

Thành phần của nước gồm ion Hydrogen H^+ và ion hydroxyl OH^- với phản ứng cân bằng:



và hằng số cân bằng được xác định bằng biểu thức

$$K_w = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} \quad (2.18)$$

Vì nồng độ của nước được xem là hằng số vì thế quan hệ cân bằng của nước được xem là hằng số nên $K_w = [H^+][OH^-]$ (2.19)

Các nhà hóa học thường sử dụng khái niệm âm logarit cơ số 10 của một đại lượng x

$$p(x) = -\log_{10} x$$

Với ion Hydrogen $pH = -\log_{10}[H^+]$ là khái niệm thường được sử dụng. Trong tính toán, sau khi tính nồng độ $[H^+]$ sẽ dùng biểu thức trên để tính độ pH.

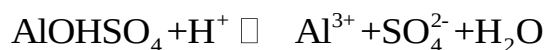
Từ $K_w = [H^+][OH^-]$ (2.18) đạo hàm 2 phía theo t , do K_w là hằng số nên đạo hàm bằng 0, còn phía phải là đạo hàm của một tích sẽ cho 2 số hạng:

$$[H^+] \frac{d[OH^-]}{dt} + [OH^-] \frac{d[H^+]}{dt} = 0 \quad (2.20)$$

Đây là nguyên lý cơ bản được sử dụng cho các quá trình cân bằng phen khác nhau. Đối với mỗi thành phần sẽ tuân theo luật bảo toàn khối lượng trong lan truyền, nghĩa là sự thay đổi của một thành phần trong một thể tích bằng dòng vào trừ đi dòng ra cộng với dòng phát sinh trừ đi dòng mất đi trong thể tích đó như đã nói ở phần trên.

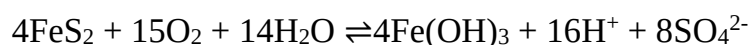
Quá trình cân bằng cho phen nhôm và sắt ở Đồng Tháp Mười và Tứ Giác Long Xuyên

Theo Nguyễn Thành Tín (1990), [51], cân bằng Jurbanite cho phen nhôm ở vùng Tân thành, Đồng Tháp Mười tuân thủ theo cân bằng:



Cân bằng này cũng đúng cho phen nhôm trong vùng TGLX. Còn theo Đặng Trung Thuận (2005), [46], trong vùng TGLX các khoáng sulfua rất phổ biến. Khi pyrite bị phong hóa thì sản phẩm cuối cùng là oxit sắt, hợp chất này khó hòa tan và tích đọng dưới dạng màu nâu. Các sản phẩm này cũng phổ biến ở vùng TGLX.

Quá trình oxy hóa pyrite FeS_2 thành oxit sắt có thể xảy ra theo một loạt phản ứng hay tương đương với phản ứng cân bằng:



Các phương trình cân bằng này sẽ được sử dụng trong thiết lập mối quan hệ toán học trong mô hình lan truyền nước phen.

2.2.3. Quá trình phen hóa:

Như đã nêu ở trên pH của nước thường được sử dụng để đánh giá độ nhiễm phen của nước. Nhiều nghiên cứu về hóa đất và nước đã chỉ ra rằng trong nước phen có một quan hệ giữa pH và một số yếu tố như nhôm, sắt, sulphat,...chúng được biểu diễn bởi luật tác động khối lượng với một cân bằng nào đó (như mô tả ở trên), chẳng hạn jurbanite, pyrite, jarosite hay gibbsite.

Với vùng *Đồng Tháp Mười*: Dựa trên số liệu thu thập và đo đạc ở Đồng Tháp Mười, ở Tứ giác Long xuyên có thể kết luận các nồng độ Fe, H, Al, và SO₄ tạo nên các cân bằng với Jurbanite hay pyrite. Từ phân tích thống kê với số liệu tại trạm Tân thành (Nguyễn Thành Tín 1990), [51] đã kết luận rằng có tồn tại một quan hệ tuyến tính giữa pH, pAl³⁺ và pSu. Từ (2.20) có thể thiết lập mối quan hệ sau đây để mô tả nước phèn nhôm.

Tương tự như (2.20) có thể thiết lập mối quan hệ sau để mô tả nước phèn nhôm

$$H.Su \frac{dAl}{dt} + H.Al \frac{dSu}{dt} - Al.Su \frac{dH}{dt} = 0 \quad (2.21)$$

$$pH = pSu + pAl + d \quad (2.22)$$

Với d là hằng số còn Al, H, SO₄/Su là nồng độ tức thời nhôm, Hydrogen, và sulphat tại một điểm x, y, z, t.

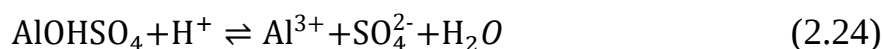
Với vùng *Tứ giác Long Xuyên*: Các nghiên cứu cũng đã chỉ ra rằng cân bằng jurbanite cho nhôm và cho sắt (mối tương quan tuyến tính giữa pH, Al và SO₄ hoặc giữa pH, Fe và SO₄)

Tương tự như (2.22), với cân bằng cho khoáng sắt, ta có phương trình sau đây để tính độ pH:

$$pH = \alpha pSu + \beta pFe + m \quad (2.23)$$

Với m, α , β là hằng số còn Fe, H, SO₄/Su là nồng độ tức thời sắt, Hydrogen, và sulphat tại một điểm x,y,z,t.

Các đạo hàm theo thời gian của nhôm, Hydrogen, sunphate hay Fe ngoài việc tuân thủ các luật bảo toàn khối lượng vật chất, còn phải tuân thủ thêm các quy luật cân bằng sinh hóa, vì thế việc thiết lập và giải các bài toán lan truyền khó khăn và phức tạp hơn nhiều so với các bài toán lan truyền một chất bảo toàn, chẳng hạn như lan truyền nước mặn. Mặc dù ở các dạng phức tạp khác nhau nhưng chúng đều có dạng chung của phương trình lan truyền và từ đó có thể áp dụng các phương pháp phổ biến để giải số các phương trình này. Dưới đây sẽ giới thiệu ngắn gọn phương pháp đã áp dụng cho phèn nhôm với cân bằng jurbanite [2.21],[2.22]:



2.3. Xây dựng các phương trình chi phối quá trình lan truyền nước phèn

2.3.1. Quá trình lan truyền nước phèn trong kênh, sông

pH của nước thường được sử dụng để đánh giá độ nhiễm phèn của nước. Nhiều nghiên cứu về hóa đất và nước đã chỉ ra rằng trong nước phèn có một quan hệ giữa pH và một số yếu tố như nhôm, sắt, sulphat,... chúng được biểu diễn bởi luật tác động khối lượng với một cân bằng nào đó, chẳng hạn jurbanite, pyrite hay gibbsite. Dựa trên số liệu thu thập và đo đạc ở Đồng Tháp Mười có thể kết luận các nồng độ H, Al, và SO₄ tạo nên cân bằng với Jurbanite. Từ phân tích thống kê với số liệu tại trạm Tân thành (Nguyễn Thành Tín 1990), [51] kết luận rằng có tồn tại một quan hệ tuyến tính giữa p[H⁺], p[Al⁺³] và p[SO₄⁻²]. Tương tự như (2.16) có thể thiết lập mối quan hệ sau đây để mô tả nước phèn nhôm

$$H.Su \frac{dAl}{dt} + H.Al \frac{dSu}{dt} - Al.Su \frac{dH}{dt} = 0 \quad (2.25)$$

$$pH = pSu + pAl + d \quad ; (pH = -\log_{10}[H^+]; p_{Al} = -\log_{10}[Al^{+3}], \dots)$$

Với d là hằng số còn Al, H, S_u là nồng độ tức thời của nhôm, Hydrogen, và sulphat tại một điểm x, y, z, t.

2.3.2. Các phương trình 3 chiều

Các quá trình trong tự nhiên thường xảy ra trong không gian 3 chiều (theo 3 hướng x, y, z). Việc nghiên cứu các quá trình trong không gian rất phức tạp không những về mặt các quá trình vật lý mà về mặt thực hành đòi hỏi rất nhiều loại số liệu mà khó có thể có được. Với các quá trình xảy ra trong kênh sông chủ yếu xảy ra theo dọc trục dòng chảy vì thế có thể chưa tập trung chi tiết vào sự biến đổi theo chiều ngang và chiều sâu. Trong thực tế bản thân mạng kênh rạch rất phức tạp vì thế các nhà khoa học trước tiên tập trung nghiên cứu các quá trình một chiều xảy ra dọc trục dòng chảy. Với bài toán lan truyền phèn cũng tập trung thử nghiệm với bài toán một chiều. Phần dưới đây sẽ dẫn giải từ bài toán 3 chiều về bài toán 1 chiều.

Phần trên đã trình bày các nguyên lý chung, để cụ thể hơn cho việc ứng dụng tính toán lan truyền nước phèn trong hệ kênh sông vào đầu mùa mưa có ảnh hưởng của mưa, của thủy triều, ảnh hưởng của nước phèn từ các rón phèn (hay từ các ô đồng chảy vào kênh) dưới đây sẽ mô tả chi tiết hơn các quy luật bằng cách xuất phát từ trường hợp 3 chiều rồi dẫn đến trường hợp một chiều có dòng gia nhập và dòng mất đi.

Để thu nhận các phương trình một chiều về nguyên lý có thể viết phương trình cân bằng (khối lượng hay động lượng/năng lượng) cho một thể tích kiểm tra dọc theo một trục hoặc tích phân các phương trình 3 chiều trên mặt cắt ngang vuông góc với hướng dòng chảy. Dưới đây sẽ áp dụng phương pháp thứ 2 để thấy rõ những biến đổi về toán học.

Với phen nhôm, từ luật cân bằng khối lượng trong trường hợp 3 chiều cho các phương trình sau đây cho các nồng độ nhôm Al, Sunphat Su và Hydrogen H:

$$\frac{dAl}{dt} = -(q+Q_s+Q_r)Al + (q.Al^q + Q_s.Al^i) - T_{Al} - D_{Al} \quad (2.26)$$

$$\frac{dSu}{dt} = -(q+Q_s+Q_r)Su + (q.Su^q + Q_s.Su^i) - T_{Su} - D_{Su} \quad (2.27)$$

$$\frac{dH}{dt} = -(q+Q_s+Q_r)H + (q.H^q + Q_s.H^i) - T_H - D_H \quad (2.28)$$

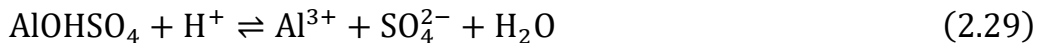
Trong đó T_{Al} , T_{Su} và T_H là lượng Al, Su và H tương ứng bị mất đi hay sinh ra do các quá trình khác nhau như mưa, lắng đọng,... D_{Al} , D_{Su} và D_H là lượng và mất do quá trình cố kết, q là dòng gia nhập; Q_s là dòng trao đổi giữa sông ruộng; Q_r là mưa, Al^q , Su^q , H^q là nồng độ nhôm, Sunphat và Hydrogen trong dòng gia nhập.

Đạo hàm toàn phần (trong trường hợp 3 chiều) được xác định bằng biểu thức:

$$\frac{d..}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$$

Trong đó u, v, w là 3 thành phần vận tốc theo các hướng x, y, z .

Chú ý trong môi trường nước cân bằng jurbanite cho phương trình cân bằng :



$$\text{Từ đó } T_{Al} = T_{Su}; \quad T_{Al} = T_{Su}; \quad T_H + T_{Al} = 0; \quad T_H + T_{Al} = 0;$$

$$D_{Al} = D_{Su} = D_H; \quad D_{Al} = D_{Su} = D_H$$

Ký hiệu

$$a = H.S_u; \quad b = H.Al; \quad c = Al.S_u$$

$$\sigma = q + Q_s + Q_r; \quad \Phi_1 = q.Al^q + Q_s.Al^i$$

$$\Phi_2 = qS_u^q + Q_sS_u^i; \quad \Phi_3 = qH^q + Q_s; \quad H^i a = H.S_u; \quad b = H.Al; \quad c = Al.S_u$$

Giả thiết rằng tốc độ mất bởi lắng đọng tỷ lệ tuyến tính, (với hệ số tỷ lệ L') với nồng độ: $D_{Al} = L'.Al$

Từ đó tương ứng với (2.26), (2.27) và (2.28) ta có :

$$\frac{dAl}{dt} = -\sigma \cdot Al + \Phi_1 - T_{Al} - L' \cdot Al \quad (2.30)$$

$$\frac{dSu}{dt} = -\sigma \cdot Su + \Phi_2 - T_{Al} - L' \cdot Al \quad (2.31)$$

$$\frac{dH}{dt} = -\sigma \cdot H + \Phi_3 - T_{Al} - L' \cdot Al \quad (2.32)$$

$$\text{Và} \quad a \frac{dAl}{dt} + b \frac{dSu}{dt} - c \frac{dH}{dt} = 0 \quad (2.33)$$

Ký hiệu $L=2L'$; $r = a + b + c$; $\alpha = \frac{a}{r}$; $= \frac{b}{r}$; $\tau = \frac{c}{r}$; Sau một số biến đổi sẽ có:

$$\frac{dAl}{dt} = -\sigma_1 \cdot Al + F_1 \quad (2.34)$$

$$\frac{dSu}{dt} = -\sigma_2 \cdot Su + F_2 \quad (2.35)$$

Sau một số biến đổi ta có

$$\sigma_1 = \sigma(\alpha + \tau) + \tau L; \quad \sigma_2 = \sigma(\alpha + \tau) + \tau L$$

$$F_1 = \beta \sigma \cdot Su - \tau \sigma \cdot H + (\tau + \beta) f_1 + \tau f_3 - \beta f_2$$

$$F_2 = \alpha \sigma \cdot Al - \tau \sigma \cdot H + (\alpha + \tau) f_2 + \tau f_3 - \alpha f_1$$

Phương trình cho H có dạng:

$$c \frac{dH}{dt} = a \cdot F_1 + b \cdot F_2 - a \cdot \sigma_1 Al - b \cdot \sigma_2 Su \quad (2.36)$$

Một khi đã có các nồng độ cho Al, Su thì pH sẽ là:

$$pH = d + pAl + pSu$$

Trong phương trình trên d là hằng số được xem như tham số hiệu chỉnh mô hình. Với Đồng Thập Mười, từ những nghiên cứu của Dự án đất chua phèn của Ủy hội sông Mê Công ở Tân Thạnh cho d = -2.8.

Phương trình (2.36) cho thấy phương trình cho H nhưng trong vế phải vẫn chứa các ẩn số Al, Su. Đây là một dạng như (2.6).

2.3.3. Phương trình 1 chiều

Để thu nhận các phương trình 1 chiều, cũng giống như thu nhận các phương trình 1 chiều cho xâm nhập mặn, nghĩa là tích phân hệ phương trình 3 chiều trên mặt cắt ngang vuông góc với trục dòng chảy. Các phương trình (2.34) và (2.35) có cùng một dạng sau:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + u \frac{\partial C_i}{\partial x} + v \frac{\partial C_i}{\partial y} + w \frac{\partial C_i}{\partial z} = -n \cdot C_i + m \quad (2.37)$$

Các nồng độ Al, SO₄, H tương ứng với các chỉ số $i=1,2,3$.

Nếu thực hiện phân tích các giá trị tức thời của một đại lượng nào đó bằng giá trị trung bình trên mặt cắt cộng với một giá trị sai khác, chẳng hạn xem : $u = U + u'$; $v = v'$; $w = w'$; $C_i = C'_i + c_i$; $n = n' + n''$; $m = m' + m''$ trong các biểu thức trên U là giá trị vận tốc trung bình trên mặt cắt, u' là giá trị sai khác, vận tốc ngang và đứng là nhỏ. C_i' là nồng độ trung bình trên mặt cắt ngang, c_i là độ sai khác về nồng độ,... Chẳng hạn vận tốc và nồng độ trung bình và nồng độ trung bình xác định bằng các biểu thức sau

$$U = \frac{1}{A} \int u \, dA \quad ; \quad C'_i = \frac{1}{A} \int C_i \, dA \quad ;$$

là vận tốc và nồng độ trung bình trên mặt cắt dọc dòng chảy. n' và m' là giá trị trung bình mặt cắt của n và m. A là diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy. Thay vào (2.36), sau khi biến đổi sẽ có:

$$\frac{1}{A} \frac{\partial (AC'_i)}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (AUC'_i) + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \int_A u' c''_i \, dA = -n' C'_i + m' + \phi \quad (2.38)$$

$$\text{Trong đó: } \phi = \frac{1}{A} \int_A (m'' - n'' c''_i) \, dA$$

Số hạng thứ ba phía trái tương ứng với quá trình tán xạ do thực hiện trung bình mặt cắt (dispersion) và, theo một số tác giả, được giả thiết (luật Fick):

$$\int_A u' C''_i \, dA = -A \cdot E \cdot \frac{\partial C'_i}{\partial x} \quad (2.39)$$

; Trong đó: E được gọi là hệ số phân tán hay tán xạ (dispersion). Hệ số này đặc trưng cho độ sai khác giữa vận tốc trung bình với vận tốc điểm trên mặt cắt ngang.

Dấu trừ chỉ ra rằng quá trình tải vật chất theo hướng về phía nồng độ thấp hơn. Từ đó phương trình (2.38) trở thành:

$$\frac{\partial(AC'_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(AUC'_i) = \frac{\partial}{\partial x}\left(AE \frac{\partial C'_i}{\partial x}\right) - n'.A.C'_i + m'.A + \phi \quad (2.40)$$

Sử dụng phương trình liên tục của phương trình Saint-Venant trong tính dòng chảy[4]

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(AU)}{\partial x} = q + Q_s + Q_r$$

Trong phương trình trên q là lưu lượng gia nhập, Q_s là lưu lượng trao đổi giữa sông và ruộng, Q_r là lượng mưa.

Và thực hiện biến đổi (2.40) sẽ có dạng:

$$\frac{\partial C'_i}{\partial t} + \left(U - \frac{1}{A} \frac{\partial(AU)}{\partial x}\right) \frac{\partial C'_i}{\partial x} = E \frac{\partial^2 C'_i}{\partial x^2} - \Theta.C'_i + \delta_i$$

$$\text{Hay } \frac{\partial C'_i}{\partial t} + (U + \mu) \frac{\partial C'_i}{\partial x} = E \frac{\partial^2 C'_i}{\partial x^2} - \Theta.C'_i + \delta_i \quad (2.41)$$

$i=1, 2, 3$ tương ứng với nồng độ Al, SO_4, H . Trong đó $\Theta > 0$, μ được xem như một tham số dùng để hiệu chỉnh (tham khảo [4]).

2.3.4. Về phương pháp giải số

Để giải bài toán lan truyền nước phèn một chiều trong sông trước tiên phải cần các tham số thủy lực như dòng chảy (mực nước, vận tốc $U, \dots$). Vì thế trước tiên phải sử dụng các mô hình thủy lực chẳng hạn như MIKE11; Mô hình hóa dòng chảy và các chất hòa tan trong đất phèn của Erik Erikson (1992), [34], hoặc các mô hình khác ..., trong luận án này, như đã nêu, sẽ sử dụng mô hình DELTA của GS-TS Nguyễn Tất Đắc. Về chi tiết có thể xem trong Nguyễn Tất Đắc 2010, [4].

Lưu ý rằng (2.41) là các phương trình lan truyền chất cũng giống như phương trình lan truyền mặn, tuy nhiên các hệ số của chúng phức tạp hơn nhiều vì các tham số ở phía phải, như Θ hay δ , là các hàm của nồng độ, vì thế khi giải cần thuật toán giải lặp có hơi khác với bài toán lan truyền mặn thông thường. Phương trình (2.39) viết cho nồng độ nhôm Al , Sulphate Su , hay Hydrogene H , cụ thể sẽ như sau:

$$\frac{dAl}{dt} = E \frac{\partial^2 Al}{\partial x^2} - \frac{\sigma}{A} Al + \frac{\phi^1}{A} - T_{Al} - D_{Al} + \delta_1 \quad (2.42)$$

$$\frac{dSu}{dt} = E \frac{\partial^2 Su}{\partial x^2} - \frac{\sigma}{A} Su \frac{\phi^2}{A} - T_{Su} - D_{Su} + \delta_2 \quad (2.43)$$

$$\frac{dH}{dt} = E \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} - \frac{\sigma}{A} H + \frac{\phi^3}{A} - T_H - D_H + \delta_3 \quad (2.44)$$

Trong đó E là hệ số tán xạ (dispersion) do các quá trình trung bình trên mặt cắt ngang.

Đạo hàm toàn phần trong trường hợp này sẽ có dạng: $\frac{d..}{dt} = \frac{\partial..}{\partial t} + U(1 + \mu) \frac{\partial..}{\partial x}$

Sử dụng các ký hiệu:

$$N = Su - Al \quad ; \quad S = Su + H; \quad f_1 = \delta_2 - \delta_1 + \frac{(\phi^2 - \phi^1)}{A};$$

$$F_2 = \delta_2 + \delta_3 + \frac{(\phi^2 - \phi^3)}{A}$$

Từ đó các công thức (2.40) ÷ (2.42) chuyển về dạng:

$$\frac{dN}{dt} = E \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} - \sigma \cdot N + f_1 \quad (2.45)$$

$$\frac{dS}{dt} = E \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} - (\sigma + L) \cdot S + f_2 \quad (2.46)$$

Các công thức (2.45) ÷ (2.46) có chung dạng như sau:

$$\frac{df}{dt} = E \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - k_1 \cdot f + k_2 \quad (2.47)$$

Phương trình này trong một bước thời gian có thể giải bằng phương pháp phân rã, theo phương pháp này trước tiên giải phương trình tải thuần túy

$$\frac{df}{dt} = -k_1 \cdot f + k_2 \quad (2.48)$$

Theo đó dọc theo đường đặc trưng $dx/dt=U(1+\mu)$ nghiệm của (2.48) là:

$$f = \frac{f_0 - k_2}{k_1} \exp(-k_2 t) + \frac{k_2}{k_1} \quad (2.49)$$

Trong đó f_0 là giá trị tại chân đường đặc trưng với lớp thời gian trước, được xem là đã biết. (2.49) là công thức giải tích tuy nhiên trong giải số phải biết giá trị tại các mắt lưới chia, vì thế để xác định f_0 lại phải thực hiện các phép nội suy trong trường hợp chân đường đặc trưng không trùng với các các điểm lưới, việc lựa chọn các phương pháp nội suy cũng

ảnh hưởng tới độ chính xác của nghiệm số. Bước tiếp theo sau khi có nghiệm số (2.49) là giải phương trình khuếch tán (tán xạ) thuần túy sau:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = E \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} \quad (2.50)$$

Theo các thủ tục phân rã, nghiệm của (2.48) sẽ là điều kiện đầu để giải (2.50), sau đó nghiệm của (2.50) sẽ là nghiệm số của (2.47) trong một bước thời gian Δt . Để giải (2.50) sơ đồ sai phân ẩn hữu hạn sau đây thường được sử dụng:

$$\frac{\partial S}{\partial t} \approx \frac{S_i^{n+1} - S_i^n}{\Delta t}$$

$$\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} \approx \frac{2}{\delta} \left[\frac{\theta(S_{i+1}^{n+1} - S_i^{n+1}) + (1-\theta)(S_{i+1}^n - S_i^n)}{\delta_2} - \frac{\theta(S_i^{n+1} - S_{i-1}^{n+1}) + (1-\theta)(S_i^n - S_{i-1}^n)}{\delta_1} \right]$$

Với $\delta_1 = x_i - x_{i-1}$, $\delta_2 = x_{i+1} - x_i$, $\delta = \delta_1 + \delta_2$

Thay vào (2.50) và sau khi rút gọn ta được hệ phương trình 3 đường chéo sau đây:

$$M_i S_{i-1}^{n+1} + N_i S_i^{n+1} + L_i S_{i+1}^{n+1} = P_i; \quad i = 2, 3, \dots, N-1 \quad (2.51)$$

$$\text{Với} \quad M_i = \frac{2E\theta\Delta t}{\delta_1}; \quad L_i = \frac{2E\theta\Delta t}{\delta_2}; \quad N_i = -(1 + \frac{2E\theta\Delta t}{\delta_1\delta_2} + \delta\theta\Delta t)$$

$$P_i = \frac{2E\Delta t(\theta-1)}{\delta_1\delta} S_{i-1}^n - [1 - \frac{2E\Delta t(1-\theta)}{\delta_1\delta_2}] S_i^n + \frac{2E\Delta t(1-\theta)}{\delta_1\delta} S_{i+1}^n$$

Để giải (2.51) cần biết điều kiện tại hai đầu biên S_1^{n+1} và S_N^{n+1} và các giá trị ban đầu $S_1^n, S_2^n, \dots, S_N^n$. Các giá trị này lấy từ nghiệm của phương trình tải thuần túy (2.48). (2.50) là hệ phương trình 3 đường chéo, có thể giải bằng phương pháp khử đuôi. Hệ này đã được nghiên cứu trong nhiều tài liệu.

2.3.5. Phương pháp giảm bậc phương trình giải bài toán

Nội dung cơ bản của phương pháp này là trong các vùng ảnh hưởng triều thì trong một bước thời gian quá trình phân tán (dispersion) được xem như đã biết và lấy các giá trị ở lớp thời gian trước và như vậy phương trình (2.41) sẽ từ phương trình parabol bậc 2 sẽ trở thành phương trình hyperbol bậc 1 và có thể sử dụng phương pháp đường đặc trưng

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} = -a.C + g ; \quad g = b + E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (2.52)$$

Với g là hàm số đã biết, và thủ tục giải giống với thủ tục giải (2.48). Tuy nhiên để tính được hàm g ta phải tính các đạo hàm bậc 2. Việc tính đạo hàm bậc 2 khi biết trước các giá trị của hàm tại các điểm lưới cũng không phải là khó khăn và đã được viết trong nhiều tài liệu tham khảo và có sẵn các chương trình con (Subroutine) để tính.

Đối với các bài toán lan truyền nước phèn có nhiều yếu tố cùng tham gia và chúng có tương tác với nhau, chẳng hạn như hệ các phương trình (2.30) đến (2.32), cũng áp dụng phương pháp này, nghĩa là xem về phải đã biết ở lớp thời gian trước. Để bảo đảm độ chính xác bước thời gian Δt phải nhỏ.

Quá trình phèn sắt:

Phần trên đã trình bày chi tiết với quá trình phèn nhôm. Theo Đặng Trung Thuận (2005), [26] khoáng sunfua chứa Fe rất phổ biến. Khi pyrite bị phong hóa thì sản phẩm cuối cùng là oxit Fe, hợp chất này rất khó hòa tan và tích đọng dưới dạng một thành tạo màu nâu, gù. Các sản phẩm này cũng phổ biến trong vùng TGLX.

Quá trình oxy hóa pyrite thành oxit Fe có thể xảy ra theo một loạt phản ứng hay tương đương với phản ứng cân bằng:



Tương tự với phèn nhôm ta có phương trình sau đây để tính độ pH với phèn sắt:

$$pH = pSu + pFe + d \quad (pH = -\log_{10} H) \quad (2.54)$$

Với d là hằng số còn Fe, H, SO_4/Su là nồng độ tức thời sắt, Hydrogen, và sulphat tại một điểm x, y, z, t .

Các nồng độ của sắt, Hydrogen, sunphate sẽ tuân thủ các luật bảo toàn khối lượng vật chất, ngoài ra các chất còn tuân thủ thêm các quy luật cân bằng sinh hóa. Các bước chi tiết cũng giống như đã được thực hiện với quá trình phèn nhôm.

2.3.6. Vai trò của mặn

Ở ĐBSCL, hầu hết các vùng phèn cũng là các vùng mặn. Trong các phương trình mô tả các khoáng phèn (jarosite, jurbanite,..) không có thành phần mặn. Ngay cả trong các

phương trình cân bằng thuận nghịch cũng vậy. Tuy nhiên trong môi trường mặn có thể mặn làm tăng hay giảm tốc độ của phản ứng thuận nghịch. Đây là vấn đề chuyên sâu của ngành hóa môi trường, cho đến nay NCS cũng chưa thấy được các nghiên cứu về vấn đề này và tạm thời trong luận án chưa xét tới ảnh hưởng của mặn tới quá trình lan truyền nước phèn.

2.3.7. Chương trình máy tính ACID2020

Mô hình tính toán tại bước thứ ba trong xây dựng một mô hình toán là phải lập trình trên máy tính. Với các bài toán phức tạp như nêu ở trên, con đường duy nhất là phải lập trình cho máy tính thực hiện các bước tính toán. Do sự phát triển như vũ bão của phần cứng máy tính ngày nay đã có các thế hệ máy tính mạnh có thể giải quyết các bài toán lớn. Tuy nhiên sự phát triển phần cứng lại đòi hỏi sự phát triển tương ứng của ngôn ngữ phần mềm. Chẳng hạn trước đây trong kỹ thuật thường dùng ngôn ngữ Fortran, C, C#, Basic, Pascal, .. nhưng hiện nay với hệ điều hành 64 bit các compiler phải thay đổi theo, đặc biệt để dùng các phần mềm đồ họa (hay GIS),..Chính vì vậy các công cụ toán cũng phải có sự thay đổi tương ứng.

Dựa trên thuật toán đã mô tả tóm tắt ở các phần trên một chương trình máy tính đã được viết để thử nghiệm tính lan truyền nước phèn (bước đầu thử nghiệm cho vùng TGLX) mang tên **ACID2020**. Phần mềm này sử dụng ngôn ngữ Digital Visual Fortran, chạy trên hệ điều hành 64bit. Dưới đây chỉ giới thiệu tóm tắt, bao gồm cả code của 2 chương trình con để người đọc có thể hình dung sự phức tạp của việc xây dựng một mô hình toán (Lưu ý mục đích của lập code để có thể giải bài toán trên máy tính cho ra kết quả chứ chưa phải phần mềm mà phải tối ưu phần code).

Chương trình máy tính có tên **ACID2020** là phần mềm tính lan truyền nước phèn nhôm (hay sắt) trong kênh sông (chủ yếu vào đầu mùa mưa). Đây là phiên bản được hoàn thiện vào tháng 3 năm 2020. Trong ACID2020 gồm có phần tính thủy lực kênh sông dựa trên thuật toán và code của phần mềm DELTA do GS.TS. Nguyễn Tất Đắc là tác giả. Phần tính thủy lực gồm thuật toán và chương trình viết bằng ngôn ngữ Fortran 90 trên môi trường net cho Windows từ 7 trở lên, có sử dụng kèm bộ Visual studio 10, Xem Nguyễn Tất Đắc (2010), [4].

Phần tính phèn bao gồm các Subroutines (chương trình con) cho tính nhôm Al^{+3} , sulphate SO_4 hay sắt Fe. Thuật toán của các Subroutine này dựa theo thuật toán mô tả trong

luận văn của NCS được mô tả ở phần trên. Code của các Subroutine này do NCS thực hiện dưới sự hướng dẫn của GS Nguyễn Tất Đắc để ghép vào DELTA. ACID2020 gồm phần chương trình chính MAIN bổ xung vào phần MAIN của DELTA để khởi đầu chương trình, các Subroutine để bố trí bộ nhớ, đọc số liệu, tính toán, in ấn. Có một số subroutine (tính thời gian, ngày tháng, CPU time,..) lấy từ thư viện **DFLIB**. Phần lập trình cũng khá phức tạp nếu không chuyên về các thủ tục lập trình cũng không dễ dàng hiểu được. Trong khuôn khổ luận án GS.TS Nguyễn Tất Đắc và NCS tại luận án này muốn đưa ra code của phần tính nhôm và tính sulphate để người đọc quan tâm có thể tham khảo. Để có chương trình thực thi (.exe) phải dùng các compiler Fortran để biên dịch sau đó phải chuẩn bị các file số liệu đầu vào, tên các file số liệu đầu vào được liệt kê trong file có tên “**Fvao.txt**”, chương trình ACID2020.exe sẽ tìm các file đã liệt kê trong Fvao.txt để tìm kiếm số liệu rồi mới thực hiện tính toán. Chẳng hạn File.txt có nội dung như sau:

[TEN PHUONG AN TINH TOAN] : *Tên Dự án*

TEST ACID PROGRAM

[PROGRAM CODE]: *Mã code chương trình*

123456

[NAME OF TOPO-INPUT FILE]: *Tên file địa hình*

DHSK.dat

[NAME OF ACID DATA]: *Tên file số liệu phèn*

ACID.dat

[NAME OF SCENARIO]: *Tên phương án tính*

TEST

[NAME OF INITIALE FILE]: *File điều kiện ban đầu*

dk0

ACID2020 bao gồm các subroutine (chương trình con) ghép với phần mềm tính thủy lực DELTA với các chức năng từng chương trình con như sau:

- Subroutine **INPUT**: Đọc số liệu (địa hình, thủy văn và các tham số ban đầu)
- Subroutine **CORRES**: Sắp xếp các mảng, phân bố bộ nhớ máy tính khi tính toán

- Subroutine **XEP** : Chuyển từ ma trận thưa sang ma trận đầy với việc tương ứng chỉ số cột, hàng để tối ưu giải ma trận thưa.
- Subroutine **HESO** : Tính các hệ số của phương trình tính thủy lực
- Subroutine **BAN** : Tính diện tích, chiều rộng mặt cắt ngang tương ứng với từng cấp nước.
- Subroutine **SWEEP** : Thuật toán quét kép khi giải phương trình.
- Subroutine **SOLE** : Giải ma trận thưa theo thuật toán GUPTA
- Subroutine **PLAIN** : Giải thủy lực cho ô ruộng kín
- Subroutine **COMHQ** : Tính H, Q cho mạng kênh sông
 - Subroutine **DUOI** : Giải phương trình 3 đường chéo
 - Subroutine **TRANS** : Giải phương trình tải bằng phương pháp đường đặc trưng.
 - Subroutine **IPL** : Nội suy Lagrange hay SPLINE
 - Subroutine **COMAL3** : Tính lan truyền nhôm AL^{+3}
 - Subroutine **COMFe** : Tính lan truyền sắt (Fe) (*trường hợp phèn sắt*)
 - Subroutine **COMSO4** : Tính lan truyền Sulphate
 - Subroutine **RESULT** : In kết quả tính ra file
 - Subroutine **FINI**: Kết thúc quá trình tính, chuẩn bị các file lưu trữ cho quá trình tính lần sau.

Một số các subroutine khác như **TTEN**, **TEN4** dùng để hiển thị các tên khi khởi đầu chương trình

Việc giới thiệu codes chỉ với mục đích giới thiệu chương trình. **ACID2020** .File số liệu địa hình đầu vào có kèm tọa độ x,y tại từng điểm tính (mặt cắt) cho nên có thể sử dụng kết hợp công cụ GIS, chẳng hạn QGIS, để hiển thị kết quả trên bản đồ hay phân tích kết quả. Code chương trình tính phèn (**COMAL3**, **COMSO4**) viết bằng Fortran 90 có thể tham khảo trong phần **phụ lục**.

CÁC FILE KẾT QUẢ (OUTPUTS) CỦA ACID2020

- Các file kết quả đầu ra của **ACID2020** có nhiều. Dưới đây là mô tả ý nghĩa, cấu trúc của các file này:
- Phần tên của các file là **tên của phương án**, còn **phần mở rộng** của từng file có ý nghĩa như sau:

- **.HHH:** Chứa mực nước giờ tại các mặt cắt (hay gọi là điểm tính) được lựa chọn
- Ví dụ: **XANO.HHH:** Là kết quả tính toán mực nước giờ cho phương án tính kênh Xà No (m),..
- **.QQQ:** Chứa lưu lượng giờ tại các mặt cắt lựa chọn (m³/s)
- **.VTO:** Chứa vận tốc giờ tại các mặt cắt lựa chọn (m/s)
- **.AL3:** Chứa nồng độ nhôm từng giờ tại các mặt cắt lựa chọn (mg/L)
- **.SO4:** Chứa nồng độ sulphate giờ tại các mặt cắt lựa chọn (mg/L)
- **.Fe:** Chứa nồng độ sắt từng giờ tại các mặt cắt lựa chọn (mg/L)
- **.pH:** Chứa độ pH từng giờ tại các mặt cắt lựa chọn
- **.SDO:** Chứa thông tin chung về sơ đồ hệ thống tính toán
- **.HSUM:** Chứa giá trị đặc trưng mực nước (Max, Min, Bình quân) sau một quá trình tính
- **.QHV:** Tổng kết các đặc trưng thủy lực của quá trình tính toán tại một số mặt cắt lựa chọn.
- **.VEH:** Chứa giá trị H max từng thời đoạn (2,3,4 hoặc 5 giờ) trên toàn hệ thống dùng để vẽ (hoặc animation).
- **.VpH:** Chứa giá trị pH từng thời đoạn (2, 3, 4 hoặc 5 giờ) trên toàn hệ thống dùng để vẽ.
- **.VEQ:** Chứa giá trị lưu lượng Qmax từng thời đoạn (2, 3, 4 hoặc 5 giờ) trên toàn hệ thống dùng để vẽ.

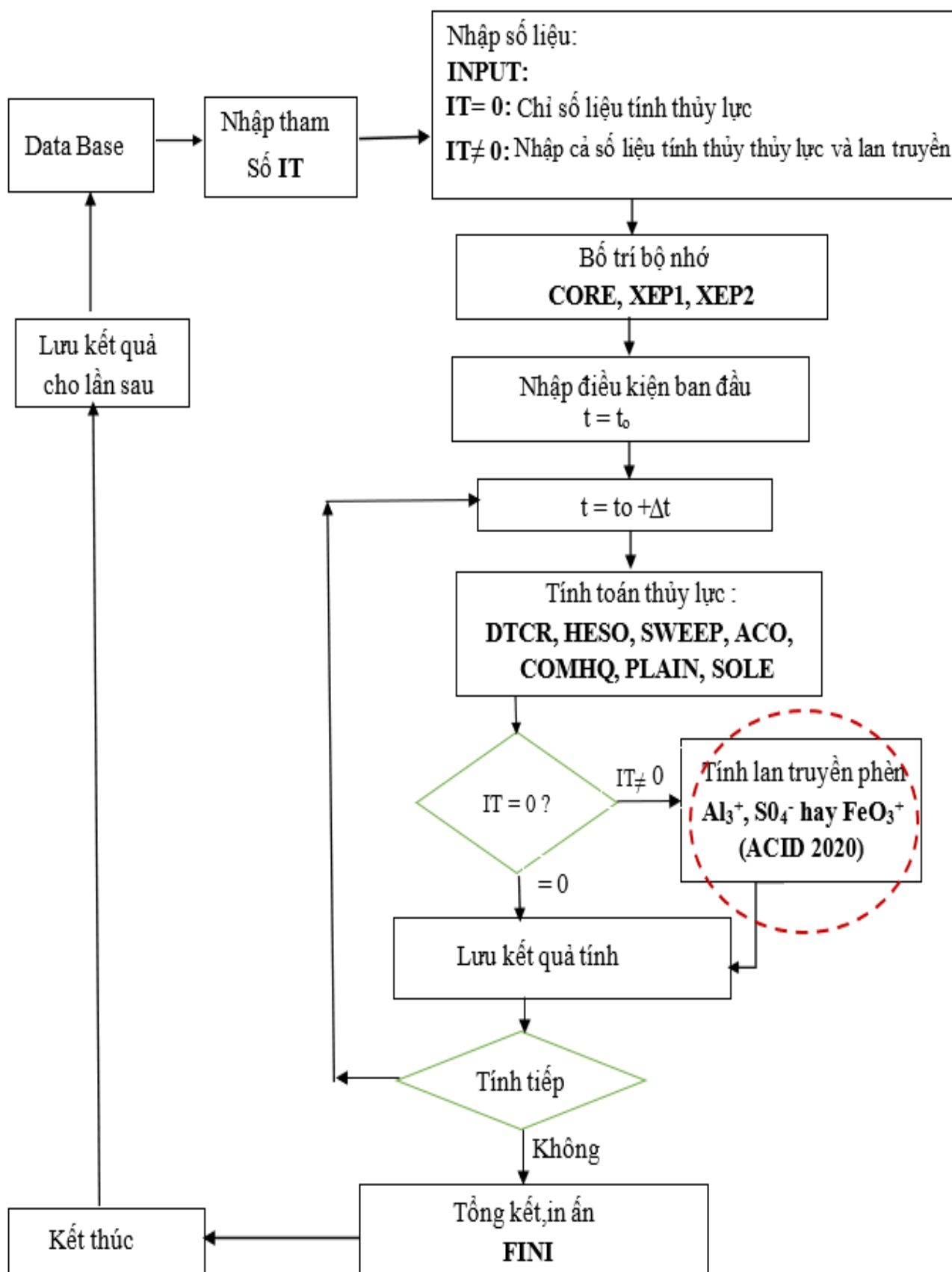
2.4. Kết luận chương 2:

Từ kết quả phân tích các tài liệu của chương 1. Trong chương 2, NCS đã thiết lập phương trình thể hiện mối quan hệ toán học giữa các đại lượng (hay yếu tố) gây ra quá trình phèn. Các yếu tố này là các đại lượng không bảo toàn, cho nên ngoài việc tuân thủ luật bảo toàn khối lượng các đại lượng này còn phải tuân theo các luật cân bằng hóa học. Đây là điểm khác với các đại lượng của chất cân bằng (như mận). Với các vùng khác nhau, với các điều kiện khác nhau về địa chất, địa lý, khí tượng thủy văn khác nhau, các cân bằng hóa học cũng khác nhau nên các quá trình phèn cũng khác nhau. Trong chương 2, NCS đã làm rõ chi tiết với quá trình phèn nhôm và mô tả tương tự cho phèn sắt.

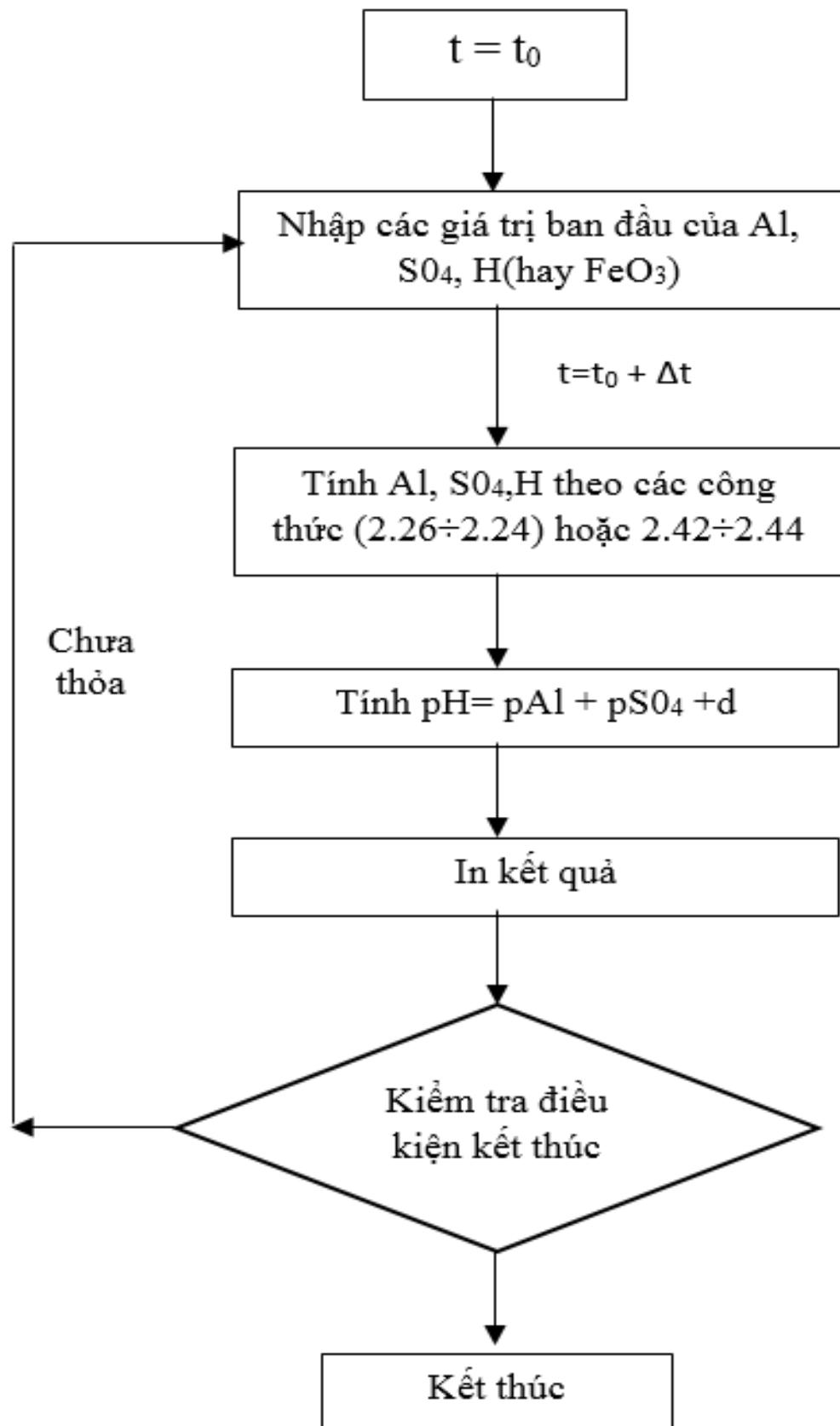
Đã xác định cân bằng hóa học trong nước chua phèn ở vùng TGLX là jurbanite, jarosite, và thiết lập mô hình toán mô phỏng sự lan truyền nước chua phèn trên kênh, rạch và đồng ruộng.

Bước đầu xây dựng chương trình máy tính **ACID2020** là phần mềm tính lan truyền nước phèn nhôm (hay sắt) trong kênh sông (chủ yếu vào đầu mùa mưa). Đây là phiên bản được hoàn thiện vào tháng 3 năm 2020. Phần tính phèn bao gồm các Subroutines (chương trình con) cho tính nhôm Al^{+3} , sulphate SO_4 hay Fe. dựa trên thuật toán và code của phần mềm DELTA do GS TS Nguyễn Tất Đắc là tác giả. Các Subroutine này do NCS Trần Ký thực hiện dưới sự hướng dẫn của GS TS Nguyễn Tất Đắc. Chương trình tính phèn ACID2020 ghép với phần tính thủy lực DELTA. Phần code của phần tính nhôm và sulphate có thể tham khảo trong phần **phụ lục**.

Tóm tắt quá trình giải số phương trình phèn cũng được đề cập trong chương. Cũng giới thiệu tóm tắt chương trình máy tính ACID2020 dùng cho bài toán lan truyền nước phèn trên kênh sông với mục tiêu phác họa các công việc phải tiến hành cùng với Sơ đồ làm việc của chương trình tính phèn ACID2020 ghép với phần tính thủy lực DELTA. Phần code của phần tính nhôm và sulphate có thể tham khảo trong phần **phụ lục**.



Hình 2- 4: Sơ đồ làm việc của chương trình tính phèn **ACID2020** ghép với phần tính thủy lực **DELTA** (Những chữ in đậm trong sơ đồ là các chương trình con được gọi tới).



Hình 2- 5: Sơ đồ làm việc của chương trình COMAL3()

Chương 3: ỨNG DỤNG CHƯƠNG TRÌNH ACID2020 MÔ PHỎNG ĐỊNH TÍNH QUÁ TRÌNH LAN TRUYỀN NƯỚC PHÈN MỘT KHU VỰC Ở VÙNG TGLX

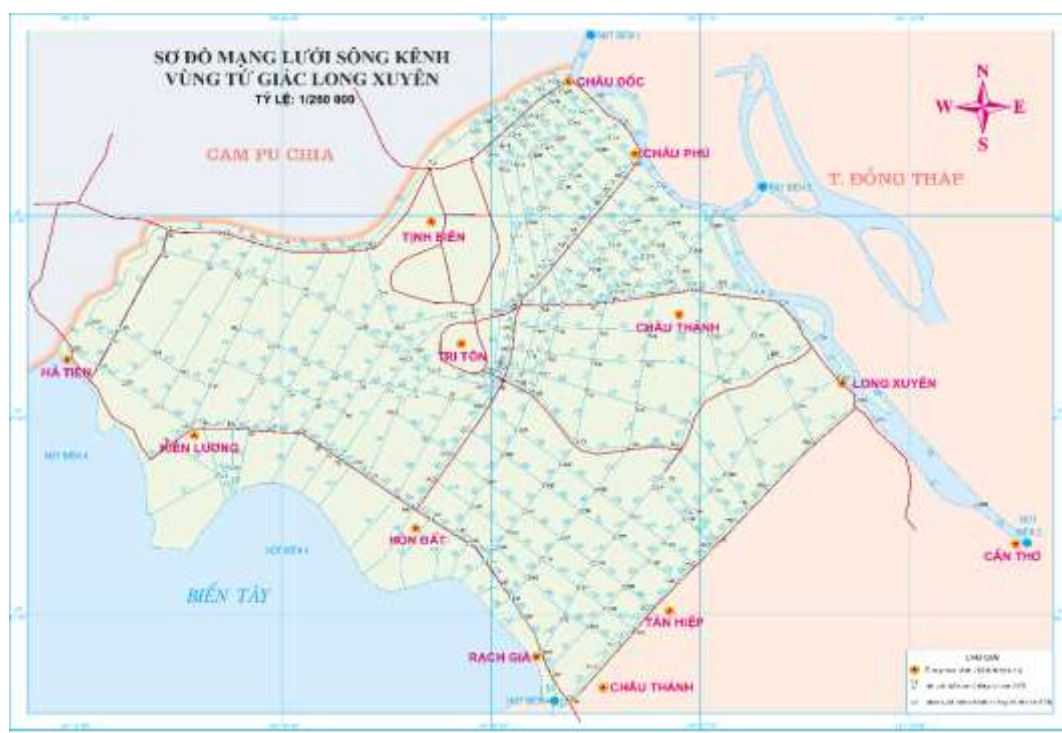
3.1. Tính toán lan truyền phèn cho vùng Tứ Giác Long Xuyên

Trong phần tổng quan đã mô tả vị trí địa lý, các công trình thủy lợi, các điều kiện về thủy văn, thủy lực, các điều kiện về nguồn nước và các dự án sử dụng khác nhau về nguồn nước. Có thể thấy mạng kênh sông trên TGLX rất chằng chịt. TGLX không chỉ ảnh hưởng các nguồn nước từ thượng lưu qua sông Hậu mà còn chịu ảnh hưởng dao động triều từ biển Tây. Để có thể giải quyết các bài toán thực tế trong vùng, do các nguyên nhân khác nhau, không thể nghiên cứu từng kênh riêng lẻ hay từng vùng nhỏ riêng lẻ mà phải sử dụng mô hình cho toàn vùng. Với bài toán lan truyền phèn cũng xuất phát từ quan điểm tương tự. Về mặt thủy lực đã có các mô hình được thiết lập cho toàn vùng TGLX và sẽ được tận dụng cho bài toán phèn, chẳng hạn trong luận văn thạc sỹ của tác giả [27]. Trong luận văn thạc sỹ trước đây của mình tác giả luận án đã xây dựng mô hình lan truyền chất hữu cơ cho toàn vùng TGLX, Trần Ký (2006), [27]. Với sơ đồ thủy lực sẵn có này chỉ cần cập nhật điều kiện biên thủy lực (mực nước năm 2016 tại Châu đốc, Vàm Nao, Cần Thơ và các biên biển Tây (Rạch giá, Hà tiên) biên phèn tại các biên (với độ pH từ 6,5 đến 7,0). Mưa tại các trạm Châu đốc, Rạch Giá, Hà Tiên. Sau khi cập nhật chỉ cần chạy lại là có chế độ thủy lực mới cho TGLX (*Lưu ý là bài toán thử nghiệm xem ghép thêm phần phèn vào chương trình có chạy thông không và các kết quả phèn, về mặt định tính, có hợp lý hay không nên không cần quá trình hiệu chỉnh và kiểm định lại*)

Trên TGLX các vùng phèn tập trung vào các kênh rạch thuộc vùng Hà Tiên ở phía tây gồm: Kênh Hà Giang và hệ thống các kênh trục nối liền từ sông Hậu với kênh Rạch Giá - Hà Tiên và thông ra biển Tây như: kênh Vĩnh Tế, Nông Trường, T3, T4, T5, T6 và Tri Tôn, kênh Tuần Thống, Ba Hòn. Các kênh này có tác dụng rất lớn trong việc thoát lũ ra biển Tây trong mùa mưa đồng thời góp phần cải tạo chất lượng nước của vùng. Tuy nhiên cứ vào đầu mùa mưa nhiều khu vực này cùng với một vài khu vực khác của vùng TGLX bị nhiễm chua vào đầu mùa mưa nước phèn từ các ô trũng tràn ra các kênh lân cận rồi lan truyền ra các vùng khác. Mục tiêu của việc tính thử là xem xét xem mô hình có phản ánh được quá trình lan truyền này không. Sơ đồ tính toán được trình bày trên hình 3-1.

3.1.1. Sơ đồ tính toán:

Sơ đồ tính toán bao gồm 1.061 mặt cắt (hay điểm tính toán), 424 nhánh sông, 233 nút hợp lưu, 05 biên thủy lực là mực nước tại Châu đốc, Vàm Nao, Cần Thơ, Rạch Giá, Hà Tiên. Các trạm mưa gồm Châu Đốc, Long Xuyên, Rạch Giá, Hà Tiên. Các công trình gồm đập cao su Tha La, Trà Sư (hiện nay đã thay bằng cống đập bê tông), 23 cống ngăn mặn dọc bờ biển Tây.



Hình 3- 1: Thiết lập Lập sơ đồ tính (mạng lưới sông kênh) cho vùng TGLX

- **Số liệu đầu vào:** Tài liệu địa hình phần lớn được đo đạc cho tới năm 2011, có bổ sung một số đợt đo mới gần đây. Tài liệu thủy văn lấy năm 2016.

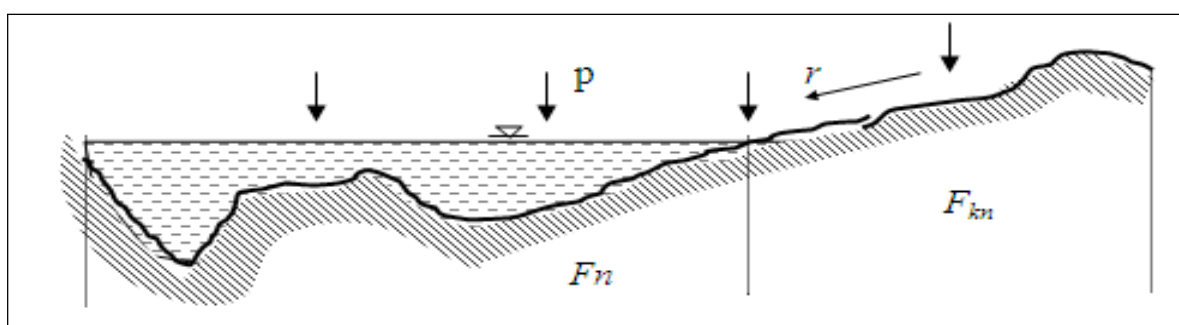
- **Mô phỏng mưa:** Theo [4] Lượng mưa trên từng ô ruộng được tính như sau: toàn bộ ô ruộng có diện tích F nhận một lượng mưa (có cường độ p , như chuỗi số liệu thực đo mưa ngày tại trạm Hà Tiên,...) Ô ruộng ĐBSCL chủ yếu là ngập nước, do đó sẽ nhận trực tiếp lượng mưa với lưu lượng q_1 bằng lượng mưa trên diện tích ô ruộng $q_1 = p \cdot F_n$ với F_n là diện tích phần ruộng bị ngập nước. Lượng mưa trên phần khô có diện tích F_{kn} sẽ bị điều tiết sau

đó mới sinh dòng chảy $q_2 = F_{kn} * r$ (xem mô tả ô ruộng và các thành phần như Hình 3-2 dưới đây)

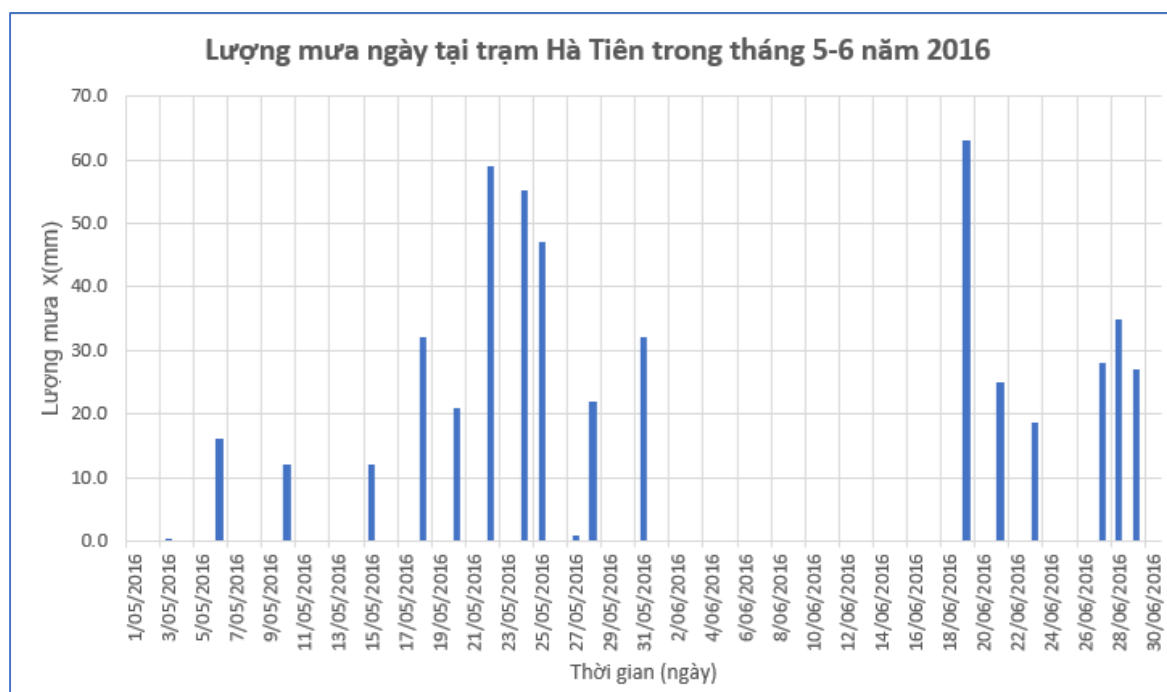
Hệ số dòng chảy r mặt được xác định bằng công thức :

$$r = \xi \cdot \left[\left(\frac{r_0}{\xi} \right)^{2/3} + (p - r_0) \Delta t \right]^{3/2}$$

với ξ là hệ số điều chỉnh dòng chảy mặt, r_0 là hệ số dòng chảy mặt tại thời điểm $n\Delta t$.
 Chú ý rằng tại thời điểm xuất phát tính xem $r_0 = 0$ và luôn có $F = F_n + F_{kn}$.



Hình 3- 2: Sơ họa cách tính lượng mưa trên ô ruộng trong mô hình Delta



Hình 3- 3: Biểu đồ mưa trạm Hà Tiên trong ví dụ tính toán

- **Thời gian mô phỏng:** Vì xét ảnh hưởng phèn vào đầu mùa mưa nên tập trung khai thác kết quả tính toán của tháng 5 đến tháng 6 năm 2016 (thời gian mô phỏng có thể đến tháng 9),

- **Nguồn phát thải phèn:** từ nước phèn trong một ô ruộng có diện tích **10ha thuộc khu vực kênh Hà Giang** lan truyền ra ngoài kênh (Khi mưa xuống nước mưa thủy phân, đã rửa trôi lượng nước có A xít trong đất xuống kênh rạch gây chua phèn). **Tại các biên thủy lực và biển** (Châu Đốc, Vàm Nao, Long Xuyên, Rạch Giá, Hà Tiên, các cống ra biển) là nước không có phèn (độ pH trên 6). Các giá trị nhôm và sulphate ban đầu trong ruộng tương ứng với **pH=2.9**. Khi lan truyền ra kênh sau một thời gian, dưới tác dụng của mưa và dòng triều, giá trị pH sẽ tăng dần (xem bản đồ và đồ thị diễn biến phèn theo thời gian, các hình dưới).

- **Bước thời gian tính toán:** Với mô hình DELTA, qua kinh nghiệm, đã thực hiện, các tính toán thủy lực, mặn và ô nhiễm cho ĐBSCL, tùy thuộc kích cỡ bài toán, thời gian mô phỏng, bước thời gian có thể lấy từ 15, 20 hay 30 phút, trong tính toán thử nghiệm phèn này lấy $\Delta t = 900s$ (15 phút). Chi tiết về cách cho bước thời gian Δt cho bài toán thủy lực có thể xem trong Nguyễn tất Đắc (2010), [4].

3.1.2. Một số tính toán với mô hình:

- Với bài toán tính ban đầu của mô hình cho vùng TGLX, sau khi tính và xuất kết quả toán tác giả tập trung nghiên cứu phân tích tính toán một số mặt cắt mang tính đại diện cho khu vực Tứ Giác Hà Tiên đặc biệt là khu vực kênh Hà Giang và lân cận 08 nút/233 nút hợp lưu (phân tích khoảng 16 mặt cắt đại diện/08 nút đã chọn và 03 nhánh) thuộc sơ đồ tính cho toán cho vùng TGLX tại **hình 3-1**).

- Trong khuôn khổ của luận án có hạn, nên tác giả tập trung phân tích tính toán sự lan truyền khi mưa cuốn trôi phèn trên mặt ruộng xuống kênh giá trị pH của nước kênh sẽ diễn biến phức tạp sao để thấy tính hợp lý của mô hình. Đây là một trong những thông số luôn luôn được xác định trong môi trường nước cũng là yếu tố quan trọng trong điều hòa môi trường, ảnh hưởng đến khả năng gây độc của một số yếu tố có thể gây nguy hiểm đối với các loài thủy sinh vật (Đoàn Văn Tiến, 2002). Nguyên nhân quan trọng khiến pH giảm thấp xuống quá ngưỡng quy định là đất nhiễm phèn. Giá trị pH thấp gây ảnh hưởng đến cây

trồng, khu hệ động vật thủy sinh, tôm cá và thấp hơn nữa có thể gây chết đối với cá và các loài động thực vật thủy sinh.

- Ngoài ra tác giả cũng quan tâm đến giá trị một số độc tố khác như giá trị Sulphate và giá trị hàm lượng sắt tồn tại trong nước.

Bảng 3- 1: Vị trí các mặt cắt đại diện, được lựa chọn phân tích kết quả

Mặt cắt	Vị trí địa điểm	Tọa độ	
		Kinh độ	Vĩ độ
28; 96; 118	Giao của kênh Vĩnh Tế và kênh Hà Giang	104°38'40.77"E	10°31'31.02"N
29; 97; 100	Giao của kênh Hà Giang và kênh HT2	104°37'37.92"E	10°30'38.48"N
29A; 98; 99	Thượng lưu cống Hà Giang, giao của kênh Hà Giang với kênh Trà Phô	104°34'16.00"E	10°27'4.00"N
30A;101; 102	Hạ lưu cống Hà Giang, giao của Hà Giang với kênh Quốc Phòng	104°34'7.56"E	10°26'49.72"N
30; 103;104	Giao của kênh Hà Giang và kênh nội đồng	104°33'20.81"E	10°25'31.94"N
31; 105;106	Giao của kênh Hà Giang và kênh nội đồng	104°32'32.64"E	10°24'12.19"N
32; 107;108	Giao giữa kênh Hà Giang và Kênh Rạch Giá – Hà Tiên. (Cầu Hà Giang)	104°31'19.46"E	10°22'6.37"N
34; 112; 113	Giao của kênh Nông Trường và kênh nội đồng	104° 36' 33,12"	10° 23' 24,648'
632;634	Giữa kênh Cần Thảo kênh Nội đồng và kênh Tri Tôn	105°07'62.80"E	9° 98' 09,100'

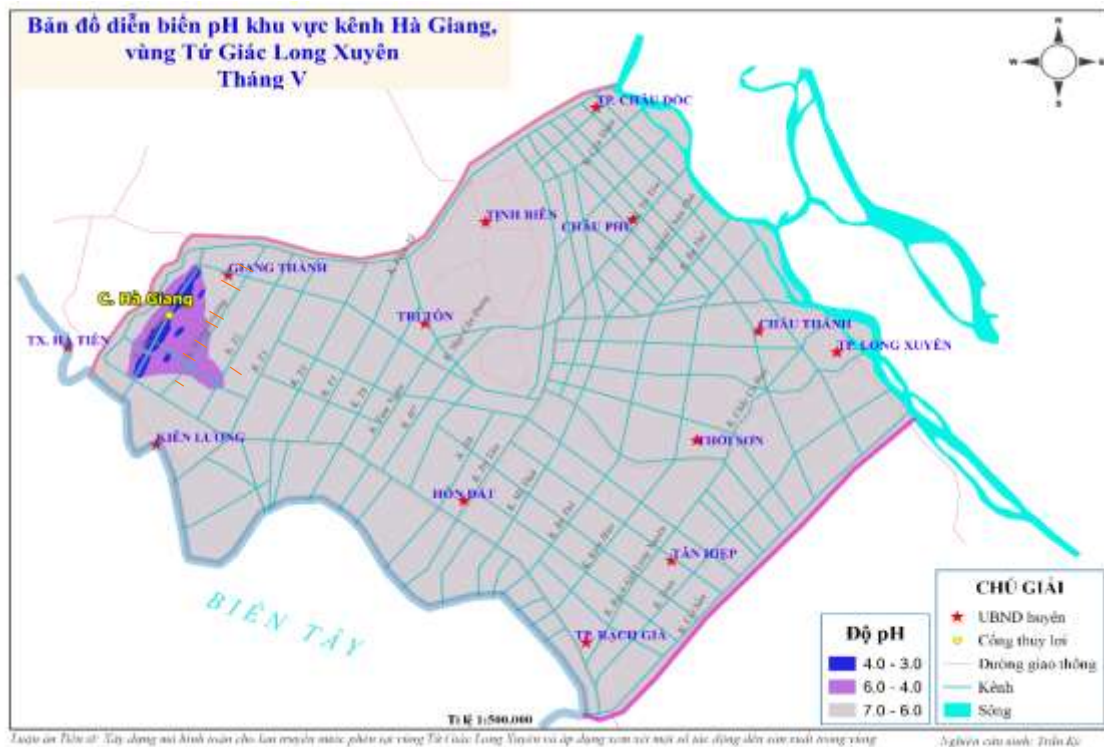
Ghi chú: các mặt cắt đại diện của các nhánh 31; 31 và nhánh 234

3.2. Kết quả tính toán thử nghiệm với mô hình

3.2.1. Kết quả tính toán giá trị pH theo các tháng.

Giá trị pH tháng 5:

Biến đổi theo thời gian: Thời kỳ đầu mùa mưa tháng 5, đại bộ phận các kênh rạch trong khu vực mực nước đều thấp hơn mặt ruộng, nên việc nước mưa chảy tràn trên mặt ruộng tiêu chua và tự chảy được thực hiện dễ dàng. Xu thế chung là nước mưa chảy truyền theo các kênh nội đồng ra kênh trục đổ về phía biển Tây.



Hình 3- 4: Bản đồ diễn biến phèn tháng 5

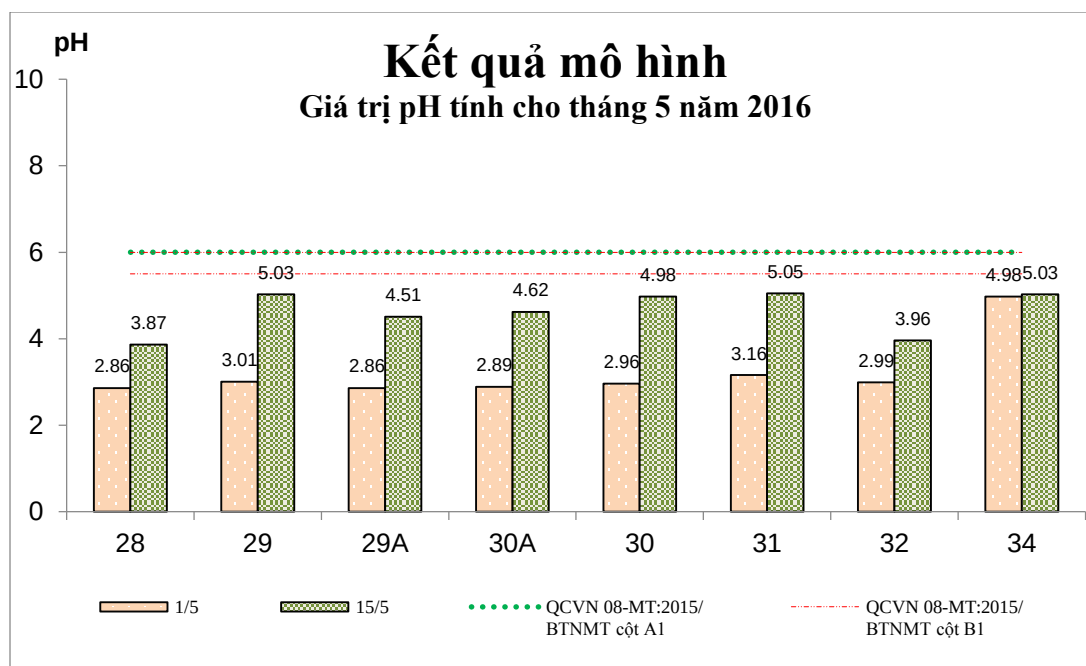
Sau các trận mưa lớn đầu mùa, nước mưa cuốn trôi phèn trên bề mặt ruộng sau đó chảy tràn vào những đoạn kênh nội đồng, lúc này mực nước tại các kênh nội đồng rất thấp nhiều đoạn kênh còn rất ít, có những đoạn kênh cạn kiệt đáy kênh khô nứt nẻ, vùng bùn sền sệt chính là (những ổ phèn tại chỗ) của vùng, bị nước mưa chảy tràn hoà tan và cuốn trôi rồi chảy tập trung xuống kênh mương của vùng, nước nhiễm phèn này chảy vào các kênh trục rồi lại lan truyền ra các kênh nội đồng xung quanh vùng TGHT hình thành một trung tâm chua phèn tại khu vực TGHT, nước ở các kênh rạch bắt đầu chua nhiều từ tháng 5, chua phèn trong vùng phát triển nhanh, đường đồng mức có lúc này giá trị pH từ $2.99 \div 5.03$ bao trùm hầu hết vùng Bắc kênh Hà Giang, sau đó đường đồng mức $pH \leq 4$ trên kênh Hà Giang lan truyền sang các kênh lân cận (như: kênh Trà Phô, kênh Quốc Phòng các kênh Nội đồng và lan ra hướng kênh Nông Trường) dòng chua phèn bị đẩy dồn về hướng biển Tây.

Từ biểu đồ diễn biến phèn tháng 5: cho thấy tại mặt cắt 28, thời điểm từ 1/05÷10/05 giá trị pH dao động từ 2.86 ÷ 4.98. Từ 11/05÷15/05 giá trị pH dao động từ 3.87 ÷ 5.03, nguyên nhân do mặt cắt 28 gần với nguồn phèn, tại mặt cắt 29A và 30A thời điểm từ 1/05÷10/05 giá trị pH dao động từ 2.86 ÷ 2.89, (diễn biến phèn tại hình 3-4).

Biến đổi theo không gian:

Diện tích chua phèn lan truyền theo đường đồng mức với giá trị pH= 2.86÷5.03 có thay đổi từ kênh Hà Giang dồn từ đầu kênh theo xu hướng dịch chuyển theo kênh Hà Giang về hướng kênh RGHT ra biển Tây ngoài ra nước phèn lúc này còn lan truyền về hướng kênh Trà Phô, kênh Quốc Phòng và các kênh nội đồng, cộng với lượng phèn có tại chỗ của các kênh này lan truyền tiếp tục lan truyền tới kênh nội đồng lân cận, nguyên nhân chưa là do các Ion gây chua trong đất bị nước mưa hòa tan làm cho nước trên ruộng bị chua, sau đó cuốn trôi chảy xuống kênh làm cho nước trên kênh bị chua.

Trong tháng 5: Từ 1/05÷15/05 giá trị pH dao động từ 2.86 ÷ 3.87 tại mặt cắt (28); dao động từ 2.86 ÷ 4.62 tại mặt cắt (29A; 30A) 02 mặt cắt này là thượng và hạ lưu cống Hà Giang lan truyền với diện tích nhỏ, tuy nhiên giá pH≥5,0 lan truyền tương đối lớn sang 2 phía bờ trái và phải của kênh Giang qua các kênh nội đồng nhỏ theo hướng về Sông Giang Thành và kênh Nông Trường, ở tại mặt cắt 34 thời điểm từ 1/05÷15/05 giá trị pH dao động từ pH từ 4.98 ÷ 5.03, mặt cắt 34 của kênh Nông Trường khu vực này có vị trí xa nguồn từ nguồn phèn của kênh Hà Giang mà chỉ chịu tác động bởi nước mưa cuốn trôi lượng phèn có tại chỗ nhưng do có nhiều kênh nội đồng nhỏ nên phèn được nước pha loãng nên giá trị pH=4.98÷5.03, tăng lên so với khu vực kênh Hà Giang.



Hình 3- 5: Biểu đồ diễn biến phèn tháng 5

Nguyên nhân do nước mưa từ các trận mưa thau rửa chua phèn trên bề mặt đồng ruộng đất phèn nặng trong khu vực kênh Hà Giang lan truyền ra xung quanh. Thời điểm này đây là trung tâm phèn nặng, nước phèn có màu đỏ gỉ sắt hay màu xanh đen, giá trị pH là thấp nhất và dao động từ $2.99 \div 3.00$, hiện tượng này cho thấy vì đây là vùng trũng đất phèn nặng, tích nước mưa và nước phèn dồn lại tại chỗ, không có nước phù sa sông Hậu chảy đến.

Từ các phân tích trên cho thấy giá trị của pH tăng tại khu vực kênh Hà Giang tại (tháng 5), độ pH tăng hay giảm tùy theo tình hình mưa và tình hình xả nước chua ở khu vực và các trận mưa đầu mùa cuốn trôi các sản phẩm sinh phèn nằm trên mặt ruộng bị thủy phân tạo thành các ổ phèn (hay các ao nuôi thủy sản cạn nước, những đoạn kênh cạn kiệt, ruộng trũng chính là những ổ phèn tại chỗ) và giả thiết rằng khi mưa nước sẽ cuốn theo những ổ phèn trên mặt đất và tự chảy từ mặt ruộng vào các rạch nhỏ, ao, khi mực nước trong rạch, ao/ruộng cao tới mức nào đó sẽ tràn ra kênh và lan truyền tới các kênh rạch khác xung quanh gây ô nhiễm cho nước sinh hoạt hay nước sản xuất của các vùng xung quanh. (diễn biến phèn tại hình 3-4).

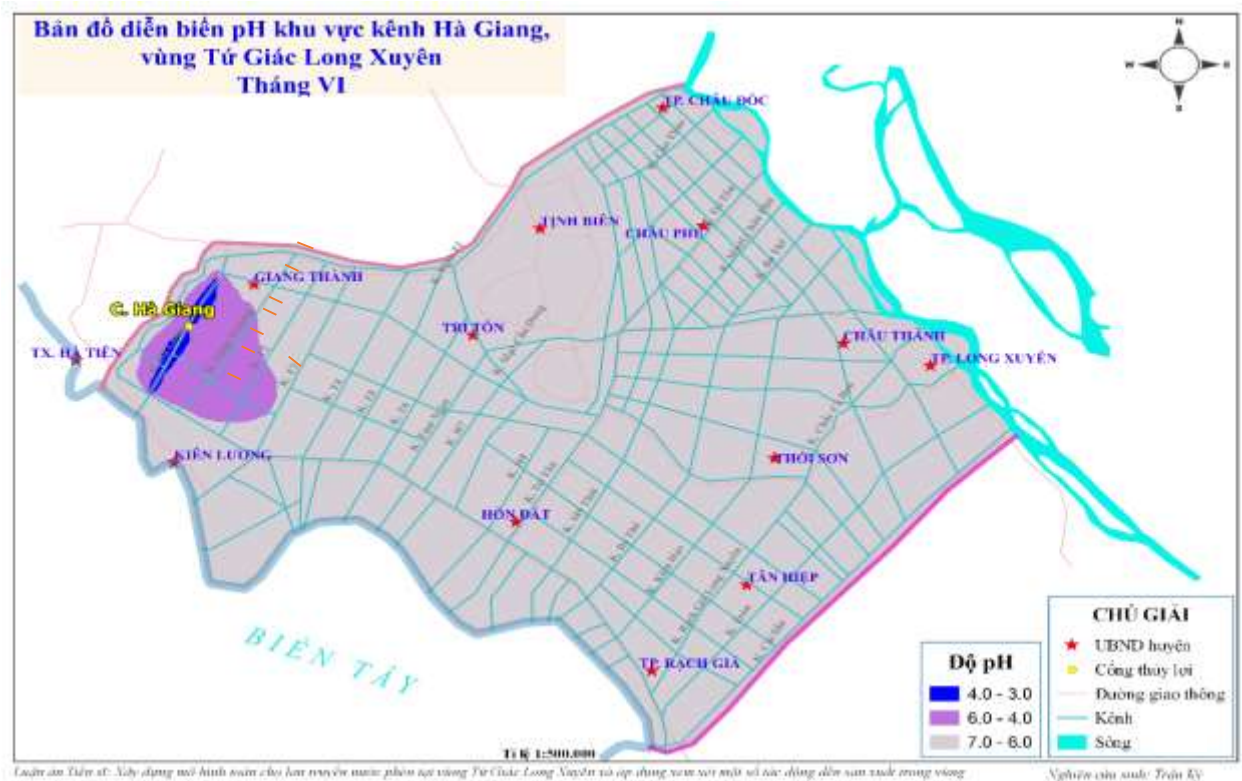
Giá trị pH tháng 6:

Biến đổi theo thời gian: Do những trận mưa của vùng và tình hình xả nước chua ở khu vực, nước ở các kênh rạch bắt đầu chua nặng từ nửa cuối tháng 5÷6, diện tích chua với $\text{pH} \geq 6.0$ phát triển rộng trong tháng 6, thời gian chua kéo dài tới tháng 7 (tùy thuộc vào năm lũ sớm hay muộn, to hay nhỏ), đường đồng mức $\text{pH} = 6.0$ với diện tích nhỏ và gần thượng kênh và thượng lưu cống Hà Giang sau đó lan truyền theo các rạch nhỏ xung quanh, tuy nhiên do lúc này có một lượng nước mưa của khu vực bắt đầu xuất hiện nhiều nên nước mưa sẽ chảy vào kênh rạch của khu vực lúc này phèn sẽ được pha loãng bớt, Giá trị $\text{pH} \geq 6.0$ lan truyền theo kênh Trà Phô, kênh Quốc Phòng và các kênh nội đồng giao nhau với kênh Hà Giang và lan truyền theo hướng về 2 phía và cuối kênh Hà Giang giao với kênh Rạch Giá - Hà Tiên, hướng kênh Nông Trường. Sau đó nước phèn theo xu hướng dồn dần về hướng biển Tây (diễn biến phèn tại hình 3-6).

Hướng tiêu chua chính là theo kênh Hà Giang chuyển về phía kênh Rạch Giá - Hà Tiên sau đó đổ ra biển Tây. Các kênh nội đồng bị ảnh hưởng phèn bởi thủy triều khi ấy

nguồn nước sông Hậu chảy qua kênh Vĩnh Tế vào các kênh nội đồng và nước chua sẽ di chuyển và lan truyền khi bị ảnh hưởng vào lúc chân triều.

Trong tháng 6: Từ 1/06 ÷ 15/06 giá trị pH dao động từ 6.01 ÷ 6.12 tại mặt cắt (28); dao động từ 6.02 ÷ 6.15 tại mặt cắt (29A; 30A) M/c này là thượng và hạ lưu cống Hà Giang lan truyền với diện tích nhỏ, tuy nhiên giá trị $\text{pH} \geq 6,0$ lan truyền tương đối lớn sang 2 phía bờ trái và phải của kênh Hà Giang hướng về Sông Giang Thành và kênh Nông Trường, ở tại mặt cắt 34 thời điểm từ 1/06 ÷ 15/06 giá trị pH dao động từ pH từ 6.57 ÷ 6.75, mặt cắt 34 tại (kênh Nông Trường) do khu vực này có nhiều kênh nội đồng nên sự lan truyền giảm xuống cho dù ở đây có (lượng phèn tại chỗ) nhưng do lượng nước mưa bổ sung cho khu vực đã pha loãng phèn nên phần lớn diện tích giá trị $\text{pH} > 6,0$ đã tăng lên nhiều so với tại khu vực kênh Hà Giang.



Hình 3- 6: Bản đồ diễn biến phèn tháng 6

Biến đổi theo không gian: Tháng 6, diện tích lan truyền nước phèn trong kênh phụ thuộc nhiều vào tình hình mưa và triều của vùng và tình hình xả nước chua ở từng khu vực nước ở các kênh rạch bắt đầu chua từ nửa cuối tháng 5, do mực nước kênh Hà Giang cao hơn các kênh xung quanh nên diện chua với $\text{pH} \geq 6$ phát triển rộng trên địa bàn phục vụ của kênh Hà Giang thuộc tỉnh Kiên Giang và phần đất các huyện Giang Thành và TP. Hà Tiên, sau đó giảm dần theo sự gia tăng của mưa vì lượng nước mưa bổ sung cho vùng sẽ

pha loãng và làm diện tích nước chua thu hẹp dần dần về phía kênh RG-HT rồi ra biển Tây. Tại trung tâm chua phèn tập trung vào phần đất khu TGHT do địa hình trũng nên điều kiện tiêu thoát ở đây kém do hai vấn đề chính là thiếu nước từ thượng nguồn để đẩy chua và thiếu cửa tiêu thoát.

Có thể nói trong tháng 6, khi có mưa nhiều có dòng chảy cộng với triều dâng lên sẽ có một lượng nước mưa bổ sung về pha loãng nồng độ ion, làm cho pH tăng lên dần phần lớn diện tích vùng TGHT lúc này giá trị pH = 6.0 cũng không nhiều chủ yếu tập trung trong khu vực kênh Hà Giang, giá trị pH ≥ 6.75 lan truyền ra khu vực xung quanh kênh Hà Giang với diện tích khá lớn, tiếp đó lượng nước chua phèn này lan từ đầu đến cuối trục kênh rồi lan sang nguồn khác như Kênh Trà Phô, kênh Quốc phòng, kênh nội đồng và dồn về hướng kênh Rạch Giá - Long Xuyên và lan tới kênh Nông Trường. Hướng tiêu chua chính là theo các kênh trục Hà Giang chuyển về phía biển Tây.

Tại đây nước phèn có màu xám hay màu rêu chứa nhiều cặn lắng hạt phù sa, độ pH tương đối cao từ $6.01 \div 6.75$. Nguyên nhân do lúc này đã có nước mưa và nước phù sa sông Hậu chảy vào các ion phèn bị pha loãng đã làm kết tủa các hạt phù sa trong nước. Nước ở đây bị nhiễm phèn tại chỗ và vừa nhiễm phèn “ngoại lai” từ thượng nguồn kênh mang tới.

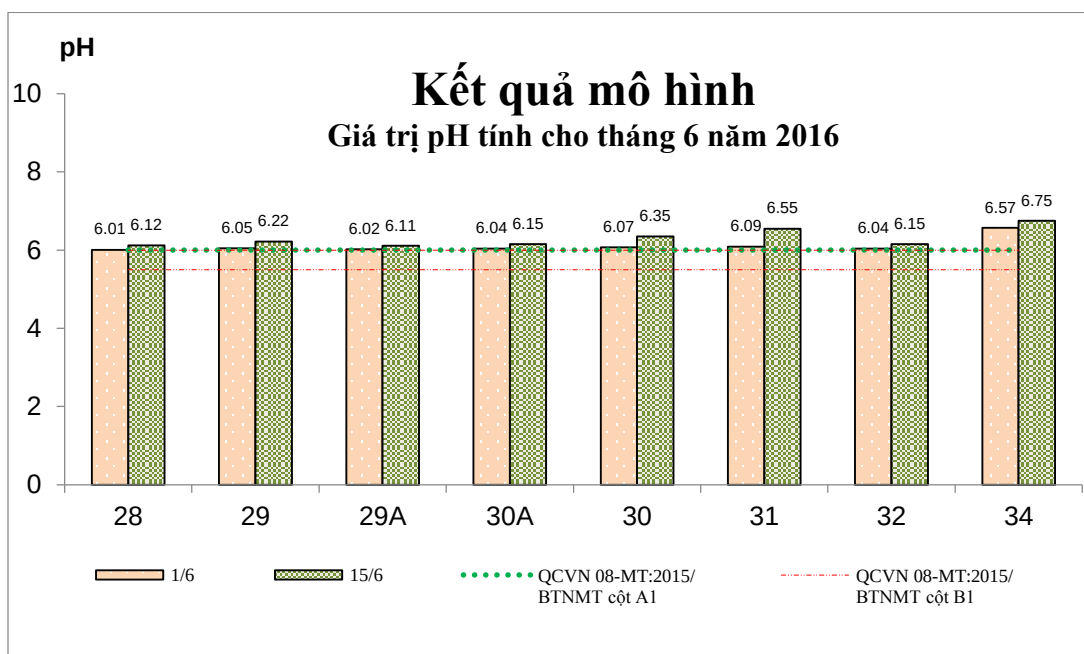
Tại mặt cắt 34 thời điểm từ 1/06 ÷ 15/06 giá trị pH dao động từ pH từ $6.57 \div 6.75$, tại đây chính là kênh Nông Trường do sự lan truyền tới vị trí này đã xa nguồn phèn tính toán nên nước phèn tại các kênh nội đồng mà dòng lan truyền đi qua bị nước mưa và dòng nước tại chỗ cũng như nước từ kênh Vĩnh Tế về pha loãng giá trị pH tăng lên.

Hướng lan truyền của dòng chua phèn trong TGLX được sản sinh trong mùa mưa từ trên bề mặt đồng ruộng, được dòng chảy (mưa rào tại chỗ rồi dòng nước mưa cuốn trôi phèn chảy tràn lan truyền vào các kênh nội đồng tiếp tục chảy vào các kênh trục chính chảy vào kênh RGHT rồi tiêu ra hướng biển Tây qua các cửa cống kiểm soát mặn như vừa trình bày trên, (diễn biến phèn tại hình 3-6).

Từ biểu đồ diễn biến phèn tháng 6:

Từ biểu đồ diễn biến phèn tháng 6 cho thấy tại mặt cắt 28, thời điểm từ 1/06 ÷ 15/06 giá trị pH dao động từ $6.01 \div 6.12$, nguyên nhân do mặt cắt 28 gần với nguồn phèn; Tại mặt cắt 29A thời điểm từ 1/06 ÷ 15/06 giá trị pH dao động từ $6.02 \div 6.11$ do thượng và hạ

lưu cống Hà Giang; Tại mặt cắt 30A từ 1/06÷15/06 giá trị pH dao động từ 6.04 ÷ 6.15 mặt cắt này là hạ và hạ lưu cống Hà Giang; Tại nút 34 từ 1/06 ÷15/06 giá trị pH dao động từ 6.57 ÷ 6.75 mặt cắt này là kênh Nông trường có vị trí xa nguồn phèn từ kênh Hà Giang cộng với lượng phèn có tại chỗ nhưng do được nước pha loãng nên phần lớn diện tích giá trị pH>6,0 đã tăng lên nhiều so với khu vực kênh Hà Giang, (diễn biến phèn tại hình 3-6)



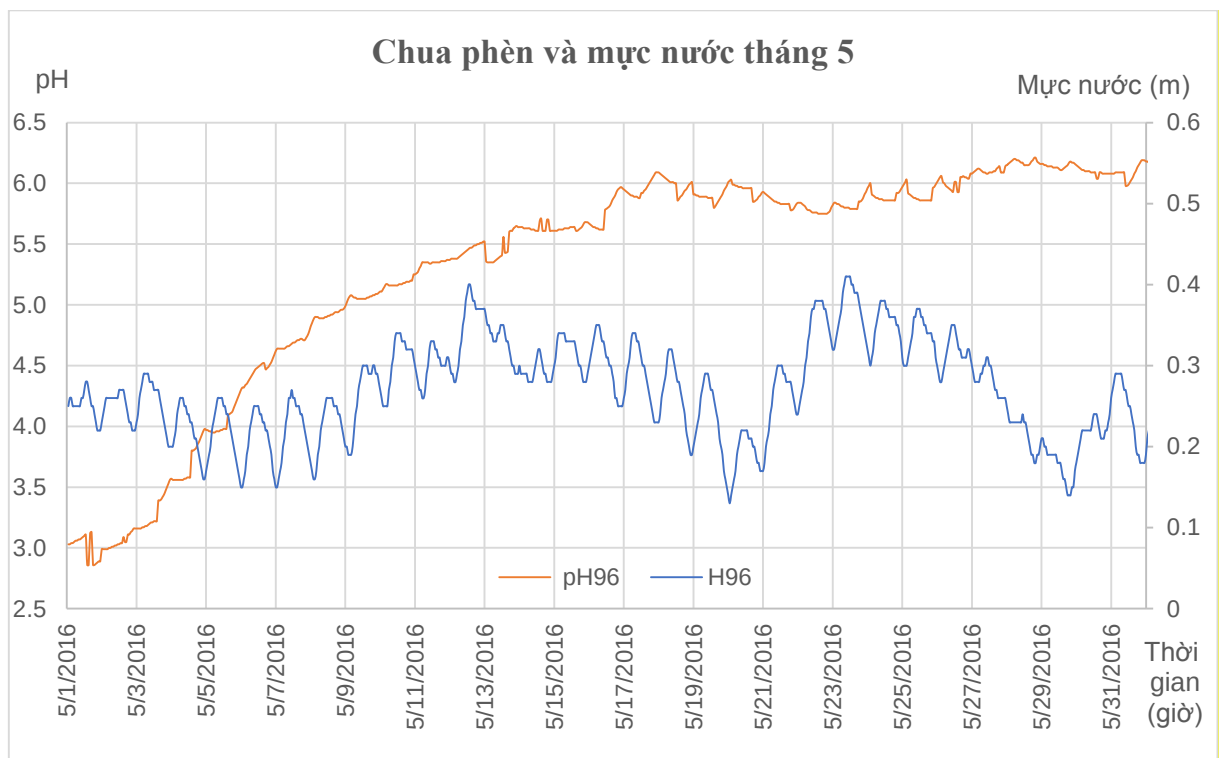
Hình 3- 7: Biểu đồ diễn biến phèn tháng 6

Sự tương quan giữa pH, mực nước và thời gian:



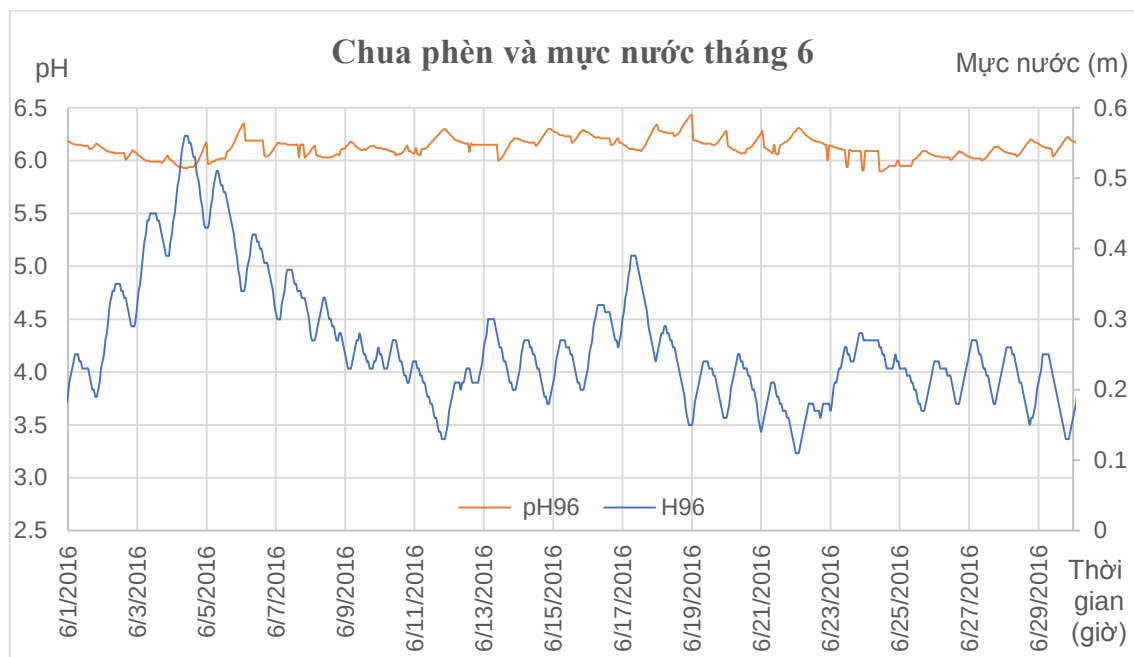
Hình 3- 8: Vị trí Kênh Hà Giang, nhánh 30, 31 và các mặt cắt 96 và 118

Như giới thiệu ở các phần trên, so với khu vực Đồng Tháp Mười, thì chế độ nước của vùng Tứ Giác Long Xuyên có khác về chế độ lũ, chế độ mưa, con số thống kê nhiều năm cho thấy tổng lượng mưa khoảng $2.100 \div 2.200$ mm, lượng mưa tập trung chủ yếu vào mùa mưa, chiếm từ $90 \div 93\%$ tổng lượng mưa cả năm. Lượng mưa năm lớn nhất tại Rạch Giá 2.136 mm, Hà Tiên 1.995 mm, Tân Hiệp 1.841 mm, Long Xuyên 1.599 mm, Châu Đốc 1.254 mm,... Số ngày mưa trung bình năm khá cao, tại Rạch Giá 159 ngày, Tân Hiệp 131 ngày, Long Xuyên 120 ngày, Châu Đốc 107 ngày. khoảng 80% tổng lượng mưa tập trung vào mùa mưa. Mưa bắt đầu sớm (tháng 4) và kéo dài đến tháng 12. Sự xuất hiện của các trận mưa rất mau lẹ (gần biển). Chế độ mưa như vậy, có điều kiện thuận lợi cho việc rửa phèn đầu vụ và bố trí thời vụ.



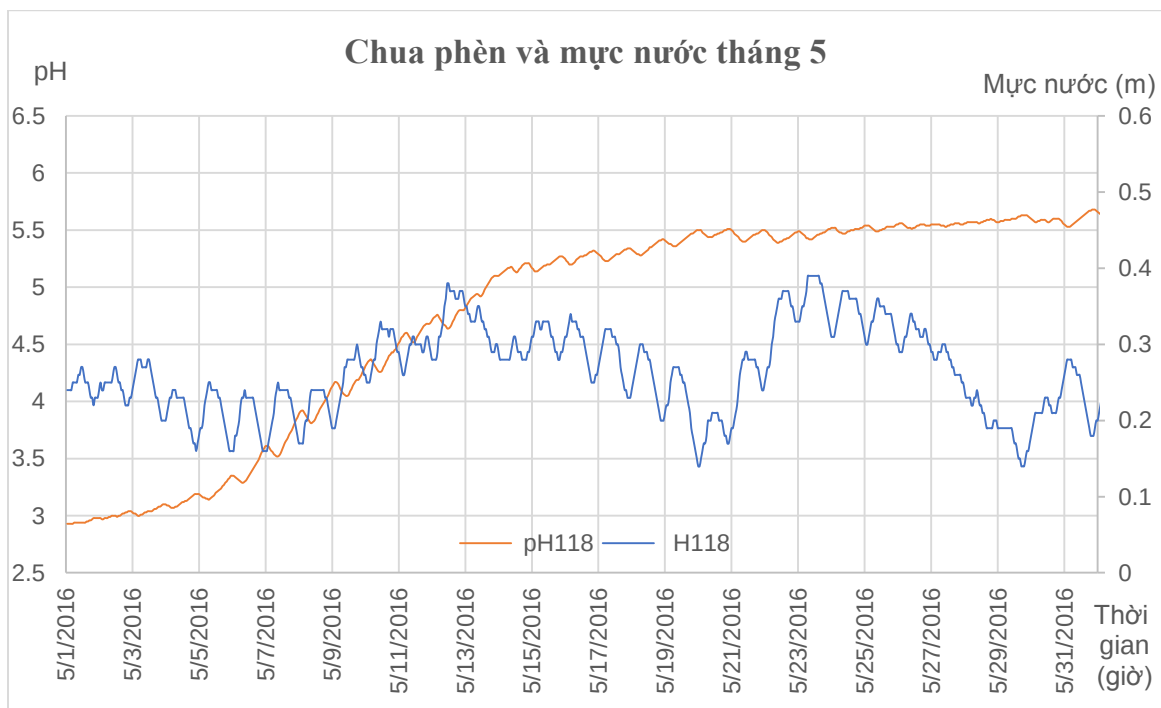
Hình 3- 9: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước theo thời gian, tại mặt cắt 96 (nhánh 30, hình 3.8) thuộc kênh Hà Giang theo trong tháng 5

Để thấy sự diễn biến chi tiết hơn, dưới đây xin giới thiệu biểu đồ (tính toán từ mô hình) sự biến đổi theo thời gian của mực nước và độ pH tại một số điểm. Để thấy do triều mực nước biến đổi theo chu kỳ và do mưa và triều, do các hiệu ứng lan truyền và pha loãng pH tăng dần (độ phèn giảm), phù hợp với các kết quả xảy ra trong thực tế tại TGLX và chứng tỏ sự hợp lý của mô hình.

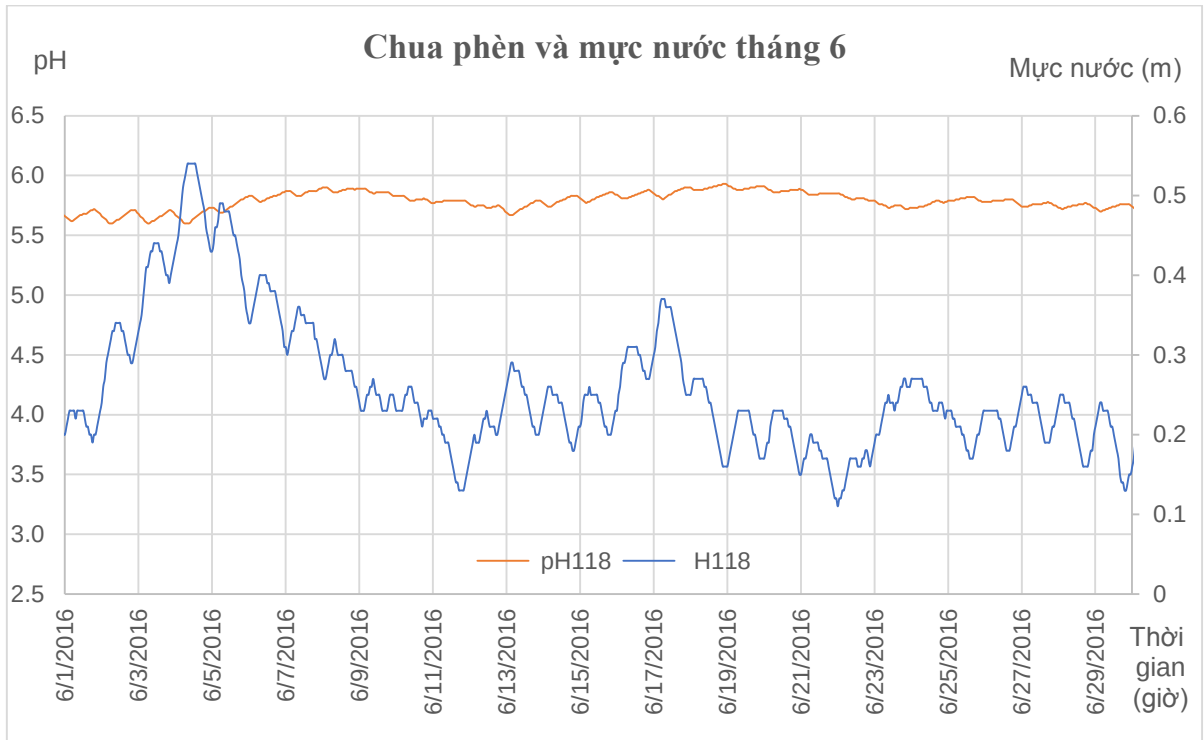


Hình 3- 10: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước theo thời gian, tại mặt cắt 96 (nhánh 30, hình 3.8) trong tháng 6

Hình 3.9 và 3.10 là biến đổi độ pH và mực nước vào tháng 5 và tháng 6 tại mặt cắt 96 trên kênh Hà Giang. Từ trên hình vẽ dễ thấy vào đầu mùa mưa (đầu tháng 5) độ pH trong kênh khá thấp khoảng $\text{pH} \leq 3.0$ và sau khoảng 15 ngày sau khi có mưa pH tăng dần đến $6 \div 6.5$ và giữ ổn định ≥ 6.0 .

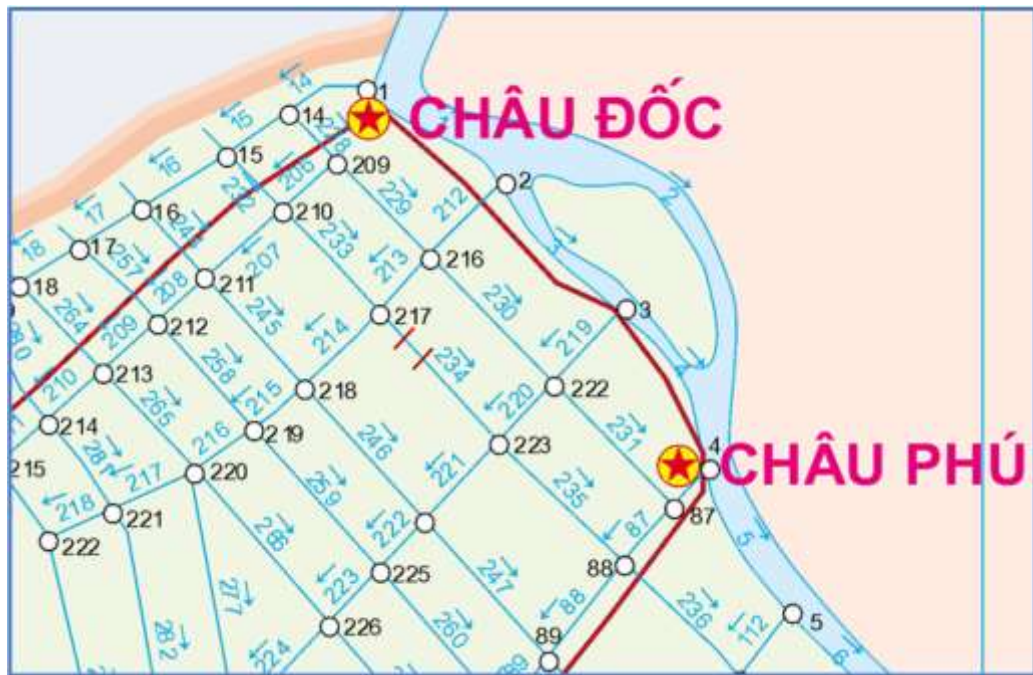


Hình 3- 11: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước theo thời gian, tại mặt cắt 118 (khu vực kênh Hà Giang, hình 3.8) trong tháng 5

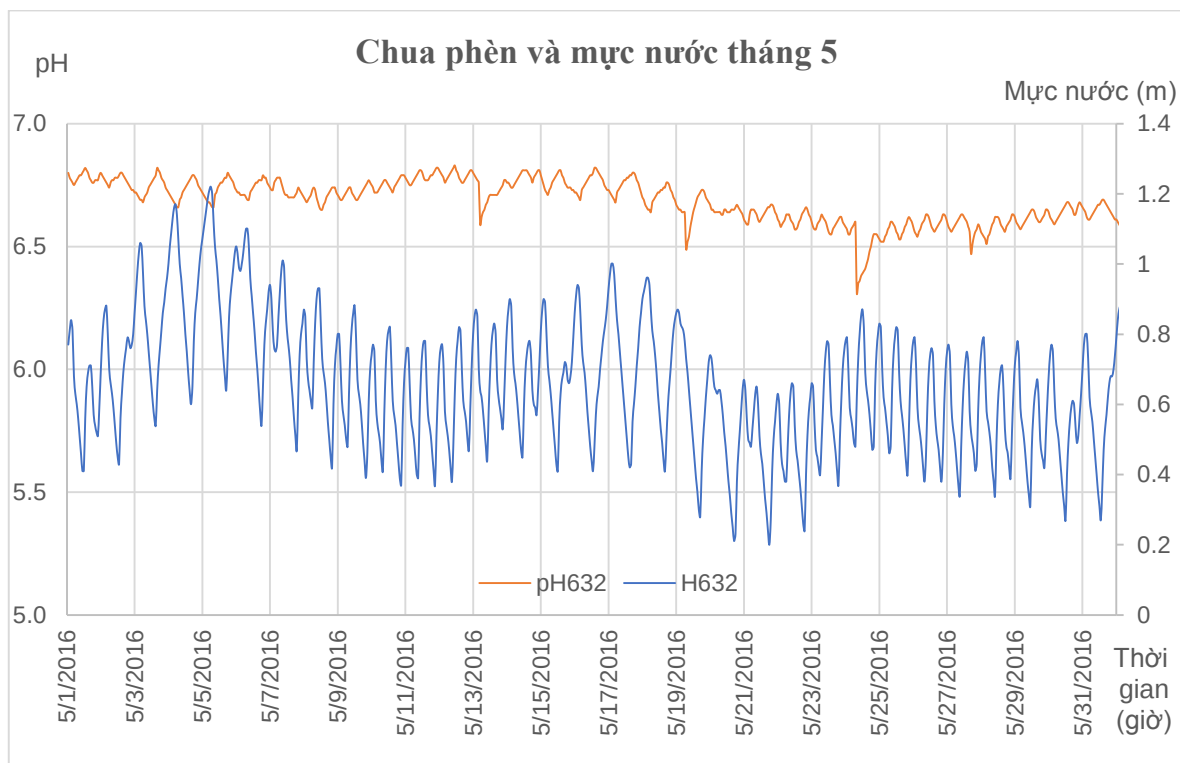


Hình 3- 12: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước theo thời gian, tại mặt cắt 118 (hình 3.8) trong tháng 6

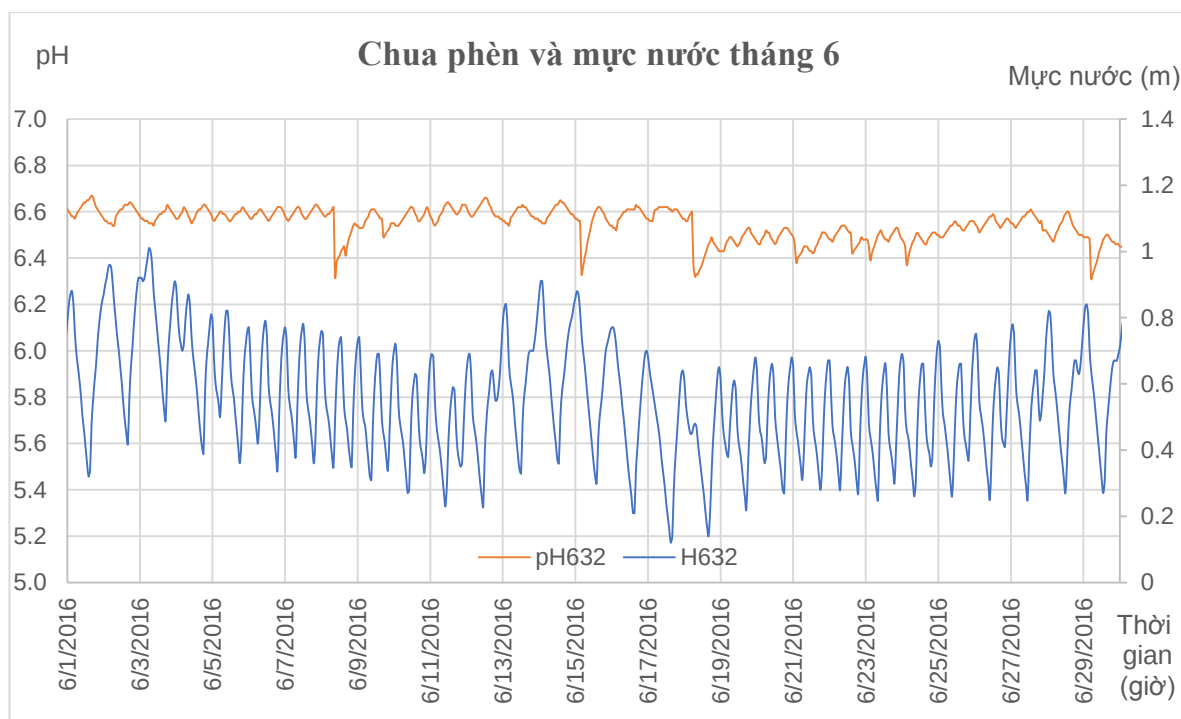
Các hình 3-11, 3-12 của điểm 118 trên kênh Hà giang (gần nguồn xả hơn điểm 96), cũng có biến đổi tương tự như điểm 96. Đầu mùa mưa độ pH khá thấp, sau khi có mưa khoảng 15 ngày, độ pH tăng dần và giữ ổn định ở xấp xỉ $\text{pH}=5.5 \div 6.0$.



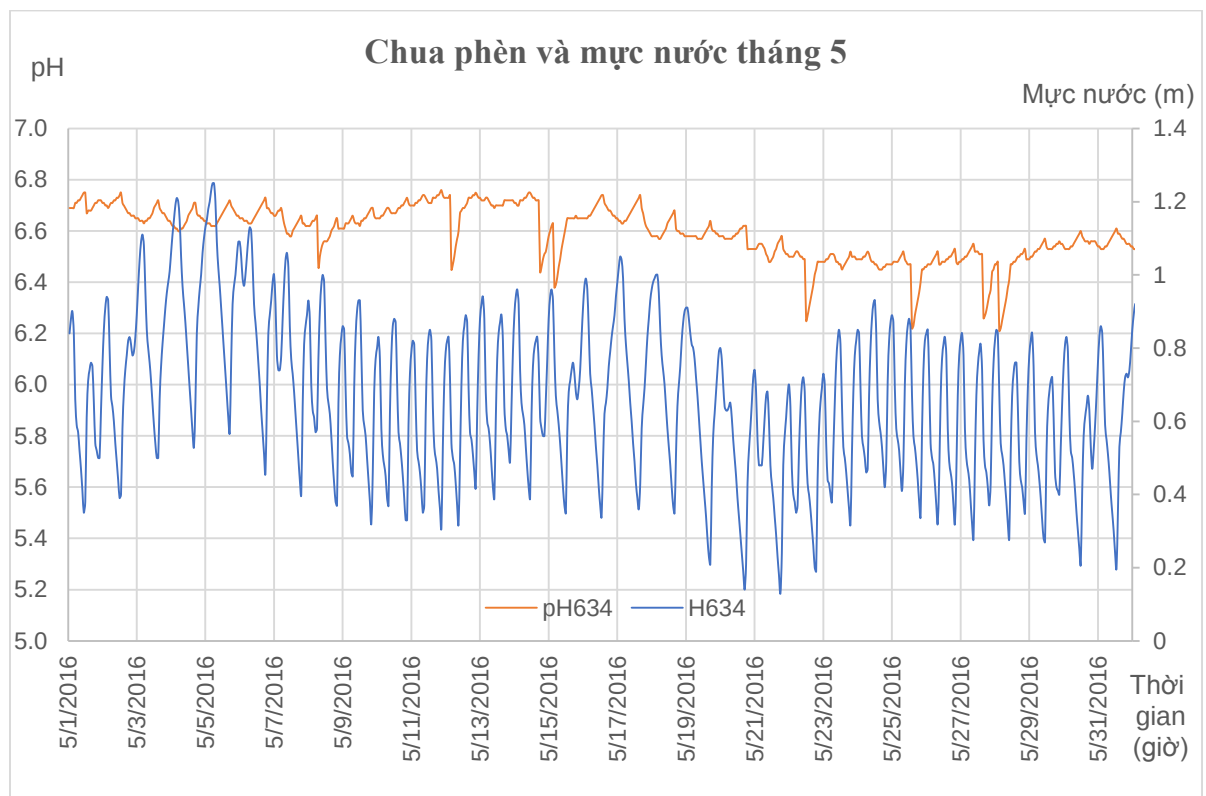
Hình 3- 13: Vị trí nhánh 234 và các mặt cắt 632 và 634. Các mặt cắt này gần sông Hậu, xa nguồn phèn vùng Hà giang.



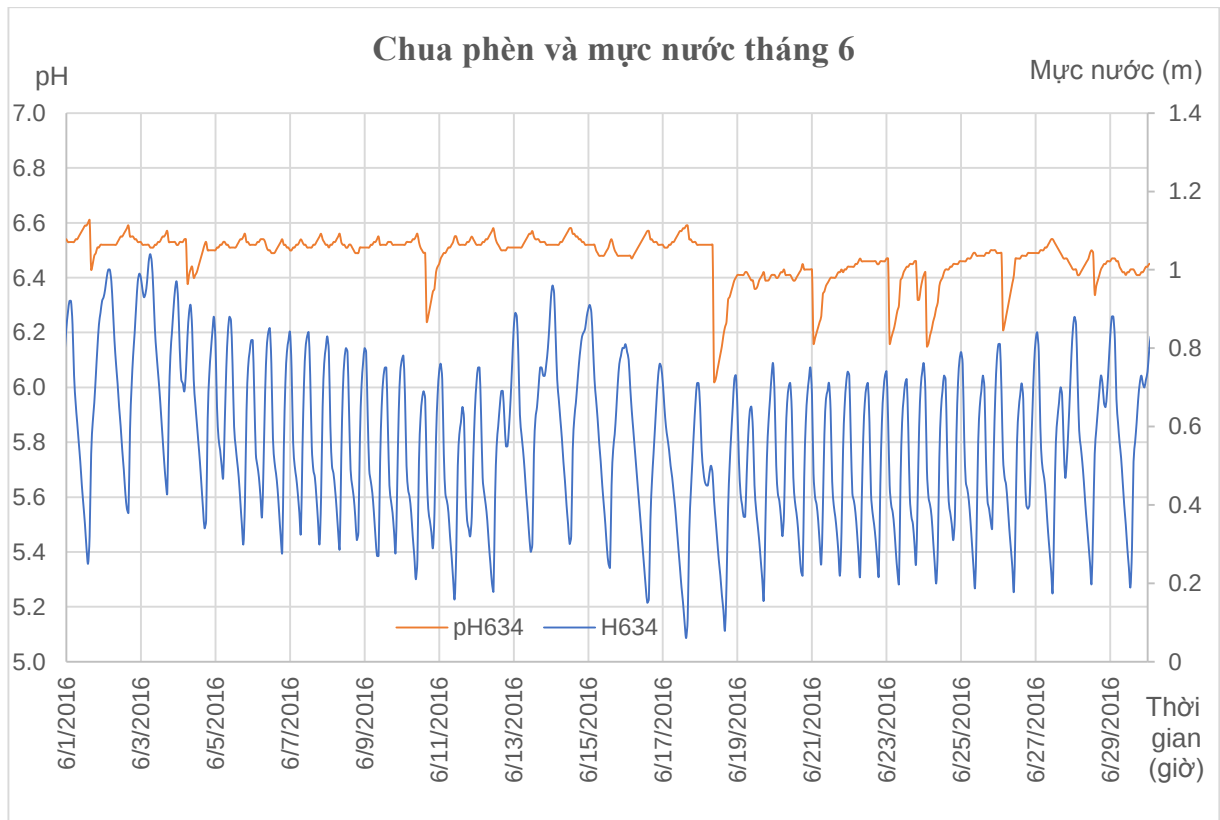
Hình 3- 14: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước tại mặt cắt 632 (Vùng Châu phú -Hình 3.13) trong tháng 5



Hình 3- 15: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước tại mặt cắt 632 (Hình 3.13) trong tháng 6



Hình 3-16: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước tại mặt cắt 634 (vùng Châu Phú-Hình 3.13) trong tháng 5



Hình 3- 17: Biểu đồ diễn biến pH và mực nước tại mặt cắt 634 trong tháng 6

Các hình 3-15 và 3-16 là biểu đồ mực nước và pH trong tháng 5 và tháng 6 tại mặt cắt 632 (tương tự hình 3-16 và 3-17 tại mặt cắt 634) trên nhánh 234 (vùng Châu phú) gần sông Hậu và xa nguồn phèn. Biên độ mực nước biến đổi mạnh do chịu ảnh hưởng triều biển Đông trên sông Hậu, độ pH tương đối ổn định cao trong khoảng $6.5 \div 7$ trong cả tháng 5 và tháng 6 do không có nguồn phèn xả trực tiếp, tuy nhiên độ pH trong ngày có biến động mạnh (từ 6.6 xuống 6.3 lúc 8 giờ ngày 24/5 tại mặt cắt 632) theo biến động mạnh của mực nước kênh.

Biến đổi pH theo thời gian:

Từ các biểu đồ trên cho thấy: Sau các trận mưa đầu mùa từ tháng 5, nước mưa thau rửa chua phèn trên bề mặt đồng ruộng đất phèn nặng mà chủ yếu là khu vực TGHT đặc biệt là nước chua phèn từ kênh Hà Giang theo dòng chảy đổ vào kênh Trà Phô, kênh Quốc Phòng và các kênh nội đồng khác,... làm cho giá trị pH ở các kênh này trong tháng 5 ở mức thấp nhất trong năm, thường $pH = 2.86 \div 5.03$ (độ phèn cao). Tiếp đó lượng nước chua phèn này lan truyền làm ô nhiễm nước các trục kênh tạo nguồn khác trong vùng. Tháng 6 do có các trận mưa về nhiều, do thủy triều, nên mực nước trong các kênh gia tăng lúc này phèn được pha loãng nồng độ ion, làm cho pH tăng lên dần và đạt trị số lớn nhất vào tháng 7 (vì tháng 7 có lũ), dòng chảy lũ đã nhanh chóng pha loãng chua phèn lúc này $pH \geq 6.0$ trở lên và trị số pH sẽ chỉ giảm lại và đạt trị số thấp nhất vào tháng 5 và 6 của năm sau.

Biến đổi pH theo không gian:

Sau các trận mưa đầu mùa, nước mưa thau rửa chua phèn trên bề mặt đồng ruộng đất phèn nặng mà chủ yếu là khu vực kênh Hà Giang chảy vào kênh Trà Phô, kênh Quốc Phòng và các kênh nội đồng, khu vực tiếp giáp với kênh Rạch Giá - Long Xuyên... Tiếp đó lượng nước chua phèn này lây lan làm ô nhiễm nước từ giữa đến cuối các trục kênh tạo nguồn khác như lan truyền ảnh hưởng đến khu vực đất đai sản xuất gần kênh Nông Trường.

Từ kết quả tính toán trên các biểu đồ diễn biến pH với thời gian (tháng 5 và 6); biểu đồ diễn biến pH với thời mực nước (tháng 5 và 6); cho vào tháng 5 bắt đầu có mưa giá trị pH tăng dần từ xấp xỉ (trong khoảng 10-15 ngày) vào tháng 5 giá trị $pH 3.0 \div 5.0$, cho đến tháng 6 khi đó mưa nhiều mực nước trên ô ruộng và trên kênh tăng nhanh dẫn đến sự pha loãng nồng độ ion nhanh, làm cho pH tăng lên dần và đạt giá trị từ ≥ 6.0 cho đến lớn nhất vào tháng 7÷8.

Vùng chịu ảnh hưởng triều biển Đông qua sông Hậu và biển Tây qua kênh RG-HT. Biên độ mực nước tại khu vực giáp nước thay đổi từ 0,2÷0,3 m trong mùa kiệt và hoàn toàn biến mất vào thời gian đỉnh lũ. Tại vùng mực nước bình quân đỉnh triều có xu thế chung là giảm dần từ sông Hậu (1,1÷1,2 m) sang biển Tây (0,4÷0,5 m). Tuy nhiên, khi cách biển khoảng 10÷15 km, mực nước bình quân đỉnh triều thấp hơn mặt đất 0,4÷0,5 m.

Mức độ ô nhiễm phèn trên kênh nghiêm trọng nhất vào tháng 5, lúc này nước phèn trong các kênh nội đồng giá trị pH thấp hơn so với các kênh trực, vì mực nước trong kênh rạch nội đồng nhỏ và cạn hơn khiến cho lưu lượng dòng chảy chưa lan truyền ra các kênh trực được. Khả năng vận chuyển và trao đổi (tự làm sạch) của các kênh cũng thấp hơn nhiều so với các kênh trực và sông chính. Mặt khác do tập quán sinh sống cổ hữu của người dân địa phương, hàng ngày thải ra một lượng lớn các chất thải vô cơ và hữu cơ xuống kênh rạch dẫn tới tình trạng ô nhiễm nguồn nước nghiêm trọng qua các năm. Đặc biệt, ở khu vực TGHT vùng địa hình trũng nước kênh luôn bị nhiễm phèn nặng, do trong mùa khô phèn tầng sâu ngoi lên mặt ruộng theo các mao dẫn và được giữ lại trên mặt ruộng, đến mùa mưa phèn sẽ bị rửa trôi bởi nước mưa và chảy theo dòng chảy trên mặt ruộng lan truyền xuống khu vực lân cận. Khu vực kênh Hà Giang-Ba Hòn và khu vực cuối kênh Rạch Giá-Long Xuyên, nước biển ra vào tự do nên mực nước bình quân chân triều giảm rất nhanh và ảnh hưởng sâu vào nội đồng qua các kênh rạch.

Từ các vấn đề trên cho thấy chế độ nước ở vùng đất phèn TGLX rất phức tạp và biến động theo không gian và thời gian, nó phụ thuộc vào chế độ lũ, chế độ thủy triều, chế độ mưa, khả năng tiêu thoát nước của từng khu vực trong vùng.

Mối quan hệ giữa sự phèn hóa trên mặt ruộng và nước chua trong kênh:

Khi bị rửa trôi, đất trên mặt ruộng giàu SO_4^{2-} , H^+ , Fe^{2+} và Al^{3+} sẽ phóng thích trực tiếp các ion này vào nước mặt, hay gián tiếp thông qua sự trao đổi do dòng thấm giữa đất và nước, và giữa nước ngầm với nước trong kênh. Ngoại trừ một lượng Fe^{2+} bị nhanh chóng oxy hóa trong nước mặt và kết tủa dưới dạng $\text{Fe}(\text{OH})_3$, các ion độc khác như Al^{3+} , SO_4^{2-} , Cl^- , Mg^{2+} , một phần còn lại của Fe^{2+} và ít Fe^{3+} sẽ nhanh chóng lan truyền đi trong dòng chảy của hệ thống kênh thông qua các chuyển động khuếch tán và đối lưu. Sự liên hệ giữa chất lượng nước mặt và nước ngầm ở vùng sinh thái đất phèn rất dễ nhận thấy. Những ion độc khi bị rửa trôi vào kênh sẽ làm ảnh hưởng đến môi trường thủy sinh, chất lượng nước

tươi cho các vùng lân cận đến sức khỏe cộng đồng và có khả năng làm hại các công trình tiếp xúc với nước.

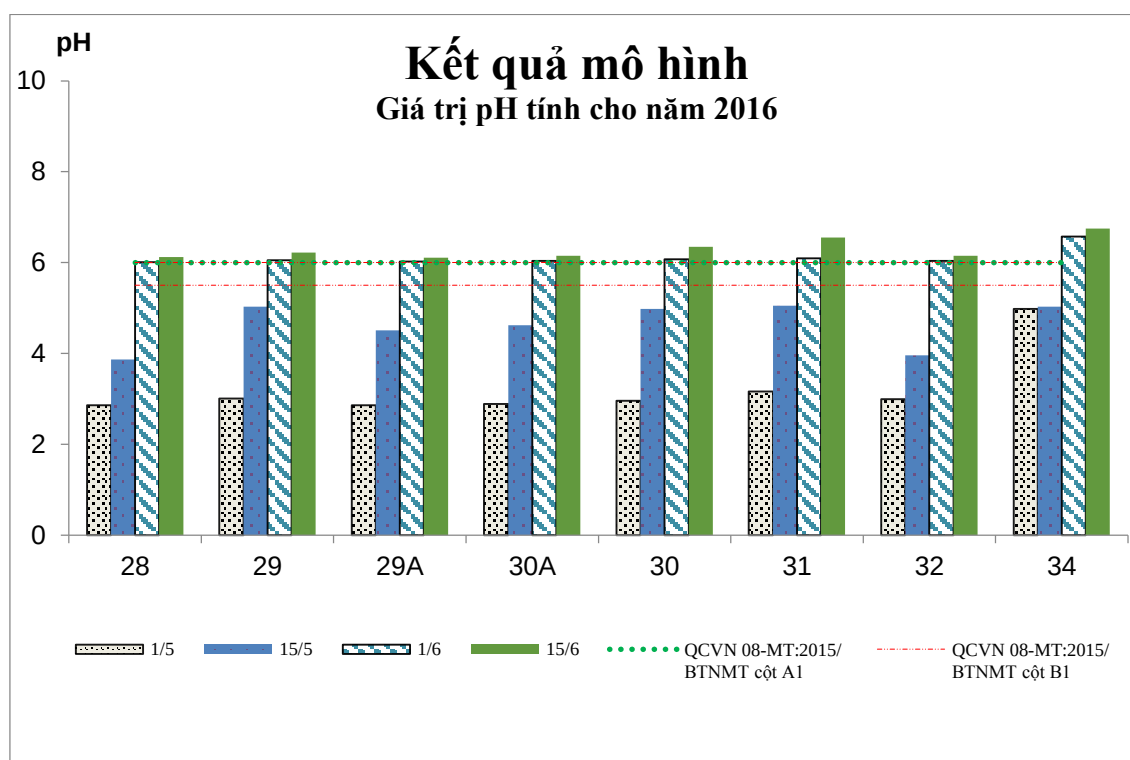
Lượng axit phóng thích từ đất phèn bị oxy hóa tùy thuộc nhiều vào TAA (Total Actual Acidity- tổng axit hiện tại) có nghĩa là không chỉ phụ thuộc vào lượng pyrite sẵn có trong đất mà còn phụ thuộc nhiều hơn vào tốc độ bị oxy hóa của pyrite. Nếu không có những điều kiện kết hợp, một loại đất phèn tiềm tàng, dù có hàm lượng pyrite cao có thể vẫn tiếp tục vô hại hoặc ít hại nếu chúng ta giữ đất phèn này luôn ở trong điều kiện ngập nước.

3.2.2. Giá trị pH tính toán cho năm 2016.

Trích xuất kết quả mô phỏng tính toán: tại các mặt cắt mang tính đại diện cho tiểu vùng Tứ Giác Hà Tiên của vùng TGLX vào tháng 5 bắt đầu mưa tại tại bảng: 3-2. những trận mưa chảy tràn cuốn trôi phèn trên mặt ruộng xuống kênh trong vùng đặc biệt vị trí chính Nút **28 & 32** (có diễn biến trên bản đồ pH= $3.96 \div 2,86$).

Bảng 3- 2: Giá trị pH qua tính toán mô hình cho năm 2016, tại một số mặt cắt đại diện

Các Mặt cắt đại diện	1/5	15/5	1/6	15/6
28	2.86	3.87	6.01	6.12
29	3.01	5.03	6.05	6.22
29A	2.86	4.51	6.02	6.11
30A	2.89	4.62	6.04	6.15
30	2.96	4.98	6.07	6.35
31	3.16	5.05	6.09	6.55
32	2.99	3.96	6.04	6.15
34	4.98	5.03	6.57	6.75



Hình 3- 18: Biểu đồ diễn biến phèn của vùng năm 2016

Từ kết quả tính toán cho thấy:

Trung tâm phèn tại Bắc Hà Tiên đặc biệt khu vực (kênh Hà Giang xã Phú Mỹ thuộc huyện Giang Thành tỉnh Kiên Giang thuộc vùng TGLX, chính là nút 28 là điểm Giao của kênh Vĩnh Tế và kênh Hà Giang có kinh độ $104^{\circ}38'40.77''E$; Có vĩ độ $10^{\circ}31'31.02''N$. và Nút 32 là điểm giao giữa kênh Hà Giang và Kênh Rạch Giá – Hà Tiên. (Cầu Hà Giang) có kinh độ $104^{\circ}31'19.46''E$; Có vĩ độ $10^{\circ}22'6.37''N$), nước phèn có màu đỏ gỉ sắt hay màu xanh đen, quan sát kỹ thấy nước trong và không có màu, Giá trị pH=2.86 tại nút vào ngày 1/5 là thấp nhất trong năm và Giá trị pH=6.75 vào ngày 15/5 tại nút 34 là cao nhất trong năm và bắt đầu tháng 7 nước lũ về sẽ pha loãng phèn của vùng và sẽ theo xu hướng thoát ra biển Tây. Nguyên nhân của hiện tượng này vì vùng TGHT là vùng trũng đất phèn nặng, tích nước mưa và nước phèn tại chỗ, vào mùa khô không có nước phù sa sông Hậu chảy đến.

Khi những cơn mưa đầu mùa rửa trôi phèn kết tủa trên mặt ruộng chảy ra kênh rạch và khi ấy nước phù sa sông Hậu chảy qua, các ion phèn bị pha loãng đã làm kết tủa các hạt phù sa trong nước. Nước ở đây vừa nhiễm phèn nhẹ tại chỗ và vừa nhiễm phèn “ngoại lai” từ ngoài khu vực Bắc Hà Tiên mang tới huyện Hà Tiên và huyện Giang Thành, huyện Hòn Đất, huyện Kiên Lương nằm cuối nguồn nước nên vào đầu mùa mưa (các tháng 5 ÷ 6 thậm

chỉ có năm tới tháng 7) nguồn nước trên các kênh rạch bị nhiễm phèn nặng.

3.2.3. Giá trị sunphate (SO_4^{2-}) tính toán cho năm 2016

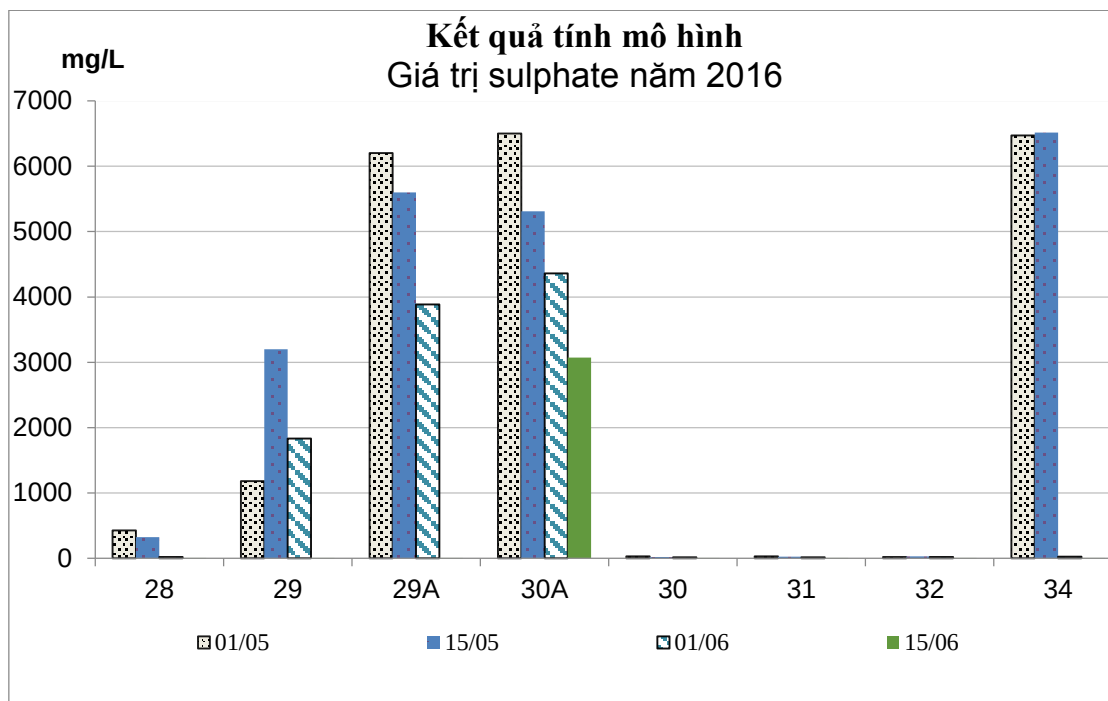
Kết quả tính toán cho thấy, hầu hết hàm lượng sulphate trong nước đều thấp hơn so với quy chuẩn QCVN 39:2011/BTNMT (600mg/l) dành cho nước tưới tiêu theo, hàm lượng SO_4^{2-} tính toán dao động từ 0.49 mg/l ÷ 6500 mg/l. Riêng tại vị trí 29A; 30A và vị trí 32, các vị trí này Sulphate vượt rất nhiều lần so với QCVN 39:2011/BTNMT chứng tỏ tại các vị trí này nguồn nước cũng đã bị nhiễm mặn. Điều này cũng hợp so với thực tế vì hai vị trí này thuộc cống của Kênh Hà Giang và vị trí giao giữa kênh Hà Giang và Kênh Rạch Giá – Hà Tiên. (Cầu Hà Giang, đây là khu vực bị nhiễm mặn nên hàm lượng SO_4^{2-} cao hơn so với các vị trí khác.

Kết quả phân tích giá trị sulphate được thể hiện tại bảng: 3-3.

So sánh với 1 số tài liệu số năm trước hàm lượng SO_4^{2-} trên vùng TGLX năm 2016 nhỏ hơn so với những năm trước, ngoại trừ khu vực vị trí 29A và 30A là cao hơn. Điều này cũng hợp so với thực tế vì hai vị trí nút 29A thượng lưu cống Hà Giang giao của kênh Hà Giang với kênh Trà Phô, vị trí nút 30A thuộc Hạ lưu cống Hà Giang giao của Hà Giang với kênh Quốc Phòng, đây là khu vực cống kiểm soát mặn nên hàm lượng SO_4^{2-} cao hơn so với các vùng khác.

Bảng 3- 3: Giá trị Sulphate qua tính toán mô hình (mg/L)

Vị trí	1/5	15/5	1/6	15/6
28	426.40	321.80	21.32	0.096
29	1182	3200	1832	0.066
29A	6200	5600	3885	0.054
30A	6500	5310	4360	3072
30	29.8	21.5	12.75	0.047
31	30.2	23.5	13.25	0.049
32	17.5	28.4	17.25	0.098
34	6471	6514	3600	0.073



Hình 3- 19: Biểu đồ diễn biến Sulphate của vùng năm 2016

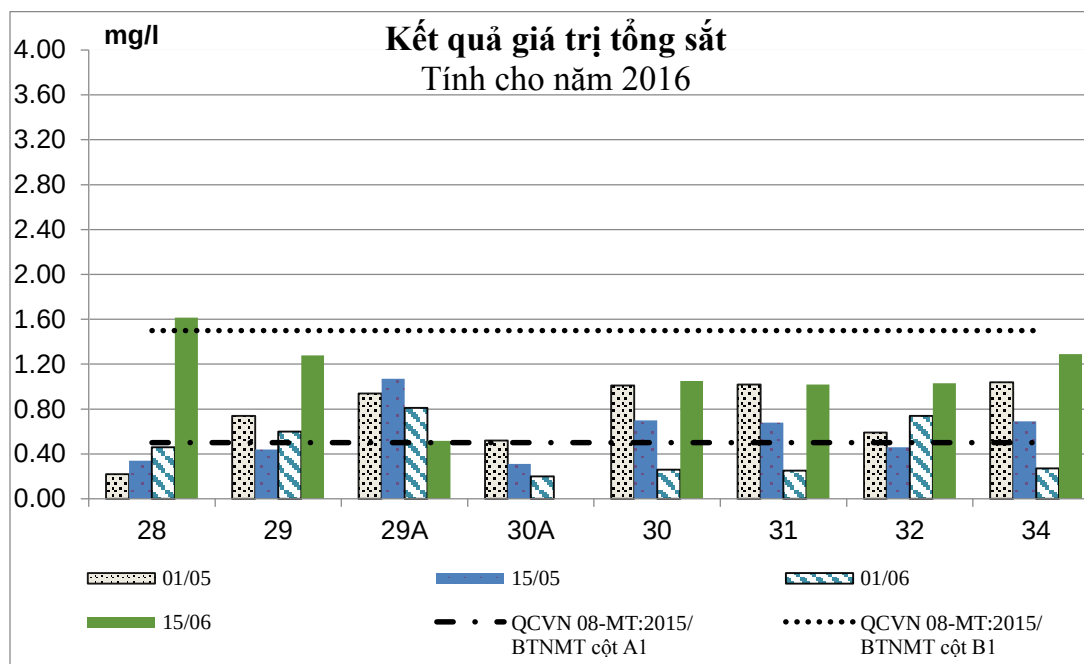
Khi vùng đất bị xâm nhập mặn sulphate trong nước biển trộn lẫn với các trầm tích đất chứa các ôxit sắt và các chất hữu cơ. Trong các điều kiện hiếm khí này, các vi khuẩn ưa phân hủy các chất vô cơ như *Thiobacillus ferrooxidans* (là những loại vi khuẩn có khả năng oxi hóa các khoáng chất bằng ôxy của không khí) phân hủy các sulfua sắt (chủ yếu là dạng pyrit) để tạo thành sunphat và axit sunphuric.

3.3.4. Giá trị sắt tổng tính toán cho năm 2016.

Bảng 3- 4: Giá trị sắt tổng qua tính toán mô hình

Vị trí	1/5	15/5	1/6	15/6
28	1.32	1.46	1.61	1.85
29	0.44	0.60	1.28	1.35
29A	1.07	0.81	0.52	0.85
30A	0.31	0.20	1..50	0.95
30	0.70	0.26	1.05	1.08
31	0.68	0.25	1.02	1.04

Vị trí	1/5	15/5	1/6	15/6
32	1.26	1.34	1.23	1.67
34	0.69	0.27	1.29	1.14



Hình 3- 20: Biểu đồ Kết quả giá trị tổng sắt của vùng năm 2016

Hàm lượng sắt tồn tại trong nước ở nhiều dạng khác nhau, chủ yếu trong keo đất, các hạt đất lơ lửng, trong các hợp chất gây phèn sắt. Hàm lượng tổng sắt năm 2016 dao động từ 0,25 ÷ 1,50 mg/l trừ 02 vị trí nút 28 và nút 32 có xu hướng cao hơn so với những nút khác và có xu hướng tăng vào đầu mùa mưa nguyên nhân do phèn được rửa trôi từ trên mặt ruộng ra nguồn nước kênh làm hàm lượng Fe tăng lên, đây là khu vực phèn hoạt động mạnh nên những cơn mưa đầu mùa sẽ làm pH trong nước giảm mạnh chứng tỏ hệ thống vẫn chưa phát huy hết tác dụng đối với việc thau chua rửa phèn.

3.2.5 Nhận xét chung:

Từ kết quả tính toán cho thấy:

Giá trị pH: Tại các vị trí tính toán kết quả pH dao động từ 3,75 ÷ 6.03 đạt so với QCVN 08-T: 2015/BTNMT cho thấy nguồn nước đảm bảo phục vụ tốt cho đa mục tiêu nói chung, bảo tồn động vật thủy sinh và mục đích tưới tiêu thủy lợi nói riêng. Tuy nhiên tại một số vị trí và thời điểm tính toán giá trị pH không đạt so với QCVN 08 cụ thể như sau:

Từ kết quả tính toán cho thấy vào tháng 5, giá trị pH tại nút 28 và 32 là $2.86 \div 2.99$, giảm dưới ngưỡng cột B1 của QCVN, nguyên nhân do có các trận mưa trút xuống và nước chảy lan khắp các mặt ruộng cuốn trôi phèn kết tủa trên mặt ruộng xuống kênh, cộng với nước phèn tại chỗ từ những vũng nước phèn nằm trong các đoạn đất ướt trũng tích tụ phèn trong khu vực bị nước rửa trôi cuốn xuống kênh rạch gây chua phèn và 1 lý do nữa là do việc đào xới chuẩn bị ao nuôi thủy sản đắp đất lên bờ trước đó đã làm phèn trong đất hoạt động trở lại, đây là một trong những nguy cơ gây phèn cục bộ từ các hộ nuôi trồng thủy sản, các ao nuôi kiểu này trong vùng khá nhiều. Từ kết quả mô hình tính sau khi phân tích cho thấy vùng TGLX chung khu vực TGHT nói riêng, vấn đề nhiễm phèn vẫn còn chưa giải quyết triệt để được. Phèn vẫn và sẽ gây ảnh hưởng lớn đến sản xuất nông nghiệp và đời sống người dân.

Giá trị Sulphate: Hầu hết hàm lượng sulphate trong nước đều thấp hơn so với quy chuẩn QCVN 39: 2011/BTNMT (600mg/l) dành cho nước tưới tiêu theo, hàm lượng SO_4^{2-} tính toán dao động từ 0.49 mg/l ÷ 82.40 mg/l. Riêng tại vị trí 29A và 30A, Sulphate vượt rất nhiều lần so với QCVN 39:2011/BTNMT chứng tỏ tại các vị trí này nguồn nước cũng đã bị nhiễm mặn.

Giá trị sắt tổng: Hàm lượng tổng sắt năm 2016 dao động từ 0,25 ÷ 1,35mg/l trừ 02 vị trí nút 28 và nút 32 có xu hướng cao hơn so với những nút khác và có xu hướng tăng vào đầu mùa mưa nguyên nhân do phèn được rửa trôi từ trên mặt ruộng ra nguồn nước làm hàm lượng Fe tăng vào thời kỳ đầu mùa mưa.

Từ kết quả tính toán thử nghiệm của mô hình: Và sau khi kiểm chứng so sánh với kết quả của 1 số báo cáo khoa học và thực tế cho thấy, nhìn chung vùng Tứ Giác Long Xuyên, thời gian nhiễm phèn nhiều thường (từ tháng 5 đến tháng 6). Vì vào mùa mưa nước mưa rửa trôi đất phèn, mang theo nhiều sắt ngoài ra còn có nhôm sunfat và axit mùn hữu cơ. Đặc trưng của nước chua phèn là chứa nhiều ion H^+ và các muối thủy phân mang tính axit như $AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$. Nước chua phèn không có môi trường đệm (hàm lượng ion HCO_3 , CO_3 không có hoặc rất thấp) nên không thích hợp cho đời sống của các sinh vật sống dưới nước. Tại các vùng trũng của vùng có nước đọng chứa rất nhiều sunfat, các vùng có địa hình cao hàm lượng sunfat có trong nước ít hơn.

Nguyên nhân là do các cơn mưa đầu mùa rửa trôi phèn từ trên mặt ruộng cuốn trôi ra nguồn nước làm tăng giá trị pH lên. Đặc biệt là khu vực kênh Hà Giang TGHT, huyện Giang Thành, huyện Hòn Đất, Kiên Lương nằm cuối nguồn nước nên vào đầu mùa mưa (các tháng 5 ÷ 6) nguồn nước trên các kênh rạch bị nhiễm phèn nặng.

Ngoài ra còn có phèn ngoại lai từ thượng nguồn khu vực giáp kênh Vĩnh Tế và sông Hậu đổ về phèn từ những vùng đất phèn trong khu vực rửa trôi ra kênh rạch. Các kênh vận chuyển nguồn nước phèn tới vùng TGHT thuộc vùng TGLX, như kênh Hà Giang, T2, T3, T3, T5, T6, Tám Ngàn, Tri Tôn, Ba Thê, Kiên Hảo,... hướng tiêu ra kênh Rạch Giá – Hà Tiên rồi chảy ra biển Tây.

Tham khảo kết quả từ các báo cáo khoa học như: của GS.TSKH Lê Huy Bá [1], Báo cáo của GS.TS. Đào Xuân Học Đại học Thủy lợi [7], thì vùng TGLX vào tháng 5 có mưa, đã rửa trôi lượng A xít trong đất xuống kênh rạch gây chua phèn. Tùy theo lượng mưa nhiều hay ít và mưa sớm hay muộn mà chua phèn diễn ra trên diện rộng hay hẹp. Hiện tượng chua phèn có thể kéo dài tới tháng 6 khi có lượng nước lũ về nhiều đủ mạnh đẩy phèn theo hướng thoát lũ ra biển Tây, vào các tháng tiếp theo đó do lượng mưa nhiều và lũ từ thượng nguồn về đã làm giảm bớt đáng kể lượng phèn, nước trong vùng không còn bị chua nữa.

Theo dữ liệu của Trung tâm chất lượng nước và môi trường thuộc Viện quy hoạch Thủy lợi miền Nam, trong khoảng 1985 ÷ 2003, giá trị pH tại nhiều trạm quan trắc ở Tứ Giác Long Xuyên có thể xuống dưới 3,0; nhất là vào tháng 5 (mùa khô).

Tham khảo tài liệu của Viện khoa học Thủy lợi miền Nam năm 1999, giá trị pH có thể xuống đến $\geq 2,5$ trong những năm có lũ nhỏ và đặc biệt trong vụ Hè - Thu 1995, giá trị pH của nước trong đồng ruộng chỉ còn 1,0; năm 2017 & 2018, giá trị pH $\geq 3,0$ vào mùa khô, nước sinh hoạt là vấn đề hết sức khó khăn ở vùng TGHT nhất là khu vực kênh Hà Giang thuộc xã Phú Mỹ, huyện Giang Thành tỉnh Kiên Giang thuộc vùng TGLX ngoài ra còn có 1 số kênh nội đồng lân cận cũng bị ảnh hưởng.

Từ các báo cáo khoa học thu thập được của các nhà khoa học trong ngoài nước, sau khi phân tích kết quả tính toán của mô hình cho thấy:

Trong báo cáo rà soát quy hoạch thủy lợi vùng TGLX năm 2014, của Viện QHTLMN cho thấy vào mùa kiệt, nhất là cuối tháng 4, đầu tháng 5, thủy triều từ sông Hậu lan truyền vào kênh Rạch Giá - Hà Tiên rồi vào kênh Giang Thành lúc này dòng triều rất yếu, hầu như rất ít dao động, dòng chảy tại kênh Giang Thành trong mùa kiệt là dòng chảy một chiều, chỉ có một hướng là chảy về phía kênh RG-HT, bởi vậy khi triều lên và gần như lúc này vận tốc dòng chảy bằng không khi mực nước triều sông Hậu rút.

Chương trình máy tính **ACID2020** tính lan truyền nước phèn nhôm (hay sắt) trong kênh sông (chủ yếu vào đầu mùa mưa) ghép với phần tính thủy lực DELTA, sau khi tính toán đã cho ra kết quả và khi phân tích tổng thể cho thấy thời kỳ đầu mùa mưa (tháng 5-6), đại bộ phận các kênh rạch mực nước đều thấp hơn mặt ruộng ở trong và ngoài khu vực tương ứng, nên việc nước mưa chảy tràn trên mặt ruộng tiêu chua tự chảy được thực hiện rất dễ dàng. Xu thế chung là nước mưa cuốn trôi phèn trên bề mặt ruộng chảy tập trung xuống kênh, mương, phèn sau đó lan truyền theo các kênh rạch và kênh trục ra hướng biển Tây, hướng tiêu chua chính theo hướng tiêu lũ ở mỗi khu vực trong vùng TGLX. Kết quả tính toán này khá hợp lý, tuy hàm lượng chưa cao (do mới chỉ là bước đầu tính toán của mô hình) tuy nhiên sau khi so sánh với kết quả thử nghiệm của các nghiên cứu có trước đó cho thấy có thể làm cơ sở khoa học cho các công trình nghiên cứu tiếp theo về sử dụng và cải tạo đất, theo hướng rửa phèn hiệu quả cho vùng đất phèn nặng.

- Tứ Giác Long Xuyên có thuận lợi là gần biển nên có thể xỏ phèn bằng các biện pháp hợp lý đề ra mà không ảnh hưởng đến các vùng lân cận. Mặt khác, vùng có kênh Vĩnh Tế (dọc biên giới Việt Nam – Campuchia) có thể dẫn nước ngọt của sông Hậu và từ sông Vàm Nao về để rửa phèn cho vùng Tứ Giác Long Xuyên. Mặc dù nhiều chỗ còn độ tiềm tàng phèn lớn như ở khu vực Tứ Giác Hà Tiên, nhưng phèn ở đây nhìn chung đã có phần ổn định, nên biên độ biến động của độc chất không lớn lắm. Ở đây vấn đề hiện nay là vùng đang phát triển nuôi trồng thủy sản mạnh mẽ, tuy vậy vẫn có khả năng phát triển thành vùng chuyên canh lúa, chủ yếu là mùa sớm. Sau khi đã khai thông kênh Vĩnh Tế, mở rộng hoàn chỉnh các kênh T..., thoát lũ về biển Tây, chúng ta đã kéo nước ngọt sông Hậu về cho vùng Tứ Giác Long Xuyên, ngọt hóa một vùng rộng lớn, phát triển kinh tế nông nghiệp và an sinh xã hội, tuy nhiên những năm gần đây do sự phát triển kinh tế quá nhanh của vùng đã phá vỡ quy hoạch của một số ngành cộng với tác động của BĐKH-NBD đã làm cho hệ thống công trình thủy lợi của vùng hiện nay đã không đáp ứng được nhiệm vụ, vì vậy cần có các nghiên cứu khoa học bổ sung nhằm đưa ra các giải pháp hợp lý nhằm giảm thiểu hạn hán, xâm nhập mặn, phèn, thiếu nước ngọt cho vùng TGLX.

3.3. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp cải tạo đất phèn phục vụ phát triển bền vững SXNN vùng nghiên cứu

3.3.1. Các trở ngại tác động xấu trong quá trình sử dụng đất phèn

Nhóm đất nhiễm phèn, mặn có cấu tạo từ trầm tích biển trẻ chủ yếu ở khu vực ven biển Tây và Bắc Hà Tiên chiếm trên 40% diện tích, là nguồn sản sinh phèn và các yếu tố gây độc cho sinh vật làm nhiễm bẩn nguồn nước trong khu vực một cách nghiêm trọng. Độ chua phèn của nước kênh rạch nội đồng tập trung cao nhất ở khu vực TGHT chủ yếu vào mùa mưa, tại trung tâm khu vực này từ tháng 5 đến tháng 6, giá trị pH dao động từ 2,9 đến 3,7.

Do áp lực gia tăng dân số, người dân phải sử dụng đất phèn để đáp ứng nhu cầu sản xuất lương thực và phát triển kinh tế trong vùng. Trong quá trình khai thác và sử dụng đất phèn, một trong những vấn đề nguy hiểm luôn được cảnh báo là khi đào ao nuôi trồng thủy sản khi tiêu thoát nước ao, nước chua từ mặt ruộng chảy vào ao và chảy vào hệ thống kênh rạch, đã làm cho các độc chất trong đất phèn theo dòng nước lan truyền ra những vùng lân cận làm ảnh hưởng đến môi trường sinh thái trong vùng.

Qua khảo sát và tham khảo các tài liệu có thể thấy rằng việc xảy ra những tác động xấu trong quá trình khai thác đất chua phèn ở vùng TGLX nói chung và vùng TGHT nói riêng là do một số nguyên nhân sau đây:

- Do nhu cầu an ninh lương thực quốc gia và xuất khẩu nên cây lúa được ưu tiên phát triển kể cả ở những vùng điều kiện tự nhiên không thích hợp với trồng lúa.
- Thiếu hiểu biết đầy đủ về đối tượng thổ nhưỡng phức tạp, nhất là về hóa học các đất phèn, thiếu kinh phí điều tra nghiên cứu nên không thể đánh giá đầy đủ và chính xác đặc điểm của đất, cho nên có nơi đã bố trí sản xuất chưa hợp lý.
- Đất phèn tiềm tàng không được dùng để trồng lúa lại lên liếp để trồng cây hoa màu và cây công nghiệp cùng với việc nuôi trồng Thủy sản với kỹ thuật không tiên tiến, không thích hợp đã làm đất phèn hóa nhanh hơn, làm ảnh hưởng đến khu vực trồng cây trên liếp, sản lượng tôm cá dưới kênh bị giảm sút nghiêm trọng, có nơi sau 2÷3 vụ phải bỏ hoang hóa. Việc đưa cây công nghiệp vào trồng tại vùng một cách ồ ạt mà không tính toán kỹ, không khoa học cũng đã gặp phải sự thất bại.
- Đất phèn hoạt động đem trồng lúa trong điều kiện khó khăn về nguồn nước làm lúa không phát triển được, năng suất rất thấp dẫn đến người nông dân phải nợ xấu ngân hàng.

- Trải qua nhiều năm sử dụng đất tại vùng đã có những biến đổi quan trọng khác với những thông tin đã có trước đây, vì thế dần dần xuất hiện sự thiếu phù hợp giữa bố trí sản xuất và đặc điểm đất đai của vùng.

- Diễn biến của khí hậu thủy văn ngày càng phức tạp, tác động của BĐKH đang ngày càng bất lợi như thừa nước trong mùa lũ, thiếu nước trong mùa khô dẫn đến xâm nhập mặn, phèn hóa làm ảnh hưởng nhiều đến bố trí sản xuất cây trồng.

- Nước chua phèn chứa các ion H^+ và SO_4^{2-} , Al^{3+} , Fe^{3+} được hình thành từ đất phèn tại chỗ hoặc được chuyển từ nơi khác đến. Nước chua phèn làm đất bị nhiễm phèn gây tác hại cho sản xuất nông nghiệp, thủy sản và lâm nghiệp.

Nguyên nhân: Vào thời điểm cuối mùa khô hàng năm mực nước ngầm hạ thấp, các khe nứt được hình thành trên mặt đất. Do ảnh hưởng của lượng bốc hơi cao, nước chua ở dưới các lớp đất sâu được đưa lên bề mặt bởi lực mao dẫn và tích tụ thành muối kết tủa trên mặt đất. Ngoài ra, do hiện tượng ô xy hóa xảy ra mãnh liệt trong tầng đất có chứa pyrite, làm pyrite bị ô xy hóa, tạo thành Jarosite đồng thời giải phóng axit sulfuric làm cho đất hóa chua nhiều, pH của đất trở nên rất thấp (thường dao động từ $2,0 \div 4,0$). Axit sulfuric công phá các khoáng sét (Alumino silicate) tạo nên một lượng ion nhôm tự do Al^{3+} phóng thích ra dung dịch đất, đồng thời xuất hiện sắt sulfat cũng gây độc cho sinh vật (cây cối, cá tôm).

- Vào đầu mùa mưa, khi các cơn mưa đầu mùa bắt đầu các độc tố phèn được hình thành trong mùa khô sẽ bị rửa trôi và trôi trên mặt ruộng rồi tiêu thoát ra các kênh rạch xung quanh. Tại đây, ngoại trừ một số ít Fe^{2+} biến đổi thành $Fe(OH)^3$ rồi kết tủa, nước chua mang theo các ion H^+ , SO_4^{2-} , Al^{3+} và cả Fe^+ chưa kịp oxy hóa, tiếp tục lan truyền bằng ảnh hưởng của các quá trình khuếch tán và đối lưu trong dòng chảy đến các khu vực lân cận. Sự lan truyền của nước chua trong mạng lưới kênh rạch được xem như là nguồn gốc của sự ô nhiễm đất canh tác và nguồn nước ngọt của cư dân trong vùng lân cận.

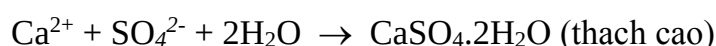
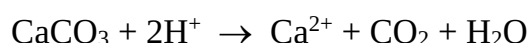
- Sự lan truyền của nước chua phèn gây ra tác hại không nhỏ đối với hệ sinh thái nông nghiệp. Nước chua phèn có thể hủy diệt nhiều loài thủy sinh, giảm năng suất nông nghiệp, đặc biệt là lúa, cây ăn trái, gây ô nhiễm nguồn nước sinh hoạt của cư dân trên diện rộng, là tác nhân gây nên các bệnh lão hóa ở người, làm gia tăng quá trình ăn mòn điện hóa học và làm giảm tuổi thọ của các công trình xây dựng...

3.3.2. Các giải pháp được đề nghị áp dụng để giảm bớt ô nhiễm và tác hại phèn

Ba khái niệm “Biến động”, “Lan truyền” và “Ảnh hưởng” luôn luôn đi với nhau, không thể tách rời trong HST đất phèn. Biến động một phần được sinh ra từ lan truyền, và lan truyền tạo ra biến động lớn và phức tạp, đồng thời hoặc ngay sau lan truyền là ảnh hưởng của chúng lên cây trồng nông nghiệp.

Theo nguyên lý cơ bản, muốn cải tạo đất chua phèn phải tìm cách khử các độc tố trong đất và ngăn cản sự hóa chua trở lại. Có ba cách chủ yếu để nâng độ pH là bón vôi, giữ cho đất luôn ở trạng thái ngập nước, ém phèn và rửa phèn

Bón vôi xảy ra phản ứng sau đây:



Khi đất bị ngập nước thì hàm lượng sắt hòa tan tăng đột ngột trong vài tuần lễ đầu. Để xử lý cần phải tiến hành tiêu rửa và thay bằng lượng nước mới.

Các giải pháp được đề nghị áp dụng để giảm bớt ô nhiễm và tác hại phèn bao gồm:

3.2.2.1. Dùng nước ngọt để rửa phèn (vận hành hệ thống công trình)

Biến động lan tỏa và ảnh hưởng của quá trình rửa phèn

Rửa phèn trong đất cũng ảnh hưởng đến hệ sinh thái nông nghiệp và cây trồng (đặc biệt là lúa). Việc sử dụng nước ngọt để rửa các ion độc có trong đất phèn kết hợp với bón phân thì lượng độc tố sau một vụ giảm nhiều, lúa có thể sinh trưởng và phát triển bình thường trong điều kiện này. Trong đất phèn hoạt động khi bị tác động bởi chế độ rửa trôi sẽ xảy ra quá trình hòa tan, khuếch tán, kéo các ion độc ra khỏi đất theo chiều di chuyển của nước, Chu Đình Hoàng (1991), [8].

Sự rửa phèn nhôm hay sắt trong môi trường dung dịch dễ dàng hơn, còn nhôm, sắt ở bề mặt keo đất do liên kết chặt chẽ nên rất khó rửa. Thành phần Fe^{3+} , tổng sắt khi thực hiện rửa đơn thuần sẽ biến đổi nhanh và tác động mạnh tới các thành phần sulphur có trong dung dịch. Khi bị ngập nước thường xuyên, Fe^{2+} càng tăng, gặp oxy chuyển thành Fe^{3+} dễ kết tủa. Tuy nhiên, trong quá trình rửa phèn chúng ta phải hết sức lưu ý tránh vấn đề phát tán ô nhiễm phèn vào các nguồn nước ngọt khác. Sau khi rửa xong chúng ta phải tìm các

cố định phèn lại để tránh hiện tượng sulfid phèn (chuyển phèn tiềm tàng thành phèn hoạt tính) gây nguy hại cho hệ sinh thái.

Biện pháp kỹ thuật dùng nước ngọt để rửa phèn: Trong quy hoạch thủy lợi vùng TGLX đã đề nghị đầu tư 08 cống Sông Hậu nhằm tăng dòng chảy mùa kiệt từ sông Hậu qua kênh Vĩnh Tế và việc cải tạo Đập cao su Tha La và Trà Sư (đã đưa vào khai thác năm 1999) với quy mô đập: chiều dài 72÷90 m, cao trình đỉnh +3.80, cao trình ngưỡng +1.50. Nhiệm vụ của 2 đập cao su Trà Sư, Tha La là ngăn lũ đầu vụ và cuối vụ từ kênh Vĩnh Tế đổ vào nội đồng khu vực phía Bắc TGLX, tiêu lũ chính vụ nhằm kiểm soát mực nước lũ ở nội đồng góp phần cải tạo môi trường sinh thái. và hiện nay hai đập cao su Tha La và Trà Sư đã được thay bằng hai cống là loại cống hở, bằng bê tông cốt thép, cống Tha La có chiều rộng thông nước 66m, chia thành 3 khoang, mỗi khoang rộng 22m. Cửa cống phẳng, đóng mở bằng xylanh thủy lực, cao trình đỉnh cửa +5,00m; Cống Trà Sư có chiều rộng thông nước 88m, chia thành 4 khoang, mỗi khoang rộng 22m. Cải tạo mở rộng và nạo vét kênh Vĩnh Tế. Bề rộng 30 m, cao trình đáy kênh -3.00. Lưu lượng cấp nước tưới vào mùa khô theo thiết kế 37 m³/s và lưu lượng thoát lũ 1.940 m³/s. Nạo vét các kênh thoát lũ T3, T4, T5, T6,...nối từ kênh Vĩnh Tế đến kênh Rạch Giá - Hà Tiên, dùng thể nước mở kênh để tăng dòng chảy trung bình vận chuyển nước chua phèn của vùng làm gia tăng chuyển nước theo hướng Tây - Đông và Bắc - Nam đã cải thiện rất nhiều đất chua phèn trong vùng. Tuy nhiên, vùng rón phèn khó cải tạo nhất nằm ở khu vực giáp nước do ảnh hưởng của 2 nguồn triều Biển Tây và nước từ sông Hậu.

Như đã biết pyrite khi ô xy hóa chứa nhiều độc tố. Việc rửa hết “gốc” a xít trong pyrite đòi hỏi nhiều thời gian. Việc rửa tầng Jurbanite, jarosite, không phải là cứ rửa là độc chất sẽ ra hết. Bởi vì lớp phía ngoài được rửa nhưng lớp phía trong vẫn có chứa Jurbanite, jarosite hoặc pyrite chưa bị ô xy hóa. Như vậy muốn rửa nhanh thì cần phải đảo lộn lớp đất khá thường xuyên. Lẽ dĩ nhiên, khi rửa triệt để như vậy thì độc tố sẽ chảy ra ngoài kênh rạch, ảnh hưởng đến môi trường.

Việc rửa phèn còn phụ thuộc vào khả năng chuyển tải “carrying capacity” của môi trường. Khả năng chuyển tải này phụ thuộc vào không gian và thời gian. Ở những vùng có nhiều nước thì khả năng chuyển tải cao hơn.

- Chế độ mưa: Vùng Tứ Giác Long Xuyên có lượng mưa lớn tập trung, con số thống kê nhiều năm cho biết tổng lượng mưa khoảng $2.100 \div 2.200$ mm, khoảng 80% tổng lượng mưa tập trung vào mùa mưa. Mưa bắt đầu sớm (cuối tháng 4) và kéo dài đến tháng 7. Sự xuất hiện của các trận mưa rất mau lẹ (gần biển). Chế độ mưa như vậy, có điều kiện thuận lợi cho việc rửa phèn đầu vụ.

Đối với việc thau chua, rửa phèn, cải thiện chất lượng nước của vùng, tùy thuộc vào điều kiện thủy văn và tình hình thực tế cụ thể trong vùng, các cống của vùng được mở 1 chiều để xả nước trong kênh. Tuy nhiên việc mở cống xả ô nhiễm được thực hiện tùy thuộc vào điều kiện cụ thể, số cửa cống mở và thời gian mở tùy thuộc vào mức độ ô nhiễm và nguồn nước. Các cống xả ô nhiễm cần xả luân phiên nhằm pha loãng ô nhiễm khu vực biên ven bờ.

Theo một số nghiên cứu tại vùng khi muốn đưa một lượng nước chua vùng TGLX từ độ pH = 3 lên độ pH = 5 phải có lượng nước sông Hậu từ $10 \div 20$ lần hiện nay tùy theo nồng độ Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} . Với lượng mưa bình quân trong các tháng 5 và tháng 6 trên toàn vùng là 256 mm thì mỗi tháng sẽ sản sinh một lượng nước tương đương lưu lượng bằng $200 \div 300 \text{ m}^3/\text{s}$ với độ pH < 3. Muốn pha loãng để đưa lượng nước này lên độ pH = 5 cần phải có lưu lượng nước từ sông Hậu đưa vào khoảng $2.000 \div 3.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Thực tế lượng nước sông Hậu vào TGLX trong tháng 5 hiện nay chỉ khoảng hơn $150 \text{ m}^3/\text{s}$ (tùy thuộc vào lượng mưa) nghĩa là chỉ bằng 1/10 đến 1/20 lượng nước yêu cầu nhưng chất lượng nước đã thay đổi. Điều đó chứng tỏ yếu tố pha loãng không phải là nguyên nhân chủ yếu làm thay đổi chất lượng nước. Chuyển tải mới là yếu tố chính quyết định sự vận động của nước chua phèn ở vùng TGLX.

Vấn đề đặt ra ở đây là cần có giải pháp vận hành hợp lý hệ thống công trình của vùng và có kế hoạch tích trữ nước mưa không những để phục vụ cho sinh hoạt, cho sản xuất mà còn cho công tác cải tạo đất phèn, tránh cho đất bị nhiễm phèn trở lại, đặc biệt là vào mùa khô khi mà nguồn nước ngọt khan hiếm.

Vận hành công trình thủy lợi để thau chua rửa phèn: TGLX nằm phía hữu ngạn sông Hậu, có hệ thống kênh rạch rất dày, hệ thống kênh cấp I, bắt nguồn từ sông Hậu chạy xuyên suốt vùng và đổ vào kênh Rạch Giá-Hà Tiên, sau đó theo các nhánh kênh phụ như Kiên

Lương, Vàm Rầy, Tuần Thống, Luỹnh Quỳnh, Vàm Răng, Rạch Giá, Cái Sắn,... tiêu ra biển Tây.



Nguồn: Viện khoa học thủy lợi miền Nam

Hình 3- 21: Bản đồ vị trí các công vùng Tứ Giác Long Xuyên

Hệ thống kênh cấp I đó gồm các kênh: Vĩnh Tế, Hà Giang, T1, T2, T3, T4, T5, T6, Kênh Đào, Cần Thảo, Tri Tôn, Mười Châu Phú, Ba Thê, Tróc Năng Gù, Rạch Giá-Long Xuyên, Đồn Đông, Cái Sắn,...chiều dài trung bình là 65km, rộng $40 \div 100\text{m}$ và sâu từ $4 \div 8\text{m}$. Nối hệ thống kênh cấp I đó lại với nhau có các kênh xuyên chéo như Mặc Cần Dung, Ba Thê Mới, Trà sư, Rạch Giá-Hà Tiên và các kênh cấp II và cấp III, dệt thành một mạng lưới thủy văn dày đặc có mật độ tới $400\text{m}/\text{km}^2$.

Quy trình vận hành hệ thống thủy lợi TGLX được ban hành tại Quyết định số 5313/QĐ-BNN-TCTL ngày 20/12/2017 của Bộ NN&PTNT, trong đó có nhiệm vụ vận hành công trình trong mùa khô để thau chua, rửa phèn, cải thiện chất lượng nước. Tùy vào điều kiện thủy văn và tình hình thực tế cụ thể trong vùng, các cống mở một chiều để xả nước trong kênh. Việc mở xả ô nhiễm được thực hiện tùy thuộc vào điều kiện cụ thể, số

cửa cống mở và thời gian mở tùy thuộc vào mức độ ô nhiễm và nguồn nước. Các cống xả ô nhiễm cần xả luân phiên nhằm pha loãng ô nhiễm khu vực biển ven bờ.



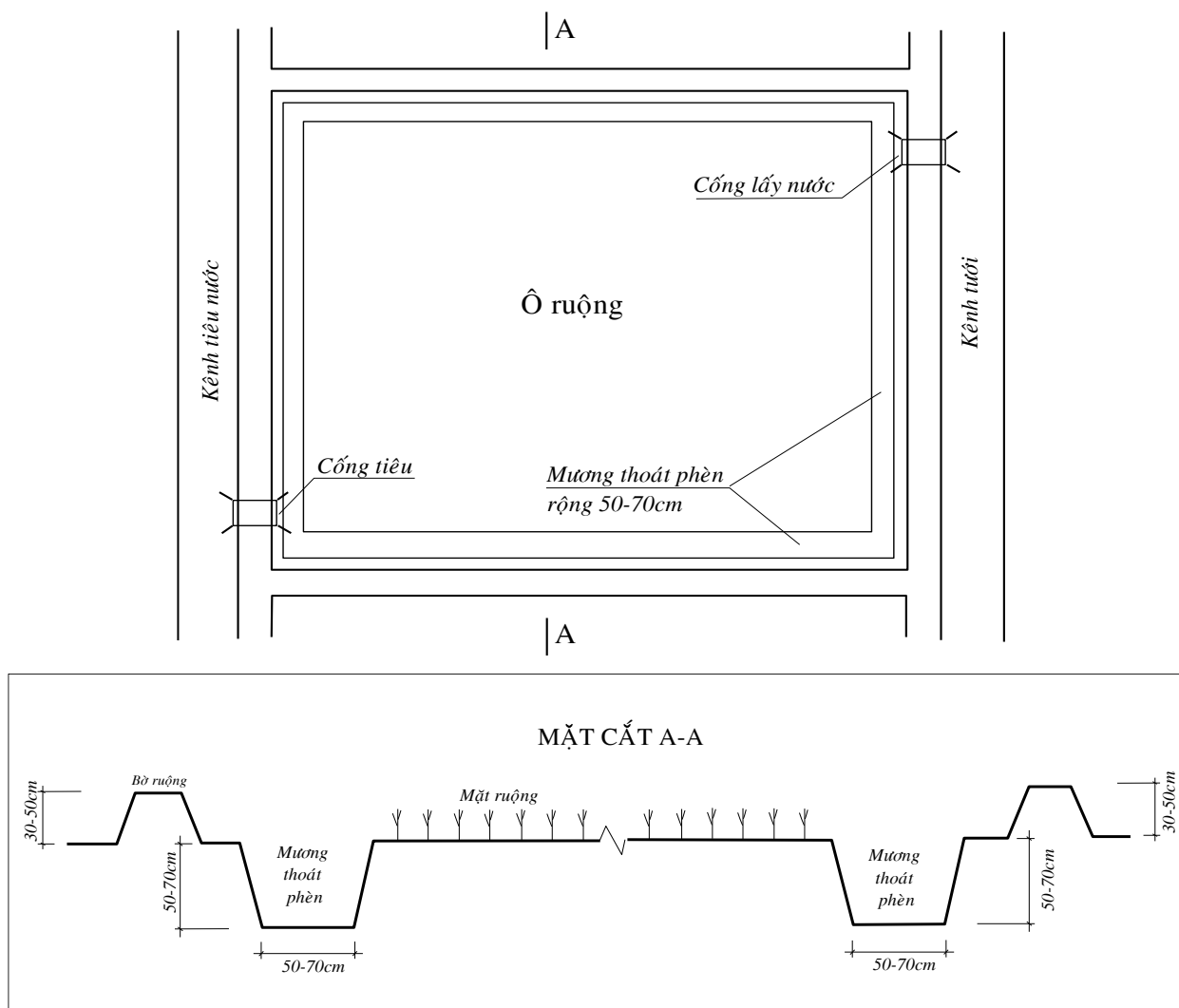
Hình 3- 22: Đào mương thoát phèn trên ô ruộng

Phèn lắng trong mương thoát

Nguồn: Viện khoa học thủy lợi miền Nam

- Kết quả mô phỏng diễn biến chua phèn trong tháng 5 cho thấy nguồn sinh phèn làm giảm giá trị pH xuống thấp và lan truyền dọc kênh Hà Giang và sau khi có các trận mưa sự pha loãng phèn làm tăng giá trị pH lên trong tháng 6. Việc cải thiện chất lượng nước trong tháng 6 cho vùng Tứ Giác Long Xuyên có thể thực hiện được bằng cách vận hành cụm công trình ven biển Tây với 30 cống vận hành một chiều (không bao gồm các đập tạm, bản đồ vị trí các cống vùng TGLX như Hình: 3-19, Trang 109). Đối với khu vực Tứ Giác Hà Tiên cần vận hành cụm công trình gồm 12 cống đập từ đập Đàm Chích đến cống Vàm Rầy. Đối với khu vực nghiên cứu là kênh Hà Giang có thể vận hành các công trình như sau:

- Đập Đàm Chích đóng để giữ nước ngọt kênh sông Giang Thành-Kênh Vĩnh Tế cấp cho khu vực Tứ Giác Hà Tiên và kênh Hà Giang;
- Cống Hà Giang và cống Thần Nông mở một chiều rút nước chua phèn ra biển Tây.



Nguồn: Viện khoa học thủy lợi miền Nam

Hình 3- 23: Mô hình dùng nước rửa phèn cho (Sơ đồ bố trí ô ruộng sử dụng giải pháp dùng nước ngọt để rửa phèn phục vụ SXNN trồng lúa và rau màu).

Để rửa phèn có hiệu quả thì vào đầu mùa mưa, tiến hành làm đất, dọn sạch rơm rạ, cỏ dại, phơi khô để diệt vi khuẩn mầm bệnh trên ruộng (nếu làm ải), tranh thủ những đợt mưa lớn ngâm và rửa phèn nhiều lần trước khi gieo trồng. Theo kinh nghiệm, để có thể xả phèn tốt thì trên ruộng cần làm những mương giáp vòng quanh ruộng để xả phèn, bề rộng và sâu chỉ cần khoảng 50÷70cm, quy trình rửa phèn như sau:

Rửa lần đầu tiên: Đóng các cống trên ruộng và lấy nước mưa đầu vụ vào ruộng để làm đất, cày bừa và trực, sau đó để lắng khoảng 4÷ 6 ngày cho độc tố trong đất bị hòa tan và pha loãng rồi xả cạn. Lúc này phèn trong đất đã được rửa khá nhiều.

Rửa lần thứ hai: Tiếp tục lấy nước mưa và giữ trên ruộng sau khi đã xả cạn lần thứ nhất, tiến hành bừa trực đất lần thứ hai, sau đó để lắng 4 ÷ 6 ngày rồi xả cạn. Độc chất

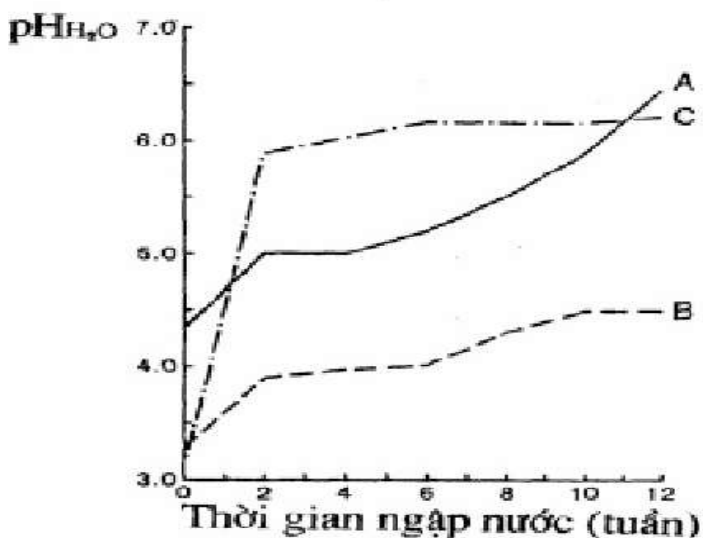
trong đất phèn đã được rửa gần hết, có thể tiến hành gieo trồng. Giữ nước trên ruộng: Giữ lại nước mưa trên ruộng để giữ độ ẩm trên lớp đất mặt hạn chế sự oxy hóa và mao dẫn các sản phẩm chua từ các tầng đất bên dưới lên tầng mặt gây độc cho cây trồng.

Khi làm đất cần tránh cho ruộng bị xì phèn. Đối với đất phèn nhẹ và trung bình thì có thể cày sâu khoảng $20 \div 25\text{cm}$, sau một thời gian sẽ làm cho tầng canh tác đất dày lên và tăng khả năng khoáng hóa chất hữu cơ, giảm được độc sắt. Đối với đất phèn nặng, có tầng phèn tiềm tàng gần tầng đất mặt thì không được cày sâu vì nếu cày sâu thì vô tình sẽ lật cả tầng phèn lên trên và gây độc cho lúa.

Mô hình này khá thích hợp cho vùng với điều kiện tự nhiên là đất bị nhiễm phèn trong khi nguồn nước ngọt chỉ phong phú vào mùa mưa còn mùa khô thì khan hiếm. Ứng dụng cho các khu vực đang trồng lúa hoặc có thể có nguồn nước để trồng lúa, địa hình thấp đến trung bình, có thể chủ động được nguồn nước tưới.

3.3.3.2. Dùng nước để ém phèn

Theo kết quả nghiên cứu cho thấy, khi đất phèn tiềm tàng thoát khí trong một thời gian lâu, mực nước ngầm giảm xuống dưới lớp đất chứa pyrit trong nhiều tuần lễ thì tạo điều kiện cho quá trình ô xy hóa đất phèn tiềm tàng thành đất phèn hoạt động. Hiện tượng này xảy ra khi dùng đất phèn đắp bờ hay làm khô cạn nước.

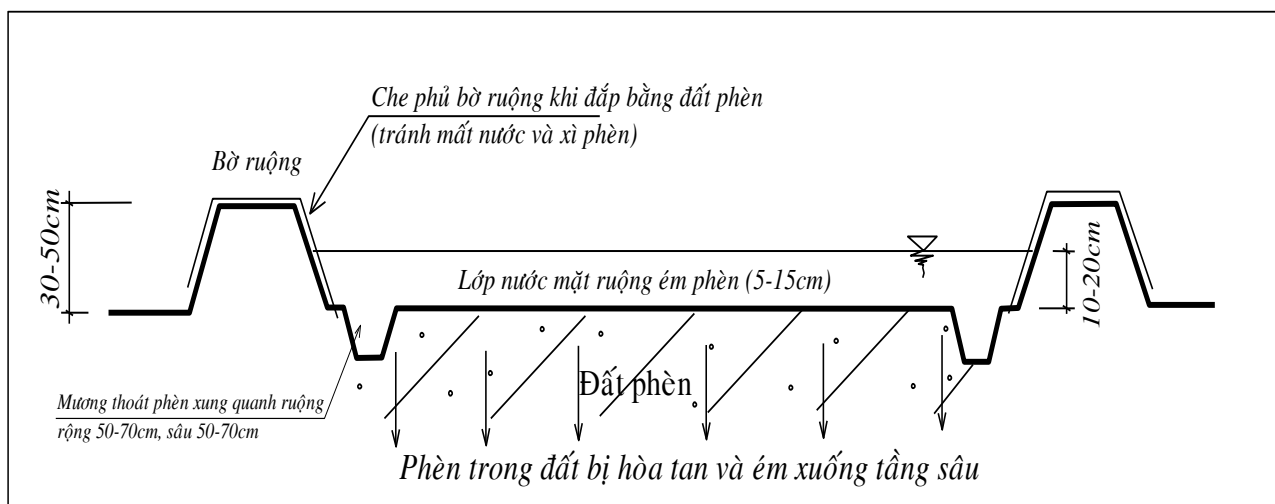


A – Ongcharak Thailan: Đất phèn đã phát triển hoàn toàn.

B – Long Mỹ: Đất phèn mặn chưa phát triển hoàn toàn.

C – Sariaya Philipin: Đất phèn mặn chưa phát triển hoàn toàn.

Hình 3- 24: Biến đổi của pH trong đất phèn khi bị ngập nước ngọt (Lê Huy Bá, 1982)



Nguồn: VKHTLMN

Hình 3- 25: Mô hình dùng nước để ém phèn cho vùng

Cơ sở khoa học của phương pháp dùng nước để ém phèn là chứa một lớp nước trên mặt ruộng. Lớp nước trên mặt ruộng có tác dụng hoà tan và làm giảm hàm lượng phèn có trên mặt ruộng và ở lớp đất mặt, đồng thời thông qua dòng thấm đứng để đưa các độc tố ở trong các tầng đất xuống tầng nước ngầm. Đất phèn ngập nước thường xuyên sẽ làm cho các độc tố trong đất phèn biến động theo chiều hướng có lợi cho cây trồng, pH trong đất sẽ được nâng lên.

3.3.3.3. Lợi dụng thủy triều để rửa phèn, ém phèn:

Đất phèn nặng có chứa nhiều vật liệu sinh phèn hoặc tầng sinh phèn nằm nông nên tác động của quá trình tiêu thoát và quản lý nước mặt ruộng có ảnh hưởng rất lớn đến sự hình thành các độc tố trong đất cũng như trong dịch đất làm giảm năng suất cây trồng và chất lượng nước trong vùng.

Do vậy ở những vùng chịu ảnh hưởng mạnh của thủy triều (nhiễm mặn) ta có thể lấy nước nhiễm mặn để rửa phèn trong đất “một lần” vào thời kỳ đầu vụ (vụ Hè-Thu) sau đó dùng nước ngọt rửa chua và mặn trước khi sạ với quy trình:

- (i) Đưa nước nhiễm mặn vào để làm đất cày bừa và trực sau đó để lắng từ 4 ÷ 7 ngày tháo cạn,
- (ii) Đưa ngay nước ngọt vào (sau khi tháo cạn) ruộng tiến hành trực đất lần hai sau đó để lắng từ 5 ÷ 7 ngày tháo cạn và sạ giống,

(iii) Cấp nước từ từ (30 – 0 mm) để giữ độ ẩm trên lớp đất mặt hạn chế sự ô xy hóa và mao dẫn các sản phẩm chua từ các tầng đất bên dưới lên tầng mặt gây độc cho mạ.

Trong vùng chịu ảnh hưởng mặn xâm nhập, ở giai đoạn sinh trưởng của cây lúa nếu lượng nước trên đồng có độ chua cao ($\text{pH} < 4 \div 4,5$), thiếu nguồn nước ngọt để rửa phèn ta có thể bơm hoặc mở cống lấy nước mặn vào để pha loãng giảm độ chua trong nước ruộng.

Việc kiểm soát mức độ ảnh hưởng mặn vào vùng nghiên cứu là rất quan trọng, đảm bảo sau khi pha loãng chỉ ở mức độ vừa đủ, dao động từ 0,5 đến 4‰, nghĩa là chỉ lấy nước mặt vào vừa đủ để pha loãng (nếu độ mặn cao quá >4‰ cây trồng sẽ bị chết), đồng thời hàng năm đều có nước mưa lớn trong khoảng thời gian khá dài rửa đất nên không gây sodic hóa đất nếu sử dụng lượng nước nhiễm mặn để thau chua, rửa phèn.

3.3.3.4. *Quản lý và giảm bớt sự ô nhiễm do đào đắp đất phèn*

Những hoạt động đào đắp trên đất phèn: Để giữ nước hay nuôi trồng thủy sản người dân trong vùng thường xây dựng hệ thống kênh mương, ao nuôi. Việc lấy đất có chứa pyrite đem lên để tạo thành bờ kênh hoặc bờ ao sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc phèn hóa và sẽ tạo ra nhiều nguồn gây ô nhiễm phèn mãnh liệt. Mức độ ô nhiễm phèn xuất phát từ hình thức này cao hơn nhiều lần so với trong ruộng lúa. Nguy cơ càng đặc biệt nghiêm trọng nếu như lượng đất đắp lớn và tập trung. Sự lan truyền của nước chua trong hệ thống kênh rạch ở vùng TGLX vào đầu mùa mưa gây ra những tác hại nghiêm trọng, đặc biệt là ở vùng TGHT. Nước chua có thể tấn công vào các công trình xây dựng thủy lợi bởi các ăn mòn điện hóa học, gây ngộ độc động thực vật thủy sinh và ảnh hưởng lớn đối với sức khỏe cộng đồng. Trong một số trường hợp, sự lan truyền độc chất phèn thông qua sông rạch có thể gây hại đến sinh thái nhạy cảm vùng ven biển cửa sông, trong nhiều trường hợp, sự xáo trộn đất phèn thông qua đào đắp thủy lợi đã làm thay đổi mực nước ngầm. Những ao tôm trên vùng đất phèn nếu bị thất bại vì lý do kinh tế hay môi trường sẽ khó có thể quay trở lại phát triển thành rừng ngập mặn hay ruộng lúa như trước. Ngoài ra, môi trường nước xung quanh với hệ thủy sinh thái một khi đã bị hủy hoại do độc chất phèn thì phải cần một thời gian rất lâu mới hồi phục lại. Đến nay chưa có nghiên cứu nào cho phép khôi phục đất phèn trở lại nguyên trạng như trước khi bị phèn hóa.

3.3.35. *Biện pháp kỹ thuật giảm thiểu phèn:*

Ngoài việc đắp bờ kênh theo phương pháp thi công truyền thống sẽ đưa lớp đất mặt ít pyrite xuống dưới sâu và lớp đất tầng sâu nhiều pyrite lên trên mặt đất. Những quan sát

trực tiếp cho thấy trên bờ kênh jarosite có thể phát triển đến chiều sâu 60 cm tính từ mặt bờ kênh, điều này nói lên tình trạng thoáng khí rất cao của đất đắp bờ. Nồng độ các độc chất trong dung dịch đất cao hơn hàng trăm lần so với ruộng lúa nước.

Nếu sự đào đắp là bất khả kháng thì nên áp dụng một số biện pháp có thể giúp cải thiện mức độ ô nhiễm như sau:

- Xây dựng bờ kênh theo phương pháp tầng đảo ngược, lớp đất chứa pyrite phải được chôn sâu ít nhất là 50 cm bởi một lớp đất không phèn.

- Đắp một bờ thấp trên mặt đê có thể làm tăng khả năng giữ nước mưa vào đất thân đê; điều này làm giảm đi khả năng ô xy hóa ở tầng sâu, kéo dài thời gian tồn tại của pyrite trong lòng đê; nghĩa là làm giảm cường độ phóng thích độc chất vào trong nước kênh.

- Ngoài ra, có thể lên liếp để trồng cây hay có thể tái tạo lại những vùng ngập nước tự nhiên bằng cách cho ngập lũ trở lại tạo thành một vùng sinh thái đầm lầy, tạo ra nguồn lợi thủy sản, như cá đồng, chim nước và du lịch sinh thái.

- *Hiệu chỉnh thời vụ:* Nông dân ở vùng đất phèn thường tiến hành rửa phèn đồng loạt vào đầu mùa mưa trước khi gieo sạ. Nhiều nghiên cứu nhận xét rằng thời vụ rửa phèn vào cuối mùa lũ và tiếp theo là vụ Đông Xuân được tưới (tháng 12 đến tháng 3) có thể giảm bớt tình trạng ô nhiễm phèn trong nước kênh tiêu đến vài lần.

Vì vậy vụ Đông Xuân bắt đầu từ tháng 12 là vừa. Mô hình này hiện đang được triển khai rộng rãi ở ĐBSCL.

3.4. Kết luận chương 3:

- Đã thiết lập sơ đồ tính (mạng lưới sông kênh) cho vùng TGLX, ứng dụng tính toán ban đầu của mô hình cho vùng TGLX và sau khi tính toán mô hình cho vùng TGLX xong tác giả tập trung nghiên cứu phân tích và tính toán, xuất kết quả mang tính đại diện cho khu vực Tứ Giác Hà Tiên, đặc biệt là phân tích kỹ kết quả tính toán của kênh Hà Giang và lân cận 08 nút/233 nút hợp lưu (phân tích khoảng 16 mặt cắt đại diện/08 nút đã chọn) thuộc sơ đồ tính cho toán cho vùng TGLX

- Đã dùng chương trình ACID2020 tính toán diễn biến phèn và sự lan truyền về định lượng.

- Trong khuôn khổ của luận án có hạn, nên tác giả chỉ tập trung phân tích tính toán sự lan truyền khi mưa cuốn trôi phèn trên mặt ruộng xuống kênh, giá trị pH của nước kênh, đây là một trong những thông số luôn luôn được xác định trong môi trường nước và cũng

là yếu tố quan trọng, sau khi phân tích và tìm ra nguyên nhân khiến giá trị pH giảm thấp xuống quá ngưỡng quy chuẩn, từ kết quả tính toán được tác giả nhập số liệu số hóa để nêu được diễn biến phức tạp của vùng, đây chính là bức tranh lan truyền nước phèn trên bản đồ và đồ thị để thấy tính hợp lý của mô hình trong luận án.

- Ngoài ra tác giả cũng quan tâm đến giá trị một số độc tố khác như giá trị Sulphate và giá trị hàm lượng sắt tồn tại trong nước, ảnh hưởng đến khả năng gây độc của một số yếu tố có thể gây nguy hiểm đối với các loài thủy sinh giá trị pH thấp gây ảnh hưởng đến cây trồng, khu hệ động vật thủy sinh, tôm cá và thấp hơn nữa có thể gây chết đối với cá và các loài động thực vật thủy sinh.

- Kết quả tính toán xác định được mức độ phèn hóa, và lan truyền chất phèn trong môi trường nước vùng TGLX nói chung và khu vực kênh Hà Giang của vùng TGHT nói riêng bức tranh diễn biến phèn có thể giúp nhà quản lý tham khảo sự lan truyền phèn của vùng vào đầu mùa mưa, khi các cơn mưa đầu mùa rơi xuống sẽ cuốn trôi các độc tố phèn được hình thành trong mùa khô sẽ bị rửa trôi và trôi trên mặt ruộng rồi tiêu thoát ra các kênh rạch xung quanh.

- Tại đây, ngoại trừ một số ít Fe^{2+} biến đổi thành $\text{Fe}(\text{OH})_3$ rồi kết tủa, nước chua mang theo các ion H^+ , SO_4^{2-} , Al^{3+} và cả Fe^{2+} chưa kịp oxy hóa, tiếp tục lan truyền bằng ảnh hưởng của các quá trình khuếch tán và đối lưu trong dòng chảy đến các khu vực lân cận. Sự lan truyền của nước chua trong mạng lưới kênh rạch được xem như là nguồn gốc của sự ô nhiễm đất canh tác và nguồn nước ngọt của cư dân trong vùng lân cận.

Sự lan truyền của nước chua phèn gây ra tác hại không nhỏ đối với hệ sinh thái, vì giá trị pH của nước biểu thị mối quan hệ giữa nồng độ H^+ và OH^- , biểu thị khả năng đệm của nước. Đây là một trong những thông số luôn luôn được xác định trong môi trường nước. Đây cũng là yếu tố quan trọng trong điều hòa môi trường, ảnh hưởng đến khả năng gây độc của một số yếu tố có thể gây nguy hiểm đối với các loài thủy sinh và cũng là nguyên nhân quan trọng gây chua phèn cho vùng.

Giá trị pH thấp gây ảnh hưởng đến cây trồng, khu hệ động vật thủy sinh, tôm cá và thấp hơn nữa có thể gây chết đối với cá và các loài động thực vật thủy sinh, gây ô nhiễm nguồn nước sinh hoạt của cư dân trên diện rộng, là tác nhân gây nên các bệnh lão hóa, thần kinh ở người, làm gia tăng quá trình ăn mòn điện hóa học và làm giảm tuổi thọ của các

công trình xây dựng. Vì vậy tác giả đã mạo muội đưa ra 1 số giải pháp nhằm giảm thiểu phèn và tác động bất lợi của phèn cho vùng TGLX.

Diễn biến chua phèn trong vùng TGLX nói chung và vùng TGHT nói riêng bị ảnh hưởng ngoài vấn đề tự nhiên, xã hội còn có nguyên nhân từ của hệ thống công trình thủy lợi của vùng hiện nay do đa số được thiết kế xây dựng từ thập niên 90 trở về trước nên không xét đến yếu tố của BĐKH-NBD cho hệ thống công trình, chỉ một số ít công trình được bổ sung vào các năm gần đây mới được quan tâm xét đến yếu tố bất lợi của BĐKH-NBD, vì vậy nhiệm vụ của HTCT của vùng hiện nay khó có thể đáp ứng được với nhu cầu phát triển KT-XH của vùng cộng thêm tác động bất lợi BĐKH-NBD ngày càng rõ rệt làm cho diễn biến chua phèn của vùng có nhiều biến đổi so với chua phèn các năm trước, cụ thể vẫn có sự giống nhau về độ lớn, song về không gian hoạt động thu hẹp hơn và thời gian hoạt động ngắn hơn.

- Sau khi ứng dụng chương trình Acid 2020 tính toán và phân tích cho thấy kết quả tính toán được khá hợp lý, tuy hàm lượng chưa cao (do mới chỉ là bước đầu tính toán của mô hình) nhưng xét về mặt định lượng và khi đem so sánh kết quả tính toán của NCS với các nghiên cứu có trước đó cho thấy kết quả này có thể làm cơ sở khoa học cho các công trình nghiên cứu tiếp theo về sử dụng và cải tạo đất, theo hướng rửa phèn hiệu quả cho vùng đất phèn nặng.

- Kết quả của luận án có thể làm cơ sở tham khảo cho các công trình nghiên cứu tiếp theo về tính toán lan truyền nước phèn trong kênh sông. Là tư liệu tham khảo để giảng dạy trong ngành tài nguyên nước (cho khoa Tài nguyên nước, Đại học tài nguyên và môi trường TPHCM).

Ở mức độ nào đó kết quả của đề tài đóng góp cho đề xuất các cơ sở khoa học nhằm khắc phục ảnh hưởng của quá trình khai thác sử dụng tài nguyên đất (tới chất lượng nước, sinh vật thủy sinh) làm cơ sở cho việc quản lý sử dụng nguồn nước và môi trường vùng TGLX.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Luận án đã xây dựng phương pháp tiếp cận hệ thống thông qua mô hình mô phỏng và các số liệu thu thập nhằm phục vụ cho việc nghiên cứu về lan truyền nước phèn trên mặt ruộng xuống hệ thống kênh rạch. Kết quả nghiên cứu của luận án có thể tóm lược một số nét cơ bản như sau:

- Đóng góp vào việc xác định được nguồn gốc, cơ chế hình thành phèn và các nguyên nhân gây ra phèn, lý hoá đất phèn, quy luật quá trình diễn biến, lan truyền của các độc chất chính trên đất phèn ở Vùng TGLX.

- Góp phần xác định cân bằng hóa học trong nước chua phèn ở vùng TGLX là jurbanite, jarosite,... và thiết lập mô hình toán mô phỏng sự lan truyền nước chua phèn trên kênh, rạch và đồng ruộng.

- Bước đầu xây dựng được 1 Module tính toán trong mô hình Delta (thủy động lực học 1 chiều - chương trình máy tính ACID2020) để tính toán một số thông số đặc trưng cho nước phèn trong hệ thống sông/kênh vùng TGLX.

Việc xây dựng được chương trình máy tính ACID2020 là công cụ tính lan truyền nước phèn nhôm (hay sắt) trong kênh sông (chủ yếu vào đầu mùa mưa). Đây là phiên bản được hoàn thiện vào tháng 3 năm 2020. Phần tính phèn bao gồm các Subroutines (chương trình con) cho tính nhôm Al^{+3} , sulphate SO_4 hay sắt Fe, dựa trên thuật toán và code của phần mềm DELTA do GS.TS Nguyễn Tất Đắc là tác giả. Các Subroutine này do NCS thực hiện dưới sự hướng dẫn của GS.TS Nguyễn Tất Đắc. Nguyễn Tất Đắc.

- Từ kết quả tính toán của chương trình ACID2020. Luận án đã đề xuất các giải pháp hợp lý để cải tạo, sử dụng và quản lý đất, nước trên vùng đất phèn vùng Tứ Giác Long Xuyên trong chiến lược phát triển kinh tế nông nghiệp và bảo vệ bền vững môi trường.

- Kết quả tính toán của mô hình cho thấy khá hợp lý về mặt định tính tuy nhiên sau khi so sánh với kết quả thử nghiệm của các nghiên cứu có trước đó cho thấy có thể làm cơ sở khoa học cho các công trình nghiên cứu tiếp theo về sử dụng và cải tạo đất, theo hướng rửa phèn hiệu quả cho vùng đất phèn nặng.

- Kết quả của luận án sẽ là tài liệu dùng để tham khảo cho các nhà quản lý, trong xem xét đề xuất các mục tiêu phát triển kinh tế xã hội và trong công tác quy hoạch sử dụng đất, công tác quản lý tài nguyên nước tại vùng đất phèn của Tứ Giác Long Xuyên.

Tóm lại: Kết quả nghiên cứu đã xác định quy luật diễn biến lan truyền các độc chất chính trên đất phèn ở vùng TGLX và ảnh hưởng của độc chất đối với hệ sinh thái nông nghiệp. Mặt khác, đã xác định được cân bằng hóa học trong nước chua phèn là Jurbanite, jarosite và xây dựng được chương trình máy tính ACID2020 là công cụ tính lan truyền nước phèn nhôm (hay sắt) trong kênh sông (chủ yếu vào đầu mùa mưa).

Kiến nghị

Những kết quả nghiên cứu ban đầu đã cho thấy hướng đi đúng đắn khi tiếp cận vấn đề trong việc giải quyết bài toán lan truyền phèn cho vùng Tứ Giác Long Xuyên và đề xuất giải pháp quản lý và phát triển tiềm năng của đất phèn ở ĐBSCL. Tuy nhiên để giải quyết bài toán quy hoạch và phát triển bền vững vùng đất này cần nghiên cứu phát triển thêm một số vấn đề sau đây:

(1) Nghiên cứu xây dựng bản đồ các thông số về lý hoá đất cho các vùng đất phèn khác nhau ở ĐBSCL phục vụ cho công tác quy hoạch phát triển bền vững,

(2) Ứng dụng trong nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật cho bài toán tiêu nước và quản lý nước trên vùng đất phèn,

(3) Nghiên cứu mở rộng mô hình liên kết giữa bài toán truyền chất trong đất và bài toán truyền chất dạng không bào tồn trong mạng lưới kênh mương,

(4) Nghiên cứu xây dựng quy trình quản lý hệ thống công trình và các giải pháp nông nghiệp nhằm hạn chế sự tái ô nhiễm trên các vùng đất phèn./.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

1. Trần Ký (2016), “Đánh giá thực trạng tài nguyên nước của tỉnh Kiên Giang thuộc vùng TGLX thuộc ĐBSCL và đề xuất các giải pháp bảo vệ nguồn nước” *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường*, Số 21 (251) Tháng 11/ 2016.
2. Trần Ký, Nguyễn Tất Đắc (2018), “Cơ chế hình thành phèn tại vùng Tứ Giác Long Xuyên” *Tuyển tập kết quả Khoa học và công nghệ 2018, Tổng cục Môi trường*, Trang 104÷110.
3. Trần Ký, Nguyễn Tất Đắc (2020), “Một phương pháp xây dựng mô hình lan truyền nước phèn trên hệ kênh sông ở Đồng bằng sông Cửu Long” *Tuyển tập kết quả KHCN 2019-2020-Số 21, Viện KHTLMN 2020*, Trang 106÷112.
4. Trần Ký, (2021), “Một mô phỏng lan truyền nước phèn sử dụng mô hình Acid 2020 cho khu vực kênh Hà Giang thuộc vùng Tứ giác Long Xuyên”, *Tuyển tập kết quả KHCN 2021-2022- Số 22, Viện KHTLMN 2022*, Trang 249÷260
5. Trần Ký, Nguyễn Tất Đắc (2022), “A model for simulation of acid water in canals and linkage to acid sulphate soil model”, *Viet Nam Aacademy for water resources, Special publication no.1 - ISSN:18559 - 4255, October 2022*. Trang 81÷88.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tiếng Việt:

- [1] Lê Huy Bá, “Biến động và ảnh hưởng của độc chất trong đất phèn tiềm tàng đến cây trồng ở Đồng Hòa - TP. Hồ Chí Minh”, *Tạp Chí Khoa Học Kỹ Thuật NN*, 5, 206 – 211, 1985.
- [2] Lê Huy Bá, *Những vấn đề đất phèn Nam Bộ*, NXB Đại học Quốc Gia, Thành Phố Hồ Chí Minh, 2003.
- [3] Nguyễn Tất Đắc, *Mô hình toán cho dòng chảy và chất lượng nước trên hệ thống kênh sông*, NXB Nông Nghiệp, 2005.
- [4] Nguyễn Tất Đắc, *Phần mềm DELTA cho tính toán dòng chảy và chất lượng nước trên hệ thống kênh sông*, NXB Nông Nghiệp, 2010.
- [5] Vương Đình Đức, “Dùng nguồn nước tại chỗ có độ pH cho phép trồng được lúa để thau chua, rửa phèn ở khu Tứ Giác Long Xuyên”, *Kỷ Yếu Hội Nghị Đất Phèn lần I*, tr. 27-28, 1979.
- [6] Mai Thị Mỹ Nhung và cộng sự, *Các biểu loại đất phèn Việt Nam*, NXB Sài Gòn, tr. 17-18, 1964.
- [7] Đào Xuân Học, *Đất phèn và môi trường đất phèn*, Trường Đại học thủy lợi, 1998.
- [8] Chu Đình Hoàng, “Nghiên cứu kết cấu kênh mương hợp lý dùng trong tiêu nước rửa phèn ở ĐBSCL”, *Báo Cáo Hội Thảo Đất Phèn VN lần thứ nhất*, TPHCM, tr. 2-3, 1991.
- [9] Võ Tòng Xuân, Lê Quang Trí, Võ Tòng Anh, Trần Kim Tính, Nguyễn Bảo Vệ, “Phân loại đất phèn ĐBSCL theo hệ chú dẫn bản đồ đất Thế giới của FAO-UNESCO”, *Tạp chí khoa học đất*, số 4, tr. 4-9, 1994.
- [10] Phan Liêu, *Tài nguyên đất Đồng Tháp Mười*, NXB KH-KT, Hà Nội, 1998.
- [11] Phan Liêu, Phạm Quang Khánh, Nguyễn Văn Nhân, *Phân loại đất Bán đảo Cà Mau và các vùng lân cận*, Phân viện QH&TKNN, TPHCM, 1988.
- [12] Trần An Phong và N.N.K, *Chú Giải Bản Đồ Sinh Thái Nông Nghiệp Đồng Bằng Sông Cửu Long*, Viện QH - TKNN, Hà Nội, tr. 14-19, 1987.
- [13] Vũ Cao Thái, “Đất phèn tiềm tàng ở Việt Nam”, *Tạp chí KH-KT Nông Nghiệp*, 1, tr. 10-15, 1983.
- [14] Vũ Cao Thái, “Nghiên cứu phương pháp điều tra phân loại chi tiết đất phèn”, *Viện Thổ Nhưỡng Nông Hoá*, tr. 5-6, 1985.

- [15] Vũ Cao Thái, “Tính chất cơ bản của đất Phèn và hướng sử dụng hợp lý”, *Viện Quy Hoạch Nông Nghiệp*, 40, tr. 16-28, 1986.
- [16] Vũ Cao Thái, Đỗ Đình Thuận, “Tài nguyên đất vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long và vấn đề khai thác sử dụng”, *Báo Cáo Khoa Học, Chương Trình Điều Tra Cơ Bản ĐBSCL - Giai đoạn 1*, tr. 15-16, 1982.
- [17] Vũ Cao Thái, Nguyễn Bích Thu, Nguyễn Thị Minh, “Mối quan hệ giữa trầm tích đệ tứ và phát sinh học đất phèn”, *Tạp chí Khoa học Đất*, Số 4, tr.10-15, 1994.
- [18] Lương Văn Thanh, “Nghiên cứu và đề xuất các biện pháp quản lý nước hợp lý nhằm cải tạo, sử dụng đất phèn trồng lúa vùng Đồng Tháp Mười”, *Viện KHTNMN*, 2002.
- [19] Nguyễn Đức Thuận, “Đặc điểm một số độc chất trong đất phèn nặng mới khai hoang trồng lúa ở Đồng Tháp Mười và biện pháp khắc phục”, Luận án Tiến sĩ ngành nông học, trang 79-93, Viện KHKT Nông Nghiệp Việt Nam, 2001.
- [20] Nguyễn Bích Thu, Vũ Cao Thái và N.N.K., “Cơ sở khoa học của các biện pháp khai thác và sử dụng đất phèn hiện tại ở Đồng Tháp Mười”, *Tạp Chí Nông Nghiệp & CNTP*, tr. 20., 1986.
- [21] Lê Văn Tiềm, Nguyễn Thanh Hải, “Độc tố chủ yếu trong đất phèn”, *Tạp Chí KHKT Nông Nghiệp*, tr. 14-15., 1994.
- [22] Bùi Quang Toàn, “Đất Phèn - Phương hướng khai thác và cải tạo”, *Tập san KHKT Nông Nghiệp*, 3, tr. 22-23, 1980.
- [23] Tạ Quốc Tuấn, Nguyễn Văn Luật, Nguyễn Ngọc Kính, “Năng suất và hiệu quả kinh tế một số biện pháp kỹ thuật thâm canh tăng năng suất lạc trên đất lúa ở vùng Tứ Giác Long Xuyên”, *Viện KHKT Nông Nghiệp VN, NXB Nông Nghiệp*, 5, tr. 180-187, 1995.
- [24] Thái Công Tụng, *Đất đai miền Châu Thổ sông Cửu Long*, Viện Khảo Cứu Nông Nghiệp Sài Gòn, tr. 5-6, 1972.
- [25] Võ Tòng Xuân, Lê Quang Trí, Võ Tòng Anh và n.n.k, “Phân loại đất phèn ĐBSCL theo hệ thống chú dẫn bản đồ đất Thế Giới của FAO – Unesco”, *Tạp Chí Khoa Học Đất*, 4, tr. 10-11.
- [26] Đặng Trung Thuận, *Địa hóa học*, NXB Đại học quốc gia Hà Nội, 2005.
- [27] Trần Ký, “Nghiên cứu ứng dụng mô hình số trị nhằm đánh giá chất lượng môi trường nước cho Tứ Giác Long Xuyên” Luận văn Thạc sỹ, thư viện Viện Tài nguyên và môi trường, Đại học Quốc gia Thành Phố Hồ Chí Minh, 2006.

- [28] Trần Ký, “*Ứng dụng mô hình số trị nghiên cứu biện pháp vận hành hợp lý cho hệ thống công trình thủy lợi vùng Tứ Giác Long Xuyên*”, Luận văn Thạc sỹ, thư viện Đại học Thủy lợi, Hà Nội, 2008.
- [29] Võ Khắc Trí, “*Nghiên cứu sự chuyển vận của nước và chất hoà tan trong đất phèn Đồng Tháp Mười*”, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, 2002.
- [30] Tôn Thất Chiêu, Nguyễn Công Pho, Nguyễn Văn Nhân, Trần An Phong, Phạm Quang Khánh, *Bản đồ và chú giải bản đồ đất Đồng bằng Sông Cửu Long*, NXB Nông Nghiệp, 1991.
- [31] Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp, *Chương trình điều tra cơ bản ĐBSCL-Giai Đoạn 2, 60.B*, 1987-1989.
- [32] Hồ Quang Đức, Nguyễn Văn Đạo, Trương Xuân Cường, Lê Thị Mỹ Hảo, *Đánh giá sự biến động đất mặn và đất phèn vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long sau 30 năm sử dụng*, Viện Thổ nhưỡng Nông hóa, 2006.
- [33] Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp, *Chương trình điều tra bổ sung chỉnh lý bản đồ đất cấp tỉnh tỷ lệ trung bình và lớn*, 2006.

2. Tiếng nước ngoài

- [34] Auriol et.al., “Etudes sur les terres et les eaux allunées”, *Bul. Econ. Indochine*, 1934.
- [35] David Dent, “Acid sulphate soils”, *International Institute for Land Reclamation and Imprpvement*, 1986.
- [36] Nguyen Tat Dac, *Unsteady one-dimensional mathematical model for tide movement and salinity intrusion in river network*, Doctoral thesis, Hanoi Institute of Mechanics, 1987.
- [37] Nguyen Tat Dac, “Governing Equations for acid water in canals”, *Vietnam Journal of Mechanics*, N0.4, 1994.
- [38] David Dent, *Acid sulphate soils: a baseline for research and development*, ILRI, The Netherlands, 1986.
- [39] Erik Erikson, “Modelling flow of water and dissolved substances in acid sulphate soils”, *Ho Chi Minh City Symposium on acid sulphate soils*, Ho Chi Minh City, Vietnam, 1992.
- [40] Niloofar Karimian, “Iron, sulfur and trace metals geochemistry during redox oscillations in freshwater re-flooded acid sulfate soil wetlands”, PhD thesis, Southern Cross University, Lismore, NSW, 2017.
- [41] Mekong Secretariat, *Report on Management of Acid Suiphate Soils Project (MASS)*, 1991.

- [42] F.R. Moormann, *Acid sulphate soils (cat clay) of the tropics agronomic library*. Ministry of Rural Affairs, Saigon, pp. 11, 1961.
- [43] Moorman F. R. and Thai Cong Tung, *The Soils of the Republic of Vietnam*, Saigon, 1961.
- [44] Phan Liêu, “Characteristics and classification of Acid Sulphate Soils in the Plain of Reed according to the Vietnam and FAO/UNESCO Systems”, *Mekong Committee Workshop on “Acid Sulphate Soils Management”*; Ho Chi Minh City, Vietnam, pp. 10 1995.
- [45] Phien. H.N., “A Preliminary Statistical Analysis of Collected Data on Acid Sulphate Soils”, *Workshop on MASS, Ho Chi Minh City, 21-25 October, 1991*.
- [46] Ponds L. J., “Online of Genesis, Characteristics, Classification and Improvement of Acid Sulphate Soils”, *Proceeding of the International Symposium on Acid Sulphate Soils, Wageningen, August, 13-20, ILRI publication, 18(1), pp. 3-27, 1973*.
- [47] Đỗ Thị Ren, Võ Thị Gương, Nguyễn Mỹ Hoa, Võ Quang Minh, Trần Thanh Lập, “Fertilization of nitrogen, phosphorus, potassium and lime for rice on acid sulphate soils in the Mekong delta, Viet Nam”, *International Institute for land Reclamation and Improvement, P.O.Box 45,6700AA Wageningen, The Netherlands, 147-154, 1993*.
- [48] Van Breemen, N. “Soil Forming Processes in Acid Sulphate Soils”, *Proc. Int. Symp., International Institute for Land Reclamation and Improvement, p.1, 1973*.
- [49] Breemen, N. van, “Dissolved aluminium in acid sulphate soil and in acid mine water”, *Proc.soil Sci.Soc.Am.*, 37, 694-697, 1973.
- [50] Breemen, N. van, *Genesis and solution chemistry of acid sulphate soils in Thailand*, Pudoc, Wageningen, 1976.
- [51] Nguyễn Thành Tín, *Chemical equilibrium in acid water in the Plain of Reeds of Viet nam*, WQMN Project, 1990.
- [52] To Van Truong and Nguyen Tat Duc, “A model for simulation of acid water in canals and linkage to acid sulphate soil model”, *Document of the Project “Management of sulphate soils, Tan Thanh, Plain of Reeds”*, Southern Institute of Water Resources Research, 1996.
- [53] N.D. Phong, CT Hoanh, J.W. Gowing, T.P. Tườn, N.X Hien and N.D. Dat, *Predicting Impacts of Water Management in coastal Zones by Hydraulic Salinity Modeling*, 2005.

- [54] C.T.Hoanh, Tuong.T.P, Kam.S.P. Phong N.D, Ngoc. N.V, and Lehmann, "Using GIS – linked hydraulic model for managing water quality conflict for shrimp and rice production in the Mekong River Delta, Vietnam", *Proceedings of NODSIM 2001*, 221-226, 2001.
- [55] N.D. Phong, C. T. Hoanh, T. P. Tuong, and H. Malano, "Effective management for acidic pollution in the canal network of the Mekong Delta of Vietnam: A modeling approach." *J. Environ Manage*, 140, 14-25, 2014.
- [56] J. E. Groenenberg and C. J. Ritsema, "*Processes in acid sulphate soils*", 1998.
- [57] J. M. Casas, J. P. Etchart, and L. Cifuentes, "Aqueous speciation of arsenic in sulfuric acid and cupric sulfate solutions," *AIChE J.*, vol. 49(8), 2199-2210, 2003.
- [58] J J. J. B. Bronswijk and J. E. Groenenberg, "A simulation model for acid sulphate soils, I: basic principles", *Sel Pap Ho Chi Minh City Symp Acid Sulfate Soils*, vol. 53, 341- 355, 1993.
- [59] F. J. Cook, D. W. Rassam, G. D. Carlin, and E. A. Gardner, "Acid flow from Acid Sulphate Soils: Measurements and modelling of flow to drains," *3rd Queensl. Environ. Conf.*, 2017.
- [60] C. Ntantumbo, R. Larsson, M. Larson, D. Julzo, and K. M. Persson, "A Simplified Model to Simulate pH and Alkalinity in the Mixing Zone Downstream of an Acidic Discharge," *Mine Water Environ*, 37(3), 552-564, 2018.
- [61] N.D.Phong, "Water acid modelling for effective water management", *Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Melbourne*, 2016.
- [62] F. J. Cook, S. K. Dobos, G. D. Carlin, and G. E. Millar, "Oxidation rate of pyrite in acid sulfate soils: In situ measurements and modelling", *Aust. J. Soil Res.*, 42(5), 499-507, 2004.
- [63] C. J. Ritsema and J. E. Groenenberg, "Pyrite Oxidation, Carbonate Weathering, and Gypsum Formation in a Drained Potential Acid Sulfate Soil", *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57(4), 968-976, 1993.
- [64] L.Quang Minh. L. Q. Minh, T. P. Tuong, M. E. F. Van Mensvoort, and J. Bouma, "Aluminum-contaminant transport by surface runoff and bypass flow from an acid sulphate soil", *Agric. Water Manag*, 56(3), 179-191, 2002.

- [65] Erik Erikson, “Modelling flow of water and dissolved substances in acid sulphate soils”, *Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulphate Soils*, Ho Chi Minh City, Vietnam, 1992.
- [66] J. Rubin, “Theoretical Analysis of Two-Dimensional, Transient Flow of Water in Unsaturated and Partly Unsaturated Soils”, *Proceedings Soil Science Society of America*, 32, 5, 1968.
- [67] L.M. Dudley, R.J. Waenert and J.J. Jurinak, “Description of Soil Chemistry Transient Solute Transport”, *Water Resources Research*, 17, 5, 1981.
- [68] D.R. Nielsen, M.Th. van Genuchten and J.W. Biggar, “Water Flow and Solute Transport Processes in the Unsaturated Zone”, *Water Resources Research*, 22, 9, 1986.
- [69] C.W. Miller and L.V. Benson, “Simulation of Solute Transport in a Chemically Reactive Heterogeneous System: Model Development and Application”, *Water Resources Research*, 19, 2, 1983.
- [70] H.M. Selim and R.S. Mansell, “Analytical Solution of the Equation for Transport of Reactive Solutes Through Soils”, *Water Resources Research*, 12, 3, 1976.
- [71] Davis J. Kirkner and Howard Reeves, “Multicomponent Mass Transport With Homogenous and Heterogeneous Chemical Reactions: Effect of the Chemistry on the Choice of Numerical Algorithm, 1. Theory”, *Water Resources Research*, 24, 10, 1988.
- [72] Peter J. Ross and Keith L. Bristow, “Simulating Water Movement in Layered and Gradational Soils Using the Kirchoff Transform”, *Proceedings of Soils Science Society of America*, 54, 1990.
- [73] Nicholas Jarvis, *The MACRO Model (version 3.1), Technical Description and Sample Simulation*, Swedish University of Agricultural Sciences, 1994.
- [74] Bernard Tychon, *Etude du Transfert d'Eau et d'Azote dans les Soils d'un Micro-Bassin Agricole, Dissertation pour l'Obtention du Titre de Docteur en Sciences de l'Environnement*, Fondation Universitaire Luxembourgeoise, 1993.
- [75] T.V. Truong, N.T. Dac and H.N. Phien, “Simulation of Acid Water Movement in Canals”, *Journal of Hydrology*, 180, 361-371, 1996.
- [76] George F. Pinder and William G. Gray, *Finite Element Simulation in Surface and Subsurface Hydrology*, Academic Press, 1977.

- [77] Tin, N.T., *Chemical equilibrium in acid water in the Plain of Reeds of Vietnam*, Report on the Water Quality Monitoring Network Project, 1990.
- [78] Van Breemen, "Soil forming processes in acid sulphate soils", *Proceedings of the International Symposium 13-20 August 1972, International Institute for Land Reclamation and Improvement*, 1973.
- [79] Brusseau M.L, et.al., "Modeling the Transport of Solutes Influenced by Multiprocess Nonequilibrium", *Water Resources Research*, 25, 9, 1989.
- [80] Ne-Zheng Sun, William W.-G. Yeh, "A Proposed Upstream Weight Numerical Method for Simulating Pollutant Transport in Groundwater", *Water Resources Research*, 19, 6, 1983.
- [81] David J.Kirkner and Howard Reeves, "Multicomponent Mass Transport with Homogeneous and Heterogeneous Chemical Reactions : Effect of the Chemistry on the Choice of Numerical Algorithm", *Numerical Results*, 24, 10, 1988.
- [82] Erik Erikson, Vo Khac Trí, Phan Thi Bình Minh, Nguyen Tan Danh, Ngo Dang Phong, "Modelling of water movement and solute transport in acid sulphate soils. Application to Tan Thanh farm", *Plain of Reeds, Vietnam, MASS project*, 1994.
- [83] Dost H. and Van Breemen N., *Proceedings of the Bangkok Symposium on Acid Sulphate Soils, January 1981*, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, Netherlands, 1982.
- [84] Dent D.L.. *Acid Sulphate Soils*, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, Netherlands, 1986.

PHỤ LỤC

Phục lục: 01

CHƯƠNG TRÌNH CON TÍNH NHÔM VÀ SULPHATE TRONG ACID2020

```
! *****
SUBROUTINE COMAL3 (Q,S,S2,ST,A1,B3,C3,AW,RS,ROS, &
& BS,TK3,TK2,PEN,VOL,KEP,PQR,UU,XIG,FIK, &
& SBD,ALF,PH,HASO)
! *****
COMMON/DIMK/L1,L2,L3,L4,L5,L6,L7,L8,L10,L11,L12
COMMON/KPR/ITER,MOA,IP,NUM,NCK,IR1,ISI1,ISI2,DT, &
& DNT,INDIS,JHQS,MDT,DNR,MBOC
COMMON/ONE/NA,NT,NH,NOC,NES,NC,KNO,LMA,ITE,NSS,NH1,NSM, &
& NTD,NRK,NTR,NNC,NRH,NSQ,KQL,MAXNOI,RK1,RK2,RK3,Ax1,Ax2
COMMON/DIMP/MAM,MQL,MAP,MZD,MRZ,MHC,LFAL,LFZD, &
& QR,MQQ,MFQ,MFS,MFS2,MFR,MVL,LPS,MU,MQA,MQT,LQL,LQRU
REAL Q(*),S(*),ST(*),C3(*),PEN(*),VOL(*),TK3(*),SBD(*), &
& A1(*),B3(*),AW(*),PQR(NRK,MAXNOI),XIG(*),S2(*),PH(*), &
& ROS(*),BS(KNO,NH),TK2(*),RS(*),UU(*),FIK(*),ALF(*),HASO(*)
INTEGER KEP(*)
TETA=0.55
ESP=0.0000001
MR=IP
DO 45 IZ=1,LMA
RS(IZ)=0.
45 AW(IZ)=0.
! ***AL+3 PROCEDURE AT INTERNAL NODES***
ppp=0.00000001
DO 100 ID=1,NA
HAC=HASO(ID)
INODE=KEP(L4+ID)
JNODE=KEP(L5+ID)
N1=KEP(L6+ID)
```



```

N21=KEP(L7+ID)
FIK(N1)=0.
XIG(N1)=PPP
DO K=N1+1,N21
HY=10.**(-PH(K))
VA=HY*S2(K)
VB=HY*S(K)
VC=S(K)*S2(K)
AAA=VA+VB+VC+0.000001
GAM=VC/AAA
BET=VB/AAA
ATE=VA/AAA
GBE=GAM+BET
Z1=0.
Z2=0.
DTI=A1(K)
DXX=PEN(K)-PEN(K-1)
IF(DTI.LT.0.05)GOTO 164
XTA=1./DTI
GOTO 166
164 XTA=0.
166 DETA=PEN(MQL+K)/DXX
ETA=PEN(MQL+NC+K)/DXX
IF(NSM.EQ.0)GOTO 176
PR=PEN(MQR+K)/DXX
GOTO 177
176 PR=0.
177 IF(DETA.GT.0.)Z1=DETA
IF(ETA.GT.0.)Z2=ETA
TTK21=TK2(K+NC)**Ax1
TTK23=TK2(K+3*NC)**Ax2
TT1=TK2(K)**Ax1
TT2=TK2(2*NC+K)**Ax2
PHN=-HAC-0.4343*ALOG(TT1*TT2+PPP)

```

```

FF1=(Z2*TTK21+Z1*TT1)*XTA
FF2=(Z2*TTK23+Z1*TT2)*XTA
PHR=-HAC-0.4343*ALOG(TTK21*TTK23+PPP)
HYRU=10.**(-PHR)
HYNG=10.**(-PHN)
FF3=(Z2*HYRU+Z1*HYNG)*XTA
XI1=(Z1+PR+Z2)*XTA
XIG(K)=XI1*GBE+PPP+GAM*RK3
FFF=GBE*FF1+GAM*(FF3-XI1*HY)
FIK(K)=FFF-BET*(FF2-XI1*S2(K))
END DO
w1=q(n1)
w2=q(n21)
IBT=ABS(KEP(L3+ID))
CG=S(N1)
CD=S(N21)
IF(IBT.EQ.0)GOTO 20
MR22=MR+2
IF(MR22.GT.NH)MR22=NH
WWW=PEN(MU+N21)
NCOD=KEP(L2+NOC+IBT)
IF(NCOD.EQ.0)GOTO 20
IF(W2.LT.0..AND.WWW.GT.0.)THEN
GIAS=(BS(IBT,MR22)-CD)/4
BS(IBT,MR)=CD
DO 15 NJ=1,4
15 BS(IBT,MR+NJ)=BS(IBT,MR+NJ-1)+GIAS
ENDIF
20 DO 75 I=N1,N21
UU(I)=0.45*PEN(MU+I)+0.55*C3(I)
PEN(MU+I)=C3(I)
IF(UU(I).GE.0.)GOTO 72
UU(I)=(1.+TK3(I+NC))*UU(I)
GOTO 75

```

```

72 UU(I)=(1.+TK3(I))*UU(I)
75 CONTINUE
    IF(CG.LE.ESP.AND.CD.LE.ESP)GOTO 100
    IF(IBT.NE.0) GOTO 90
    IF(w1.GE.0..AND.w2.LE.0.) GOTO 100
    CALL TRANS(CG,CD,N1,N21,UU,S,ST,DT,PEN,B3,KEP,XIG,FIK)
    IF(w1.LT.0.)GOTO 80
    IF(w2.GT.0.) GOTO 85
    GOTO 100
80 AW(INODE)=AW(INODE)-w1
    RS(INODE)=RS(INODE)-w1*ST(N1)
    IF(w2.GT.0.) GOTO 85
    GOTO 100
85 AW(JNODE)=AW(JNODE)+w2
    RS(JNODE)=RS(JNODE)+w2*ST(N21)
    GOTO 100
90 IF(w1.GE.0.) GOTO 100
    K=IABS(IBT)
94 IF(KEP(L2+NOC+K).EQ.0)GOTO 98
    IF(MOA.EQ.0)GOTO 96
    CD=BS(K,MR)+(BS(K,MR+1)-BS(K,MR))*MOA/NUM
    GOTO 99
96 CD=BS(K,MR)
    GOTO 99
98 CD=0.
99 IF(CG.LE.ESP.AND.CD.LE.ESP)GOTO 100
    CALL TRANS(CG,CD,N1,N21,UU,S,ST,DT,PEN,B3,KEP,XIG,FIK)
    AW(INODE)=AW(INODE)-w1
    RS(INODE)=RS(INODE)-w1*ST(N1)
100 CONTINUE
    IF(NOC.EQ.0)GOTO 102
    DO 104 ID=1,NOC
        AP=PEN(ID+MAP)
        INA=ID+NA

```

! GIẢI THÍCH Ý NGHĨA MỘT SỘ KÝ HIỆU: (Câu lệnh có chữ C đầu dòng hay ! dấu ! là câu giải thích, không biên dịch trong chương trình)

C Mảng ký hiệu bắt đầu chữ: I, J,K,N,M..là cá mảng nguyên: Ví dụ mảng KEP....

C)..., INOD là nút I, JNOD là nút J,..., NA là số lượng nhánh sông,..

C BS(..), mảng chứa các giá trị biên,...CG(..) giá trị biên bên trái (C gauch) , CD(..)

! trận,..

```
IN=KEP(L4+INA)
JN=KEP(L5+INA)
IBF=KEP(L3+INA)
N1=KEP(L6+INA)
IF(AP.LT.0.04) GOTO 30
IDAU=KEP(L7+INA)
IF(IBF.NE.0)GOTO 701
IF(Q(N1)*IDAU)103,104,101
101 AW(JN)=AW(IN)+AW(JN)
RS(JN)=RS(IN)+RS(JN)
GOTO 104
103 AW(IN)=AW(JN)+AW(IN)
RS(IN)=RS(JN)+RS(IN)
GOTO 104
701 IF(Q(N1)*IDAU.GE.0.)GOTO 104
K=IABS(IBF)
IF(KEP(L2+NOC+K).EQ.0)GOTO 918
IF(MOA.EQ.0)GOTO 916
SC=BS(K,MR)+(BS(K,MR+1)-BS(K,MR))*MOA/NUM
GOTO 920
916 SC=BS(K,MR)
GOTO 920
918 SC=0.
920 AW(IN)=AW(IN)-Q(N1)*IDAU
RS(IN)=RS(IN)-Q(N1)*SC*IDAU
GOTO 104
30 ROS(IN)=S(N1)
104 CONTINUE
```

```

102 DO 105 JK=1,LMA
    IF(AW(JK).LT.0.001)GOTO 105
    ROS(JK)=RS(JK)/AW(JK)
105 CONTINUE
!   ***** AL+3 PROCEDURE FOR EACH BRANCH *****
    DO 710 ID=1,NA
        INODE=KEP(L4+ID)
        JNODE=KEP(L5+ID)
        IBT=KEP(L3+ID)
        N1=KEP(L6+ID)
        N21=KEP(L7+ID)
        N2=N21-1
        N11=N1+1
        NX=N2-N1
        TN1=Q(N1)
        TN11=Q(N11)
        TN21=Q(N21)
        TN2=Q(N2)
        CG=ROS(INODE)
        IF(IBT.NE.0) GOTO 110
        CD=ROS(JNODE)
        GOTO 140
110 K=IABS(IBT)
    IF(KEP(L2+NOC+K).EQ.0)GOTO 135
    IF(BS(K,MR).EQ.0..AND.BS(K,MR+1).EQ.0.) GOTO 135
    IF(MOA.EQ.0) GOTO 125
    CS=BS(K,MR)+(BS(K,MR+1)-BS(K,MR))*MOA/NUM
    GOTO 130
125 CS=BS(K,MR)
130 CD=CS
    GOTO 140
135 CD=0.
140 IF(CG.LE.ESP.AND.CD.LE.ESP)GOTO 710
    CALL TRANS(CG,CD,N1,N21,UU,S,ST,DT,PEN,B3,KEP,XIG,FIK)

```

```

DO K=N1,N21
S(K)=ST(K)
END DO
213 CONTINUE
  if(TN11.LT.0..AND.TN1.lt.0.005)s(n1)=s(n11)*0.85
  if(TN2.GT.0..AND.TN21.lt.0.005)s(n21)=s(n2)*0.85
710 continue
  IF(NRK.NE.0)THEN
    LR6=L6+NA+NOC
    LR7=L7+NA+NOC
    MRR=MQR+NC
    TIS=DT/10000.
    PSI=1./(20*NUM)
    DO 500 KR=1,NRK
      STD=SBD(KR)*EXP(-ALF(KR)*ITER/NUM)
      NORU=KEP(L8+KR)
      QTS1=0.
      QTS2=0.
      KR1=KR-1
      DO 470 JJ=1,NORU
        MZ1=KEP(LR6+KR1*MAXNOI+JJ)
        MZ2=KEP(LR7+KR1*MAXNOI+JJ)
        MZ11=MZ1+1
        SSO=(S(MZ1)+S(MZ2))*0.5
        IF(PQR(KR,JJ).LT.0.)SSO=S(NC+KR)
        QTS1=QTS1+PQR(KR,JJ)
470  QTS2=QTS2+PQR(KR,JJ)*SSO
        VOS=VOL(KR)*(S(NC+KR)+PSI*STD)+QTS2*TIS
        VOL(KR)=VOL(KR)+QTS1*TIS+PEN(MRR+KR)*DT
        VLU=VOL(KR)
        IF(VLU.LT.0.001)GOTO 480
        S(NC+KR)=VOS/VLU
        GOTO 490
480 S(NC+KR)=0.

```

```

490 DO 495 KK=MZ11,MZ2
495 TK2(NC+KK)=S(NC+KR)
500 CONTINUE
      ENDIF
      END SUBROUTINE
! *****
      SUBROUTINE COMSO4(Q,S,S2,ST,A1,B3,C3,AW,RS,ROS, &
& BS,TK3,TK2,PEN,VOL,KEP,PQR,UU,XIG,FIK, &
& SBD,ALF,PH,HASO)
! *****
      COMMON/DIMK/L1,L2,L3,L4,L5,L6,L7,L8,L10,L11,L12
      COMMON/KPR/ITER,MOA,IP,NUM,NCK,IR1,ISI1,ISI2,DT, &
& DNT,INDIS,JHQS,MDT,DNR,MBOC
      COMMON/ONE/NA,NT,NH,NOC,NES,NC,KNO,LMA,ITE,NSS,NH1, &
& NSM,NTD,NRK,NTR,NNC,NRH,NSQ,KQL,MAXNOI, &
& RK1,RK2,RK3,Ax1,Ax2
      COMMON/DIMP/MAM,MQL,MAP,MZD,MRZ,MHC,LFAL,LFZD, &
& MQR,MQQ,MFQ,MFS,MFS2,MFR,MVL,LPS,MU,MQA,MQT,LQL,LQRU
      REAL Q(*),S(*),ST(*),C3(*),PEN(*),VOL(*),TK3(*),SBD(*), &
& A1(*),B3(*),AW(*),PQR(NRK,MAXNOI),XIG(*),S2(*),PH(*), &
& ROS(*),BS(KNO,NH),TK2(*),RS(*),UU(*),FIK(*),ALF(*),HASO(*)
      INTEGER KEP(*)
      TETA=0.55
      ESP=0.0000001
      MR=IP
      DO 45 IZ=1,LMA
      RS(IZ)=0.
45 AW(IZ)=0.
! ***SO4 PROCEDURE AT INTERNAL NODES***
      ppp=0.00000001
      DO 100 ID=1,NA
      HAC=HASO(ID)
      INODE=KEP(L4+ID)
      JNODE=KEP(L5+ID)

```



```

N1=KEP(L6+ID)
N21=KEP(L7+ID)
FIK(N1)=0.
XIG(N1)=PPP
DO K=N1+1,N21
HY=10.**(-PH(K))
VA=HY*S2(K)
VB=HY*S(K)
VC=S(K)*S2(K)
AAA=VA+VB+VC+0.000001
GAM=VC/AAA
BET=VB/AAA
ATE=VA/AAA
GAT=ATE+GAM
Z1=0.
Z2=0.
DTI=A1(K)
DXX=PEN(K)-PEN(K-1)
IF(DTI.LT.0.05)GOTO 164
XTA=1./DTI
GOTO 166
164 XTA=0.
166 DETA=PEN(MQL+K)/DXX
ETA=PEN(MQL+NC+K)/DXX
IF(NSM.EQ.0)GOTO 176
PR=PEN(MQR+K)/DXX
GOTO 177
176 PR=0.
177 IF(DETA.GT.0.)Z1=DETA
IF(ETA.GT.0.)Z2=ETA
TTK21=TK2(K+NC)**Ax1
TTK23=TK2(K+3*NC)**Ax2
TT1=TK2(K)**Ax1
TT2=TK2(2*NC+K)**Ax2

```

```

PHN=-HAC-0.4343*ALOG(TT1*TT2+PPP)
FF1=(Z2*TTK21+Z1*TT1)*XTA
FF2=(Z2*TTK23+Z1*TT2)*XTA
PHR=-HAC-0.4343*ALOG(TTK21*TTK23+PPP)
HYRU=10.**(-PHR)
HYNG=10.**(-PHN)
FF3=(Z2*HYRU+Z1*HYNG)*XTA
XI1=(Z1+PR+Z2)*XTA
XIG(K)=XI1*GAT+PPP+GAM*RK3
FFF=GAT*FF2+GAM*(FF3-XI1*HY)
FIK(K)=FFF+ATE*(XI1*S(K)-FF1)
END DO
w1=q(n1)
w2=q(n21)
IBT=ABS(KEP(L3+ID))
CG=S(N1)
CD=S(N21)
IF(IBT.EQ.0)GOTO 20
MR22=MR+2
IF(MR22.GT.NH)MR22=NH
WWW=PEN(MU+N21)
NCOD=KEP(L2+NOC+IBT)
IF(NCOD.EQ.0)GOTO 20
IF(W2.LT.0..AND.WWW.GT.0.)THEN
GIAS=(BS(IBT,MR22)-CD)/4
BS(IBT,MR)=CD
DO 15 NJ=1,4
15 BS(IBT,MR+NJ)=BS(IBT,MR+NJ-1)+GIAS
ENDIF
20 DO 75 I=N1,N21
UU(I)=0.45*PEN(MU+I)+0.55*C3(I)
PEN(MU+I)=C3(I)
IF(UU(I).GE.0.)GOTO 72
UU(I)=(1.+TK3(I+NC))*UU(I)

```

```

      GOTO 75
72 UU(I)=(1.+TK3(I))*UU(I)
75 CONTINUE
      IF(CG.LE.ESP.AND.CD.LE.ESP)GOTO 100
      IF(IBT.NE.0) GOTO 90
      IF(w1.GE.0..AND.w2.LE.0.) GOTO 100
      CALL TRANS(CG,CD,N1,N21,UU,S2,ST,DT,PEN,B3,KEP,XIG,FIK)
      IF(w1.LT.0.)GOTO 80
      IF(w2.GT.0.) GOTO 85
      GOTO 100
80 AW(INODE)=AW(INODE)-w1
      RS(INODE)=RS(INODE)-w1*ST(N1)
      IF(w2.GT.0.) GOTO 85
      GOTO 100
85 AW(JNODE)=AW(JNODE)+w2
      RS(JNODE)=RS(JNODE)+w2*ST(N21)
      GOTO 100
90 IF(w1.GE.0.) GOTO 100
      K=IABS(IBT)
94 IF(KEP(L2+NOC+K).EQ.0)GOTO 98
      IF(MOA.EQ.0)GOTO 96
      CD=BS(K,MR)+(BS(K,MR+1)-BS(K,MR))*MOA/NUM
      GOTO 99
96 CD=BS(K,MR)
      GOTO 99
98 CD=0.
99 IF(CG.LE.ESP.AND.CD.LE.ESP)GOTO 100
      CALL TRANS(CG,CD,N1,N21,UU,S2,ST,DT,PEN,B3,KEP,XIG,FIK)
      AW(INODE)=AW(INODE)-w1
      RS(INODE)=RS(INODE)-w1*ST(N1)
100 CONTINUE
      IF(NOC.EQ.0)GOTO 102
      DO 104 ID=1,NOC
      AP=PEN(ID+MAP)

```

```

INA=ID+NA
IN=KEP(L4+INA)
JN=KEP(L5+INA)
IBF=KEP(L3+INA)
N1=KEP(L6+INA)
IF(AP.LT.0.04) GOTO 30
IDAU=KEP(L7+INA)
IF(IBF.NE.0)GOTO 701
IF(Q(N1)*IDAU)103,104,101
101 AW(JN)=AW(IN)+AW(JN)
   RS(JN)=RS(IN)+RS(JN)
   GOTO 104
103 AW(IN)=AW(JN)+AW(IN)
   RS(IN)=RS(JN)+RS(IN)
   GOTO 104
701 IF(Q(N1)*IDAU.GE.0.)GOTO 104
   K=IABS(IBF)
   IF(KEP(L2+NOC+K).EQ.0)GOTO 918
   IF(MOA.EQ.0)GOTO 916
   SC=BS(K,MR)+(BS(K,MR+1)-BS(K,MR))*MOA/NUM
   GOTO 920
916 SC=BS(K,MR)
   GOTO 920
918 SC=0.
920 AW(IN)=AW(IN)-Q(N1)*IDAU
   RS(IN)=RS(IN)-Q(N1)*SC*IDAU
   GOTO 104
30 ROS(IN)=S2(N1)
104 CONTINUE
102 DO 105 JK=1,LMA
   IF(AW(JK).LT.0.001)GOTO 105
   ROS(JK)=RS(JK)/AW(JK)
105 CONTINUE
!   ***** SO4 PROCEDURE FOR EACH BRANCH *****

```

```

DO 710 ID=1,NA
INODE=KEP(L4+ID)
JNODE=KEP(L5+ID)
IBT=KEP(L3+ID)
N1=KEP(L6+ID)
N21=KEP(L7+ID)
N2=N21-1
N11=N1+1
NX=N2-N1
TN1=Q(N1)
TN11=Q(N11)
TN21=Q(N21)
TN2=Q(N2)
CG=ROS(INODE)
IF(IBT.NE.0) GOTO 110
CD=ROS(JNODE)
GOTO 140
110 K=IABS(IBT)
IF(KEP(L2+NOC+K).EQ.0)GOTO 135
IF(BS(K,MR).EQ.0..AND.BS(K,MR+1).EQ.0.) GOTO 135
IF(MOA.EQ.0) GOTO 125
CS=BS(K,MR)+(BS(K,MR+1)-BS(K,MR))*MOA/NUM
GOTO 130
125 CS=BS(K,MR)
130 CD=CS
GOTO 140
135 CD=0.
140 IF(CG.LE.ESP.AND.CD.LE.ESP)GOTO 710
CALL TRANS(CG,CD,N1,N21,UU,S2,ST,DT,PEN,B3,KEP,XIG,FIK)
DO K=N1,N21
S2(K)=ST(K)
END DO
213 CONTINUE
if(TN11.LT.0..AND.TN1.lt.0.005)s2(n1)=s2(n11)*0.85

```

```

      if(TN2.GT.0..AND.TN21.lt.0.005)s2(n21)=s2(n2)*0.85
710 CONTINUE
      IF(NRK.NE.0)THEN
      LR6=L6+NA+NOC
      LR7=L7+NA+NOC
      MRR=MQR+NC
      TIS=DT/10000.
      PSI=1./(20*NUM)
      DO 500 KR=1,NRK
      STD=SBD(KR+NRK)*EXP(-ALF(KR+NRK)*ITER/NUM)
      NORU=KEP(L8+KR)
      QTS1=0.
      QTS2=0.
      KR1=KR-1
      DO 470 JJ=1,NORU
      MZ1=KEP(LR6+KR1*MAXNOI+JJ)
      MZ2=KEP(LR7+KR1*MAXNOI+JJ)
      MZ11=MZ1+1
      SSO=(S2(MZ1)+S2(MZ2))*0.5
      IF(PQR(KR,JJ).LT.0.)SSO=S2(NC+KR)
      QTS1=QTS1+PQR(KR,JJ)
470  QTS2=QTS2+PQR(KR,JJ)*SSO
      VOS=VOL(KR)*(S2(NC+KR)+PSI*STD)+QTS2*TIS
      VOL(KR)=VOL(KR)+QTS1*TIS+PEN(MRR+KR)*DT
      VLU=VOL(KR)
      IF(VLU.LT.0.001)GOTO 480
      S2(NC+KR)=VOS/VLU
      GOTO 490
480  S2(NC+KR)=0.
490  DO 495 KK=MZ11,MZ2
495  TK2(3*NC+KK)=S2(NC+KR)
500 CONTINUE
      ENDIF
      DO ID=1,NA

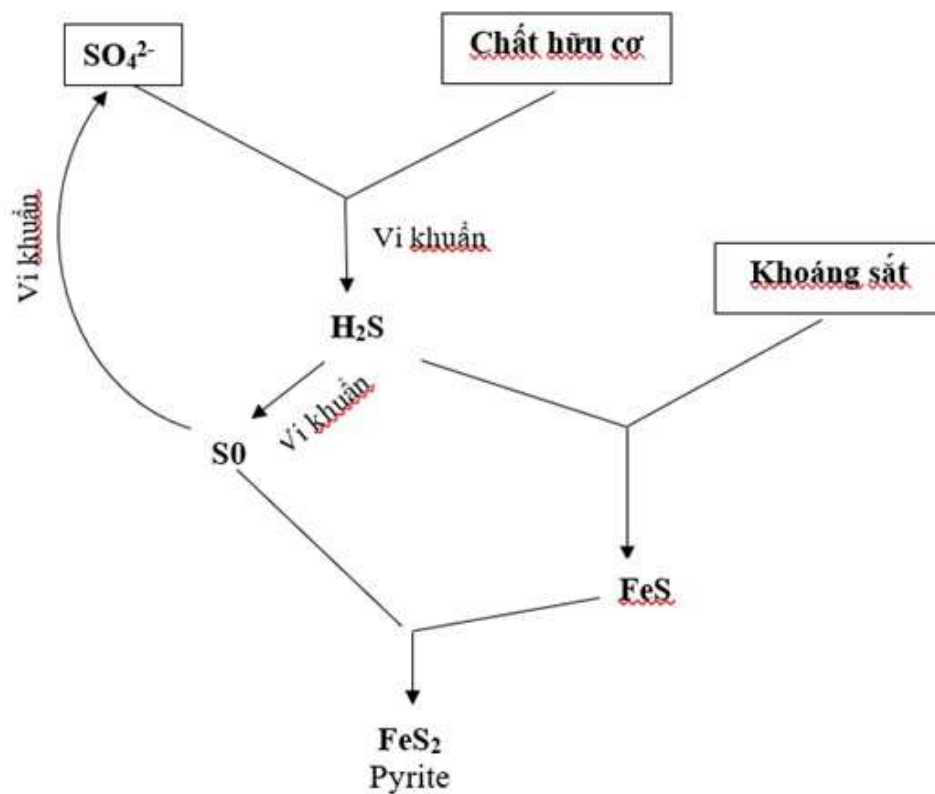
```

```

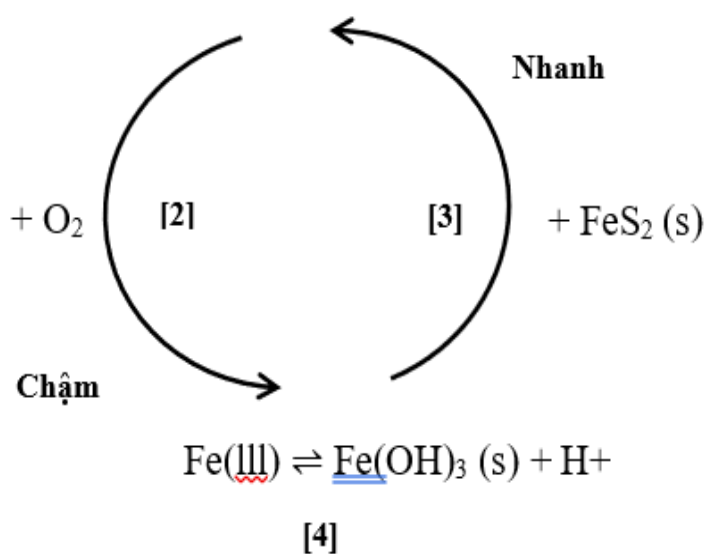
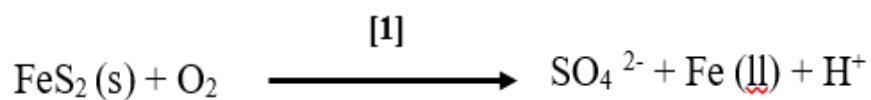
HAC=HASO(ID)
N1=KEP(L6+ID)
N21=KEP(L7+ID)
  DO I=N1,N21
    vv1=s(i)**Ax1
    vv2=s2(i)**Ax2
    PH(I)=-HAC-0.4343*ALOG(vv1*vv2+PPP)
  END DO
END DO
  END SUBROUTINE

```

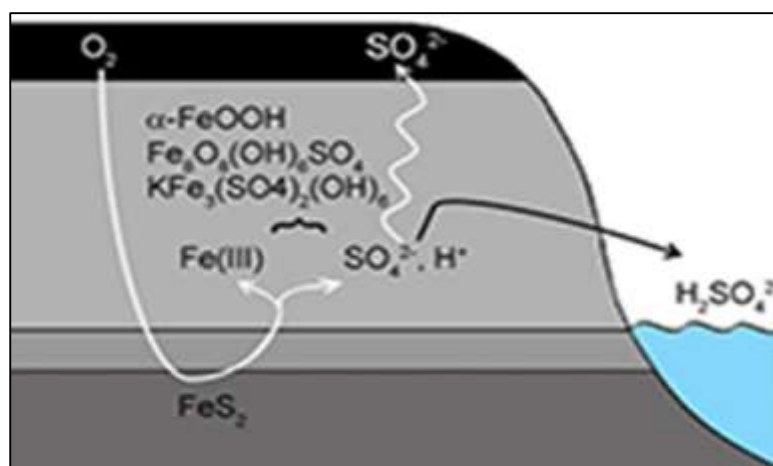

Phụ lục 02: Quá hình thành pyrite trong đất phèn



Phụ lục 03 : Quá trình oxy hóa pyrite



Phụ lục 04: Sản phẩm của quá trình oxy hóa pyrite

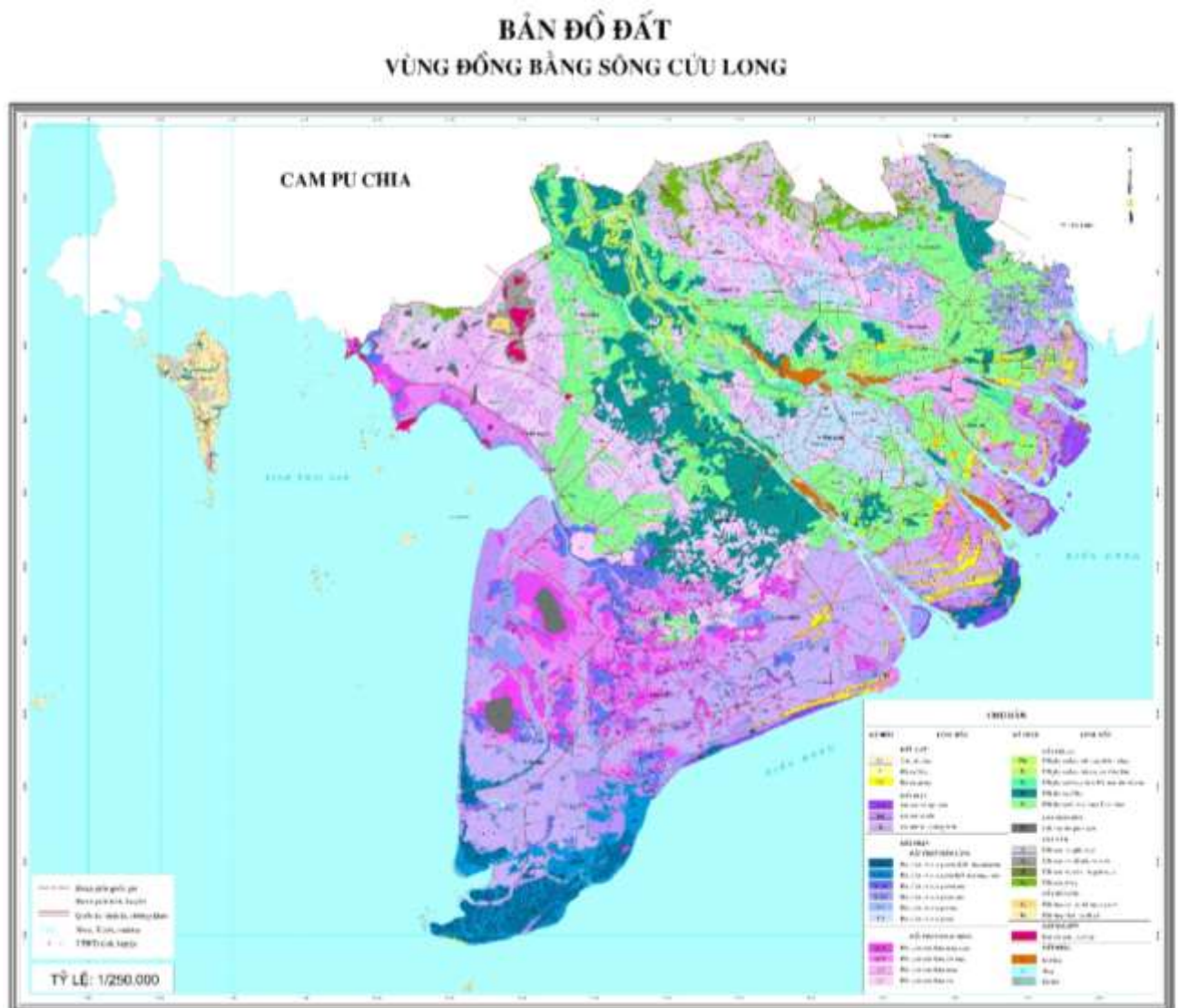


Phụ lục 05: bảng thống kê Đất toàn quốc theo 7 vùng kinh tế

STT	Tên đất	Ký hiệu	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)	Các vùng kinh tế nông nghiệp						
					Trung du miền núi phía bắc	Đồng Bằng Sông Hồng	Duyên hải Bắc Trung Bộ	Duyên hải Nam Trung Bộ	Tây Nguyên	Đông Nam Bộ	Đồng Bằng Sông Cửu Long
I	BÀI CÁT CỎN CÁT VÀ ĐẤT CÁT	C	554.761	1,7	31.655	9.689	216.020	92.702	262	150.122	54.311
II	ĐẤT MẶN	M	939.721	2,8	50.053	97.317	47.316	57.612	0	6.913	680.510
III	ĐẤT PHÈN	S	1.729.363	5,2	13.779	56.916	32.313	5.560	0	161.572	1.459.223
IV	ĐẤT PHÙ SA	P	3.006.741	9,0	304.385	747.053	550.967	284.611	167.576	193.094	759.056
V	ĐẤT LẦY VÀ THAN Bùn	T	31.542	0,1	761	1.099	867	609	1.347	0	26.858
VI	ĐẤT XÁM VÀ BẠC MÀU	X;B	1.946.622	5,8	57.278	53.086	65.523	228.369	522.744	849.109	170.513
VII	ĐẤT ĐỎ VÀ XÁM NÂU VÙNG BÁN KHÔ HẠN	DK&XK	109.839	0,3	0	0	0	0	1.707	108.132	0
VIII	ĐẤT ĐEN	R	296.361	0,9	17.248	2.436	2.603	16.934	88.267	168.874	0
IX	ĐẤT ĐỎ VÀNG	F	17.908.174	53,6	6.745.781	149.517	3.578.109	2.219.959	3.680.533	1.515.597	18.679
X	ĐẤT MÙN VÀNG ĐỎ TRÊN NÚI	H	3.183.492	9,5	2.037.550	2.610	294.586	199.307	639.192	10.246	0
XI	ĐẤT MÙN TRÊN NÚI CAO	A	195.347	0,6	189.339	0	5.327	0	681	0	0
XII	ĐẤT THUNG LŨNG	D	344.977	1,0	141.163	5.295	18.660	37.437	70.789	71.632	0
XIII	ĐẤT XÓI MÒN TRỞ SỎI ĐÁ	E	411.422	1,2	31.261	1.390	114.651	37.397	176.308	31.985	18.429
XIV	ĐẤT LẬP LIẾP	N	615.434	2	0	0	0	0	0	0	615.434
-	Đất lập liếp	N	615.434	1,8	0	0	0	0	0	0	615.434
Đất không khảo sát			277.080	0,8	0	232.757	0	0	0	15.263	29.060
Tổng diện tích đất			31.550.876	94,5	9.620.253	1.359.167	4.926.942	3.180.497	5.349.407	3.282.538	3.832.073
Sông suối			1.130.566	3,4	227.604	110.580	174.241	104.142	107.093	181.813	225.092
Núi đá			387.851	1,2	282.448	15.420	46.999	23.384	4.246	14.478	875
Tổng diện tích tự nhiên			33.069.293	99,0	10.130.305	1.485.167	5.148.182	3.308.023	5.460.746	3.478.829	4.058.040

Nguồn: Viện QH&TKNN, năm 2006

Phụ lục 06: Bản đồ đất vùng Đồng bằng sông Cửu Long năm 2006



Nguồn: Viện QH&TKNN, năm 2006

Phụ lục 07: Bảng Quy mô và biến động diện tích đất phèn vùng ĐBSCL qua các thời kỳ

Tên đất	Diện tích đất phèn vùng ĐBSCL qua các thời kỳ (ha)							Biến động diện tích (ha)				
	TK1975 (*)	%	Năm 1989 (**)		Năm 1999 (***)		Năm 2006 (****)	%	1875-1989	1989-1999	1999-2006	1975-2006
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)=(4)-(2)	(11)=(6)-(4)	(12)=(8)-(6)	(13)=(8)-(2)
DT vùng ĐBSCL	4.010.150	100,00	3.933.132	100,00	4.057.637	100,00	4.058.040	100,00	-77.018	124.505	403	47.890
Nhóm đất phèn	1.793.119	44,71	1.600.263	40,69	1.583.325	39,02	1.459.223	35,96	-192.856	-16.938	-124.102	-333.896
1. Đất phèn tiềm tàng	1.513.173	37,73	421.867	10,73	454.188	11,19	487.153	12,00	-1.091.306	32.321	32.965	-1.026.020
2. Đất phèn hoạt động	279.946	6,98	1.178.396	29,96	1.129.137	27,83	972.071	23,95	898.450	-49.259	-157.066	692.125

(*) Hồ Quang Đức & NNK. 2006, Đánh giá sự biến động đất mặn và đất phèn vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long sau 30 năm sử dụng. Viện Thổ nhưỡng nông hóa

(**) Đất ĐBSCL, NXB NN, Hà Nội, 1991

(***) Diện tích được cập nhật từ bản đồ đất tỷ lệ 1/100000 (Điều tra bổ sung năm 1998-1999)

(****) Viện Quy hoạch và TKNN, 2006. Chương trình điều tra bổ sung chỉnh lý bản đồ đất cấp tỉnh tỷ lệ trung bình và lớn.

Phụ lục 08: Bản đồ đất vùng Tứ giác Long Xuyên



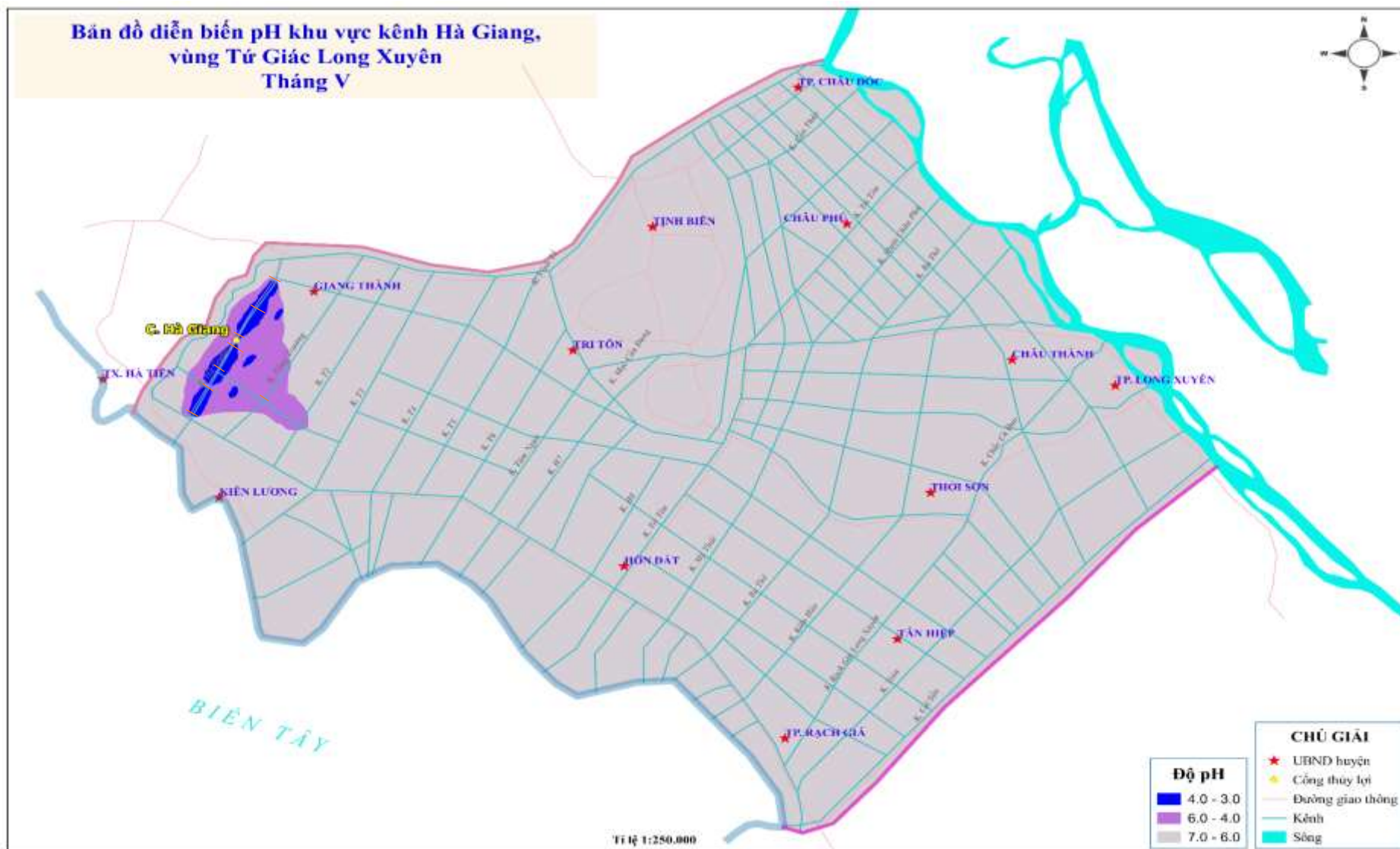
Nguồn biên tập: Bản đồ đất vùng Đồng bằng sông Cửu Long (Tỷ lệ 1/250.000), Viện Quy hoạch và TKNN, năm 2006.

Phụ lục 09: Sơ đồ mạng lưới sông kênh vùng TGLX



Luận án TS: Xây dựng mô hình toán lan truyền nước phèn tại vùng Tứ Giác Long Xuyên và áp dụng xem xét một số tác động đến sản xuất trong vùng

Phụ lục 10: Bản đồ diễn biến phèn tháng 5



Phụ lục 11: Bản đồ diễn biến phèn tháng 6

