

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ**

TRẦN VĂN HÙNG

**ĐÁNH GIÁ SỰ THAY ĐỔI HÌNH THÁI PHẪU ĐIỆN,
TÍNH CHẤT HÓA HỌC ĐẤT VÀ KHẢ NĂNG
CUNG CẤP DƯỠNG CHẤT NPK CHO LÚA
TRÊN ĐẤT PHÈN ĐỒNG BẰNG
SÔNG CỬU LONG**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ
CHUYÊN NGÀNH KHOA HỌC ĐẤT**

Mã số: 62 62 01 03

2022

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ**

TRẦN VĂN HÙNG

**ĐÁNH GIÁ SỰ THAY ĐỔI HÌNH THÁI PHẪU ĐIỆN,
TÍNH CHẤT HÓA HỌC ĐẤT VÀ KHẢ NĂNG
CUNG CẤP DƯỠNG CHẤT NPK CHO LÚA
TRÊN ĐẤT PHÈN ĐỒNG BẰNG
SÔNG CỬU LONG**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ
CHUYÊN NGÀNH KHOA HỌC ĐẤT
MÃ NGÀNH: 62 62 01 03**

**CÁN BỘ HƯỚNG DẪN
GS.TS. NGÔ NGỌC HÙNG
PGS.TS. TRẦN VĂN DŨNG**

2022

LỜI CẢM ƠN

Luận án tiến sĩ: “*Đánh giá sự thay đổi hình thái phẫu diện, tính chất hóa học đất và khả năng cung cấp dưỡng chất NPK cho lúa trên đất phèn Đồng bằng sông Cửu Long*” được hoàn thành ngoài sự nỗ lực của bản thân, tôi còn nhận được sự quan tâm, giúp đỡ chân thành của nhiều cá nhân và tập thể. Đặc biệt, tôi xin chân thành kính gửi lời tri ân sâu sắc đến **GS. TS Ngô Ngọc Hưng, PGS.TS. Trần Văn Dũng** đã tận tình giúp đỡ, hướng dẫn, cung cấp nhiều kiến thức quý báu trong quá trình tôi học tập. Từ đó, giúp tôi lĩnh hội thêm nhiều kiến thức mới để thực hiện và hoàn thành luận án tốt nghiệp.

Hoạt động khảo sát thực địa, bố trí thí nghiệm và phân tích số liệu luận án một phần được sự hỗ trợ của đề tài cấp Nhà nước “nghiên cứu sử dụng hợp lý đất phèn ĐBSCL thích ứng với biến đổi khí hậu (BĐKH 57, năm 2014-2015)”. Đồng thời tri ân đến quý Thầy/Cô trong Ban tổ chức, khảo sát đất và phân tích đất phục vụ hội thảo đất phèn thế giới tổ chức ở TP. Hồ Chí Minh năm 1992 để có được số liệu thứ cấp cho nghiên cứu của luận án. Tác giả xin chân thành cảm ơn chủ nhiệm đề tài, các thành viên tham gia đề tài và bà con nông dân tại 04 điểm thí nghiệm đã đóng góp những thông tin vô cùng quý báu.

Tôi xin gửi lời cảm ơn đến em Nguyễn Quốc Khương, em Lê Văn Dang, em Lê Phước Toàn, em Trần Ngọc Hữu và em Phan Chí Nguyễn là (giảng viên và NCV) của Trường; Các em Phan Văn Ngoan, Nguyễn Văn Nghĩa, Đoàn Vũ Nam, Phan Kiên Em (học viên cao học) đã tận tình giúp đỡ, chia sẻ công việc thí nghiệm ngoài đồng, đồng viên tôi trong trình thực hiện luận án.

Tôi xin gửi lời tri ân đến quý Thầy/Cô và Anh/Chị, Em trong Bộ môn Khoa học đất - KNN; Bộ môn Tài nguyên Đất đai – Khoa MT&TNTN đã nhiệt tình giảng dạy, truyền đạt những kiến thức, kinh nghiệm thực tiễn, chia sẻ công việc của đơn vị và đồng viên tôi trong suốt quá trình làm nghiên cứu sinh.

Ban Giám hiệu Trường, BCN Khoa Nông nghiệp, Khoa Sau Đại học, Khoa MT & TNTN và các Phòng ban của Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ và tạo điều kiện cho tôi trong suốt quá trình học tập tại Trường.

Sau cùng, kính gửi lòng biết ơn sâu sắc đến Cha Mẹ, Chị, Em hai bên và gia đình nhỏ của tôi luôn là nguồn động viên, là chỗ dựa tinh thần, niềm an ủi, ủng hộ, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập và thực hiện luận án.

Tôi bày tỏ sự biết ơn sâu sắc với tấm lòng tôn trọng và mãi luôn khắc ghi những công ơn quý báu này. Xin chân thành cảm ơn!

Trần Văn Hùng

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá sự biến đổi về hình thái, tính chất của đất phèn sau 20 năm canh tác và xác định nhu cầu dưỡng chất NPK cho cây lúa trên đất phèn ở Đồng Bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL). Các nội dung nghiên cứu bao gồm: (i) Xác định sự thay đổi hình thái phẫu diện và tính chất hóa học đất phèn ĐBSCL sau 20 năm canh tác; (ii) Xác định khả năng cung cấp dưỡng chất NPK cho lúa trên đất phèn điển hình ở ĐBSCL; (iii) Xác định hiệu quả sử dụng phân lân dạng DAP phối trộn Avail cho lúa trên đất phèn ĐBSCL.

Để xác định sự thay đổi hình thái và tính chất hóa học đất phèn, nghiên cứu sử dụng phương pháp thu thập số liệu thứ cấp về đất phèn năm 1992 (số liệu phục vụ cho hội thảo đất phèn thế giới tổ chức ở TP. Hồ Chí Minh năm 1992) tại phòng thí nghiệm lý hóa đất Bộ môn Khoa học đất, khoa Nông nghiệp Đại học Cần Thơ. Phương pháp khảo sát đất và thu mẫu đất theo hướng dẫn FAO-2006. Nghiên cứu sử dụng phương pháp quản lý dưỡng chất theo điểm chuyên biệt (Site Specific Nutrient Management-SSNM) được sử dụng trong đánh giá khả năng cung cấp dưỡng chất NPK cho cây lúa. Đồng thời, để nâng cao hiệu quả sử dụng phân lân trên đất phèn do bị cố định bởi nhôm và sắt, chế phẩm Avail cũng được khảo nghiệm và đánh giá.

Kết quả khảo sát trên 05 phẫu diện đất phèn tại ĐBSCL sau 20 năm canh tác cho thấy có sự biến đổi về hình thái như: khảo sát đất năm 2015 cho thấy tầng đất canh tác đã phát triển hơn, có sự xuất hiện các đốm rỉ theo ống rễ. Đối với tầng tích tụ B có sự trực di hữu cơ dạng humic và trực di sét, màu sắc các đốm rỉ sẫm màu hơn, rõ nét nhất là đốm Jarosite đang chuyển màu (2.5Y 8/6 chuyển rõ sang 8/8), và có sự khuếch tán các đốm màu vàng đỏ (7.5YR 6/8) vào trong nền đốm Jarosite. Tuy nhiên, đối với đất phèn để đặt tên đất theo FAO-WRB chỉ dựa vào tầng chẩn đoán sunfuric và vật liệu chẩn đoán sunfidic là chính nên cả 05 phẫu diện đất không có thay đổi tên đất. Kết quả đặt tên đất lại đến cấp đơn vị có 02 nhóm đất: phèn hoạt động nặng (Epi-Orthi Thionic) và phèn hoạt động nhẹ (Endo-Orthi Thionic) không thay đổi tên đất sau thời gian 20 năm canh tác. Kết quả đánh giá đặc tính đất ở hai thời điểm cho thấy giá trị pH đất không biến động nhiều, tầng đất canh tác năm 2015 được đánh giá ở mức chua đến rất chua ($pH_{H_2O(1:2,5)} < 5$), các độc tố trong đất như acid tổng, nhôm trao đổi Al^{3+} và sắt tự do Fe_2O_3 ở tầng đất mặt đang ở mức trung bình đến cao. Canxi trao đổi trong tất cả các điểm khảo sát đất phèn đều tăng từ 4 đến 7 lần sau 20 năm canh tác. Đạm tổng số tầng đất canh tác được đánh giá mức trung bình (0,26-0,49 % N), hàm lượng lân dễ tiêu (2,28-18,4 mg P_2O_5 /kg) và kali trao đổi (0,11-0,36 cmol /kg) luôn ở mức thấp. Kết quả thí nghiệm khả năng đất cung cấp dưỡng chất NPK cho lúa trên đất phèn điển hình ở ĐBSCL cho thấy khả năng cung cấp N cho lúa vụ HT là (54,6 %N so với hấp thu tổng), thấp hơn vụ ĐX (61,6 %N). Không bón N đã dẫn đến giảm năng suất lúa vụ HT trung bình khoảng 29% và vụ ĐX 36%. Với lượng bón 80 kg N trong vụ HT năng suất lúa đạt trung bình là (4,8 tấn/ha), và vụ ĐX với lượng bón 100 kg N năng suất lúa đạt được trung bình (8,0 tấn/ha). Mức độ đất cung cấp P_2O_5 và K_2O trung bình cho lúa HT khoảng (84% P_2O_5 và 83%

K₂O), và vụ ĐX (83% P₂O₅; 85% K₂O). Kết quả đánh giá đáp ứng năng suất lúa đối với lân phối trộn với Avail (30P₂O₅+Avail) cho thấy chỉ duy nhất điểm thí nghiệm đất phèn Phụng Hiệp vụ HT có sự gia tăng về thành phần năng suất, năng suất lúa và hàm lượng P hấp thu cao hơn so với chỉ bón lân (30P₂O₅). Vài trường hợp cũng cho thấy sử dụng lân phối trộn với Avail (30P₂O₅+Avail) giảm được 50% lượng phân lân bón theo khuyến cáo.

Từ khóa: Đất phèn, phân bón NPK, Avail polymer, phương pháp bón khuyết NPK, đồng bằng sông Cửu Long.

ABSTRACT

This research was aimed at investigating the morphological and physicochemical properties of acid sulfate soils (ASS) after 20 years of cultivation and NPK nutrient requirements for rice plants on acid sulfate soils in the Mekong Delta (MD). The research includes: (i) Assessing the changes in morphological profile, and chemical properties of ASS in the MD after 20 years of cultivation. (ii) Determination of NPK nutrient supply capacity of ASS for some locations in the MD. Determining the efficiency of using phosphorus in the form of DAP fertilizer blended with Avail for rice on ASS in the MD.

To determine the changes in morphological profile and chemical properties of ASS, existing data collected from the lab of the Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Can Tho University (Data for the Fourth International Symposium on Acid Sulfate Soils in Ho Chi Minh city 1992, 4th – ISSASS). Soil survey and sampling method according to FAO-2006 guidelines. The Site-Specific Nutrient Management (SSNM) method was used to assess the availability of NPK nutrients in the soil to rice. Moreover, the study improves the efficiency of phosphate fertilizer that was fixed by aluminum and iron also conducting, Avail preparations are also tested and evaluated.

The results of a survey on 05 ASS sites in the MD after 20 years of cultivation showed that there were changes in morphology such as The cultivated soil layer surveyed in 2015 was more developed, with the appearance of mottles distributed along root holes. For the accumulative soil layer B, there was a direct humic organic leaching below, the color of the rust spots was darker, the most obvious was the changing color of Jarosite (2.5Y 8/6 clearly changed to 8/8), and there was diffused of reddish-yellow mottles (7.5YR 6/8) into the Jarosite speckled background. However, naming the ASS soil according to FAO-WRB was based only on the sulfuric diagnostic layer and the main sulfidic diagnostic materials, so all five soil profiles did not change the soil name. The results of renaming the soil to the unit level showed that there were 2 soil groups: shallow Actual acid sulfate soils (Epi-Orthi Thionic) and deep Actual acid sulfate soils (Endo-Orthi Thionic) that did not change the soil name after 20 years of cultivation. The results of the assessment of soil physicochemical properties at two-time points showed that the soil pH value did not change much, in the cultivated soil layer in 2015 it was assessed as acidic to very acidic ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}(1:2.5)} < 5$). Toxic substances in the soil such as total acid, aluminum exchange Al^{3+} , and free iron Fe_2O_3 in the topsoil are at moderate to high levels. Calcium exchange in all ASS profiles increased from 4 to 7 times with cultivation time. Total N in the Ah soil layers was assessed as average (0.26-0.49% N), available phosphorus (2.28-18.4 mg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{kg}$) and exchangeable potassium (0.11-0.36 cmol/kg) were always low. Experimental results on the ability of soil to provide NPK nutrients for rice on typical ASS in the MD showed that the soil nitrogen provided about 54% N for total N uptake of rice in Summer-Autumn, and in Winter-Spring was 61% N. No application N led to a decrease rice yield average Summer-Autumn crop about 29% and Winter-Spring was 36%. The rice yield response with N fertilizer in Summer-Autumn was 4.8 tons/ha when applied 80 kg N per ha. Meanwhile, rice yield response

with N fertilizer in Winter-Spring was 8 tons/ha after applying 100N fertilizer. The soil P and K supplied for rice in Summer-Autumn were (84% and 83%), respectively, and in Winter-Spring was (83% P₂O₅ and 85% K₂O). The results of rice yield response assessment after applying 30P₂O₅ combined with Avail among 04 soil types indicated that had an increase in yield and a higher amount of P uptake in Phung Hiep. Some study sites also revealed that using 30P₂O₅ combined with Avail reduced the amount of phosphate fertilizer used by 50%.

Keywords: Acid sulfate soil, NPK fertilizer, Avail polymer, nutrient omission plots, Mekong Delta

LỜI CAM KẾT KẾT QUẢ

Tôi xin cam kết đây là công trình nghiên cứu của bản thân và cán bộ hướng dẫn. Các số liệu, kết quả trình bày trong luận án là trung thực và chưa được ai công bố trong bất kỳ luận án cùng cấp nào trước đây. Số liệu trong đề tài này một phần thừa kế về hình thái phẫu diện đất và số liệu phân tích lý, hóa đất trong hội nghị đất phèn thế giới lần thứ 4 tại Việt Nam năm 1992 “Excursion Guide-Fourth International Symposium on Acid Sulphate Soils, Ho Chi Minh City, Vietnam, March 2-6, 1992” và một phần thuộc đề tài “Nghiên cứu sử dụng hợp lý đất phèn đồng bằng sông Cửu Long thích ứng với biến đổi khí hậu-với mã số BDKH 57”.

Cần thơ, ngày tháng năm 2022

Người hướng dẫn 1



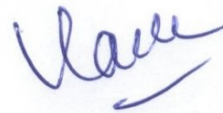
GS.TS. Ngô Ngọc Hưng

Người hướng dẫn 2



PGS.TS. Trần Văn Dũng

Tác giả luận án



Trần Văn Hùng

MỤC LỤC

Trang phụ bìa	i
Lời cảm ơn	ii
Tóm tắt	iii
Abstract	v
Lời cam kết kết quả	vii
Mục lục	viii
Danh sách hình	xiv
Danh sách bảng	xii
Danh mục từ viết tắt	xvi
Chương 1: Giới thiệu	1
1.1 Đặt vấn đề	1
1.2 Mục tiêu nghiên cứu	2
1.2.1 Mục tiêu chung	2
1.2.2 Mục tiêu cụ thể	2
1.3 Nội dung nghiên cứu	2
1.4 Ý nghĩa của luận án	2
1.4.1 Ý nghĩa khoa học	2
1.4.2 Ý nghĩa thực tiễn	3
1.5 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	3
1.5.1. Đối tượng nghiên cứu	3
1.5.2. Phạm vi nghiên cứu	3
1.6. Những điểm mới của luận án	4
Chương 2: Lược khảo tài liệu	5
2.1 Tổng quan nghiên cứu về đất phèn	5
2.1.1 Khái niệm đất phèn	5
2.1.2. Quá trình hình thành và phát triển đất phèn	5
2.1.3. Sự phân bố đất phèn	8
2.2 phân loại đất phèn	11
2.2.1. Phân loại đất phèn trên thế giới	11
2.2.2. Phân loại đất phèn ở Việt Nam và ĐBSCL	12
2.3 Đặc tính hóa học của đất phèn ĐBSCL	13
2.3.1 pH đất phèn	13
2.3.2 Chất hữu cơ trong đất phèn	15
2.3.3 Đạm trong đất phèn	16
2.3.4 Lân trong đất phèn	17
2.3.5 Các Cation trao đổi trong đất phèn	18
2.3.6 Độc tố nhôm và sắt trong đất phèn	21

2.4 Khả năng cung cấp dưỡng chất NPK trên đất phèn trồng lúa	23
2.4.1 Khả năng cung cấp N trên đất phèn trồng lúa	23
2.4.2 Khả năng cung cấp P trên đất phèn trồng lúa	25
2.4.3 Khả năng cung cấp K trên đất phèn trồng lúa	27
2.4.4 Cải thiện hiệu quả sử dụng phân lân với công nghệ Polymer	28
2.4.5 Cung cấp cân đối, hiệu quả và đủ các yếu tố N, P, K cho lúa	30
2.5 Đặc điểm vùng nghiên cứu	34
2.5.1 Đặc điểm vùng Tứ Giác Long Xuyên	34
2.5.2 Đặc điểm vùng Đồng Tháp Mười	35
2.5.3. Đặc điểm vùng Bán Đảo Cà Mau	36
2.5.4. Đặc điểm vùng trũng Tây Nam sông Hậu	37
Chương 3: Vật liệu và Phương pháp nghiên cứu	40
3.1 Vật liệu nghiên cứu	40
3.2 Thời gian và địa điểm nghiên cứu	40
3.3 Khí tượng thủy văn, hệ thống canh tác và lịch thời vụ vùng khảo sát đất phèn	42
3.4 Đặc tính đất thí nghiệm	44
3.5 Phương pháp nghiên cứu	45
3.5.1 Nội dung 1: Phương pháp điều tra, khảo sát đất	46
3.5.2 Nội dung 2: Phương pháp xác định nhu cầu NPK cho lúa trên đất phèn	49
3.5.3 Nội dung 3: Phương pháp đánh giá hiệu quả của Avail	52
Chương 4: Kết quả thảo luận	54
4.1 Sự thay đổi hình thái phẫu diện và tính chất hóa học đất phèn ĐBSCL sau thời gian 20 năm sử dụng	54
4.1.1 Sự thay đổi hình thái phẫu diện đất phèn ĐBSCL	54
4.1.1.1 <i>Hình thái phẫu diện đất phèn Hồng Dân-Bạc Liêu năm (2015 so 1992)</i>	54
4.1.1.2 <i>Hình thái phẫu diện đất phèn Phụng Hiệp-Hậu Giang năm (2015 so 1992)</i>	55
4.1.1.3 <i>Hình thái phẫu diện đất phèn Tân Thạnh-Long An năm (2015 so 1992)</i>	56
4.1.1.4 <i>Hình thái phẫu diện đất phèn Thạnh Hóa-Long An năm (2015 so 1992)</i>	58
4.1.1.5 <i>Hình thái phẫu diện đất phèn Tân Phước-Tiền Giang (2015 so 1992)</i>	59
4.1.2 Sự thay đổi đặc tính hóa học đất phèn ĐBSCL	64
4.1.2.1 <i>pH_{H2O(1:2.5)} và pH_{KCl(1:2.5)}</i>	64
4.1.2.2 <i>Độ dẫn điện trong đất (EC: Electrical conductivity)</i>	66
4.1.2.3 <i>Acid tổng trong đất</i>	68

4.1.2.4	<i>Nhôm trao đổi trong đất</i>	69
4.1.2.5	<i>Sắt tự do</i>	71
4.1.2.6	<i>Chất hữu cơ trong đất</i>	72
4.1.2.7	<i>Đạm tổng số trong đất</i>	75
4.1.2.8	<i>Lân tổng số trong đất</i>	77
4.1.2.9	<i>Lân dễ tiêu trong đất</i>	78
4.1.2.10	<i>Kali trao đổi trong đất</i>	80
4.1.2.11	<i>Natri trao đổi trong đất</i>	82
4.1.2.12	<i>Canxi trao đổi trong đất</i>	83
4.1.2.13	<i>Thành phần cơ giới đất</i>	85
4.2	Khả năng cung cấp dưỡng chất NPK cho lúa trên đất phèn ĐBSCL	89
4.2.1	Ảnh hưởng phân N, P và K đến năng suất, hàm lượng và hấp thu NPK của lúa vụ HT	89
4.2.1.1	<i>Ảnh hưởng phân N, P và K đến năng suất lúa vụ HT</i>	89
4.2.1.2	<i>Đáp ứng năng suất lúa bởi dưỡng chất N, P, K vụ HT</i>	91
4.2.1.3	<i>Ảnh hưởng phân NPK đến hàm lượng N, P và K của lúa vụ HT</i>	92
4.2.1.4	<i>Ảnh hưởng phân NPK đến hấp thu N, P, và K của lúa vụ HT</i>	93
4.2.2	Ảnh hưởng phân N, P và K đến năng suất, hàm lượng và hấp thu NPK của lúa vụ ĐX	97
4.2.2.1	<i>Ảnh hưởng phân N, P và K đến năng suất lúa vụ ĐX</i>	97
4.2.2.2	<i>Đáp ứng năng suất lúa bởi dưỡng chất N, P, K vụ ĐX</i>	98
4.2.2.3	<i>Ảnh hưởng phân NPK đến hàm lượng N, P và K của lúa vụ ĐX</i>	99
4.2.2.4	<i>Ảnh hưởng phân NPK đến hấp thu N, P, và K của lúa vụ ĐX</i>	101
4.2.3	Khả năng cung cấp dinh dưỡng N, P, và K cho lúa từ đất	104
4.3	Hiệu quả sử dụng phân lân dạng DAP phối trộn Avail cho lúa trên đất phèn ĐBSCL	105
4.3.1	Ảnh hưởng bón phân lân dạng DAP phối trộn Avail đến năng suất, hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ HT	106
4.3.1.1	<i>Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến năng suất lúa vụ HT</i>	106
4.3.1.2	<i>Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ HT</i>	108
4.3.2	Ảnh hưởng bón phân lân dạng DAP phối trộn Avail đến năng suất, hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX	110
4.3.2.1	<i>Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến năng suất lúa vụ ĐX</i>	110
4.3.2.2	<i>Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX</i>	111
Chương 5:	Kết luận và Đề nghị	115
5.1.	Kết Luận	115
5.2.	Đề Nghị	116

Tài liệu tham khảo	117
Phụ lục	136

DANH SÁCH BẢNG

Bảng	Tên Bảng	Trang
Bảng 2.1:	Phân loại đất và ký hiệu dùng cho bản đồ đất tỷ lệ lớn (1/5.000 – 1/25.000)	13
Bảng 2.2:	Lượng mùn và hữu cơ trong tầng mặt đất phèn	16
Bảng 2.3:	Đạm tổng số tầng đất mặt một số vùng đất phèn	17
Bảng 2.4:	Kali và natri trao đổi trong tầng mặt của một số biểu loại đất phèn	19
Bảng 2.5:	Canxi trao đổi tầng mặt A của các phẫu diện đất phèn ĐBSCL	20
Bảng 3.1:	Thông tin 05 phẫu diện đất phèn ĐBSCL năm 1992	41
Bảng 3.2:	Thời gian xuống giống và thu hoạch tại 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL	42
Bảng 3.3:	Tính chất đất thí nghiệm tại 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL	45
Bảng 3.4:	Địa điểm, tọa độ các phẫu diện được nghiên cứu năm 2015	47
Bảng 3.5:	Lượng phân N, P và K bón ở ba thời điểm 10, 20, 45 NSS vụ HT và ĐX	50
Bảng 3.6:	Công thức phân bón nghiệm thức FFP ở các địa điểm thí nghiệm trong vụ HT và ĐX	50
Bảng 3.7:	Các nghiệm thức thí nghiệm đồng ruộng tại 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL	51
Bảng 3.8:	Lượng phân nền N, và K bón ở ba thời điểm 10, 20, 45 NSS vụ HT và ĐX	52
Bảng 3.9:	Các nghiệm thức bón phân lân và lân phối trộn Avail	52
Bảng 4.1:	So sánh hình thái đất phèn ĐBSCL năm (2015 so 1992)	60
Bảng 4.2:	So sánh và đánh giá đặc tính hóa học tầng đất mặt (tầng canh tác) 05 phẫu diện đất phèn ĐBSCL năm (2015 so 1992)	86
Bảng 4.3:	Ảnh hưởng phân N, P và K đến năng suất lúa vụ HT trên đất phèn ĐBSCL	90
Bảng 4.4:	Ảnh hưởng phân NPK đến hàm lượng NPK trong các bộ phận cây lúa vụ HT trên đất phèn ĐBSCL	92
Bảng 4.5:	Ảnh hưởng phân NPK đến hấp thu N, P, và K trong các bộ phận cây lúa vụ HT trên đất phèn ĐBSCL	93
Bảng 4.6:	Ảnh hưởng phân N, P và K đến thành phần năng suất và năng suất lúa vụ ĐX trên đất phèn ĐBSCL	98
Bảng 4.7:	Ảnh hưởng phân NPK đến hàm lượng NPK trong các bộ phận cây lúa vụ ĐX trên đất phèn ĐBSCL	100
Bảng 4.8:	Ảnh hưởng phân NPK đến hấp thu N, P, và K trong các bộ phận cây lúa vụ ĐX	101
Bảng 4.9:	Khả năng đất cung cấp dinh dưỡng N, P, và K cho lúa vụ HT và ĐX	104
Bảng 4.10:	Ảnh hưởng bón lân phối trộn Avail đến năng suất lúa vụ HT	107
Bảng 4.11:	Ảnh hưởng bón lân phối trộn Avail đến hàm lượng và hấp thu lân trong các bộ phận cây lúa vụ HT	108
Bảng 4.12:	Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến năng suất lúa vụ ĐX	111

Bảng	Tên Bảng	Trang
Bảng 4.13:	Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX	112

DANH SÁCH HÌNH

Hình	Tên Hình	Trang
Hình 2.1:	Bản đồ đất thế giới	9
Hình 2.2:	Bản đồ các nhóm đất chính Việt Nam	10
Hình 2.3:	Bản đồ phân bố đất phèn ĐBSCL	11
Hình 2.4:	So sánh tính chất: (a) pH; (b) Al^{3+} trao đổi; (c) Fe^{2+} hoạt động của 4 vùng đất phèn ở ĐBSCL	23
Hình 2.5:	Khuyến cáo bón phân N theo SSNM và điều chỉnh lượng đạm theo LCC cho lúa ngắn ngày vùng ĐBSCL	34
Hình 3.1:	Vị trí khảo sát các phẫu diện đất phèn điển hình tại ĐBSCL	41
Hình 3.2:	Trung bình tháng về lượng mưa, nhiệt độ và số giờ nắng (từ tháng 1/2014 đến 12/2015) ở ĐBSCL	43
Hình 3.3:	Lịch thời vụ của 05 hệ thống canh tác trên đất phèn từ giai đoạn 1992 đến 2015	44
Hình 3.4:	Mối liên hệ giữa các nội dung nghiên cứu	46
Hình 3.5:	Sơ đồ cách đào phẫu diện và phẫu diện mẫu	47
Hình 3.6:	Bố trí các nghiệm thức thí nghiệm lô khuyết xác định nhu cầu NPK trên đất phèn tại Hòn Đất	50
Hình 3.7:	Bố trí các nghiệm thức thí nghiệm với phân lân phối trộn Avail xác định hiệu quả của Avail trên đất phèn vụ ĐX tại Hồng Dân	52
Hình 4.1:	Hình thái phẫu diện đất Hồng Dân-Bạc Liêu năm (2015 so 1992)	55
Hình 4.2:	Hình thái phẫu diện đất Phụng Hiệp-Hậu Giang năm (2015 so 1992)	56
Hình 4.3:	Hình thái phẫu diện đất Tân Thạnh-Long An năm (2015 so 1992)	57
Hình 4.4:	Hình thái phẫu diện đất Thạnh Hóa – Long An năm (2015 so 1992)	58
Hình 4.5:	Hình thái phẫu diện đất Tân Phước-Tiền Giang năm (2015 so 1992)	60
Hình 4.6:	Sự thay đổi pH_{H_2O} trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)	64
Hình 4.7:	Sự thay đổi pH_{KCl} trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)	66
Hình 4.8:	Sự thay đổi giá trị EC trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)	67
Hình 4.9:	Sự thay đổi Acid tổng trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)	69
Hình 4.10:	Sự thay đổi Al trao đổi trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)	70
Hình 4.11:	Sự thay đổi Fe tự do trong đất giữa năm (2015 so 1992)	72
Hình 4.12:	Sự thay đổi chất hữu cơ trong đất giữa năm (2015 so 1992)	73
Hình 4.13:	Sự thay đổi đạm tổng số trong đất giữa năm (2015 so 1992)	76
Hình 4.14:	Sự thay đổi lân tổng số trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)	77
Hình 4.15:	Sự thay đổi hàm lượng lân dễ tiêu trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)	79
Hình 4.16:	Sự thay đổi kali trao đổi trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)	81
Hình 4.17:	Sự thay đổi natri trao đổi trong đất giữa năm (2015 so 1992)	82
Hình 4.18:	Sự thay đổi canxi trao đổi trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)	84
Hình 4.19:	Sự thay đổi các cấp hạt trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)	86
Hình 4.20:	Ảnh hưởng bón NPK đến đáp ứng năng suất hạt lúa vụ HT trên đất phèn ĐBSCL	91

Hình	Tên Hình	Trang
Hình 4.21:	Tổng hấp thu (a) đạm, (b) lân và (c) kali trên cây lúa vụ HT	96
Hình 4.22:	Ảnh hưởng bón NPK đến đáp ứng năng suất hạt lúa vụ ĐX trên đất phèn ĐBSCL	99
Hình 4.23:	Tổng hấp thu (a) đạm, (b) lân và (c) kali trong cây lúa vụ ĐX	103
Hình 4.24:	Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến tổng hấp thu lân trên cây lúa vụ HT	110
Hình 4.25:	Ảnh hưởng bón lân phối trộn Avail đến hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX	113

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Nghĩa chữ viết tắt
BĐCM	Vùng Bán Đảo Cà Mau
BĐKH	Biến đổi khí hậu
CEC (Cation Exchange Capacity)	Khả năng trao đổi cation
CHC	Chất hữu cơ
ctv	Cộng tác viên
DCAP (Dicarboxylic Acid Polymer)	Axit hữu cơ (dicarboxylic) cao phân tử
ĐBSCL	Đồng bằng sông Cửu Long
ĐTM	Đồng Tháp Mười
ĐX	Đông Xuân
et. al. (et alia or and others)	Những người khác
FAO (Food and Agriculture Organization)	Tổ chức Liên Hiệp Quốc về lương thực và nông nghiệp
GPS (Global Position System)	Hệ thống định vị toàn cầu
HD	Hồng Dân
HD-BL	Hồng Dân – Bạc Liêu
HĐ	Hòn Đất
HT	Hè Thu
ISRIC (International Soil Reference and Information Centrer)	Trung tâm thông tin đất Thế giới
ISSASS (International Symposium on Acid Sulfate Soils)	Hội nghị quốc tế chuyên đề về đất phèn
ISSS (International Society of Soil Science)	Hội Khoa học Đất thế giới
LCC (Leaf colour chart)	Bảng so màu lá
NSS	Ngày sau sạ
PH	Phụng Hiệp
PH-HG	Phụng Hiệp – Hậu Giang
TGLX	Tứ Giác Long Xuyên
TH-LA	Thạnh Hóa – Long An
TM	Tháp Mười
TP-TG	Tân Phước – Tiền Giang
TSH	Trũng Tây Nam Sông Hậu
TT-LA	Tân Thạnh – Long An
UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)	Tổ chức Liên Hiệp Quốc về giáo dục, khoa học và văn hóa
USDA (United States Department of Agriculture)	Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ
XH	Xuân Hè
VSV	Vi sinh vật

Chữ viết tắt	Nghĩa chữ viết tắt
WRB (World Reference Base for soil resources)	Cơ sở tham chiếu tài nguyên đất thế giới

Chương 1: GIỚI THIỆU

1.1 Đặt vấn đề

Đất phèn Đồng bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL) chia thành 4 vùng sinh thái: Bán đảo Cà Mau-BĐCM, trũng Sông Hậu-TSH, Tứ giác Long Xuyên-TGLX, và Đồng Tháp Mười-ĐTM (Xuan and Matsui, 1998). Ở ĐBSCL trước những năm 1980 có nhiều chương trình, dự án của các tỉnh tiến hành khảo sát và xây dựng bản đồ thổ nhưỡng, kèm theo bộ số liệu phân tích tính chất lý, hóa học phẫu diện đất. Các chương trình nghiên cứu đất của nhà nước như (02-15; 02-11; và 60-02), hợp tác quốc tế (Việt-Hà Lan, Việt-Bi) và còn nhiều chương trình khác. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của hoạt động cải tạo và sử dụng sau nhiều năm, hình thái và tính chất lý hóa học đất của đất phèn có thể bị biến đổi, việc đánh giá khả năng thay đổi trên căn cứ vào kết quả khảo sát các phẫu diện đất phèn điển hình ở ĐBSCL từ hội nghị đất phèn thế giới tổ chức ở TP. Hồ Chí Minh năm 1992. Nghiên cứu khả năng thay đổi hình thái và các tính chất của đất phèn sẽ giúp ích cho việc khai thác và sử dụng đất phèn hợp lý hơn.

Phần lớn diện tích đất phèn trồng lúa, có pH thấp, độc tố sắt, nhôm cao là yếu tố giới hạn năng suất lúa (Paul *et al.*, 2010; Qurban *et al.*, 2015) do những độc tố Fe^{2+} , Al^{3+} cố định lân làm cây khó hấp thu (Afzal *et al.*, 2010). Một trong những biện pháp phổ biến sử dụng cải thiện pH đất là bón vôi (Panhwar *et al.*, 2014; Elisa *et al.*, 2014), do đó ảnh hưởng đến khả năng tích lũy can xi và magiê trong cây. Gần đây, một số nghiên cứu về cung cấp dưỡng chất NPK cho lúa dựa trên nguyên lý bón phân theo địa điểm chuyên biệt (Site specific nutrient management-SSNM) ở ĐBSCL đã được thực hiện để đưa ra những khuyến cáo về phân bón (Son *et al.*, 2004; Tân, 2005; Khương, 2005; Khương và *ctv.*, 2010). Các nghiên cứu trên chỉ tập trung trên đất phù sa là chính và trên đất phèn chỉ đánh giá dựa trên các biểu hiện sinh trưởng (Khương và *ctv.*, 2016).

Bên cạnh đó một số nghiên cứu cho thấy bón hoạt chất tăng độ hữu dụng của lân trên đất trồng bắp, đậu nành (Murphy and Sanders, 2007) và tăng hấp thu lân (Wiatrak, 2013). Đồng thời những phát triển gần đây về chất phụ gia đã đem lại hiệu quả sử dụng phân lân cao với kết quả tăng năng suất cây trồng (Gordon, 2007; Hopkins *et al.*, 2008). Một số nghiên cứu khác sử dụng chất phụ gia Avail® polymer hay gọi là hoạt chất (Dicarboxylic Acid Polymer-DCAP) bọc lên hạt phân lân dạng DAP giúp bảo vệ nguyên tố trong hạt phân DAP hạn chế bị cố định bởi độc tố sắt, nhôm trong điều kiện pH thấp và can xi, magiê trong điều kiện pH đất cao. Kết quả cho thấy rằng bón lân phối trộn Avail làm gia tăng hiệu quả sử dụng lân và tăng năng suất một số cây trồng (Dunn and Stevens, 2008; Mooso *et al.*, 2012). Một điều được công nhận rộng rãi dù trong điều kiện tốt nhất chỉ có từ (5-25%) lượng phân lân bón vào đất được cây trồng hấp thu trong năm đầu. Do đó, về mặt phản ứng hóa học của phân lân nên dẫn đến hiệu quả sử dụng

phân lân của cây trồng thấp. Kỹ thuật polymer được xác nhận là giúp tăng hiệu quả kinh tế khi bón phân cho lúa trên đất phèn (Sanders *et al.*, 2012).

Vì vậy, việc đánh giá sự thay đổi về hình thái, tính biến động về chất lượng của đất phèn, khả năng cung cấp dưỡng chất cây trồng trên đất phèn cần được quan tâm để kịp thời đưa ra các giải pháp cải tạo, khai thác hợp lý, nhằm nâng cao năng suất, hiệu quả kinh tế và không làm tác động xấu đến môi trường đất, nước tại chỗ và những vùng lân cận.

Từ các vấn đề nêu trên, luận án: “**Đánh giá sự thay đổi hình thái phẫu diện, tính chất hóa học đất và khả năng cung cấp dưỡng chất NPK cho lúa trên đất phèn Đồng bằng sông Cửu Long**” cần được nghiên cứu.

1.2 Mục tiêu nghiên cứu

1.2.1 Mục tiêu chung

Nghiên cứu nhằm đánh giá sự biến đổi về hình thái phẫu diện đất, các tính chất của đất phèn và xác định nhu cầu dưỡng chất NPK cho cây lúa trên đất phèn ở ĐBSCL.

1.2.2 Mục tiêu cụ thể

Luận án giải quyết các mục tiêu cụ thể sau:

Đánh giá sự thay đổi hình thái phẫu diện và tính chất hóa học đất phèn ĐBSCL sau thời gian 20 năm canh tác.

Xác định khả năng cung cấp dưỡng chất NPK cho lúa trên đất phèn điển hình ở ĐBSCL.

Xác định hiệu quả sử dụng phân lân dạng DAP phối trộn Avail cho lúa trên đất phèn ĐBSCL

1.3 Nội dung nghiên cứu

Để đáp ứng mục tiêu, luận án tiến hành thực hiện các nội dung nghiên cứu sau:

Nội dung 1: Xác định sự thay đổi hình thái phẫu diện và tính chất hóa học đất phèn ĐBSCL sau 20 năm canh tác.

Nội dung 2: Xác định khả năng cung cấp dưỡng chất NPK cho lúa trên đất phèn điển hình ở ĐBSCL.

Nội dung 3: Xác định hiệu quả sử dụng phân lân dạng DAP phối trộn Avail cho lúa trên đất phèn ĐBSCL.

1.4 Ý nghĩa của luận án

1.4.1 Ý nghĩa khoa học

Kết quả nghiên cứu được công bố từ luận án đã cung cấp thông tin về sự thay đổi hình thái và đặc tính hóa học đất sau thời gian hơn 20 năm canh tác.

Áp dụng biện pháp bón phân theo lô khuyết nhằm xác định khả năng cung cấp dưỡng chất N, P, K từ đất và khả năng đáp ứng năng suất lúa bởi các dưỡng chất N, P và K tại từng điểm thí nghiệm trên đất phèn.

Kết quả thí nghiệm bón phân lân dạng DAP phối trộn Avail nhằm xác định hiệu quả sử dụng phân lân trên đất phèn bằng hoạt chất Avail polymer.

Đây là nguồn tài liệu quý phục vụ cho công tác nghiên cứu, học tập và giảng dạy.

1.4.2 Ý nghĩa thực tiễn

Kết quả nghiên cứu đã xác định được sự thay đổi về mặt hình thái và đặc tính hóa học của 05 phẫu diện đất phèn, tuy nhiên phân loại đất dựa theo tầng chẩn đoán và đặc tính chẩn đoán của FAO – WRB tên đất không thay đổi sau 20 năm canh tác.

Cho biết được khả năng cung cấp dưỡng chất N, P và K từ đất cho lúa vụ HT và ĐX tại 04 điểm thí nghiệm đại diện cho 04 vùng sinh thái đất phèn ĐBSCL

Cho thấy bón phân lân dạng DAP phối trộn hoạt chất Avail polymer chỉ đạt hiệu quả cho lúa ở 01 địa điểm thuộc loại đất phèn nặng.

1.5 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

1.5.1. Đối tượng nghiên cứu

- Hình thái phẫu diện và tính chất hóa học của 05 vị trí đất phèn điển hình ở ĐBSCL là (Hồng Dân - Bạc Liêu; Phụng Hiệp – Hậu Giang; Tân Thạnh – Long An; Thạnh Hóa – Long An; Tân Phước – Tiền Giang)

- Hiệu suất sử dụng phân bón NPK cho lúa trên đất phèn

- Hiệu quả của phân lân dạng DAP bọc Avail polymer cho lúa trên đất phèn.

- Giống lúa cao sản OM5451, có thời gian sinh trưởng ngắn 88-95 ngày, có tính chịu phèn cao.

1.5.2. Phạm vi nghiên cứu

+ Về mặt không gian

Dựa theo tài liệu hướng dẫn khảo sát thực địa trong hội thảo đất phèn thế giới lần 4 tổ chức tại TP. Hồ Chí Minh năm 1992 (The Fourth International Symposium on Acid Sulfate Soils in Ho Chi Minh city, 1992 - 4th_ISSASS), nghiên cứu đã chọn lựa ra được 05 hình thái phẫu diện đất phèn điển hình ở ĐBSCL là (Hồng Dân - Bạc Liêu; Phụng Hiệp – Hậu Giang; Tân Thạnh – Long An; Thạnh Hóa – Long An; Tân Phước – Tiền Giang) và tiến hành khảo sát lại hình thái, tính chất hóa học đất theo tầng phát sinh của từng phẫu diện. Trong nghiên cứu của luận án chỉ thực hiện đại diện được 03 vùng sinh thái đất phèn vùng Bán Đảo Cà Mau-BĐCM; Trũng Sông Hậu-TSH; Đồng Tháp Mười-

ĐTM, đối với vùng Tứ Giác Long Xuyên-TGLX không nghiên cứu được do không có hình thái phẫu diện đất và số liệu phân tích đất trong nghiên cứu năm 1992.

Nghiên cứu đã bố trí song song 04 thí nghiệm đồng ruộng về khả năng cung cấp dưỡng chất N, P, K và đồng thời đánh giá hiệu quả của Avail cho lúa đại diện cho 04 vùng sinh thái đất phèn ĐBSCL. Thí nghiệm được tài trợ từ đề tài nghiên cứu sử dụng hợp lý đất phèn ĐBSCL thích ứng với biến đổi khí hậu (BĐKH 57, năm 2014-2015), do kết hợp với dự án nên địa điểm bố trí thí nghiệm đồng ruộng đã được xác định bởi Hội Đồng duyệt đề cương cấp Nhà nước thống nhất thông qua (bốn địa điểm thí nghiệm đại diện cho 04 vùng sinh thái đất phèn ĐBSCL gồm: Bán đảo Cà Mau, Trũng Sông Hậu, Tứ giác Long Xuyên và Đồng Tháp Mười “bố trí bổ sung thí nghiệm tại TGLX không tương quan với hình thái phẫu diện đất phèn nhưng đây là tài liệu làm cơ sở cho các nghiên cứu đầy đủ 04 vùng sinh thái đất phèn ĐBSCL về sau”).

+ Về mặt thời gian

Khảo sát, đánh giá sự thay đổi hình thái phẫu diện và tính chất hóa học của 05 phẫu diện đất phèn ĐBSCL được thực hiện ở hai thời điểm: (i) Hội thảo đất phèn thế giới tổ chức ở TP. Hồ Chí Minh năm 1992; so với (ii) Đề tài nghiên cứu sử dụng hợp lý đất phèn ĐBSCL thích ứng với biến đổi khí hậu (BĐKH 57) thực hiện năm (2014-2015).

- Khảo sát khả năng cung cấp dưỡng chất N, P, K và hiệu quả của phân lân dạng DAP phối trộn với hoạt chất Avail bón cho lúa vụ Hè Thu 2014 và Đông Xuân (2014 - 2015).

1.6. Những điểm mới của luận án

Xác định được mức độ thay đổi về hình thái của đất phèn ĐBSCL sau thời gian hơn 20 năm sử dụng đất.

Đánh giá được sự thay đổi về tính chất hóa học của 05 phẫu diện đất phèn điển hình tại ĐBSCL sau thời gian hơn 20 năm canh tác.

Xác định được khả năng cung cấp dưỡng chất N, P, K từ đất và khả năng đáp ứng năng suất lúa bởi dưỡng chất N, P và K tại các điểm thí nghiệm đại diện cho 04 vùng sinh thái đất phèn ĐBSCL.

Đánh giá được hiệu quả sử dụng phân lân trên đất phèn có sự phối trộn bởi hoạt chất Avail polymer.

Chương 2: LƯỢC KHẢO TÀI LIỆU

2.1 Tổng quan nghiên cứu về đất phèn

2.1.1 Khái niệm đất phèn

Đất phèn (Acid sulphate soils) là loại đất có chứa vật liệu sinh phèn (pyrite) do kết quả của các tiến trình sinh hóa xảy ra trong đất dẫn đến lượng acid sulfuric được tạo thành làm cho các đặc tính chủ yếu của đất ảnh hưởng lâu dài (Pons, 1973). Đất phèn là loại đất có chứa rất nhiều lưu huỳnh chủ yếu ở dưới dạng vật liệu sinh phèn pyrite (FeS_2) ở thể khử, sau khi bị oxy hóa pyrite sẽ chuyển hóa thành Jarosite $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ trong quá trình oxy hóa sẽ giải phóng một lượng lớn axit sunfuric làm đất chua ảnh hưởng đến quá trình sản xuất nông nghiệp (Bá, 2009). Dựa trên sự hình thành và phát triển của đất đã chia đất phèn thành hai loại là đất phèn tiềm tàng (Potential acid sulphate soils) được hình thành ở trạng thái khử và đất phèn hoạt động (Actual acid sulphate soils) trong trạng thái oxy hóa (Stone *et al.*, 1998).

2.1.2. Quá trình hình thành và phát triển đất phèn

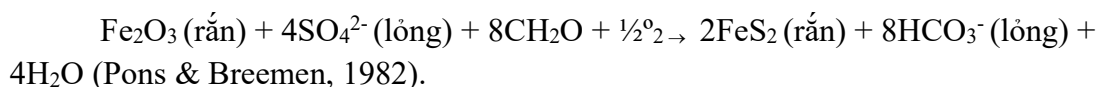
Đến hiện nay có rất nhiều nhà nghiên cứu khoa học về đất phèn trên thế giới đã đưa ra những nhận định về nguồn gốc phát sinh và hình thành đất phèn như sau: Theo Attanandana and Vacharotayan (1986) đất phèn được hình thành từ những vùng tương đối gần biển, ở đây chúng tạo thành trầm tích cửa sông, cửa biển. Ở vùng địa mạo đầm lầy rừng ngập mặn, được tích tụ từ phù sa với xác bã thực vật như sù, vẹt bị chôn vùi và phân giải trong điều kiện yếm khí tạo thành CO_2 , axit hữu cơ, và H_2S (Đức và Hiệp, 2005; Bá, 2009). Nguồn lưu huỳnh và SO_4^{2-} được mang đến từ nước biển theo thủy triều (Buringh, 1970). Theo Xuan and Matsui (1998) đất phèn chứa nhiều muối tan thành phần chủ yếu là sulphate sắt và sulphate nhôm. Về sự hình thành đất phèn gắn liền với việc tạo khoáng Pyrite trong đất, Pyrite là hợp chất tạo bởi sắt và lưu huỳnh, công thức là FeS_2 . Để tạo thành FeS_2 cần có đủ các điều kiện sau đây:

+ Nguồn cung cấp Fe_2O_3 do trầm tích biển.

+ Nguồn cung cấp SO_4^{2-} do nước biển.

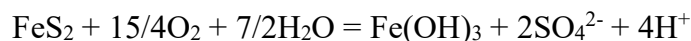
+ Môi trường yếm khí: sự khử sulfate xảy ra chỉ dưới những điều kiện khử mãnh liệt khi nó được cung cấp bởi trầm tích giàu chất hữu cơ. Sự phân hủy các chất hữu cơ bởi những vi sinh vật yếm khí sinh ra trong môi trường khử. Sự oxy hóa gián đoạn hoặc cục bộ cũng xảy ra cần thiết để sinh ra nguyên tố sulfur trên những ions polysulfides (Pons *et al.*, 1982). Thời gian để tích tụ 1% pyrite cần phải trải qua 50-100 năm.

Phản ứng hình thành pyrite được diễn tả như sau:



Sự hình thành đất phèn trên thế giới bị ảnh hưởng rất lớn do mực nước biển dao động trong khoảng thời gian dài suốt thời kỳ Holocene. Trong suốt giai đoạn cuối của thời kỳ biển tiến Holocene, đầm sù vệt phát triển trên các tràm tích ở nhiều vùng châu thổ nhiệt đới và cận nhiệt đới (Woodroffe *et al.*, 1993; Dent and Pons, 1995). Sự phát triển của sù vệt có khả năng ngăn cản sự xâm nhập mặn lên trên đồng bằng châu thổ và các vịnh ven biển, trong điều kiện tràm tích có sự tích lũy Pyrite rất cao, vì vậy đối với đất phèn nặng ở những vùng gần biển của đồng bằng nhiệt đới và cận nhiệt đới tầng sinh phèn rất dày. Từ giữa thời kỳ Holocene mực nước biển ổn định và đồng bằng được trải rộng ra về hướng biển, những vùng tràm tích rừng sù vệt trước đây được phủ lên lượng phù sa hay bùn nước ngọt và các tràm tích bùn này ngày càng lắng tụ nhiều nên hình thái phẫu diện cho thấy sự phân tầng đất gọn sóng hướng ra biển làm cho hàm lượng tràm tích Pyrite điển hình ở đây thấp hơn lúc đầu (Dent and Pons, 1995).

Cuối thời kỳ Pleistocene phần lớn lãnh thổ đồng bằng Nam Bộ không chịu ảnh hưởng của biển, địa hình chủ yếu chịu sự tác động của xâm thực và bào mòn. Từ đầu thời kỳ Holocene biển tiến chậm vào đồng bằng, phủ lên những nơi có địa hình thấp hình thành một chế độ biển nông. Vào giữa Holocene biển tiến cực đại trên toàn đồng bằng, tới các vùng Hà Tiên, Châu Đốc, Đồng Tháp Mười, lúc này ở Cần Thơ, Cai Lậy chìm sâu dưới mực nước biển. Thời gian tồn tại của biển (tuổi Holocene) đã tạo thành một lớp tràm tích dày 8m ở Cần Thơ và 6m ở Cai Lậy, sau đó biển bắt đầu rút lui từ từ, hình thành các vùng sinh lầy và rừng ngập mặn. Ở ĐBSCL móng đá lộ ra chiếm khoảng 5% diện tích, hầu hết diện tích còn lại là lớp tràm tích bồi rời tuổi Holocene, chính đặc điểm này đã chi phối quy luật phát sinh đất ở đồng bằng này. Sự chuyển động của những sông lớn (Sông Tiền và Sông Hậu) và sự tiến dần ra biển của đồng bằng bồi phù sa dưới ảnh hưởng của sự đứt gãy và chuyển động của móng đá, đã để lại những vùng trũng rộng lớn (đầm Đồng Tháp Mười, Bắc Hà Tiên, Hồng Dân, U Minh,...) là những khu vực chứa phèn tập trung quan trọng ở ĐBSCL (Chiều và *ctv.*, 1991).



Đất phèn hoạt động có thể được tạo thành từ phèn tiềm tàng một cách tự nhiên, không phải do hoạt động gây xáo trộn của con người, mà do hạ thấp của mực nước ngầm trong suốt thời gian lắng tụ tràm tích của vật liệu sinh phèn. Do các hiện tượng tự nhiên có thể xảy ra:

- + Theo mùa vụ, chẳng hạn như suốt mùa khô hàng năm.
- + Theo từng giai đoạn, chẳng hạn như suốt giai đoạn hạn hán.
- + Hoặc thường xuyên do sự hạ thấp của mực nước biển hoặc sự thay đổi dòng chảy của sông rạch.

Môi trường thiên nhiên của ĐBSCL tương đối thuận lợi cho sự hình thành tự nhiên của đất phèn hoạt động, do chế độ mưa nhiều cùng với mùa nắng kéo dài và mực nước

biển có chiều hướng hạ thấp trong suốt giai đoạn cuối của thời kỳ Holocene, sẽ làm cho pyrite được tạo thành từ trầm tích rừng sú vẹt ở đầu và giữa thời kỳ Holocene phơi bày ra không khí. Tuy nhiên, ngày nay hầu hết đất phèn hoạt động được tạo thành từ hoạt động gây xáo trộn của con người trên đất phèn tiềm tàng, hoạt động này đã làm hạ mực thủy cấp hoặc do đào xới làm phơi bày vật liệu pyrite ra ngoài không khí. Trong lịch sử của vùng đất ĐBSCL được thoát nước để cải tạo nông nghiệp trên 3 thế kỷ nay, phần lớn đất phèn tiềm tàng bị chuyển thành đất phèn hoạt động xảy ra từ những năm 1970, cùng với sự tàn phá những cánh đồng rừng tràm ở vùng đầm trũng và rừng sú vẹt dọc ven biển do hóa chất gây rụng lá cây rừng trong suốt thời kỳ chiến tranh Việt Nam (Poynton, 1996; Bentem, 1998). Các chương trình của Nhà nước từ sau chiến tranh về mở rộng sản xuất nông nghiệp cùng với chính sách di dân đến những vùng đồng bằng chưa phát triển để khai hoang đã làm giảm đi sự che phủ của rừng và thiếu sự bảo vệ của tầng đất mặt than bùn, từ đó làm gia tăng sự bốc thoát hơi nước tầng mặt, gia tăng sự xâm nhập không khí vào trong các tầng đất, cùng với sự hạ thấp của mực nước ngầm trong mùa khô tạo điều kiện thuận lợi cho sự hình thành đất phèn hoạt động (Dent and Pons, 1995).

Phạm vi và lượng phóng thích acid của đất phèn phụ thuộc vào hình thái của mạng lưới kênh rạch thoát nước, ở những nơi có hệ thống kênh mương dài chằng chịt và cuối cùng đổ ra biển hoặc đổ ra các con sông chính, thì dòng chảy có chứa acid được giữ lại tạo thành làn sóng nước phèn trong thời gian ngắn (trên 10 ngày). Ở nơi gần khu vực này nước có độ chua cao (pH từ 2,5 đến 4) và xa khu vực này thì độ chua bị hòa loãng hơn (pH từ 4 đến 6), sau đó nó bị ứ đọng lại trên một khu vực rộng qua nhiều tháng trước khi đổ ra biển. Ngược lại, ở những nơi có mạng lưới kênh rạch ngắn hơn và ít hơn, như vùng Tứ Giác Long Xuyên thì dòng chảy của nước phèn được thoát ra nhanh chóng, nhưng độ chua của nước cao hơn vì thế mà nó tác động lớn đến chất lượng nguồn nước (Poynton, 1996). Các kênh chính của sông Mekong và sông Bassac thì thường ít bị ảnh hưởng của dòng nước phèn đổ ra từ các vùng đồng bằng lân cận, do dòng nước phèn bị hòa loãng bởi phần lớn nước ngọt của các sông này.

Hầu hết ảnh hưởng trực tiếp của đất phèn hoạt động đã làm chua đất và nước, ở ĐBSCL lượng mưa đã làm giảm bớt mức độ gây chua đất do ảnh hưởng trực tiếp của mùa nắng để lại. Bên cạnh đó đất phèn đã làm hạn chế sự canh tác trên phạm vi rộng của ĐBSCL, chỉ trồng được những cây chịu phèn như: khóm, điều và khoai mì, cả giống lúa truyền thống và giống lúa cải tiến cũng cho năng suất thấp trên vùng đất phèn nặng. Nói chung đất phèn gây hại cho cây trồng do ngăn cản sự hấp thu dinh dưỡng, gây cố định lân và làm giảm sự trao đổi các ion cation bazơ (Kyuma, 1976; Sen, 1988; Nedeco, 1993). Đất phèn cũng có thể gây nên sự thay đổi hệ sinh thái thực vật, những loài thực vật không chịu phèn sẽ bị thay thế bởi các loài chịu phèn (chẳng hạn như: *Melaleuca* spp và *Eleocharis* spp). Do đó làm giảm sự đa dạng sinh học. Bên cạnh đó, vào đầu mùa mưa đất phèn bị rửa trôi vào môi trường nước làm ảnh hưởng đến chất lượng nguồn

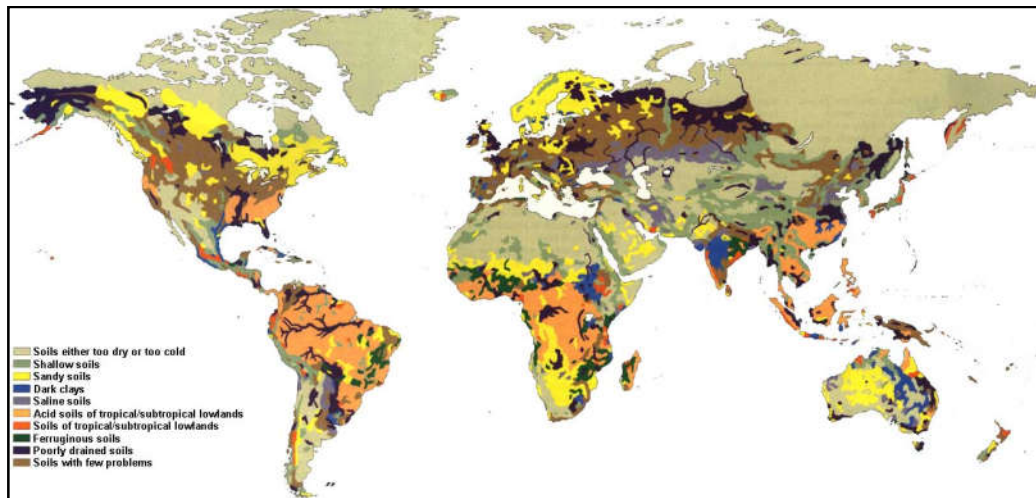
nước và gây hại cho đời sống của hệ sinh thái thủy sinh (Sammur *et al.*, 1995, 1996; Callinan *et al.*, 1996). Gần đây có nhiều bằng chứng cho thấy rằng sự phóng thích acid của đất phèn vào môi trường nước đã kích thích gia tăng độc tính của tảo nở hoa trong môi trường phú dưỡng (Becker *et al.*, 1998).

Môi trường Pyrite bị oxy hóa nghiêm trọng có mối quan hệ với chỉ số pH đất và pH nước thấp, khi đó nó sẽ làm gia tăng tính di động của các độc tố tiềm tàng. Vì acid được sinh ra trong suốt mùa khô và các kim loại nặng có trong đất như: sắt (một phần được tạo ra từ sự phá hủy pyrite), mangan và nhôm sẽ trở nên di động khi chỉ số pH thấp và nó theo mao dẫn tập trung trên bề mặt (Nedeco, 1993). Những kim loại nặng này thường kết hợp với sulphate được phóng thích ra trong suốt quá trình oxy hóa Pyrite (Mensvoort, 1993). Khi lượng mưa không đủ để rửa hết các độc tố phèn ở bề mặt đất thì nó sẽ ảnh hưởng đến cây con mới trồng vào đầu mùa mưa (Tin and Ghassemi, 1999). Vùng đất phèn có nồng độ độc tố nhôm cao sẽ gây độc làm cho cá chết (Sammur *et al.*, 1996; Callinan *et al.*, 1996), còn ở trong vùng đồng bằng lau sậy thì nước trong các kênh mương đầu mùa mưa có nồng độ nhôm vượt ngưỡng chịu đựng của các loài cá gấp 100 lần (Nedeco, 1993), do đó trong điều kiện đất chua cũng có thể làm gia tăng tính di động của kim loại nặng và kéo dài thời lưu tồn độc tố trong môi trường (Mensvoort, 1993; Nedeco, 1994). Vì vậy, đất phèn góp phần làm gia tăng tính hấp thu sinh học các độc tố này trong môi trường.

Tóm lại, cấu trúc trầm tích ở ĐBSCL chịu sự tương tác qua lại giữa biến động móng đá sâu và mức độ bồi tích trong từng khu vực. Sự tương tác này hình thành những quy luật chi phối, phát sinh địa mạo và thổ nhưỡng trên toàn bộ vùng bồi phù sa ĐBSCL. Sự hạ thấp mực nước ngầm do hoạt động con người hoặc biến đổi bất thường của biến đổi khí hậu sẽ oxy hóa nhanh chóng vật liệu sinh phèn, gây ra lượng lớn độ chua và các kim loại hòa tan như Fe, Al, Cd và Ni di chuyển vào nguồn nước và gây hại nghiêm trọng đến hệ sinh thái (Nystrand *et al.*, 2016). Một khi vật liệu sinh phèn bị oxy hóa rất khó làm giảm nhẹ tác hại của nó, do đó mục tiêu quan trọng trong quản lý đất phèn là ngăn ngừa và giảm thiểu hậu quả từ rửa trôi độc tố và độ chua. Trên đất nông nghiệp, cần giữ mực nước ngầm đủ cao nhưng không ảnh hưởng đến sinh trưởng cây trồng. Tuy nhiên, biện pháp quản lý tốt nhất là có sự phù hợp và thích nghi đối với từng vùng khí hậu, thủy văn, thuận lợi nước tưới, kinh phí và kỹ thuật có thể ứng dụng.

2.1.3. Sự phân bố đất phèn

Đất phèn khá phổ biến trên thế giới, chiếm khoảng 12,6 triệu ha tập trung chủ yếu ở các đồng bằng ven biển (Beek *et al.*, 1980). Cũng có báo cáo cho rằng đất phèn trên thế giới chiếm diện tích khoảng 24 triệu ha (Sundstrom *et al.*, 2002). Ở vùng nhiệt đới ẩm, đất phèn chiếm khoảng 5,4 triệu ha. Đất phèn được phân bố nhiều ở Đông Nam Á, Úc, Châu Phi, Phần Lan và Thụy Điển (Roos and Astrom, 2005) (Hình 2.1).

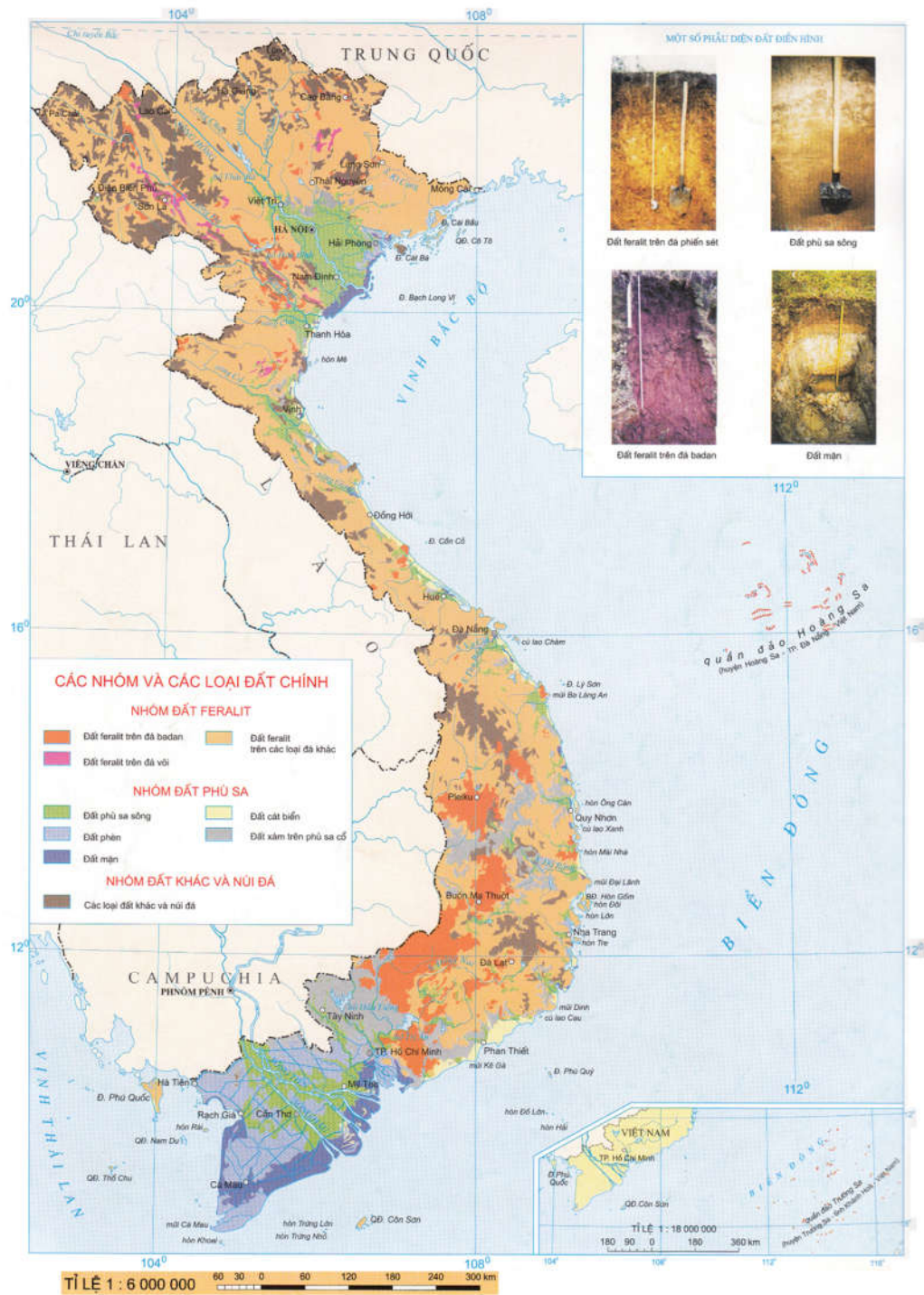


(nguồn: <http://www.fao.org/docrep/u8480e/U8480E0b.htm>)

Hình 2.1: Bản đồ đất thế giới

Theo Chiếu và *ctv* (1996) ở Việt Nam có gần 2 triệu hecta đất phèn chiếm gần 16% diện tích đất phèn trên thế giới, chiếm khoảng 30% diện tích đất canh tác của Việt Nam. Diện tích đất phèn được phân bố chủ yếu ở 2 đồng bằng lớn và một ít ở ven biển miền trung. Ở miền Bắc có khoảng 200.000 ha đất phèn phân bố ở Hải Phòng, Thái Bình, Nam Hà, Hải Dương và một số diện tích ở ven biển miền Trung. Ở miền Nam có khoảng 1,8 triệu ha đất phèn, phân bố ở cả miền Tây (Đồng bằng sông Cửu Long và miền Đông Nam Bộ) (Hình 2.2).

Ở ĐBSCL nhóm đất phèn chiếm diện tích rất lớn gần ½ tổng diện tích đất tự nhiên của Đồng bằng (chiếm 1,6 triệu hecta) phân bố tập trung tại các vùng: (1) Vùng phèn Tứ giác Long Xuyên – Hà Tiên, (2) Vùng trũng phèn Đồng Tháp Mười, (3) Vùng trũng phèn Tây Sông Hậu, (4) Vùng bán đảo Cà Mau (Hình 2.3). Dựa vào biến động cao trình, độ sâu xuất hiện tầng phèn hoặc tầng sinh phèn, phân loại đất theo hệ thống USDA soil taxonomy đất phèn ĐBSCL có các biểu loại sau đây: Nhóm đất phèn hoạt động nặng có các biểu loại đất Umbric Sulfaquepts, Typic Sulfaquepts. Nhóm đất phèn hoạt động trung bình và nhẹ có các biểu loại đất Sulfuric Tropaquepts, Sulfuric Humaquepts. Nhóm đất phèn tiềm tàng nặng có các biểu loại đất Umbric Sulfaquents, Typic Sulfaquents. Nhóm đất phèn tiềm tàng trung bình và nhẹ có các biểu loại đất Sulfidic Humaquents, và Sulfidic Tropaquepts (Khoa và *ctv.*, 2000).

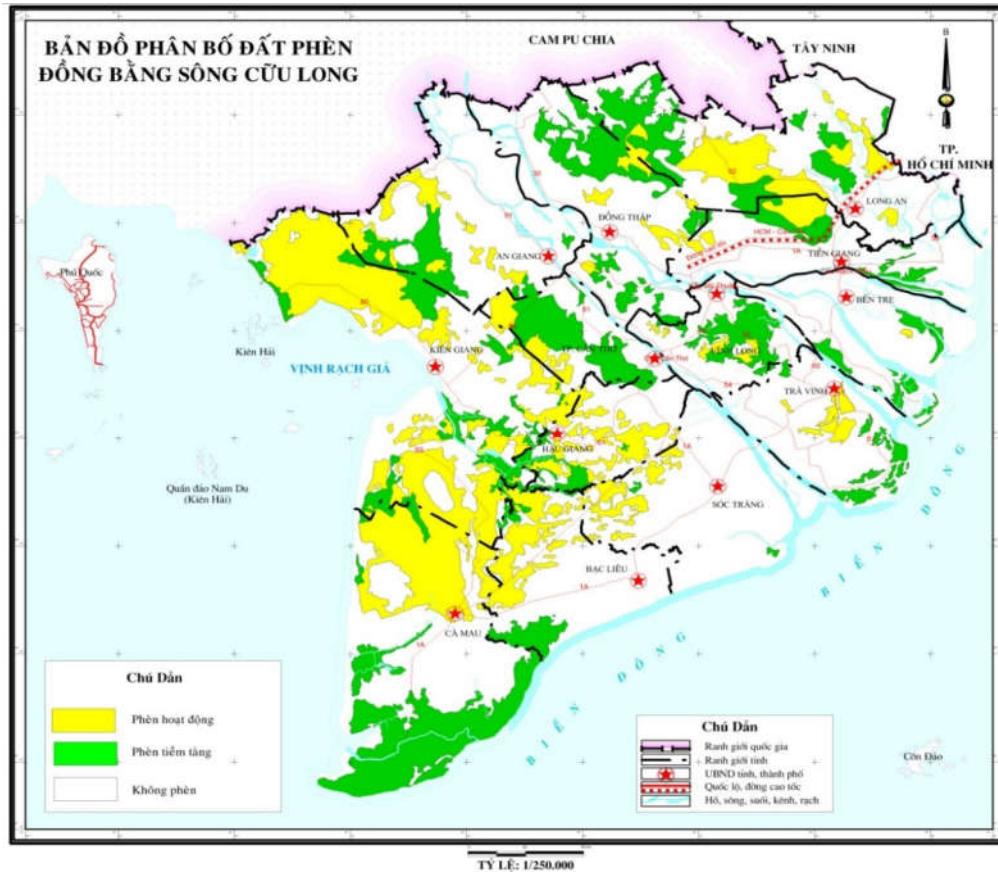


(Nguồn: Atlas địa lý Việt Nam, 2013)

Hình 2.2: Bản đồ các nhóm đất chính Việt Nam

Theo Vũ và ctv. (2011) đất phèn ở ĐBSCL là nhóm đất chiếm diện tích lớn nhất, tập trung chủ yếu trên hai nhóm đất chính là Fluvisols và Gleysols (Hình 2.3). Đây là các nhóm đất được phù sa bồi đắp, hoặc đất có hiện tượng Gley do quá trình ngập nước, canh tác thường xuyên hoặc ở vùng thấp trũng. Các nhóm đất phèn và phèn mặn thường

tập trung chủ yếu ở 2 nhóm đất này, với hiện trạng canh tác chủ yếu là lúa, khóm, tràm, mía.



(Nguồn: Bộ Môn Tài nguyên Đất đai, 2016)

Hình 2.3: Bản đồ phân bố đất phèn ĐBSCL

2.2 phân loại đất phèn

2.2.1. Phân loại đất phèn trên thế giới

Theo USDA (2006) hệ thống phân loại đất “Soil Taxonomy” đã sử dụng 6 cấp phân loại: i) Bộ đất (Order); ii) Bộ phụ (Suborders); iii) Nhóm lớn (Great groups); iv) Nhóm phụ (Subgroups); v) Họ (Families); và vi) Biểu loại (Series). Đất phèn tiềm tàng được xếp vào bộ Entisols đất có vật liệu sinh phèn (sulfidic materials) trong vùng 50cm lớp đất mặt. Có bộ phụ là Aquents. Các nhóm đất chính có hiện diện tầng sinh phèn gồm: Sulfaquents có tầng vật liệu sinh phèn (tầng Pyrite) trong điều kiện khử trong vùng 50cm tính từ mặt đất; Nhóm Fluvaquents được xác định là có hàm lượng carbon hữu cơ giảm không đều theo độ sâu hoặc duy trì trên 0,2% đến độ sâu 125cm và có sa cấu mịn hơn thịt pha cát mịn của tầng mặt đến độ sâu 25cm. Đối với nhóm đất Haplaquents mang các đặc tính còn lại khác với các đặc tính của nhóm đất Sulfaquents, Hydraquents, Cryaquents, Fluvaquents và Psammaquents. Tên đất đến cấp nhóm phụ gồm Sulfic Fluvaquents và Sulfic Haplaquents là đất phèn tiềm tàng có độ sâu xuất hiện tầng sinh phèn trong vùng 100cm so với lớp đất mặt nhưng chúng khác nhau về đặc tính của nhóm.

Đất phèn hoạt động được xếp vào bộ Inceptisols, bộ phụ Aquepts. Cấp thấp hơn gồm một số nhóm chính có xuất hiện tầng phèn gồm: Nhóm đất phèn Sulfaquepts có tầng phèn xuất hiện trong vùng 50cm so với tầng mặt; Tropaquepst được xác định ở độ sâu tầng đất 50cm có nhiệt độ trung bình của mùa hè và mùa đông không chênh lệch nhau hơn 5°C. Đối với nhóm đất Haplaquepts mang các đặc tính còn lại không thuộc các đặc tính của hai nhóm được kể trên và không mang đặc tính của nhóm Placaquepts, Halaquepts, Fragaquepts, Cryaquepts, Plinthaquepts và Humaquepts. Đa phần nhóm đất phèn hoạt động có đốm Jarosite xuất hiện ở độ sâu 0-50cm gọi là Typic sulfaquepts. Đối với nhóm đất phèn Tropaquepst và Haplaquepts khi và chỉ khi đạt một trong các điều kiện sau: Có đốm Jarosite và pH nước tỉ lệ (1:1) có giá trị trong khoảng 3,5-4,0 kể cả tầng phụ trong vòng 50cm so với tầng mặt; hoặc có đốm Jarosite và pH nước (1:1) có giá trị nhỏ hơn 4,0 kể cả tầng phụ trong vòng 50-150cm so với tầng mặt được đặt tên cho nhóm phụ là Sulfic Tropaquepts và Sulfic Haplaquepts.

Theo FAO/UNESCO (1988) sử dụng 3 cấp phân vị để phân loại đất gồm: i) Nhóm đất chính (Major soil groupings); ii) Đơn vị đất (Soil units); và iii) Đơn vị phụ (Soil Subunits). Đất phèn được xác định do sự có mặt ở trong phẫu diện đất hai loại tầng chẩn đoán chính đó là tầng sinh phèn (*sulfidic horizon*) và tầng phèn (*sulfuric horizon*). Nếu đất chỉ có tầng sinh phèn gọi là đất phèn tiềm tàng, đất có tầng phèn (đôi khi có cả tầng sinh phèn) gọi là đất phèn hoạt động.

Trên đất phèn vật liệu chẩn đoán chính là vật liệu sinh phèn Sulfidic. Để đặt tên đất phèn dựa vào các đặc tính chẩn đoán cho cấp phân vị thấp hơn đã phân thành các số nhóm sau: **Epi** tầng, đặc tính hoặc vật liệu chẩn đoán xuất hiện trong vòng ≤ 50 cm từ tầng mặt. **Endo** tầng, đặc tính hoặc vật liệu chẩn đoán xuất hiện trong vòng từ 50-100 cm từ tầng mặt. **Bathi** tầng, đặc tính hoặc vật liệu chẩn đoán bắt đầu từ giữa 100-200 cm từ tầng mặt.

2.2.2. Phân loại đất phèn ở Việt Nam và ĐBSCL

Theo Đức và Hiệp (2005) ở Việt Nam công tác nghiên cứu đất và phân loại được tên đất thực hiện có kết quả khá sớm từ cuối thế kỷ thứ 19, nhiều nhà nghiên cứu đất đã xác định được đất phèn, đất phù sa, đất đỏ bazan, đất đen. Tuy nhiên, có nhiều quan điểm và trường phái phân loại khác nhau theo hướng phân loại phát sinh của Liên Xô dùng cho Miền Bắc và phân loại theo hướng của Mỹ mang tính phát sinh kết hợp với tính chất thực tế trực quan qua bản đồ đất tổng quát miền Nam Việt Nam. Trong những năm gần đây nhiều nghiên cứu đất quốc gia theo phương pháp định lượng: FAO-UNESCO-WRB theo phân loại hệ thống 4 cấp: i) Nhóm; ii) Loại (Đơn vị); iii) Loại phụ (Đơn vị phụ); iv) Biến chủng (Đức và Hiệp, 2005; Minh và *ctv.*, 2012).

Theo Hà và *ctv.* (2005) nhóm đất phèn (S) được chia làm 2 loại: Đất phèn tiềm tàng (Sp) và đất phèn hoạt động (Sj). Để đánh giá về mức độ ảnh hưởng đã chia đất phèn

thành các cấp độ như sau: tầng phèn hoặc tầng sinh phèn hiện diện độ sâu 0-50cm so với lớp đất mặt được xếp vào đất phèn hoạt động nông (Sj₁) hoặc đất phèn tiềm tàng nông (Sp₁). Trong trường hợp tầng phèn hoặc tầng sinh phèn hiện diện độ sâu từ (50-120cm) được xếp vào phèn hoạt động sâu (Sj₂) hoặc đất phèn tiềm tàng sâu (Sp₂) (Chiều và *ctv.*, 1991; Phân viện Quy hoạch và Thiết kế nông nghiệp Miền Nam, 1999). Để xây dựng bản đồ đất chi tiết và đồng bộ cho cả nước Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn đã đề xuất thiết lập tiêu chuẩn quốc gia (TCVN 9487:2012) về quy trình điều tra, lập bản đồ đất tỷ lệ trung bình và lớn, trong đó có phụ lục quy định về phân loại, đặt tên đất và ký hiệu dùng cho bản đồ đất tỷ lệ lớn (1/5.000-1/25.000) (Bảng 2.1).

Bảng 2.1: Phân loại đất và ký hiệu dùng cho bản đồ đất tỷ lệ lớn (1/5.000 – 1/25.000)

TT	Tên đất	Ký hiệu
	Đất phèn	S
	1. Đất phèn tiềm tàng	Sp
1	Đất phèn tiềm tàng nông dưới rừng ngập mặn	Sp1Mm
2	Đất phèn tiềm tàng nông, mặn nhiều	Sp1Mn
3	Đất phèn tiềm tàng nông, mặn trung bình	Sp1M
4	Đất phèn tiềm tàng nông, mặn ít	Sp1Mi (1)
5	Đất phèn tiềm tàng nông	Sp1
6	Đất phèn tiềm tàng sâu dưới rừng ngập mặn	Sp2Mm
7	Đất phèn tiềm tàng sâu, mặn nhiều	Sp2Mn
8	Đất phèn tiềm tàng sâu, mặn trung bình	Sp2M
9	Đất phèn tiềm tàng sâu, ít	Sp2Mi (1)
10	Đất phèn tiềm tàng sâu	Sp2
	2. Đất phèn hoạt động	Sj
11	Đất phèn hoạt động nông, mặn nhiều	Sj1Mn
12	Đất phèn hoạt động nông, mặn trung bình	Sj1M
13	Đất phèn hoạt động nông, mặn ít	Sj1Mi (1)
14	Đất phèn hoạt động nông	Sj1
15	Đất phèn hoạt động sâu, mặn nhiều	Sj2Mn
16	Đất phèn hoạt động sâu, mặn trung bình	Sj2M
17	Đất phèn hoạt động sâu, mặn ít	Sj2Mi (1)
18	Đất phèn hoạt động sâu	Sj2

(Nguồn: Phân Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp, (2015)

2.3 Đặc tính hóa học của đất phèn ĐBSCL

Khi nói đến tính chất đất phèn là nói đến tính chất hóa học của đất phèn. Hóa tính đóng vai trò rất quan trọng quyết định biểu loại đất phèn hay đất không phèn, chúng có thể quyết định đến năng suất và chất lượng cây trồng, ngoài ra còn quyết định đến lượng dinh dưỡng phải cung cấp, loại cây trồng nào thích nghi và biện pháp canh tác hợp lý.

2.3.1 pH đất phèn

Theo Bá (2009) trong việc đánh giá đất phèn người ta thường quan tâm và chú ý yếu tố đầu tiên là pH do trên đất phèn pH biến động thường xuyên theo mùa, theo tháng, thậm chí biến động trong một ngày (pH=4,42 đo lúc 7g30 và pH=4,27 đo lúc 14g30), sự biến động thấy rõ nhất trong nước phèn của vùng canh tác, sự khác nhau này phụ thuộc vào sự

hiện diện của các cation và anion sau (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{4+} , Al^{3+} , H^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , H_2SO_4 , SO_4^{2-} , HCl). pH trên đồng ruộng thấp nhất trong đất là thời kỳ tháng 4-5 (cuối mùa khô) và pH trong kênh nước phèn là tháng 5, khi lượng mưa đầu mùa rửa trôi một số ion H^+ , Al^{3+} , SO_4^{2-} , Fe^{2+} vào kênh.

Theo Santharoban and Muralitharan (2012) đất phèn tại vùng vành đai bờ biển phía Tây Nam của Sri Lanka có giá trị pH đất rất thấp $\text{pH} < 4$ có khi xuống bằng 2. Những vùng phèn hoạt động tầng đất có chứa Pyrite đã bị oxy hóa từ axit sulfuric làm cho pH giảm xuống dưới 3,5 (Fitzpatrick *et al.*, 1998). Theo Hưng và *ctv.* (2016) cho thấy giá trị pH tầng A của 4 vùng sinh thái đất phèn ĐBSCL như sau: đất phèn TGLX và ĐTM có giá trị pH thấp khoảng (3,8-3,9). Đất phèn TSH và BĐCM có độ chua thấp và ít độc tố hơn giá trị $\text{pH} > 4,0$.

Yếu tố chủ đạo ảnh hưởng đến sự di động và dạng của các kim loại trong đất đó là pH (Bridge, 1997; Impellitteri *et al.*, 2001). Thông thường sự phóng thích các kim loại gia tăng khi pH giảm. Vì vậy, các nguyên tố kim loại thường dễ hòa tan trong môi trường acid. Trong môi trường pH cao các keo mang điện tích thay đổi có khuynh hướng tích điện âm gia tăng do đó gia tăng sự hấp phụ kim loại. Ngoài ra khi pH gia tăng hàm lượng các nguyên tố kim loại trong dung dịch giảm do sự kết tủa (Impellitteri *et al.*, 2001). pH đất thấp gây ảnh hưởng trực tiếp đến sự hấp thu các dưỡng chất làm ảnh hưởng đến sinh trưởng của cây. Quan trọng nhất là pH đất thấp đưa đến nồng độ Fe, Al và Mn rất cao gây độc cho cây trồng. Mặt khác, pH đất thấp làm giảm đáng kể độ hữu dụng của N, P, Ca, Mg trong đất, gây thiếu dinh dưỡng nếu không được cải thiện pH và không cung cấp bổ sung các dưỡng chất này (Guong, 2010). Theo Brinkman *et al.* (1993) pH 3,0-3,5 (đất và nước tỉ lệ 1:1 ủ từ vài tuần đến sáu tháng) thì xác định là đất phèn tiềm tàng ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Tuy nhiên theo một số tác giả khác như Breemen and Mensvoort (1982) pH 3,5; Dent (1986) lại xác định khoảng pH là 4,0. Đất phèn ĐBSCL có trị số pH rất thấp đa phần ≤ 4 , cho thấy sự có mặt của lượng axit khá cao. Mức pH này thấp hơn rất nhiều so với xác định pH tối hảo cho cây lúa là 6. Khi $\text{pH} < 5$, Al trong nước sẽ bị thủy phân tạo ra sản phẩm có tính axit cao hơn, là nguyên nhân gây ra stress cho cây lúa (Elisa *et al.*, 2011; Shamshuddin *et al.*, 2013).

Điều chỉnh độ pH đất đến mức thích hợp để canh tác cây trồng bền vững là một bước rất quan trọng trong quản lý đất đai. Do đó, duy trì độ pH đất ở mức độ chấp nhận được đối với sự tăng trưởng và phát triển của lúa là một khía cạnh quan trọng của chất lượng đất. Các tính chất hóa học, sinh học và lý học đất đều bị ảnh hưởng bởi pH. Dinh dưỡng, độc tố và vi sinh vật có mối liên hệ gần với pH đất do đó nó điều phối sự tăng năng suất của lúa. Ngoài ra pH điều chỉnh độ hòa tan của các chất dinh dưỡng thiết yếu, đồng thời nó kiểm soát sự sẵn có của chất dinh dưỡng cho sự hấp thu của thực vật. Ở mức pH thấp tính axit cao làm cho các ion Al, Fe hòa tan gây độc cho cây trồng (Dent, 1986).

Tình trạng ngập nước trên đất lúa là yếu tố làm thay đổi độ phì của đất và độ hữu dụng của dưỡng chất trong đất. Hai nhân tố quan trọng xảy ra trong đất ngập nước làm thay đổi độ phì hóa học và sinh học là pH và thế oxy hóa khử (Eh) (Sahrawat, 2015). Ngập nước lâu dài làm gia tăng thế oxy hóa khử trong đất, sự ngập nước của đất lúa nước làm nâng cao hàm lượng chất hữu cơ của đất. Điều này do các nguyên nhân sau: (i) Sự phân hủy chất hữu cơ chậm hơn so với đất trồng cạn; (ii) Tình trạng khử làm giảm tốc độ oxy hóa và khoáng hóa chất hữu cơ; (iii) Sự thiếu hụt các dưỡng chất đại lượng (N, P, K và S) làm giảm sinh trưởng của vi khuẩn trong đất ngập nước, điều này làm ảnh hưởng đến sự cố định, phóng thích và tồn trữ C trong hệ sinh thái đất ngập nước; (iv) Các độc tố sản sinh trong đất ngập nước làm giảm hoạt động của vi khuẩn phân hủy chất hữu cơ; (v) Sức sản xuất thuần của chất khô cao hơn đưa đến tích lũy thuần cao hơn của chất hữu cơ trong đất canh tác lúa nước (Sahrawat, 2015).

2.3.2 Chất hữu cơ trong đất phèn

Chất hữu cơ là nguồn dự trữ và cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng. Thành phần chủ yếu của chất hữu cơ là C,H,O. Ngoài ra chúng còn chứa một lượng đáng kể các chất khoáng như N,P,K,S và một số chất khoáng khác. Các chất này sẽ giải phóng và trở thành các chất dinh dưỡng cung cấp cho cây trồng. Chất hữu cơ ảnh hưởng đến nhiều tính chất lý hóa học như: thế oxy hóa khử, tăng khả năng hấp phụ, khả năng đệm của đất, cấu trúc đất, không khí, độ ẩm, dung trọng, và độ xốp của đất (Đức và Hiệp, 2005).

Chất hữu cơ trong đất tác động đến sự tăng trưởng thực vật do hiệu quả của nó tác động đến các đặc tính vật lý, hóa học và sinh học của đất (Stevenson, 1991). Đặc biệt CHC cung cấp nguồn năng lượng cho vi sinh vật trong việc tạo cấu trúc đất, dự trữ và cung cấp dưỡng chất thiết yếu cho cây trồng như N, P và S và góp phần tạo nên CEC nâng cao dung tích hấp thu các ion dinh dưỡng. Về tính chất vật lý chất hữu cơ giúp cho đất có cấu trúc cải thiện tính thoáng khí, duy trì độ ẩm tốt cho đất. Nó hoạt động như một bộ phận trao đổi ion là kho chứa nitơ, photpho, kali và các chất dinh dưỡng khác. Chất hữu cơ trong đất được phân hủy hoàn toàn được gọi là chất mùn. Hàm lượng chất hữu cơ là một trong những yếu tố quan trọng nhất quyết định năng suất của một loại đất vì nhiều tác động của các chất hữu cơ như giải phóng chất dinh dưỡng cho cây trồng, kiểm tra xói mòn đất, tăng hiệu quả sử dụng phân bón, bảo vệ môi trường và giảm ô nhiễm không khí đất và nước. Chất hữu cơ có vai trò quan trọng trong đất, chất hữu cơ làm cho đất tơi xốp, tăng độ phì của đất, giúp cho các vi sinh vật có ích phát triển, bổ sung các nguyên tố đa vi lượng, tăng tính đệm của đất, đồng thời giúp cho cây trồng giảm ngộ độc trong vùng đất phèn.

Theo Bá (2003) lượng hữu cơ trong đất phèn khá cao từ 1-10%. Sự biến động này phụ thuộc vào nguồn gốc hình thành của từng loại. Nếu là loại phèn hữu cơ trong phẫu diện thì tỷ lệ C cao và ngược lại. Đất phèn Nam Bộ thuộc loại đất giàu mùn (Bảng 2.2). Thông thường, tầng mặt có hàm lượng mùn cao hơn các tầng bên dưới. Vì đất phèn ở

vùng trũng thường nhận sự rửa trôi của các vùng khác và bản thân những thực vật sống trên bề mặt đất bị chết đi, phân hủy thành mùn và không bị rửa trôi.

Bảng 2.2: Lượng mùn và hữu cơ trong tầng mặt đất phèn

Loại đất	Điểm lấy mẫu	Độ sâu (cm)	C (%)	M (%)
Phèn nhiều	Lê Minh Xuân	0-20	4,8	8,3
Phèn nhiều (trũng)	Nhị Xuân	0-5	7,0	11,9
Phèn nhiều	Áp 9, X. Hòa An – HG	0-20	6,0	10,2
Phèn đang chuyển hóa	Tam Nông – ĐT	0-15	5,7	6,7
Phèn trung bình	Ô Môn – HG	0-25	5,2	7,9

(Nguồn: Bá, 2003)

Theo Hung (2009) hàm lượng chất hữu cơ trong đất tại 4 vùng sinh thái của tầng A đất phèn cho thấy luôn ở mức từ khá đến giàu, dao động trong khoảng 1,7-16,4%. Bởi vì đất phèn ở vùng trũng thường nhận sự rửa trôi các vùng khác đến và bản thân những cây cỏ sống trên bề mặt của đất chết đi, phân giải thành mùn và không bị rửa trôi. Hàm lượng chất hữu cơ bên dưới tầng mặt thấp do phần lớn dư thừa thực vật như rơm rạ của vụ trước nếu được trả lại cho đất thì cũng chỉ được cày vùi ở lớp đất mặt (Hung, 2016). Theo Toàn và *ctv.* (2016) hàm lượng chất hữu cơ tầng mặt đất phèn vùng BĐCM có giá trị từ trung bình đến giàu 4%-12,8%. Tại vùng đất phèn TGLX qua khảo sát phân tích hai điểm Hòn Đất và Tri Tôn cho thấy hàm lượng CHC trong tầng mặt được đánh giá ở mức giàu dao động từ 8,9-13,3% (Hùng và *ctv.*, 2016).

2.3.3 Đạm trong đất phèn

Theo Khalilzadeh *et al.* (2012) đạm là nguyên tố đa lượng dễ bị thất thoát sau khi bón vào đất do trực di, rửa trôi. Thông thường khi đất giàu hữu cơ và mùn, sẽ giàu đạm. Bởi vì, đạm là sản phẩm phân giải của các chất hữu cơ. Xét về đạm tổng số (bao gồm đạm trong hữu cơ, đạm dạng hòa tan và trong các hợp chất vô cơ – hữu cơ).

Theo Harmsen and Schreven (1955) cho rằng độ axit trong đất ảnh hưởng đến quá trình nitrat hóa trong đất. Độ chua của đất làm giảm tốc độ chuyển đổi từ dạng đạm hữu cơ sang vô cơ, khi cung cấp vôi sẽ làm tăng tỷ lệ chuyển đổi này (Alexander, 1961). Một số chứng minh khác cho rằng tính chua của đất không hạn chế sự khoáng hóa của đạm hữu cơ (Thompson *et al.*, 1954). Sự khoáng hóa hữu cơ trong vùng đất trũng thấp trồng lúa rất quan trọng vì ngay cả trong đất đã bón phân đủ, khoảng 2/3 tổng lượng N lấy của vụ lúa xuất phát từ đất. Trên các biểu loại đất phèn có nguồn cung cấp chất hữu cơ khá nhưng rất chua, với độ pH<4. Do đó, quá trình khoáng hóa N và nitrat hóa có thể bị ảnh hưởng (Sahrawat, 1980). Theo Kawaguchi and Kyuma (1977) nhận xét ở ĐBSCL lượng đạm có thể khoáng hóa không cao và mức độ khoáng hóa trung bình chỉ 3,7% ở đất thấp thêm thủy triều cao và ở bụng trũng càng thấp từ 2,3-2,6%.

Theo Bá (2003) đạm tổng số được khảo sát trên một số vùng đất phèn cho thấy hàm lượng khá cao từ 0,1-0,4%, có nơi lên đến 0,6% (Bảng 2.3). Tuy nhiên, đất phèn

thường nghèo đạm dễ tiêu, có nơi chỉ xuất hiện vài chục phần triệu (ppm). Vì vậy, cần bón đạm hay tạo đạm cho đất phèn là rất cần thiết.

Bảng 2.3: Đạm tổng số tầng đất mặt một số vùng đất phèn

Loại phèn	Địa điểm	Độ sâu (cm)	% N	Nơi phân tích
Phèn nhiều	Lê Minh Xuân	0-25	0,24	Trường ĐH Nông nghiệp
Phèn đang chuyển hóa	Tam Nông – ĐT	0-20	0,41	Phân viện Khoa học Miền Nam
Phèn tiềm tàng	Cần Giờ	0-40	0,24	Trường ĐH Nông nghiệp
Phèn trung bình	Châu Thành – HG	0-25	0,31	Trường ĐH Nông nghiệp

(Nguồn: Bá, 2003)

Kết quả nghiên cứu về đặc tính lý hóa học và dinh dưỡng trên đất phèn nặng vùng Trũng Tây Nam Sông Hậu, vùng TGLX – Hà Tiên, vùng ĐTM cho thấy nhóm đất phèn nặng có hàm lượng N tổng số cao, nhưng đạm trao đổi thấp đến trung bình (Dũng và Khôi, 2016). Theo Hưng và *ctv.* (2016) chất N là thành phần cấu tạo của chất hữu cơ, do đó khi đất phèn càng có nhiều C hữu cơ sẽ có khuynh hướng càng nhiều N tổng số tích tụ trong đất. Hàm lượng N tổng số trong đất của TGLX là 0,27% N, ĐTM là 0,26% N, BDCM là 0,26% N và TSH 0,25% N được xếp loại đất có hàm lượng N trung bình.

2.3.4 Lân trong đất phèn

Lân trong đất phèn có nhiều dạng: lân hữu cơ và lân vô cơ hoặc lân đang hòa tan. Lân hữu cơ là lân liên kết với chất hữu cơ. Nó là hợp chất lân trong thân thể vi sinh vật ở rễ cây, những chất hữu cơ trung gian đang phân giải và mùn. Hầu như đất phèn có hàm lượng lân tổng số rất thấp chỉ trong khoảng 0,01-0,05%. Những nơi đất phèn ít và phèn nhiễm mặn có độ pH cao sẽ có lượng lân tổng số cao hơn, có khi đạt đến 0,1% trọng lượng đất khô. Tuy nhiên, đất phèn lân dễ tiêu rất thấp chỉ có vệt hoặc vài chục phần nghìn. Trên đất phèn nghèo lân do pH đất thấp, độ hòa tan và tái tạo của lân yếu. Vì vậy, cần bón thêm phân lân cho đất phèn nhằm giúp cây đáp ứng dinh dưỡng, phát triển và tăng năng suất (Bá, 2009). Mặc dù lân tổng số có rất nhiều trong thạch quyển, nhưng lân hữu dụng thường có giới hạn cho sinh trưởng của cây trồng (Abel *et al.*, 2002) và P trong thực vật có tính di động cao. Chu trình của lân rất có ý nghĩa cho sự sinh trưởng thực vật, đặc biệt trong điều kiện stress (Marschner, 1995).

Lân thường rất ít bị mất trong dung dịch đất, nhưng thiếu lân thường xuất hiện ở nhiều đất canh tác trên thế giới; lân là nguyên tố dinh dưỡng chính trong sinh trưởng, phát triển và ảnh hưởng rất lớn đến năng suất cây trồng (Buresh *et al.*, 1997). Kết quả nghiên cứu trên nhiều loại cây trồng có khả năng tăng chuyển hóa lân trong đất và giúp cây hấp thu lân dễ dàng bởi phóng thích anion hữu cơ từ rễ cây trồng (Barber, 1995; Föhse *et al.*, 1991; Marschner, 1995; Tinker and Nye, 2000).

Một đặc điểm quan trọng của chất lân trong đất là hàm lượng lân dễ tiêu hiện diện trong đất phèn rất thấp do chúng dễ bị cố định dưới dạng các hợp chất khó hòa tan

(Gương và *ctv.*, 1994). Đặc tính cố định P của đất tùy thuộc vào pH, hàm lượng Fe, Al, chất hữu cơ, thành phần khoáng và trạng thái oxy hóa khử của đất, trong điều kiện đất ở trạng thái oxy hóa cố định nhiều hơn đất ở điều kiện khử, do lượng nhôm trong đất cao hơn. Theo Tính (1999) sự kìm giữ lân bởi các thành phần khoáng của đất phèn thường là kết quả từ phản ứng của ion phosphate với sắt, nhôm và có thể với khoáng sét silicate.

Theo Krairapanond *et al.* (1993) đã nghiên cứu sự hấp phụ của P trên đất phèn qua quá trình oxy hóa đất tại Thái Lan bằng cách có kiểm soát pH ở các mức (4,0; 5,0; và 6,0). Trong điều kiện pH=4,0 lân bị hấp phụ cao hơn và khác biệt rõ so với pH=5,0 và 6,0. Đất phèn hoạt động hấp phụ lân cao hơn đất phèn tiềm tàng, các oxít sắt hấp phụ lân cao hơn các oxít nhôm. Lân trong đất sẽ bị cố định bởi các oxít và hydro xít kim loại ở điều kiện pH<4,5, khi pH tăng lên 4,6 cho thấy hàm lượng lân hòa tan tăng lên (Lin, 2002). Trong đất chua, hàm lượng các ion Fe, Al và Mn cao, chúng phản ứng nhanh chóng với ion $H_2PO_4^-$ tạo thành hợp chất lân không hòa tan (Gương và *ctv.*, 1994; Tính, 1999).

Theo Ánh (2003) nếu đánh giá hàm lượng lân trong đất phân tích theo phương pháp Olsen, thì đất có hàm lượng $P_2O_5 < 0,5$ mg/100g đất, hoặc phân tích theo Bray 1 thì nếu $P_2O_5 < 0,7$ mg/100g đất là đất nghèo lân, cần phải bón thêm phân lân cho đất. Tuy nhiên theo Tấu (2006) nếu phân cấp lân dễ tiêu ở đất Việt Nam phân tích theo phương pháp Oniani thì đất có hàm lượng $P_2O_5 < 5$ mg/100g đất là rất cần bón lân, nếu từ hàm lượng P_2O_5 từ 5-10 mg/100g đất thì nên bón thêm lân. Lân dễ tiêu ở đất chua dễ bị kết tủa dưới dạng phốt phát sắt nhôm (Căn, 1985). Nhìn chung trên đất phèn giá trị lân dễ tiêu của đất thấp, nguyên nhân chính là do sự cố định lân bởi các độc tố sắt, nhôm. Vật liệu sinh phèn gây hại cho cây trồng do ngăn cản sự hấp thu dinh dưỡng, gây cố định lân và làm giảm sự trao đổi các ion, cation bazơ (Sen, 1988; Nedeco, 1993).

Theo Dũng và Khôi (2016) qua nghiên cứu và phân tích đất phèn ĐTM cho thấy hàm lượng lân dễ tiêu đạt mức trung bình đến giàu, tại các điểm thí nghiệm Tân kiều lân dễ tiêu là 9,72 mg P_2O_5 /kg, Thạnh Lợi 20,15 mg P_2O_5 /kg và Hưng Thạnh là 69,63 mg P_2O_5 /kg mặc dù trên đất phèn có sự cố định đạm bởi nhôm và sắt cao dẫn đến giảm hàm lượng lân dễ tiêu trong đất, tuy nhiên vùng đất này lân dễ tiêu cao cũng có thể do tập quán của người dân bón phân cho lúa cao dẫn đến gia tăng hàm lượng lân dễ tiêu trong đất ngay cả trên đất phèn.

2.3.5 Các Cation trao đổi trong đất phèn

Các cation trao đổi là một trong những nguồn dinh dưỡng vô cơ trực tiếp của cây. Đặc biệt sự cung cấp kali của đất cho cây được quyết định bởi hàm lượng kali trao đổi. Trong nhiều loại đất các chất dinh dưỡng như Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} được cung cấp từ đất.

+ Kali trao đổi

Kali là sản phẩm được phóng thích từ các khoáng vật trong mẫu chất. Trong đất chúng thường ở trong các dạng muối KHCO_3 , K_2CO_3 hoặc K^+ hấp phụ xung quang keo đất. Đối với đất phèn hiện tại chưa thấy biểu hiện thiếu kali (Bá, 2003) (Bảng 2.4). Kali trong đất tồn tại ở bốn dạng thường được quan tâm là: kali của khoáng vật, kali không trao đổi, kali hòa tan và kali trao đổi. Đất phèn ĐBSCL chủ yếu khoáng Illit và Kaolinit nên có kali trao đổi trong đất tương đối nghèo và khả năng cố định kali cao (Kyuma, 1976). Điều đó có thể do sự phong hóa khoáng sét trong điều kiện pH thấp đã làm tăng cường sự phóng thích K và sau đó K bị rửa trôi.

Bảng 2.4: Kali và natri trao đổi trong tầng mặt của một số biểu loại đất phèn

Loại phèn	Địa điểm	Độ sâu (cm)	K+ (mep/100g)	Na+ (mep/100g)
Phèn nhiều	Lê Minh Xuân	0-20	0,05	0,3
Phèn tiềm tàng	Đồng Tháp	0-30	0,07	0,2
Phèn trung bình	Ô Môn	0-34	0,08	0,2
Phèn tiềm tàng	Cần Giờ	0-25	1,84	12,1

(Nguồn: Bá, 2009)

Theo Toàn và *ctv.* (2016) hàm lượng kali trao đổi đất tầng canh tác của các phẫu diện đất ở vùng Trũng sông Hậu được đánh giá rất thấp đến trung bình, dao động từ 0,11-0,42 meq/100g và hàm lượng kali trao đổi có xu hướng tăng theo độ sâu. Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Hoa (2005) ở ĐBSCL hàm lượng Kali trao đổi ở tầng đất mặt trên nhóm đất phèn biến động từ 0,2 – 0,4 meq/100g, trên đất phù sa nhiễm mặn là 0,9-1,5 meq/100g. Trên đất vùng đồng bằng có khả năng hấp phụ kali rất cao sau khi được bón kali (Dobermann and Fairhurst, 2000).

+ Natri trao đổi

Natri có nhiều trong các loại đất mặn dưới dạng NaCl hoặc Na_2CO_3 thường tạo thành những loại đất màu trắng hoặc khi có nhiều chất hữu cơ tạo thành màu đen của “đất kiềm”. Ion Na^+ có bán kính nguyên tử nhỏ hơn K^+ và có tầng hydrat lớn hơn nên khả năng trao đổi ion kém hơn K^+ và thường gây những nhược điểm cho kết cấu đất. Mặc dù chỉ cần một lượng nhỏ nhưng natri cũng không kém phần quan trọng cho sự sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Bón natri giúp lá xanh tươi hơn, giúp sự đồng hóa nitơ dễ dàng.

Theo Bá (2003) sự có mặt của Na^+ nhiều lúc hạn chế sự ảnh hưởng của các ion phèn như Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} và tạo nên NaOH , làm cho pH tăng lên, hạn chế bớt phèn. Trong đất phèn cho thấy không thiếu Na^+ trao đổi, trong đó đất phèn tiềm tàng có lượng Na^+ trao đổi khá cao (Bảng 2.4). Ở đất phèn nhiều Na có thể là dinh dưỡng cho cây trồng. Tuy nhiên, những vùng đất phèn mặn Na^+ có thể là yếu tố gây hạn chế cho cây trồng.

Theo Toàn và *ctv.* (2016) hàm lượng Natri trao đổi vùng đất phèn vùng TSH và BĐCM đánh giá ở mức trung bình đến rất cao dao động trong khoảng 0,31-2,9 meq/100g. Đối với phẫu diện đất Long Mỹ-HG sự tích lũy Natri trao đổi trong đất cao và tăng theo độ sâu có thể trong quá trình canh tác có sự xâm nhập nước mặn vào mùa khô từ sông Cái Lớn (từ biển Tây vịnh Kiên Giang) hàm lượng Natri trao đổi từ 2,16 đến 2,9 meq/100g. Đối với phẫu diện đất Phước Long sự tích lũy Natri trao đổi trong đất cao ở tầng mặt 12,6 meq/100g và giảm theo độ sâu do quá trình nuôi tôm chuyên canh có sự xâm nhập bởi nước mặn ở tầng mặt.

+ Canxi trao đổi

Canxi trong đất phèn được giải phóng từ các nguồn đá vôi CaCO_3 , dolomit hay $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ hoặc CaCl_2 trong đất phèn. Như vậy, nguồn Canxi trong đất phèn không tự nó có mà do từ nguồn đá mẹ nơi khác mang đến, do sự phá vỡ các vật vờ loài giáp xác và nhuyễn thể tạo nên. Nếu trong điều kiện yếm khí, giàu CO_2 thì CaCO_3 được tạo thành canxi hidrocacbonat $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Đất càng nhiều phèn càng thiếu Canxi, ở một số biểu loại đất phèn tầng mặt tại ĐBSCL đo được tương đối thấp khoảng 0,18-3,5 meq/100g đất (Bá, 2003).

Theo Hưng và *ctv.* (2016) cho thấy lượng Canxi trao đổi trong tầng đất mặt tại ĐBSCL luôn ở mức từ thấp đến trung bình (Bảng 2.5). Riêng đất phèn mặn (có pH tương đối cao) và đất phèn tiềm tàng lượng Canxi trao đổi có tăng nhưng không đáng kể.

Bảng 2.5: Canxi trao đổi tầng mặt A của các phẫu diện đất phèn ĐBSCL

Chỉ tiêu	Giá trị	TGLX (n=30)	ĐTM (n=9)	BĐCM (n=21)	TSH (n=19)
Ca^{2+} (<i>cmol kg⁻¹</i>)	Tối thiểu	0,23	0,12	0,16	0,67
	Tối đa	12,9	4,00	7,31	8,30
	Trung bình	2,91	1,03	2,43	3,31
	Trung vị	1,40	0,42	2,58	2,80
	Độ lệch chuẩn	3,15	1,42	2,09	1,95

(Nguồn: Hưng, 2016)

Hàm lượng Canxi trao đổi của vùng BĐCM được đánh giá ở mức cao (Marx *et al.*, 1999). Xét ở tầng đất mặt, Canxi trao đổi ở các phẫu diện đất phèn hoạt động ở Phước Long là 4,3 meq/100g đất và Hồng Dân 3,8 meq/100g đất có hàm lượng Canxi trao đổi thấp hơn so với phẫu diện của đất phèn tiềm tàng ở phẫu diện đất Trần Văn Thời là 6,1 meq/100g đất. Phù hợp với nghiên cứu của Dũng và Khôi (2016) nhóm đất phèn tiềm tàng sâu có Canxi trao đổi thường cao hơn so với nhóm đất phèn nặng và trung bình. Nhìn chung, hàm lượng Canxi trao đổi trong đất cao ở vùng đất phèn do người dân thường xuyên bón vôi để cải tạo đất tăng pH đất, hoàn trả lượng Canxi do cây lấy đi, cố định độc tố trong đất phèn và khử trùng đồng ruộng để giảm dịch hại cho cây (Toàn và *ctv.*, 2016). Vai trò của Canxi trong đất phèn rất quan trọng, thể hiện rõ qua việc trung

hòa axit sulphuric được sản sinh ra do quá trình oxy hóa của vật liệu sinh phèn. Ngoài ra Canxi còn có tác dụng nâng cao năng suất và phẩm chất của cây trồng (Bá, 2009).

2.3.6 Độc tố nhôm và sắt trong đất phèn

+ Độc tố nhôm

Đối với cây trồng cạn độc tố nhôm trở ngại rất lớn và ảnh hưởng đến sinh trưởng, phát triển và năng suất cây trồng. Đất phèn có pH đất thấp, nồng độ ion H^+ , Fe^{2+} và Al^{3+} cao, nhôm bị thủy phân phóng thích ion H^+ làm đất càng chua hơn (Breemen and Pons, 1978). Sự hòa tan của nhôm tùy thuộc vào pH của môi trường, pH càng thấp thì nhôm hòa tan càng nhiều (Bloomfield and Coulter, 1973). Sự vượt quá nồng độ Al^{3+} hòa tan trong dung dịch đất là nguyên nhân gây ra bởi pH thấp dưới 5. Nồng độ nhôm trong dung dịch đất phụ thuộc vào pH, nồng độ các phức chất hữu cơ và vô cơ, chúng có thể tạo phức với nhôm (Dobermann and Fairhurst, 2000). Ngộ độc nhôm là một trong những nhân tố chính giới hạn năng suất cây trồng trên đất phèn và thường kết hợp với thiếu lân (Baggie *et al.*, 2002). Độc tố nhôm là yếu tố chính giới hạn sinh trưởng và phát triển của cây trồng trên đất phèn (Kamprath, 1984). Khi pH thấp hơn 5 nhôm hòa tan trong dung dịch đất tăng, pH dung dịch đất giảm (Urich, 1980), Al^{3+} là độc tố quan trọng trong dung dịch đất, nếu đất có hàm lượng chất hữu cơ cao, độc tố Al có thể giảm (Berggren, 1989). Nhôm hòa tan tích lũy trong mô rễ sẽ ngăn cản sự phân chia của tế bào, làm ức chế sự hoạt động của các enzyme liên quan đến sự tổng hợp tế bào làm cho bộ rễ cây còi cọc và bị xù xì. Thêm vào đó sự thiếu hụt phosphate của thân cây và rễ bị cản trở do nhôm cố định lân trong đất. Sự giới hạn chiều dài của rễ cây trồng cũng là thông số cơ bản cho việc nghiên cứu khả năng chịu đựng của cây trồng đối với độc tố nhôm. Các kết quả nghiên cứu về nhôm hòa tan trong đất cho thấy nhôm có ảnh hưởng tới sự phân chia tế bào của rễ (Foy, 1974), đậu bò (Miysaka *et al.*, 1991), bắp (Pellet *et al.*, 1995), khóm và cây đậu nành (Hoa and Masuda, 2004), giảm tỷ lệ hô hấp của rễ, ảnh hưởng tới hoạt động của một số loại enzyme, tính thấm của màng tế bào và khả năng của rễ hấp thu các cation khác như Ca^{2+} , Mg^{2+} và nhất là tạo phức với lân làm giảm lượng lân dễ tiêu trong đất.

Nồng độ nhôm cao gây độc cho cây: khi nồng độ nhôm cao sẽ tích lũy trong tế bào rễ ảnh hưởng đến sự phân chia tế bào, ngăn cản hoạt động của các enzyme liên quan đến sự tổng hợp vách tế bào làm cản sự thu hút lân vì lân bị kết tủa ở rễ và kết tủa trong đất (Dent, 1986). Theo Breemen and Pons (1978) triệu chứng ngộ độc do Al^{3+} thể hiện như sau: lá có màu vàng cam ở đầu các lá già, sau đó xuất hiện các đốm nâu. Triệu chứng này ít thấy trên đồng ruộng. Nhôm thường gây độc trước khi triệu chứng này xuất hiện trên lá, hàm lượng nhôm cao dẫn đến sự thiếu lân trầm trọng. Hàm lượng nhôm gây độc không thể đánh giá qua hàm lượng Al^{3+} trong cây vì Al^{3+} đã bị kết tủa bởi lân và tích lũy trong rễ. Nồng độ Al^{3+} trong dung dịch 0,05-2 ppm gây độc đối với lúa non, đối với

lúa 3-4 tuần tuổi là 25 ppm. Tuy nhiên, khả năng gây độc sẽ tùy thuộc các yếu tố khác như hàm lượng lân bón trong đất, pH đất.

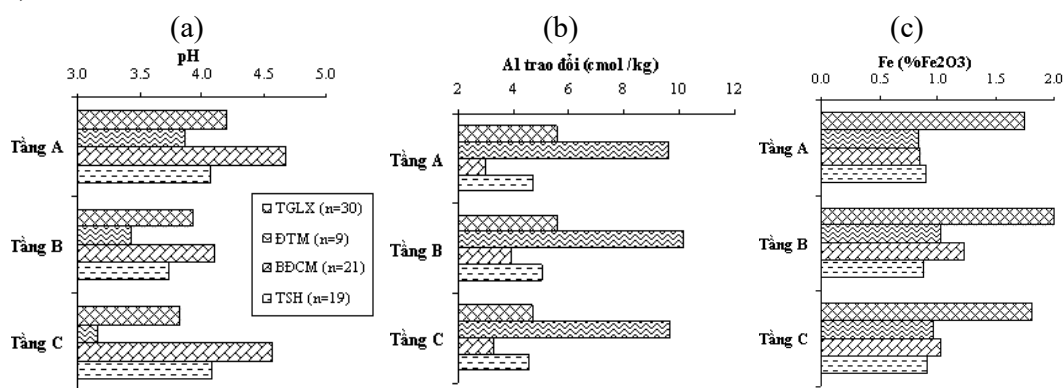
Theo Hung (2009) đất phèn ĐTM có độ chua thấp nhất ($\text{pH} < 4,0$) và hàm lượng Al trao đổi ($9-10 \text{ cmol kg}^{-1}$) trong các tầng A, B và C cao nhất so với các vùng khác (Hình 2.5a và 2.5b). Theo (Hình 2.4a) thể hiện mối tương quan nghịch giữa pH và Al trao đổi trong đất phèn ĐBSCL: khi pH càng thấp thì hàm lượng Al trao đổi trong đất tăng cao. Theo Ponnampetuma (1972) pH có ảnh hưởng trực tiếp đến sự hòa tan Al^{3+} cùng với Fe^{2+} , Fe^{3+} và độ hữu dụng của P. Trong đất phèn, Al^{3+} là cation trao đổi chủ yếu, nó tồn tại chủ yếu dưới dạng hydroxide hoặc sulfate nhôm, khi đất thấp $\text{pH} < 4,0$ thì độ hòa tan của Al gia tăng, và Al sẽ thay thế các cation bazơ trong phức hệ trao đổi (Bosch *et al.*, 1998). Theo Breemen (1973) độc tố nhôm có liên quan chặt đến độ chua của đất, hoạt động của nhôm sẽ tăng gấp 10 lần khi pH giảm 1 đơn vị. Đối với Dent (1986) cho rằng cây trồng có thể ngộ độc nhôm từ những nồng độ rất thấp tùy theo tính chống chịu mặn khác nhau của thực vật, từ 1-2 ppm nhôm hòa tan khoảng $0,04-0,08 \text{ mol/m}^3$, khi pH nhỏ hơn 3,5 thì Al^{3+} là mối nguy hại chính cho cây trồng do nhôm là cation có thể thay đổi trong điều kiện đất phèn, nó có thể ở dạng Hydroxide-keo, Hydroxide.

+ Độc tố sắt

Sắt là một trong bốn nguyên tố chiếm số lượng nhiều nhất trong lớp vỏ trái đất sau oxy, silicon và nhôm. Hàm lượng sắt trung bình trong đất, trầm tích và đá chiếm khoảng 5%. Hầu hết sắt trong đất hiện diện dưới dạng oxit sắt, màu sắc đặc trưng ở trong đất là màu nâu, đỏ và vàng (Gurong, 2010). Nồng độ Fe^{2+} cao gây độc cho cây: nồng độ Fe^{2+} hòa tan vượt quá 300-400ppm gây độc cho cây trồng, nồng độ này thường ít tìm thấy trên đất Sulfaquepts ngập nước (Breemen and Pons, 1978). Nồng độ sắt tới ngưỡng gây độc thay đổi tùy theo pH đất, khoảng 100 ppm ở $\text{pH}=3,7$ và 300 ppm hoặc cao hơn ở $\text{pH}=5$ (Tadano and Yoshida, 1978; Yoshida, 1981). Qua nhiều kết quả nghiên cứu về nồng độ Fe^{2+} gây độc đối với cây thì rất biến động, ở nồng độ 45 ppm đã gây độc cho cây lúa (Baba, 1958; Tadano *et al.*, 1978). Trong tình trạng dinh dưỡng kém, đặc biệt thiếu P và K hoặc với sự hiện diện của một số chất ức chế hô hấp như H_2S thì ở nồng độ Fe^{2+} thấp khoảng 30 ppm cũng có thể gây độc cho cây (Breemen and Pons, 1978).

Trên đất phèn tốc độ gia tăng pH chậm mặt dù nồng độ Fe^{2+} tăng cao, điều này có thể do khả năng đệm của đất cao, đòi hỏi một lượng lớn oxit Fe bị khử để đạt được sự gia tăng đáng kể của pH. Ở đất Việt Nam, không có sự tạo thành $\text{Fe}(\text{OH})_2$ vì hàm lượng Fe hoạt động (vô định hình) thấp khoảng 0,08%. Sau 6-10 tuần ngập tất cả lượng Fe^{2+} bị tiêu thụ nhưng pH không gia tăng đủ để tạo sự kết tủa của $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Sự hiện diện của Sulfide do sự khử SO_4 cũng có thể làm giảm nồng độ Fe^{2+} . Tuy nhiên, do sự khử SO_4 rất ít ở $\text{pH} < 5$ nên hàm lượng Fe^{2+} cũng chỉ giảm sau một thời gian ngập nước kéo dài.

Ngộ độc sắt là hiện tượng phức tạp của rối loạn dưỡng chất và sự thiếu hụt các dưỡng chất khác, đặc biệt là P, K, Ca, Mg và Zn đối với cây trồng trên đất phèn (Sahrawat, 2004). Nồng độ cao của sắt trong dung dịch đất phèn có thể gây mất cân đối dinh dưỡng qua hiệu ứng đối kháng trên hút thu dinh dưỡng của cây trồng, bao gồm K, P, Mn và Zn (Sahrawat, 2004; 2007). Trên đất lúa ngập nước thuộc biểu loại đất thông thường, sự thiếu hụt Ca, Mg, và Mn thường không xảy ra. Tuy nhiên trên đất phèn trồng lúa, cần quan tâm đặc biệt đến sự thiếu hụt của P, K và Zn (Sahrawat, 2004). Đất phèn TGLX lại có hàm lượng sắt tự do từ 1,7-2,0% Fe₂O₃ trong các tầng A, B và C là cao nhất (Hình 2.4c). Do TGLX và BDCM thuộc vùng ven biển, phần lớn chịu ảnh hưởng của nhiễm mặn nên pH đất của các tầng (pH=4,0-4,7) luôn cao hơn ĐTM và TSH (Hình 2.4a).



(Nguồn: Hưng, 2009)

Hình 2.4: So sánh tính chất: (a) pH; (b) Al³⁺ trao đổi; (c) Fe²⁺ hoạt động của 4 vùng đất phèn ở ĐBSCL

Một số nghiên cứu gần đây cho thấy việc bón N, P, K và Zn làm giảm ngộ độc sắt nhưng không vượt qua ảnh hưởng của stress do sắt. Theo Sahrawat (2016) nhận định rằng có thể làm giảm ngộ độc sắt của lúa trên đất phèn bằng cách kết hợp sử dụng giống chống chịu và bón các loại dưỡng chất mà độ hữu dụng của chúng không bị ảnh hưởng bởi nồng độ cao của Fe trong dung dịch đất.

2.4 Khả năng cung cấp dưỡng chất NPK trên đất phèn trồng lúa

2.4.1 Khả năng cung cấp N trên đất phèn trồng lúa

Trên đất phèn canh tác lúa lượng đạm tổng số trong đất khá cao (0,1-0,4%) có nơi rất cao (0,7%) tuy nhiên hàm lượng N dễ tiêu trên đất phèn thường nghèo, đối với sự sinh trưởng và phát triển của cây lúa cần N dễ tiêu (Gương, 2004). Đối với đất phèn trồng lúa hầu hết đạm được giữ trong chất hữu cơ và không trực tiếp hữu dụng cho cây trồng. Thông qua vi sinh vật sẽ biến đổi chất hữu cơ thành N vô cơ để cung cấp cho cây trồng. Đối với đạm trong đất thường khác nhau về số lượng và khả năng cung cấp cho cây trồng tồn tại dưới ba dạng gồm N hữu cơ, N amon bị khoáng sét giữ chặt và N vô cơ hòa tan trong dung dịch đất (Hà, 2006). Theo Dũng và Khôi (2016) nghiên cứu trên nhóm đất phèn nặng trồng lúa ở vùng Tứ giác Long Xuyên cho thấy hàm lượng N tổng

số cao (0,18-0,26%), nhưng hàm lượng đạm trao đổi đạt thấp đến trung bình do sự khoáng hóa N trên đất phèn bị giới hạn bởi độ pH thấp. Theo Gương (2004) trung bình hàm lượng đạm trong tầng đất canh tác khoảng 0,15%. Một hecta đất có thể chứa trung bình khoảng 3,5 tấn N, hầu hết đạm trong đất nằm ở dạng đạm hữu cơ, chiếm khoảng 95% đạm tổng số. Quá trình chuyển biến N trong đất bao gồm sự khoáng hóa, sự bất động N, sự kìm giữ chất N và sự mất N trong đất. Hai tiến trình nối tiếp nhau là sự khoáng hóa và sự bất động N trong đất. Ảnh hưởng của hai tiến trình này làm tăng hoặc giảm lượng N vô cơ trong đất tùy thuộc vào tỉ lệ C/N. Theo Gương (2010) Tỷ lệ C/N tăng dẫn đến tốc độ khoáng hóa giảm. Thông thường tỷ lệ C/N bằng 10 là cân đối (Hội Khoa học đất Việt Nam, 2000). Nếu tỷ lệ C/N cao hơn 25 sự bất động N sẽ xảy ra (Võ Thị Gương, 2004). Sự khoáng hóa trong điều kiện đất ngập nước thường bị giới hạn bởi lượng oxy trong đất thấp. Đất thoáng khí có tốc độ khoáng hóa N cao hơn đất ngập nước thường xuyên (Foth et al., 1997). Đạm trong đất mất đi do một số nguyên nhân như: sự khử nitrate, do bốc hơi, do rửa trôi hoặc xói mòn. Đối với đất lúa ngập nước, sự mất N do khử nitrate là rất cao. Để phục hồi lại lượng đạm trong đất do mất đi người ta cung cấp N lại cho đất thông qua bón phân, khả năng phục hồi lượng đạm chỉ đạt mức từ 30-40%, đối vùng chuyên canh chỉ đạt khoảng 60-68% (Datta et al., 1983). Trong điều kiện đất lúa ngập nước hiệu quả sử dụng N thấp có liên quan đến sự bốc hơi của NH_3 , sự khử NO_3^- , sự rửa trôi, cố định và sự bất động của đạm (Savant and Datta, 1982). Sự bốc hơi NH_3 trong đất lúa ngập nước là một cơ chế quan trọng gây ra sự mất N từ 5-47% lượng N cung cấp trong điều kiện ngoài đồng. Đất sét có khả năng kìm giữ NH_4^+ , đạm bị mất ở dạng này thường xảy ra trên các loại đất chua nhẹ (Võ Thị Gương, 2004). Theo Datta (1987) cho rằng lượng N mất đi do sự khử nitrate khoảng 28-33%. Trong điều kiện đồng ruộng, N_2O và N_2 bị mất đi với số lượng lớn còn tùy thuộc vào sự canh tác và điều kiện đất, thông thường khoảng từ 60-70% N bị mất ở dạng này (Võ Thị Gương, 2004).

Hiệu quả sử dụng phân đạm thường thấp do sự mất đạm dạng NH_3 và N_2O . Do đó, đã có nhiều nghiên cứu về các dạng urê như: urê viên nén, urê bọc lưu huỳnh, urê phối trộn các chất ngăn chặn sự nitrat hóa, urê trộn với các chất ức chế enzyme urease. Theo Edmeades (2004) chất ức chế hoạt động enzyme urease n-butyl thiophosphoric triamide (nBTPT) dùng phổ biến và rất hiệu quả (Qi et al., 2012). ĐBSCL bón phân urê-nBTPT tăng hiệu quả sử dụng đạm đến 32% và cho năng suất cao hơn 6% so bón phân urê (Chu and Le, 2007). Kết quả nghiên cứu về phân NPK viên nén (Naznin et al., 2014), cho thấy việc bón vùi phân NPK viên nén cho hiệu quả cao ở Bangladesh. Kết quả nghiên cứu của (Cảnh, 2005; Lan và Hùng, 2009) cho thấy bón phân NPK viên nén cho hiệu quả cao hơn so bón urê vãi. Ưu thế urê viên nén làm giảm sự mất đạm dạng NH_3 và N_2O do vùi sâu trong lòng đất 1 lần duy nhất vào đầu vụ mà có thể cung cấp đầy đủ dưỡng chất NPK cho cả vụ. Theo Phong (2014) kết quả nghiên cứu bón đạm dạng nBTPT và NPK bón vùi trên đất lúa cho thấy khuynh hướng tăng năng suất và hiệu quả nông học, lượng khí NH_3 bốc thoát thấp hơn bón urê thường.

Cây lúa là loại cây trồng có phản ứng rất nhạy với phân đạm, tuy nhiên chúng còn phụ thuộc rất nhiều đến điều kiện thời tiết khí hậu và môi trường đất nơi đó. Đối với vùng trồng lúa trọng điểm đạt năng suất rất cao là vùng đất phù sa ngọt ở ĐBSCL sử dụng một lượng lớn phân đạm hàng năm do người dân có tập quán bón phân đạm cao hơn lượng khuyến cáo sử dụng (100-120 kg N ha⁻¹ vụ ĐX), khoảng (80-100 kg N ha⁻¹ vụ HT). Đối với vùng đất phèn ở ĐBSCL (TGLX, TSH, ĐTM) phân đạm được khuyến cáo bón thấp hơn so với vùng phù sa (Vụ ĐX bón 80-100 kg N ha⁻¹; HT bón 60-80 kg N ha⁻¹). Đối với các vùng trồng lúa mùa còn lại diện tích thấp ở ven biển từ Long An đến Cà Mau được khuyến cáo lượng đạm thấp hơn bón khoảng 30-50 kg N ha⁻¹ (Tân, 2005).

Theo Gương (1998) trên đất phù sa canh tác lúa 03 vụ/năm ở ĐBSCL thường xuyên ở trạng thái khử nên đã làm giảm tốc độ khoáng hóa và phản ứng với N của cây lúa. Ngoài ra theo nghiên cứu của Vệ và ctv. (1998) đất trồng lúa 3 vụ có hàm lượng N tổng số cao hơn đất trồng lúa 2 vụ hoặc đất trồng màu, nhưng phần trăm khoáng hoá của đất trồng lúa 3 vụ kém nhất, có lẽ do đất trồng lúa 3 vụ bị ngập nước quanh năm, sự phân huỷ chậm đã tạo được sự tích lũy chất hữu cơ, nhưng chất hữu cơ này kém chất lượng đã ảnh hưởng đến khả năng khoáng hoá N của đất trồng lúa 3 vụ.

2.4.2 Khả năng cung cấp P trên đất phèn trồng lúa

Theo Brady and Weils (1999) hàm lượng và nồng độ P hòa tan trong dung dịch đất rất thấp thường khoảng 0,001 mg/l. Lân rất dễ bị oxy hóa nên thường không ở dạng tự do. Hàm lượng lân trong vỏ trái đất chiếm khoảng 0,8% tính theo khối lượng, tùy theo loại đất mà hàm lượng lân có thể dao động trong khoảng từ 0,02-0,2%. Lân trong đất có khuynh hướng kết hợp với các thành phần khác trong đất để tạo thành các hợp chất khó hòa tan, rất chậm hữu dụng cho cây trồng. Trên đất phèn lân bị giữ chặt bởi các thành phần khoáng thường là kết quả từ phản ứng của các ion phosphat với sắt, nhôm và có thể các khoáng sét silicate. Phân lân bón vào đất phèn chủ yếu chuyển sang dạng Fe-P và Al-P sau 15 ngày ngập nước, chiếm 80-90% tổng lượng phân lân của 4 nhóm P vô cơ. Hàm lượng sắt nhôm trong đất giảm đi nhanh chóng sau 15-20 ngày. Đất ở điều kiện oxy hoá cố định nhiều P hơn dưới điều kiện khử. Số lượng chất lân hàng năm cây trồng lấy đi của đất nhiều hơn là trả lại cho đất, thí nghiệm bón phân cho lúa ở ĐBSCL cho thấy để thu hoạch 1 tấn lúa, cây đã hút từ đất 6-7 kg P₂O₅ (Ren, 1985). Tùy theo từng loại đất khác nhau tỷ lệ lân hữu cơ và vô cơ cũng khác nhau. Lân hữu cơ dao động rất lớn từ 20-80% P₂O₅ tổng số, đối với tầng đất mặt lân hữu cơ thường chiếm lớn hơn 50% tổng số hàm lượng lân trong đất. Còn lại hàm lượng lân vô cơ thường tồn tại dưới dạng các ion photphate chúng phụ thuộc rất lớn vào giá trị pH, nếu pH cao trong khoảng từ 5,5-6 sẽ thuận lợi cho cây lúa hấp thu dưỡng chất lân. Ngược lại, đất chua pH thấp, nghèo hữu cơ, các ion Fe, Al thường ở dạng hòa tan và kết hợp với H₂PO₄⁻ tạo thành hợp chất không tan, không hữu dụng cho cây trồng (Yêm, 1995).

Một số nghiên cứu trước đây về hàm lượng lân hòa tan trong đất cho thấy rằng khi đất ngập nước (dạng khử) hàm lượng lân hòa tan sẽ gia tăng trong đất (Ponnamperuma, 1985; Diamond, 1985; Ren, 1985). Lân hòa tan gia tăng khoảng 0,05 ppm đến 0,6 ppm khi ở trong điều kiện ngập nước, sau đó sẽ giảm xuống và ổn định ở khoảng 40-50 ngày sau khi ngập nước. Trong điều kiện ngập nước P hữu dụng trong đất cao do một số nguyên nhân sau: i) Do khử Fe^{2+} thành dạng Fe^{3+} giải phóng P dễ hòa tan hơn; ii) Độ hòa tan $FePO_4$ và $AlPO_4$ cao hơn là kết quả của quá trình thủy phân do pH trong đất phèn tăng lên; iii) Do sự khoáng hóa P hữu cơ cung cấp một lượng nhỏ lân cho đất chua và ngập nước; iv) Do sự phóng thích các ion phosphate từ sự trao đổi giữa các anion hữu cơ với các ion phosphat trong các hợp chất Fe và Al.

Đối với đất phèn canh tác lúa thường ngập nước lân tồn tại dưới dạng $Fe_3(PO_4)_2$ dễ tan, dễ hấp thụ là nguồn dinh dưỡng cho cây lúa (Hà, 2006). Nghiên cứu sự phóng thích P trên một số biểu loại đất (có bón phân lân và không bón phân lân ở liều lượng khác nhau) trong hai điều kiện (khô và ngập nước), kết quả cho thấy đất ở điều kiện ngập nước lượng P phóng thích vào dung dịch đất nhiều hơn ở điều kiện đất khô (Patrick and Khalid, 1974). P thuộc loại nguyên tố linh động và có tính lưu tồn trong đất, khi bón nhiều phân lân, cây không có biểu hiện thừa lân, bên cạnh đó đất cũng giữ lại P, do đó trên các ruộng lúa không thấy biểu hiện thừa lân. Đặc biệt, cây lúa là loại cây hấp thu lân trong suốt thời kỳ sinh trưởng nên cần bón hết liều lượng phân lân dành cho cả vụ trong đợt bón lót đầu vụ (Đáp, 1980). Tùy theo loại đất và mùa vụ mà khuyến cáo lượng P bón khác nhau. Đất phù sa bón từ 40-60 kg P_2O_5 ha⁻¹, đất phèn 60-80 kg P_2O_5 ha⁻¹. Đối với phân lân khó tan như lân nung chảy khuyến cáo nên bón lót trước khi sạ, nếu phân lân dễ tan như DAP, lân super bón trong thời gian khoảng 7-10 ngày sau sạ (NSS). Trên đất phèn độc tố nhôm, sắt cao vì vậy khuyến cáo bón thêm phân lân một lần tiếp theo khoảng 18-25 NSS. Nhu cầu phân P trong vụ HT thường cao hơn vụ ĐX. Vụ HT phân lân dễ bị cố định do thường bị khô hạn, đối với vụ ĐX trước khi xuống giống đất ngập nước trong thời gian dài P dễ tiêu được phóng thích nhiều nên cung cấp được nhiều hơn. Cây lúa non nhu cầu P là rất lớn, thiếu P hoặc bón trễ, cây phát triển chậm và làm giảm năng suất. Vì vậy, vụ HT cần bón nhiều phân lân hơn vụ ĐX và bón sớm để cung cấp đủ nhu cầu cho cây ngay từ giai đoạn đầu (Tân, 2005 và 2008; Phụng và *ctv.*, 2005). Theo Gương và *ctv.* (1998) trên nhóm đất phèn nhẹ và trung bình qua 3 vụ canh tác lúa chưa cho thấy rõ sự đáp ứng của phân lân ở các vùng có phù sa bồi đắp hàng năm và bón nhiều phân lân ở các vụ trước. Ngược lại, đối với đất phèn nặng, nghèo dinh dưỡng hàm lượng nhôm, sắt cao việc bón lân có thể làm giảm ngộ độc nhôm, sắt do kết tủa bị hòa tan bởi các ion phosphat. Trên đất phèn lân được khuyến cáo bón ở mức từ 30-60kg P_2O_5 ha⁻¹ để duy trì khả năng cung cấp lân cho cây trồng, hạn chế ngộ độc do nhôm, sắt và giúp bộ rễ cây lúa phát triển tốt trên đất phèn trong giai đoạn ban đầu.

2.4.3 Khả năng cung cấp K trên đất phèn trồng lúa

Đối với kali hiện diện số lượng lớn trong hầu hết các loại đất. Hàm lượng K tổng trong đất biến động rất lớn thông thường từ 0,3 đến 2% (Mutscher, 1995). Sự biến động hàm lượng K tổng số trong đất tùy thuộc vào thành phần các loại khoáng nguyên sinh và thành phần các loại khoáng sét trong đất. Trong thành phần khoáng sét kali có thể chuyển dần sang dạng trao đổi rồi phóng thích vào dung dịch đất để tham gia cung cấp cho nhu cầu dinh dưỡng của cây trồng, hoặc ngược lại K từ trong dung dịch đất cũng có thể bị cố định trong các mạng lưới tinh thể của khoáng sét (Yêm, 1995). Dạng K trao đổi luôn luôn có khuynh hướng cân bằng với K không trao đổi, K trao đổi sẽ trở thành K không trao đổi nhưng rất chậm chạp (Hưng, 2009). Các yếu tố ảnh hưởng đến cân bằng kali trong đất gồm có: các loại khoáng sét mùn, nhiệt độ, luân phiên ẩm và khô. Khoáng sét càng có khả năng hấp thu mạnh thì càng có khả năng giữ chặt K. Chất mùn làm cho K ít bị keo sét giữ chặt hơn từ đó làm tăng khả năng hoạt động của K, nhiệt độ làm tăng sự giải phóng K. Đối với đất có hàm lượng K trao đổi từ nghèo đến trung bình, trong điều kiện luân phiên ẩm và khô dẫn đến làm gia tăng lượng K trao đổi trong đất, và ngược lại hàm lượng K trao đổi trong đất cao trong điều kiện có sự luân phiên ẩm và khô làm giảm lượng K trao đổi trong đất (Hà, 2006). Theo Hoa (2005) cho rằng trên nhóm đất phèn trồng lúa ĐBSCL có hàm lượng kali trao đổi trích bằng Ammonium Acetat 1N pH7 có giá trị từ trung bình đến khá cao, dao động từ 0,21-0,36 cmol/kg. Sự đáp ứng đối với bón phân kali trên đất lúa thâm canh 3 vụ tại Cai Lậy, Tiền Giang và Cao Lãnh, Tháp Mười của vùng đất có hàm lượng kali thấp trong đất. Kết quả cho thấy hàm lượng kali trao đổi trong đất thấp nhưng hàm lượng K tổng số ở mức giàu, chứng tỏ tiềm năng kali trong đất cao (Giang và Hoa, 2012).

Cây trồng có khuynh hướng hút đi K hòa tan nhiều hơn nhu cầu đòi hỏi nếu trong đất có nhiều K. Khi kali được cung cấp từ đất cao hơn mức nhu cầu của cây, sự hút kali gia tăng cao hơn mức bình thường, nhưng không gây ảnh hưởng độc hại cho cây trồng. Điều này được gọi là sự tiêu thụ “xa xỉ” (Hoa, 2005). Hàm lượng kali bởi hạt lấy đi từ 13-45 kg/ha/năm tùy theo năng suất lúa và số vụ canh tác lúa trên năm, lượng K mất do rơm rạ lấy đi khỏi ruộng khoảng 68-100 kg/ha/năm tùy theo hàm lượng K trong rơm rạ. Đối với sự mất K do trực di trên đất cát rất cao, tuy nhiên trên đất sét canh tác lúa do tầng đế cày thường bị nén dẽ nên sự trực di thấp, không đáng kể khoảng 3 kg/ha/năm.

Theo Đệ (2008) kali là nguyên tố khá quan trọng, giúp cho quá trình vận chuyển và tổng hợp các chất trong cây, duy trì sức trương của tế bào, giúp cây cứng cáp, tăng khả năng chống sâu bệnh, chống đổ ngã, chịu hạn và chịu lạnh khỏe hơn, tăng số hạt chắc trên bông và làm hạt no đầy hơn. Đối với đất canh tác 2 vụ lúa ở ĐBSCL nếu được bón thêm một ít phân K và không lấy đi phần rơm rạ thì có sự cân bằng dinh dưỡng giữa lượng K bón vào và lấy đi (Hoa, 2003). Sau thời gian dài canh tác lúa nhiều vụ trong năm cho thấy khả năng cung cấp kali của đất giảm đáng kể, lượng kali trao đổi giảm

liên tục qua các vụ. Do kali là thành phần cân bằng điện tích của khoáng sét, kali mất đi dẫn đến sự mất cân bằng, phá vỡ khoáng sét hình thành nên khoáng sét mới có chất lượng kém hơn, dẫn đến sự suy thoái đất (Gương và *ctv.*, (1997).

Trên đất phèn trồng lúa ở ĐBSCL thường có sự cố định kali, các vùng đất canh tác 3 vụ lúa có sự cố định cao hơn. Sự cố định này đa phần do tập quán canh tác của người dân bón ít hoặc không bón kali để hoàn trả lại lượng kali bị lấy đi từ cây trồng. Khi bón kali vào đất sẽ bị hấp thụ mạnh, bù vào sự thiếu hụt gây nên sự cố định kali trong đất (Vệ và *ctv.*, 1998). Ở vùng đất phèn ĐBSCL hiệu quả bón kali cho cây lúa chưa thể hiện không rõ. Do vậy, trước đây người dân canh tác lúa không chú ý đến bón kali. Trong những năm gần đây, các chương trình trồng lúa chất lượng cao, để đạt được năng suất và chất lượng, người dân đã thay đổi dần tập quán bón kali. Hiện nay kali được khuyến cáo bón ở liều lượng khoảng 30-50 kg K₂O ha⁻¹, với liều lượng này chỉ mới đáp ứng duy trì hàm lượng kali trong đất (Tân và Hách, 2013). Tuy nhiên, theo nghiên cứu của Dorberman *et al.* (1995) cho rằng đất phèn ĐBSCL có khả năng hấp thu K rất cao sau khi bón, với liều lượng bón 50 kg K₂O ha⁻¹ chưa thấy tác dụng rõ nhưng nếu bón liều lượng cao khoảng 100 kg K₂O ha⁻¹ có tác dụng tăng năng suất rõ rệt nhưng không đem lại hiệu quả kinh tế (Tuyên và Tân, 1997).

2.4.4 Cải thiện hiệu quả sử dụng phân lân với công nghệ Polymer

Tiểu vi môi trường xung quanh hạt phân lân chịu các phản ứng sơ cấp và thứ cấp tác động đáng kể đến tính khả dụng của P đối với cây trồng. Kiểm soát các phản ứng trên là rất cần thiết vì ảnh hưởng của chúng đến sự cố định P và khả năng cung cấp các chất dinh dưỡng liên quan đến cây trồng. Trong điều kiện môi trường đất tốt nhất, trong vụ đầu tiên cây trồng hấp thu chỉ khoảng 25% lượng phân P bón vào, hiệu quả thu hồi lân của cây trồng thường chỉ giới hạn 5-25% (Mortvedt, 1984) bởi vì đất có pH thấp như đất phèn lân bị cố định bởi Fe²⁺, Al³⁺ nên làm giảm hiệu quả sử dụng phân lân. Trong điều kiện môi trường pH đất cao, P bị kết tủa bởi canxi (Ca) và magiê (Mg) và ở môi trường pH thấp thường bị cố định chủ yếu bởi sắt (Fe) và nhôm (Al). Lượng phân lân tồn dư còn lại trong đất cây trồng không hấp thụ được một năm gần bề mặt hoặc ngay bề mặt có thể tác động đến môi trường do rửa trôi hoặc chảy tràn có chứa hàm lượng lân cao thoát ra từ đồng ruộng. Để có một sản phẩm phân P khi bón vào đạt hiệu quả cao cho cây trồng, mang lại hiệu quả kinh tế và ít ô nhiễm môi trường.

Gần đây các nhà khoa học rất chú ý tới những kỹ thuật giúp cây trồng sử dụng phân lân hiệu quả hơn để nâng cao năng suất. Một trong những kỹ thuật này là sử dụng chất phụ gia có hoạt chất dicarboxylic acid polymer gồm acid maleic và acid itaconic đã đem lại hiệu quả sử dụng phân lân làm nâng cao năng suất cây trồng (Gordon, 2007; Hopkins *et al.*, 2008). Công ty Specialty fertilizer Products đã phát triển và đăng ký cấp được bằng sáng chế một họ gồm những hợp chất copolymer Dicarboxylic tập trung mật độ điện tích cao ảnh hưởng tích cực đến lượng lân hữu dụng và sử dụng phân lân hiệu

quả cho cây trồng (Sanders *et al.*, 2011). Hợp chất copolymer Dicarboxylic với tên thương mại là (Avail[®]) gồm acid Maleic và acid Itaconic là các hợp chất hữu cơ tự nhiên, những hợp chất này có khả năng tự phân hủy và tan trong nước. Đặc điểm của Avail là có cấu trúc đa phân tử, khả năng trao đổi cation rất cao, cơ chế hoạt động là mật độ điện tích cao của polymer (có thể lên tới 1500 meq/100g polyme), không bị ảnh hưởng bởi pH, nhiệt độ hoặc cường độ của các ion. Kết quả là sự hấp phụ hoặc sự thâm tím của những cation kim loại đa hóa trị trong dung dịch đất nơi hạt phân lân hòa tan sẽ làm gián đoạn hoặc chậm lại những phản ứng cố định lân bình thường dẫn đến kết quả làm tăng số lượng các hợp chất lân dễ tiêu trong nước như amoni photphat (NH₄)₃PO₄ và canxi photphat Ca₃(PO₄)₂ (Sanders *et al.*, 2012). Bên cạnh đó, khi phối trộn phân lân với “Dicarboxylic Acid Polymer-DCAP” sẽ tạo ra “lớp màng” bảo vệ các hạt lân, làm giảm hoặc loại trừ các phản ứng cố định H₂PO₄ của các cation Fe²⁺, Al³⁺ trong đất chua nhờ đó cải thiện được hàm lượng lân dễ tiêu trong đất, tạo điều kiện thuận lợi cho cây trồng hút được nhiều lân hơn. Nghiên cứu cho thấy bón hoạt chất này tăng độ hữu dụng của lân trên những điều kiện đất và cây trồng khác nhau (Sanders *et al.*, 2012).

Những nghiên cứu ban đầu tại Đại học tiểu bang Kansas Mỹ về ảnh hưởng lượng polymer với phân lân dạng rắn được đề xuất bọc tới 1% polymer. Tuy nhiên, những nghiên cứu tiếp theo cho thấy có thể sử dụng liều thấp hơn nhiều khoảng 0,25% không làm giảm hiệu lực. Các thí nghiệm ban đầu trong nhà lưới trên loại đất chua, pH 4,7 thí nghiệm trồng ngô theo hàng và sử dụng phân lân đơn (Mono Ammonium Phosphate-MAP) bọc polymer và không bọc để đối chứng, lượng bón 45 kg P₂O₅ ha⁻¹, kết quả nghiên cứu cho thấy sự ảnh hưởng đáng kể của polymer đến trọng lượng khô của cây, hàm lượng lân trong cây và hấp thụ lân trong cây ngô sau 30 ngày trồng. Từ những kết quả có chiều hướng tích cực của chất phụ gia phối trộn cho lân nhiều nhà nghiên cứu đã thử nghiệm rộng rãi ra đồng ruộng. Nghiên cứu triển khai trên cây lúa với việc bón phân lân với Avail polymer tại Mỹ cho thấy sự tăng năng suất đáng kể (Dunn and Stevens, 2008). Nghiên cứu tại Philippines sử dụng phân 16-20-0 và bọc Avail bón cho lúa cho thấy năng suất tương đương với bón 30 và 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ điều này cho thấy hiệu quả của việc sử dụng phân lân bọc Avail. Ngoài ra một nghiên cứu khác bón phân 14-14-14 bọc Avail được thực hiện giảm lượng phân bón ½ từ 60 kg xuống còn 30 kg P₂O₅ ha⁻¹ những cho thấy vẫn tăng năng suất lúa từ 5,265 tấn ha⁻¹ lên 5,910 tấn ha⁻¹ (Cruz, 2008). Theo Lino *et al.* (2018) trích trong Igueiredo *et al.* (2012) cho rằng phân lân MAP bọc polymer đã thúc đẩy và cải thiện được năng suất, chiều cao cây, tổng sản lượng chất khô của bắp so với nghiệm thức bón lân MAP đối chứng. Theo Zang *et al.* (2006) cũng xác minh có sự phản ứng tốt hơn của lúa mì về năng suất, chiều cao cây, với việc sử dụng các loại phân P phủ polymer so với bón phân lân thông thường. Trong các thí nghiệm của Ward (2010) được thực hiện trên lúa mì và bắp cho thấy các nghiệm thức bón lân có phối trộn Avail nhìn chung có năng suất trung bình cao hơn so với chỉ bón phân lân bình thường.

Tuy nhiên, theo báo cáo của Karamanos and Puurveen (2011) cho rằng không có tác dụng đáng kể của việc xử lý lân dạng (MAP) phối trộn với hợp chất axit co-polymer và cũng không thấy được sự tương quan giữa các tỷ lệ lân phối trộn trên cây lúa mì tại Canada. Nghiên cứu trên cây bắp tại bắc Carolina trong 2 năm với các nghiệm thức bón phân lân DAP phối trộn với Avail không cho thấy sự khác biệt ý nghĩa về thành phần năng suất và năng suất của cây bắp (Cahill *et al.*, 2013). Theo Khương và *ctv.* (2017) cho rằng không có sự đáp ứng năng suất lúa đối với bón phân lân và lân phối trộn Avail trên đất phèn vụ HT và cũng không làm tăng lượng hấp thu lân trong cây lúa. Bón mức 4 tấn vô^l ha⁻¹ kết hợp với lân phối trộn Avail vụ HT trên đất phèn ĐBSCL chưa cho thấy sự gia tăng năng suất lúa. Bón lân 30 kg P₂O₅ ha⁻¹ phối trộn với hoạt chất (Dicarboxylic Acid Polymer-DCAP) đã làm gia tăng chiều cao, số bông/m² và năng suất lúa, đạt tương đương với bón 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ trên đất phèn Phụng Hiệp. Theo Dang và *ctv.* (2017) cho rằng bón lân DAP phối trộn DCAP (Avail polymer) liều lượng lân 30 kg P₂O₅ ha⁻¹ làm gia tăng hàm lượng lân trong đất cuối vụ và hấp thu lân của cây khoai mì tương đương với bón lân mức 60 kg P₂O₅ ha⁻¹, tuy nhiên chưa cho thấy sự gia tăng hấp thu lân trên cây khoai lang và khoai mỡ.

2.4.5 Cung cấp cân đối, hiệu quả và đủ các yếu tố N, P, K cho lúa

Phân bón có vai trò hết sức quan trọng trong thâm canh lúa, không bón cân đối phân sẽ không làm tăng năng suất cây trồng. Trên thế giới để cải thiện năng suất cây trồng cần phải tăng chất dinh dưỡng đầu vào từ việc bón phân (Cassman *et al.*, 2003). Trong 3 nguyên tố phân đa lượng đạm góp phần làm tăng năng suất lúa khoảng 40%-45%, lân góp phần khoảng 20-30% và phân kali góp phần thấp nhất khoảng 5-10% (Tân, 2008). Nếu chỉ bón đơn độc phân đạm cho cây lúa, cây sinh trưởng mạnh và chỉ đạt được năng suất khá trong vài vụ đầu và dần dần năng suất sẽ bị giảm. Nếu bón có sự kết hợp với lân và kali cây lúa sẽ sinh trưởng cân đối cho năng suất cao và ổn định (Cuong *et al.*, 2004; Duy *et al.*, 2004). Trong trường hợp chỉ bón đơn độc phân lân với liều lượng không cao và không bón đạm, cho thấy quá trình đẻ nhánh ban đầu của cây tốt, nhưng lại kìm hãm quá trình đẻ nhánh về sau. Do đó, khi bón phân lân đơn độc kết quả số nhánh không tăng trong giai đoạn sau và có hiện tượng lụi đi, do đó cần bón cân đối có sự kết hợp đầy đủ dinh dưỡng N, P và K (Vi và Khải, 1974). Nghiên cứu về phân bón ở Việt Nam trên vùng đất phèn cho thấy không bón lân cây trồng chỉ hút khoảng 40-50 kg N ha⁻¹, nếu có bón lân cây trồng sẽ hút khoảng 120-130 kg N ha⁻¹. Vì vậy, để đảm bảo đất không bị suy thoái do quá trình canh tác nguyên tắc phải bón trả lại cho đất một lượng dinh dưỡng tương đương lượng dinh dưỡng mà cây trồng đã lấy đi. Tuy nhiên, việc bón phân hợp lý cho cây trồng không chỉ hoàn toàn dựa vào dinh dưỡng cây trồng hút từ đất và phân bón, mà phải dựa vào lượng dinh dưỡng dự trữ trong đất và khả năng hấp thu dinh dưỡng của cây (Căn, 1964).

Để tăng hiệu quả trong việc bón phân nhiều nghiên cứu trước đây đã tập trung vào các giải pháp giảm thất thoát do bốc hơi, do rửa trôi, do sự nitrat hóa và sự khử nitrat. Theo (Cassman *et al.*, 2002; Choudhury and Kennedy, 2005) lượng phân đạm bón cho lúa nước ước tính bị mất đi khoảng 30-60%. Phân đạm thất thoát do bị rửa trôi chiếm khoảng 1%-13% lượng đạm bón vào (Chichester and Richardson, 1992). Canh tác lúa ngập nước hiện tượng khử nitrat xảy ra làm thất thoát khoảng 2%-73% lượng đạm bón vào đất (Raun and Johnson, 1999), lượng phân đạm bốc hơi do ammonia có thể chiếm 20%-80% tổng lượng đạm bón vào cho đất (Freney *et al.*, 1990). Từ đó, việc nghiên cứu cải thiện hiệu quả sử dụng phân bón trong nông nghiệp được quan tâm và có rất nhiều công nghệ mới đã được phát triển trong những năm gần đây để đạt được hiệu quả sử dụng phân bón. Nghiên cứu sử dụng phân đạm chậm tan có vỏ bọc polymer làm tăng năng suất cây trồng và hiệu quả kinh tế cao hơn so với phương pháp bón thông thường. Một số loại phân đạm được bọc bởi agrotain đã được đưa vào sử dụng với hiệu quả ức chế sự hoạt động của enzyme urease. Sử dụng agrotain có thể giảm được 25% lượng phân bón theo khuyến cáo mà không làm giảm năng suất lúa (Bộ và *ctv.*, 2016). Cùng với phân đạm các nghiên cứu về phân NPK viên nén cũng được đưa vào sử dụng để bón cho lúa. Ưu điểm của phân bón viên nén là chỉ bón duy nhất một lần đầu vụ, tan chậm và cung cấp dần dinh dưỡng cho cây trồng. Bón vùi phân NPK cho năng suất và hiệu quả sử dụng đạm cao hơn so với bón vãi phân urê (Singh *et al.*, 2010; Islam *et al.*, 2011).

Bên cạnh đó, những phát triển gần đây về các chất phụ gia đã đem lại hiệu quả sử dụng phân lân cao hơn một cách đáng kể, đồng thời kết quả mang lại là làm năng suất cây trồng tăng lên (Gordon, 2007; Hopkins *et al.*, 2008). Một số nghiên cứu khác nhằm phát triển chất phụ gia Polymer áo lên hạt phân lân giúp bảo vệ các hạt lân hạn chế bị cố định bởi các độc tố sắt, nhôm trong điều kiện pH thấp và canxi, magiê trong điều kiện pH đất cao. Kết quả cho thấy rằng bón lân phối trộn Avail làm gia tăng hiệu quả sử dụng lân và làm tăng năng suất một số cây trồng (Dunn and Stevens, 2008; Mooso *et al.*, 2012; Tindall and Mooso, 2011). Trên đồng ruộng, việc cải thiện dinh dưỡng lân sẽ dẫn tới tích trữ năng lượng quang hợp lớn hơn trong hạt (năng suất cao hơn), thúc đẩy cây trồng chín sớm hơn và chín đồng đều hơn (Havlin *et al.*, 1999). Tiêu môi trường xung quanh hạt phân lân hoặc trong dung dịch phân lân là đối tượng của rất nhiều phản ứng chính và phụ có thể xảy ra, ảnh hưởng mạnh đến lượng lân hữu hiệu. Tác động thúc đẩy hoặc làm chậm lại các phản ứng này là phương pháp hữu hiệu để nâng cao hiệu quả sử dụng phân lân ở dạng rắn cũng như dạng lỏng, cải thiện năng suất và hiệu quả kinh tế đồng thời có ảnh hưởng tích cực đến môi trường. Một điều được công nhận rộng rãi là dù trong điều kiện tốt nhất cũng chỉ có từ 5 tới 25% lượng phân lân bón vào đất được cây trồng hấp thu trong năm đầu tiên. Do đó, vấn đề mang tính lịch sử về phương diện hóa học đất của phân lân là sự thiếu lân do bị cố định. Kỹ thuật polymer được xác nhận là có ảnh hưởng đến việc sử dụng phân lân một cách hiệu quả cả về phương diện kinh tế và lợi nhuận. Tuy nhiên, avail không phóng thích được những hạt phân lân trong đất

đã bị cố định bởi các phản ứng hóa học trong đất. Vì vậy, chỉ sử dụng một mình polymer cũng không nâng cao được lượng phân lân hữu dụng trong đất. Bên cạnh đó, quá trình phối trộn không đều đối với P dạng bột và dạng hạt xộp các hạt phân bọc không kín dẫn đến sử dụng kém hiệu quả (Sanders *et al.*, 2012).

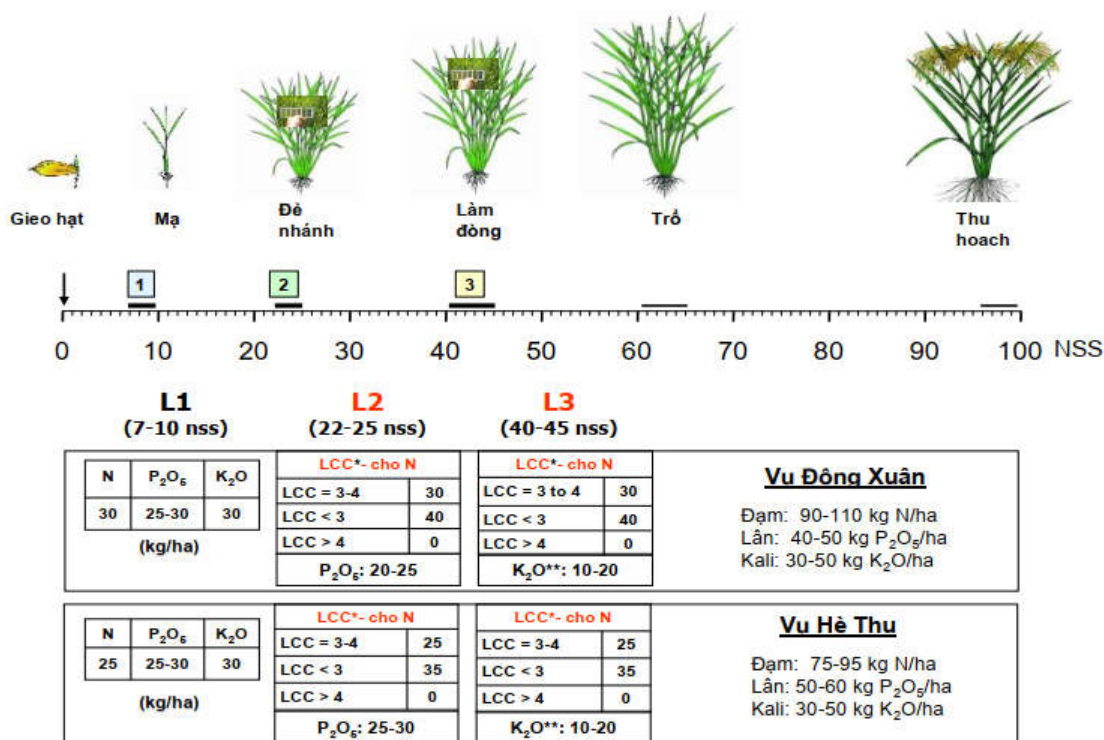
Để nâng cao hiệu quả sử dụng phân bón và đáp ứng năng suất cây trồng, các nhà nghiên cứu chuyển hướng sang bón phân cân đối và bón phân theo nhu cầu của cây mới là cách tốt nhất để vừa đạt được năng suất, vừa mang lại hiệu quả kinh tế và bảo vệ môi trường. Bón phân theo nhu cầu của cây có đầy đủ cơ sở lý luận khoa học và thực tiễn trong việc xác định lượng phân cần thiết cho cây căn cứ theo điều kiện đất đai, nước tưới, khí hậu thời tiết, mùa vụ và cả giống lúa cụ thể được khuyến cáo cho từng cánh đồng tại mỗi địa phương để đạt năng suất cao với đầu tư phân bón hợp lý. Với khuyến cáo bón phân như vậy sẽ giúp người trồng lúa có cơ sở tin tưởng đầu tư phân bón hợp lý nhất để đạt năng suất cao và hiệu quả kinh tế cao. Một trong những chiến lược cho tăng năng suất lúa và nâng cao hiệu quả sử dụng phân bón là bón phân đáp ứng theo nhu cầu dinh dưỡng của cây lúa dựa trên khả năng cung cấp dinh dưỡng bản địa (Dobermann *et al.*, 1996; Witt *et al.*, 1999). Điều này được thực hiện dựa trên nguyên lý bón khuyết từng dưỡng chất so với bón đầy đủ các dưỡng chất khác bằng phương pháp “quản lý dinh dưỡng theo vùng đặc thù” (Site Specific Nutrient Management gọi tắt là SSNM). Ở ĐBSCL đã có nhiều nghiên cứu về lúa được thực hiện dựa trên nguyên lý này để đưa ra những khuyến cáo về phân bón (Tân, 2005; Khương, 2005; Khương và *ctv.*, 2010).

Một số kết quả đã được công bố về việc sử dụng kỹ thuật SSNM để nghiên cứu liều lượng bón phân N, P, K cho lúa. Nhóm nghiên cứu đã sử dụng giống lúa cao sản OM4900 bố trí thí nghiệm tại huyện Vũng Liêm, tỉnh Vĩnh Long. Số liệu phân tích được lượng dinh dưỡng N, P, K nội tại do đất cung cấp ở vụ ĐX là 65 kg N+33 kg P₂O₅+115 kg K₂O ha⁻¹ đồng thời đề xuất công thức phân bón cho vụ ĐX là 90 kg N+36 kg P₂O₅+22 kg K₂O/ha. Đối với vụ HT lượng dinh dưỡng nội tại là 49 kg N+26 kg P₂O₅+88 kg K₂O ha⁻¹ và công thức khuyến cáo bón phân cho vụ HT là 85 kg N+40 kg P₂O₅+28 kg K₂O ha⁻¹. Qua kết quả nghiên cứu cho thấy rằng khi bón phân theo SSNM làm tăng năng xuất lúa vụ ĐX lên khoảng 0,48 tấn ha⁻¹, trong khi đó vụ HT không cho thấy sự tăng năng suất nhưng tiết kiệm được lượng phân bón vào cho lúa (Thúc và *ctv.*, 2015). Theo Hưng và *ctv.* (2020) sử dụng phương pháp bón phân phù hợp với nhu cầu cây lúa trên 03 biểu loại đất chính (đất phù sa; đất phèn và đất nhiễm mặn) tại ĐBSCL. Kết quả nghiên cứu việc quản lý dưỡng chất theo địa điểm chuyên biệt (SSNM) trên 03 biểu loại đất canh tác lúa cho thấy, liều lượng phân đạm cho cây lúa được khuyến cáo trên đất phù sa là 85-90 kg N ha⁻¹, đối với nhóm đất phèn và đất nhiễm mặn lượng đạm khuyến cáo từ 70-80 kg N ha⁻¹. Đối với phân lân và kali được khuyến cáo chung liều lượng cho cả 03 biểu loại đất theo thứ tự là 30-45 kg P₂O₅ và 25-35 kg K₂O ha⁻¹. Với liều lượng bón phân như trên kết quả đáp ứng năng suất lúa do bón phân đạm của 03 nhóm đất bình quân khoảng

1,5-2,0 tấn ha⁻¹. Đáp ứng năng suất lúa với phân P cao nhất trên đất nhiễm mặn Giồng Riềng là 0,8 tấn ha⁻¹, trong khi các địa điểm còn lại năng suất chỉ đáp ứng với lân khoảng 0,3 tấn ha⁻¹. Đối với phân kali hầu hết năng suất lúa của cả 03 nhóm đất chỉ đáp ứng trong khoảng 0,2-0,4 tấn ha⁻¹. Liều lượng phân bón N, P, K cho cây lúa, cụ thể theo từng loại đất, từng mùa vụ, từng đợt bón đã được rất nhiều nhà khoa học nghiên cứu và công bố. Theo Tân (2008) đã đưa ra khuyến cáo bón phân N, P, K trên đất phù sa 3 vụ lúa/năm như sau: Vụ ĐX bón 100 kg N+40 kg P₂O₅ kg+30 kg K₂O ha⁻¹; Xuân Hè bón 90 kg N+50 kg P₂O₅ kg+30 kg K₂O ha⁻¹; HT bón 80 kg N+50 kg P₂O₅ kg+30 kg K₂O ha⁻¹. Đối với đất phèn cơ cấu 2 vụ lúa khuyến cáo bón phân N, P, K như sau: Vụ ĐX bón 90 kg N+50 kg P₂O₅ kg+30 kg K₂O ha⁻¹; HT bón 80 kg N+60 kg P₂O₅ kg+30 kg K₂O ha⁻¹. Nhìn chung ở ĐBSCL phân đạm thường được khuyến cáo sử dụng khoảng 100-120 kg N ha⁻¹ trong vụ Đông Xuân và 80-100 kg N ha⁻¹ trong vụ Hè Thu. Phân lân bón cho lúa được dùng ở mức 60-80 kg P₂O₅ ha⁻¹ và kali được khuyến cáo bón ở liều lượng 30-50 kg K₂O ha⁻¹ (Tân, 2001; 2005).

Mặc dù khuyến cáo bón phân theo SSNM đề xuất được lượng phân hợp lý, sát với yêu cầu thực tế của cây trồng tại địa điểm cụ thể đã được xác định có cơ sở khoa học và giúp gia tăng năng suất và hiệu quả kinh tế cho người trồng lúa. Mặc dù, khuyến cáo bón phân theo SSNM có nhiều ưu điểm nổi trội hơn khuyến cáo trước đây, nhưng vẫn còn hạn chế là phải tính toán phức tạp. Bón phân theo SSNM kết hợp với điều chỉnh lượng đạm theo nhu cầu của cây, bằng cách sử dụng bảng so màu lá (leaf colour chart-LCC) theo đề xuất của (Balasubramaniam *et al.*, 2000). Bón phân theo SSNM và điều chỉnh lượng đạm theo yêu cầu của cây bằng cách sử dụng bảng so màu lá đã giúp bón phân đúng lúc, đúng lượng một cách chính xác hơn (Tân, 2005).

Đối với phân đạm lượng bón trong vụ giữa các lần được điều chỉnh linh hoạt, thích hợp dựa vào tình trạng đạm của cây thông qua việc so màu lá, thang màu được chuẩn hóa khác nhau từ xanh nhạt đến xanh đậm của IRRI thiết kế (IRRI, 1996), đồng thời có sự hiệu chuẩn than màu cho nhiều giống lúa và các vùng canh tác lúa của Châu Á. Xác định chỉ số màu lá để bón phân định kỳ, thông thường so màu và bón phân ở các giai đoạn sau: giai đoạn mạ bón vào khoảng thời gian 7-10 NSS, đẻ nhánh là 22-25 NSS và làm đòng từ 42-45 NSS, thực hiện theo khuyến cáo tóm tắt quy trình bón phân N theo LCC cho lúa ngắn ngày vùng ĐBSCL (Hình 2.5) (Tân và Hách, 2013).



* LCC: sử dụng để điều chỉnh lượng đạm bón lần 2 (L2) và lần 3 (L3)
 **Bón K₂O vào giai đoạn làm đồng (L3) chỉ khi đất không có phù sa bồi hàng năm

(Nguồn: Tân và Hách, 2013)

Hình 2.5: Khuyến cáo bón phân N theo SSNM và điều chỉnh lượng đạm theo LCC cho lúa ngắn ngày vùng ĐBSCL

2.5 Đặc điểm vùng nghiên cứu

2.5.1 Đặc điểm vùng Tứ Giác Long Xuyên

Tứ Giác Long Xuyên (TGLX) là vùng đất rộng lớn (tổng diện tích hơn 480 nghìn ha) thuộc địa bàn các tỉnh An Giang, Kiên Giang và thành phố Cần Thơ. Địa hình vùng TGLX có hai dạng: i) Dạng đồi núi thấp chiếm phần ít diện tích (gồm những đồi núi, cồn cát phía Nam An Giang, núi Dài, núi Cô Tô, núi Sập, núi Sam và các núi đá vôi ở rải rác ven biển phía Tây Kiên Giang; ii) Dạng đồng bằng trũng chiếm diện tích lớn là vị trí phân bố đất phèn của vùng. Cao trình chung của vùng biến động trong khoảng 0,4-2,0 m. Về điều kiện địa chất của vùng thuộc hệ Đệ tứ phù sa hiện đại, thành phần cơ giới có sét, thịt trắng hoặc vàng có tầng đất dày. Dưới các độ sâu 1,5-3,0 m thường gặp trầm tích biển chứa vỏ sò, vỏ hến.

Vùng TGLX có 02 mùa rõ rệt (mùa mưa bắt đầu tháng 4 và kết thúc vào tháng 12; mùa nắng từ tháng 1 đến tháng 4): Do đây là vùng gần biển mùa mưa kéo dài hơn và lượng mưa cũng cao từ 1.800-2.200 mm, càng về hướng An Giang và Cần Thơ lượng mưa có giảm còn khoảng 1.600-1.700 mm. Lượng bốc hơi khoảng 1.200-1.400 mm cao nhất trong tháng 3. Ẩm độ không khí trong các tháng mùa mưa khoảng 80-85%, nhiệt độ bình quân khoảng 26-27⁰C, biên độ không quá 3-4⁰C. Vào mùa lũ, lượng nước lũ qua

sông Hậu theo các kênh rạch vào nội đồng chiếm khoảng 20-25% và lượng nước lũ chảy tràn từ Campuchia qua kênh Vĩnh Tế vào nội đồng và đổ ra biển (vịnh Thái Lan) chiếm khoảng 70-80%. Nhìn chung lũ vùng TGLX lên nhanh và có lưu lượng tăng nhanh vào tháng 7, lớn nhất vào tháng 10 và giảm dần vào tháng 11, cường suất lũ bình quân khoảng 3-5 cm/ngày; tối đa 13-17 cm/ngày, càng xa sông về phía Nam, lũ về càng muộn và rút muộn. Sau khi mở kênh Vĩnh Tế, kênh T7, T8 hoàn thành dẫn và thoát lũ ra Biển Tây, mang theo lượng lớn phù sa đồng thời có lượng lớn nước để rửa phèn và ém phèn từ đó làm tăng diện tích và sản lượng lúa của vùng khá rõ.

Theo Bá (2009) đất phèn ở vùng TGLX tương đối đồng nhất về quá trình hình thành và độc tố, ít có những biến động lớn trong cùng một khu vực. Do đặc điểm của quá trình hình thành đất phèn mà vùng TGLX có các dạng đất phèn đặc trưng như sau: i) Loại đất phèn tiềm tàng nội địa: phân bố sâu trong nội đồng xuất hiện các vùng trũng tạo thành các ổ phèn nằm xen giữa cồn cát khi hiện tượng biển lùi, để lại các vịnh hồ, có xu hướng hình bán nguyệt quay lưng ra biển. Vùng trũng này có mực nước ngầm nông và mùn nhiều. Thông thường phẫu diện đất này có 2 tầng chính (tầng mặt xám đen mùn nhiều và tầng bên dưới có chứa vật liệu sinh phèn pyrite. pH thấp khoảng 2-3, hàm lượng SO_4^{2-} tổng số trong đất cao và lượng SO_4^{2-} hòa tan thấp, biểu hiện mức độ tiềm tàng còn rất lớn. Hàm lượng độc tố Al^{3+} dao động trong khoảng 1.900-2.900 ppm; ii) Đất phèn tiềm tàng cận duyên hải: được phân bố thành dải dài dọc theo vùng ven biển được bồi lấp bởi phù sa biển và sông có chiều rộng dao động khoảng 7-15 km, độ sâu của lớp phèn tiềm tàng ít lộ trên mặt đất, với thảm thực vật là rừng thứ sinh: chà là, dừa nước, cỏ mồm, cỏ nước mặn; Đất than bùn phèn tiềm tàng: phân bố rải rác kiểu da beo, phân bố một số nơi như Hà Tiên, Bình Sơn, Tây Nam Bảy Núi. Do sự hình thành và phát triển đặc trưng vùng tạo nên tầng than bùn dày khoảng 50cm phần lộ thiên, tầng bên dưới là tầng chứa vật liệu sinh phèn (pyrite). Thực vật che phủ chủ yếu là rừng tràm, cỏ năng, dớn choại. Nước ngầm nông, có giá trị pH tươi khoảng 5,5 tuy nhiên pH khô thấp nhỏ hơn 3. Hàm lượng SO_4^{2-} tổng số và chỉ số C/N trong đất cao, tầng dày trên 1,2m toàn là bã thực vật bán phân hủy, không mặn; Đất phèn hoạt động:

2.5.2 Đặc điểm vùng Đồng Tháp Mười

Đồng Tháp Mười (ĐTM) là một vùng đất trũng ngập nước của ĐBSCL nằm ở phía tả ngạn của hạ lưu sông Mekong, phía Bắc giáp Campuchia, Tây Nam giáp Sông Tiền, phía Đông và Đông Nam giáp sông Vàm Cỏ Đông của Long An, có diện tích gần 700 nghìn hecta, chiếm gần 40% diện tích là đất phèn trải rộng trên ba tỉnh Long An, Tiền Giang và Đồng Tháp. Địa hình ĐTM dạng lòng chảo lớn, hơi nghiêng từ Đông Bắc xuống Tây Nam và Nam làm cho địa hình thay đổi rất lớn, có thể từ 0,5 m đến 2 m và đặc biệt có nơi cao đến 3,5 m như Gò Tháp. ĐTM có khí hậu tương đối ôn hòa, nhiệt độ trung bình năm khoảng 27,1⁰C. Trong năm tháng có nhiệt độ cao nhất vào tháng 4 khoảng 28,8⁰C. Trong năm có sự chênh lệch nhiệt độ trong vùng khoảng 2-3⁰C. Vùng

ĐTM có hai mùa rõ rệt, mùa mưa từ tháng 5-11 và mùa khô từ tháng 12-tháng 4. Lượng mưa trong vùng thay đổi rất nhiều và không ổn định, các tháng đầu mùa, lượng mưa ít và không ổn định. Lượng mưa trung bình tháng 5 khoảng 168 mm, có năm lên đến 365 mm và có năm lại giảm xuống còn 38 mm. Hàng năm lũ thường bắt đầu vào tháng 8 và kết thúc vào cuối tháng 11. Khoảng đầu tháng 9 khi mực nước sông Tiền ở Tân Châu vượt quá 4,2 m thì dòng chảy của sông Mekong, trước tiên sẽ chảy vào nội đồng qua các con rạch, sau đó nước ở Sở Thượng chảy tràn về Sở Hạ, các con kênh từ Đồng Tiến trở lên giáp biên giới Campuchia chứa đầy nước, một phần trong gần 1 tỷ mét khối nước đó được tích lại trong nội đồng, một phần chảy trở lại sông Tiền qua nhiều ngã và một phần được đổ ra biển.

Vùng ĐTM được hình thành trong phân đại Đệ Tứ, trên hai đơn vị trầm tích Pleistocen và Holocen cùng với giai đoạn trung gian của hậu Pleistocen. Nền trầm tích Pleistocen với vật liệu phù sa cổ không đồng đều được phủ lên bằng vật liệu mới của trầm tích Holocen. Do đó, có thể tìm thấy những gò phù sa cổ và những giồng cát cổ nằm xen lẫn giữa cánh đồng phù sa mới. Dưới tác động của nhiều yếu tố tự nhiên và con người, thông qua sự phong hóa với các tiến trình sinh-hóa xảy ra đã hình thành nhiều nhóm đất khác nhau trong vùng ĐTM (Đất phù sa cổ, đất giồng cổ, đất phèn, đất phù sa và phù sa ven sông).

Đặc trưng của đất phèn hoạt động nông của ĐTM là tầng mặt rất chua, pH đất thấp, hàm lượng SO_4^{2-} hòa tan thấp, Al^{3+} rất di động và tầng sinh phèn sâu trên 100cm (Chiều và *ctv.*, 1991), đất vùng này có thành phần cơ giới nặng, giá trị pH thấp thường nhỏ hơn 4. Hàm lượng lưu huỳnh tổng ở tầng sinh phèn rất cao khoảng 4,2-4,8%, và nhôm trao đổi khá cao khoảng 120-590 ppm (Bá, 2009). Kết quả nghiên cứu đất phèn nặng mới khai hoang ở vùng ĐTM cho thấy đất có tầng phèn Jarosite (thuộc loại đất *Typic Sulfaquepts*), phân bố nơi có địa hình cao dễ thoát nước trong vùng, đối với loại đất này thường có 3 tầng chính (tầng canh tác-tầng mặt; tầng phèn-sulfuric horizon; và tầng sinh phèn-sulfidic horizon). Ngược lại, loại đất chỉ có tầng sinh phèn mà không có tầng Jarosite (thuộc loại đất *Hydraquentic Sulfaquepts*) thường xuất hiện những nơi địa hình trũng, thấp thường ngập nước (Thuận và *ctv.*, 2001).

2.5.3. Đặc điểm vùng Bán Đảo Cà Mau

Bán đảo Cà Mau (BĐCM) nằm ở phía Tây Nam ĐBSCL, giới hạn bởi phía Bắc là kênh Cái Sắn, phía Đông Bắc là sông Hậu, phía Tây Nam là biển Tây và phía Đông là biển Đông. Diện tích tự nhiên khoảng 16.800 km², chiếm gần 40% diện tích ĐBSCL, gồm: Bạc Liêu, Sóc Trăng, Cà Mau, Hậu Giang, T.p Cần Thơ và một phần của tỉnh Kiên Giang. Địa hình tương đối bằng phẳng, cao trình trung bình 0,5-1,5 m (địa hình cao thường phân bố dọc theo các đê sông, đê biển và địa hình thấp phân bố các khu vực bồn trũng U Minh, Hồng Dân). Khu vực Bán Đảo Cà Mau có hai mùa rõ rệt, mùa mưa bắt đầu vào giữa tháng 5 và kết thúc vào cuối tháng 10 và mùa nắng bắt đầu 11 đến tháng

4. Do vùng có vị trí gần biển nên lượng mưa trong năm tương đối cao khoảng 2.400 mm/năm, lượng nước bốc hơi thấp trung bình khoảng 73 mm/tháng. Nhiệt độ trung bình năm khoảng 26,8°C, nhiệt độ tối đa khoảng 36,7°C và tối thiểu khoảng 15,3°C. Độ ẩm tương đối trung bình năm khoảng 86% và đạt cao nhất vào tháng 8, 9 khoảng 89%. Vùng BĐCM chịu ảnh hưởng của triều Biển Đông bán nhật triều không đều, có độ lớn thủy triều khoảng 2-2,5 m và triều Biển Tây nhật triều không đều, có độ lớn thủy triều khoảng 1 m.

Đặc trưng BĐCM có diện tích đất phèn lớn, chiếm khoảng 1/3 diện tích của đất phèn ĐBSCL, chúng phân bố chủ yếu tập trung ở Cà Mau và một phần ở U Minh Thượng-Kiên Giang. Ngoài ra đất phèn còn phân bố cục bộ dạng da beo ở các vùng trũng thấp của Bạc Liêu, Sóc Trăng và Hậu Giang. Đất phèn tiềm tàng nhiễm mặn tập trung chạy dọc ven biển cả hai bờ Đông và Tây của Bán Đảo, xen kẽ với đất mặn hay bùn mặn. Theo Bá (2009) đất phèn vùng BĐCM một số phẫu diện có tầng phèn (oxy hóa) hoặc chỉ có tầng sinh phèn (khử) hoặc chỉ có một lớp mùn thực vật xuyên suốt phẫu diện. Độ pH đất của vùng trũng U Minh dao động rất lớn từ chua đến ít chua (pH=3-6). Đặc biệt, đối với vị trí đất phèn tiềm tàng dưới rừng ngập mặn từ phần đất mũi chạy dài đến Gành Hào là dạng đất phèn được hình thành trên trầm tích đầm mặn, lớp bùn sét dưới rừng ngập mặn chịu ảnh hưởng triều suốt thời kỳ dài ở vùng này là môi trường nước lợ thuận lợi để tích lũy vật liệu sinh phèn Pyrite (Chiều và *ctv.*, 1991). Theo nghiên cứu hình thái và đặc tính hóa học đất phèn tại Phước Long-Bạc Liêu của Toàn và *ctv.* (2016) cho thấy đây thuộc biểu loại đất phèn hoạt động có nhiễm mặn (Orthi Thionic Fluvisols, Salic). Giá trị pH của đất tầng phèn thấp dao động khoảng (pH=3,1-3,8), giá trị EC tầng mặt khá cao khoảng (EC=4,24-5,48 mS/cm). Hàm lượng nhôm trao đổi và sắt tự do tầng canh tác ở mức thấp ($AL^{3+} = 3,9$ cmol/kg; $Fe^{3+} = 0,7\%$).

2.5.4. Đặc điểm vùng trũng Tây Nam sông Hậu

Trong vùng trũng Tây Nam Sông Hậu đất phèn chiếm một diện tích khá lớn gần 41% tổng diện tích đất tự nhiên (tổng diện tích phèn Tây Sông Hậu chiếm khoảng 95 nghìn hecta) phân bố ở hai huyện chính là Phụng Hiệp và Long Mỹ. Địa mạo của vùng dạng đê tự nhiên ven sông Hậu hình thành dải đất hẹp có địa hình cao và các cù lao dọc theo sông Hậu, đồng bằng châu thổ chiếm gần 95% diện tích, có địa hình bằng phẳng, thấp dần theo hướng xa sông Hậu với một số vùng trũng cục bộ (Phương Ninh). Cao trình phổ biến từ 0,6-0,8 m, có khuynh hướng thấp dần từ Tây Bắc sang Đông Nam. Địa chất được hình thành chủ yếu qua quá trình bồi lắng trầm tích biển và phù sa của sông Cửu Long trên nền đá cổ. Vùng nằm trong vòng đai nội chí tuyến Bắc bán cầu, gần xích đạo; có khí hậu nhiệt đới gió mùa, chia thành hai mùa rõ rệt. Mùa mưa có gió Tây Nam từ tháng 5 đến tháng 11, mùa khô có gió Đông Bắc từ tháng 12 đến tháng 4 hàng năm. Nhiệt độ trung bình là 27°C không có sự chênh lệch quá lớn qua các năm. Tháng có nhiệt độ cao nhất 35°C là tháng 4 và thấp nhất vào tháng 12 là 20,3°C. Mùa mưa từ tháng

5 đến tháng 11 hàng năm, chiếm từ 92-97% lượng mưa cả năm. Lượng mưa trong vùng thuộc loại trung bình, khoảng 1.800 mm/năm, lượng mưa cao nhất vào tháng 9 khoảng 2.500 mm. Độ ẩm trung bình năm là 82%. Vùng ảnh hưởng của hai hệ thống dòng chảy: hệ thống sông Hậu với chế độ bán nhật triều không đều biển đông, lưu lượng và biên độ triều lớn, mật độ sông rạch dày lớn hơn 2 km/km², chịu tác động tương tác giữa lũ và triều; hệ thống sông Cái Lớn với chế độ nhật triều biển Tây, lưu lượng và biên độ triều thấp, mật độ sông rạch trung bình thấp hơn 1,5 km/km², chịu ảnh hưởng xâm nhập mặn và cũng là trực tải lũ từ sông Hậu ra biển Tây. Ngoài ra, vùng Tây Nam Sông Hậu còn có hệ thống các kênh rạch chuyển nước từ sông Hậu về biển Tây và bán đảo Cà Mau theo hướng Đông Bắc-Tây Nam với các kênh chính là kênh Xáng Xà No, Kênh Nàng Mau, kênh Cái Côn-Quản lộ Phụng Hiệp; hệ thống các kênh song song với sông Hậu, đáng kể nhất là trục Bốn Tổng-Một Ngàn -Bún Tàu; và hệ thống các sông rạch tự nhiên chịu ảnh hưởng triều khác, khiến chế độ thủy văn của vùng khá phức tạp, nhất là trong mùa ngập lũ. Do địa hình vùng trũng và là nơi tiếp giáp giữa hai triều nên mùa lũ thoát nước rất chậm như (Long Mỹ, Vị Thủy).

Đặc trưng nhất vùng trũng Tây Nam Sông Hậu gồm các nhóm đất phèn sau đây: Đất phèn hoạt động xuất hiện sâu hoặc xuất hiện nông (đất có nhiễm mặn và đất không nhiễm mặn); Đất phèn tiềm tàng xuất hiện sâu hoặc xuất hiện nông (đất có nhiễm mặn và đất không nhiễm mặn) (Ninh và ctv., 2019). Theo Dũng và Khôi (2016) đất phèn hoạt động nặng tại Hòa An-Phụng Hiệp mô tả chi tiết hình thái phẫu diện thông qua việc đào tả phẫu diện. Phẫu diện đất này được phân chi tiết thành 05 tầng (Tầng mặt-Ah, tầng chuyển tiếp-AB, Tầng phèn 1-Bgj1, tầng phèn 2-Bgj2 và tầng khử Cr chứa vật liệu sinh phèn). Tầng Bgj1 và Bgj2 có đốm jarosite xuất hiện ở độ sâu (30-80 cm) thuộc đất phèn hoạt động nặng, giá trị pH_{H₂O}=3,1-3,5 và tầng Cr tầng khử chứa vật liệu sinh phèn có giá trị pH thấp (pH_{H₂O}<2 và pH_{H₂O} =2,7). Đối với đất hoạt động trung bình (Sulfuric Tropaquept-phân loại theo USDA/Soil Taxonomy) tại Long Mỹ-Hậu Giang cho thấy pH cao hơn đất phèn nặng tại Hòa An pH_{H₂O}=4,4-5,5 và hàm lượng Al³⁺ nhôm trao khoảng 0,28-4,26 meq/100g. Đất phèn tiềm tàng nhẹ (Sulfidic Tropapuept-phân loại theo USDA/Soil Taxonomy) tại Vị Thắng-Hậu giang cho thấy pH dao động trong khoảng 4,2-5,1, hàm lượng nhôm trao đổi thấp từ 1,36-1,95 meq/100g.

Tiểu kết luận khảo: đã có nhiều nghiên cứu về hình thái và tính chất của đất phèn trong nước và trên thế giới. Hầu hết các tác giả nghiên cứu đất phèn đều có cùng nhận định rằng đất phèn loại đất có nhiều sunfua chủ yếu dưới dạng pirite, khi bị oxy hóa pirite chuyển thành jarosite và giải phóng ra môi trường đất một lượng lớn axit sunfuric làm đất bị chua hóa mạnh, ảnh hưởng đến môi trường đất và cây trồng. Đối với hóa tính trên đất phèn, một số tác giả nghiên cứu cho rằng hàm lượng mùn và CHC trong đất phèn ở mức khá, điều này do sự rửa trôi chất mùn và CHC từ nơi cao xuống vùng trũng phèn kết hợp với xác bã thực vật tại chỗ phân giải thành mùn. Thông thường khi đất

giàu hữu cơ và mùn sẽ giàu đạm, vì đạm là thành phần cấu tạo của CHC nên đất phèn ĐBSCL có hàm lượng đạm tổng số khá cao. Hàm lượng lân tổng số và lân dễ tiêu trên đất phèn thấp, nguyên nhân do đất phèn có độ pH thấp dẫn đến tăng khả năng hoạt động của Fe, Al gây ra kết tủa lân, vì vậy cần bón lân cho đất phèn để đáp ứng nhu cầu lân cho cây trồng. Về kali, hàm lượng kali trao đổi từ trung bình đến khá nên đất phèn trồng lúa ở ĐBSCL không có vấn đề về thiếu kali. Cho đến nay, chưa có những nghiên cứu và thông tin về khả năng và mức độ thay đổi về hình thái và đặc tính hóa học của đất phèn theo thời gian. Giả định của đề tài cho rằng hình thái và tính chất hóa học đất của đất phèn có thể bị biến đổi. Do đó luận án đã thực hiện nghiên cứu khả năng thay đổi hình thái và các tính chất của đất phèn sau gần 20 năm canh tác.

Bên cạnh đó, phần lớn diện tích đất phèn ĐBSCL là trồng lúa, có pH thấp, độc tố Fe^{2+} , Al^{3+} cao gây cố định lân làm cây khó hấp thu, là yếu tố giới hạn năng suất. Trên đất phèn mặc dù có một số khuyến cáo đề xuất bón vôi để cải thiện pH đất, nhưng xho thấy không có hiệu quả kinh tế. Những nghiên cứu phát triển về chất phụ gia đã đem lại hiệu quả sử dụng phân lân, đặc biệt sử dụng chất phụ gia Avail[®] polymer hay gọi là hoạt chất (Dicarboxylic Acid Polymer-DCAP) bọc lên hạt phân lân dạng DAP giúp bảo vệ nguyên tố lân trong hạt phân DAP, hạn chế lân bị cố định bởi độc tố sắt, nhôm trong điều kiện pH thấp. Ở ĐBSCL (Dicarboxylic Acid Polymer) gần đây có sử dụng chất DCAP (Dicarboxylic Acid Polymer) trong nghiên cứu trên khoai lang, khoai mì và khoai mỡ trên đất phèn. Tuy nhiên, nghiên cứu cho lúa trên đất phèn còn rất hạn chế nên luận án đã triển khai nghiên cứu trên đối tượng này.

Chương 3: VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1 Vật liệu nghiên cứu

(i) Vật liệu thí nghiệm

- Phân đạm: Urê Phú Mỹ (46 %N).
- Phân lân: Super lân Long Thành (16% P₂O₅).

Theo lý thuyết super lân có tính axit và lân nung chảy có tính kiềm. Lân nung chảy thích hợp với đất chua tốt hơn super lân. Tuy nhiên, do tập quán canh tác của người dân dùng phân super lân để bón lót để cung cấp đủ nhu cầu lân cho cây ngay từ giai đoạn đầu là rất cần thiết (Phạm Sỹ Tân, 2005 và 2008; Mai Thành Phụng và *ctv.*, 2005). Phân Supe lân có chứa 16,5% P₂O₅ tan trong xitrat amôn 11,2%, 22-23% CaO và có chứa ít hơn 4% axit sừ do (<https://phanbonmiennam.com.vn>). Với lượng 4% axit trong phân là rất nhỏ so với lượng acid sinh ra từ đất phèn, đồng thời nông dân có tập quán xỏ phèn để tháo bỏ axit và độc tố nên giảm được độ chua lưu tồn trong đất phèn.

Để kết quả thí nghiệm có thể khuyến cáo phù hợp với tập quán canh tác của nông dân, tác giả đã chọn phân lân super để cung cấp lân cho cây lúa thí nghiệm.

- Phân Kali: Kali clorua (60% K₂O).
- Phân DAP (18%-46%-0%)
- Dung dịch Avail[®] polymer (hoạt chất dicarboxylic acid polymer - DCAP) có nồng độ 2‰

(ii) Dụng cụ khảo sát thực địa và phân tích

Các dụng cụ khảo sát đất ngoài đồng như khoan máng lớn loại 2m, xẻng và các dụng cụ đào đất, thước dây chuyên dụng, bảng mô tả phẫu diện, dao dùng để mô tả mẫu đất, hộp tiêu bản, túi đựng mẫu đất, giấy đo pH, H₂O₂ và quyển so màu Munsell.

Thiết bị định vị toàn cầu GPS để xác định vị trí khảo sát và đào tả phẫu diện, máy ảnh ghi nhận lại hình ảnh trong quá trình đào tả phẫu diện đất.

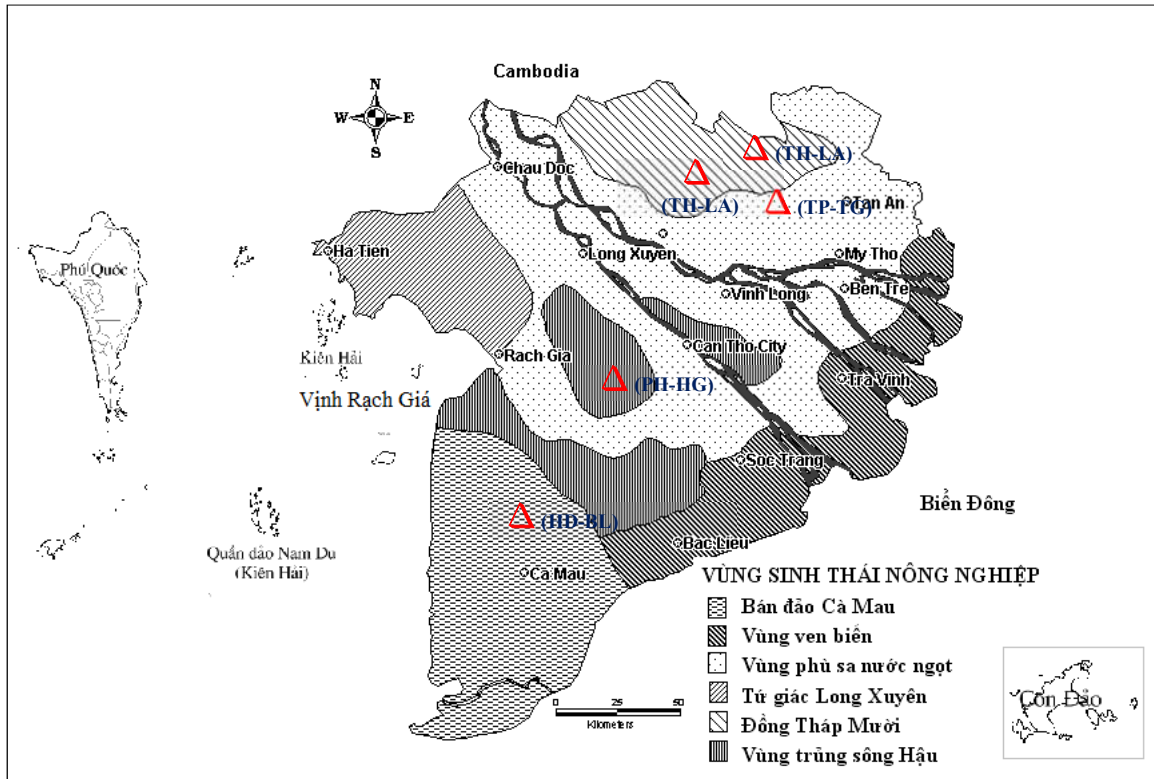
Các dụng cụ dùng trong phòng phân tích: Các máy đo pH-EC kế, ống hút Robinson, máy hấp thu nguyên tử, máy so màu, máy lắc, tủ hút, máy chưng cất đạm và và một số dụng cụ khác trong phòng phân tích lý hóa học đất.

3.2 Thời gian và địa điểm nghiên cứu

- **Thời gian thực hiện luận án:** Nghiên cứu được thực hiện từ năm 2014 đến năm 2019.

- **Địa điểm nghiên cứu hình thái phẫu diện đất phèn:** Dựa vào hướng dẫn khảo sát thực địa của trường Đại học Nông nghiệp Wageningen – Hà Lan phối hợp với Trường Đại học Cần Thơ tổ chức hội thảo đất phèn thế giới lần thứ 4 tại TP. Hồ Chí Minh năm 1992 để xác định chọn ra được 05 phẫu diện đất phèn điển hình đại diện cho đất phèn

ĐBSCL gồm: điểm khảo sát phẫu diện đất phèn thứ nhất tại hộ nông dân xã Phong Thạnh Nam, H. **Hồng Dân**, T. Minh Hải (nay thuộc H. Phước Long – T. Bạc Liêu); điểm khảo sát phẫu diện đất phèn thứ hai tại khu thực nghiệm đất phèn xã Hòa An, H. Phụng Hiệp - T. Hậu Giang; điểm khảo sát phẫu diện đất phèn thứ ba tại thị trấn Tân Thạnh, huyện Tân Thạnh – T. Long An; điểm khảo sát phẫu diện đất phèn thứ tư tại thị trấn Thạnh Hóa, huyện Thạnh Hóa – T. Long An, và điểm khảo sát phẫu diện đất phèn thứ năm tại xã Tân Lập, huyện Tân Phước – T. Tiền Giang), vị trí không gian các điểm khảo sát thể hiện trên bản đồ (Hình 3.1).



(Nguồn : Xuan and Matsui, 1998)

Hình 3.1: Vị trí khảo sát các phẫu diện đất phèn điển hình tại ĐBSCL

Bảng 3.1: Thông tin 05 phẫu diện đất phèn ĐBSCL năm 1992

TT	Tên Phẫu diện	Vị trí	Ngày mô tả	Tên đất	Nhóm tác giả
1	HD-BL	Xã Phong Thạnh Nam, H. Hồng Dân , T. Minh Hải (nay H. Phước Long – Bạc Liêu)	28/12/1991	Phèn hoạt động nặng (Thionic Fluvisol)	Lê Văn Khoa, Đoàn Văn Thọ, Lê Quang Trí,
2	PH-HG	Xã Hòa An, H. Phụng Hiệp , T. Hậu Giang	09/02/1991	Phèn hoạt động nặng (Thionic Fluvisol)	Lê Văn Khoa, Đoàn Văn Thọ, Lê Quang Trí, Trần Kim Tính
3	TT-LA	Thị trấn Tân Thạnh, H. Tân Thạnh , T. Long An	3/3/1992	Phèn hoạt động nặng (Thionic Fluvisol)	Lê Quang Trí, Lê Văn Khoa, Trần Kim Tính
4	TH-LA	Thị trấn Thạnh Hóa, H. Thạnh Hóa , T. Long An	2/3/1992	Phèn hoạt động nặng (Thionic Fluvisol)	Lê Quang Trí, Trần Kim Tính, Lê Văn Khoa

TT	Tên Pầu diện	Vị trí	Ngày mô tả	Tên đất	Nhóm tác giả
5	TP-TG	Xã Tân Lập, H. Tân Phước, T. Tiền Giang	01/03/1991	Phèn hoạt động nặng (Thionic Fluvisol)	Trần Kim Tính, Lê Quang Trí, Lê Văn Khoa

- **Địa điểm nghiên cứu:** khả năng cung cấp dưỡng chất NPK và xác định hiệu quả sử dụng phân lân dạng DAP phối trộn Avail cho lúa trên đất phèn điển hình ở đồng bằng sông Cửu Long: Thí nghiệm được thực hiện trong 2 vụ lúa Hè Thu-HT năm 2014 và Đông Xuân-ĐX (2014-2015) tại 04 điểm thí nghiệm (Hòn Đất-HĐ, Phụng Hiệp-PH, Hồng Dân-HD và Tháp Mười-TM) đại diện cho 04 vùng sinh thái đất phèn ở ĐBSCL với các thời điểm xuống giống và thu hoạch được trình bày chi tiết (Bảng 3.2).

Bảng 3.2: Thời gian xuống giống và thu hoạch tại 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Vùng	Mùa vụ	Thời gian xuống giống	Thời gian thu hoạch
- Ấp Mỹ Tân, xã Mỹ Thuận, huyện Hòn Đất tỉnh Kiên Giang	TGLX	HT ĐX	27/04/2014 11/11/2014	03/08/2014 09/02/2015
- Ấp Xẻo Trâm, xã Hòa An, huyện Phụng Hiệp tỉnh Hậu Giang	TSH	HT ĐX	30/04/2014 20/11/2014	04/08/2014 16/02/2015
- Ấp Tà Ben, xã Ninh Hòa, huyện Hồng Dân tỉnh Bạc Liêu	BĐCM	HT ĐX	25/04/2014 15/11/2014	28/07/2014 20/02/2015
- Ấp Mỹ Nam 2, xã Mỹ Quý, huyện Tháp Mười, tỉnh Đồng Tháp	ĐTM	HT ĐX	25/04/2014 01/11/2014	28/07/2014 12/02/2015

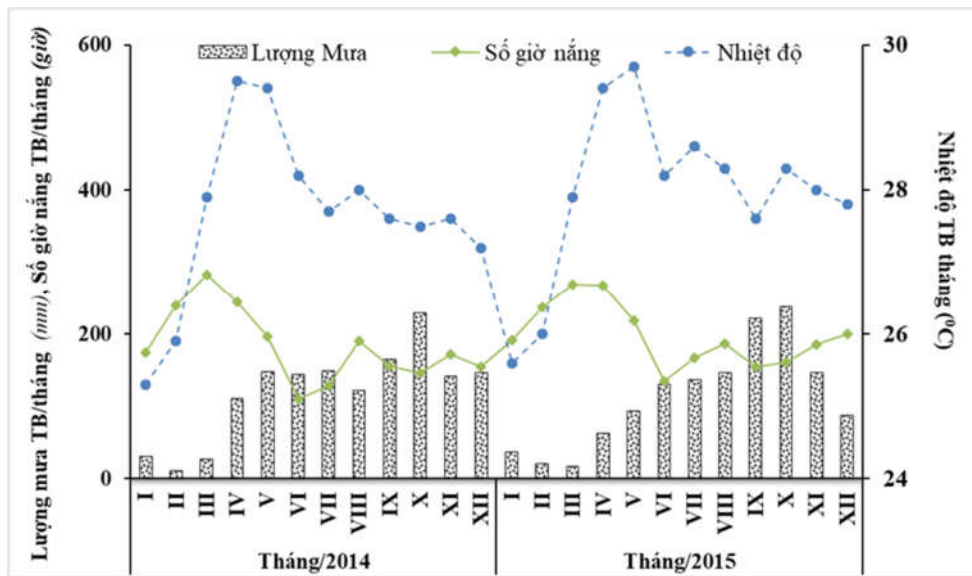
- Ghi chú: TGLX (tứ giác Long Xuyên); TSH (trũng Tây Nam Sông Hậu); BĐCM (bán đảo Cà Mau); ĐTM (Đồng Tháp Mười); HT (vụ hè thu); ĐX (vụ đông xuân)

3.3 Khí tượng thủy văn, hệ thống canh tác và lịch thời vụ vùng khảo sát đất phèn

↪ Khí tượng thủy văn vùng nghiên cứu

ĐBSCL nằm trong vùng khí hậu gió mùa Miền Nam có 2 mùa rõ rệt gần trùng khớp với thời kỳ hoạt động của gió mùa Đông Bắc và gió mùa Tây Nam. Mùa khô bắt đầu từ tháng 12 năm trước đến cuối tháng 4 năm sau, và mùa mưa kéo dài từ tháng 5 đến tháng 11 hàng năm (Long và Tín, 2018).

Theo số liệu khí tượng thủy văn trung bình tháng (từ tháng 01/2014 đến tháng 12/2015) về lượng mưa, nhiệt độ và số giờ nắng của khu vực ĐBSCL được thu thập tổng hợp từ nguồn Tổng Cục Thống kê Việt nam (<https://www.gso.gov.vn/>) (Hình 3.2), cho thấy nhiệt độ không khí trung bình khoảng 27,8°C, nhiệt độ trung bình cao nhất từ tháng 4 đến tháng 8 và thấp nhất từ tháng 12 đến tháng 2 năm sau. Số giờ nắng trung bình khá cao, các tháng mùa khô 220-230 giờ, và mùa mưa từ 150-160 giờ. Vào lúc mùa khô và đầu mùa mưa (mùa hè) nắng gay gắt ảnh hưởng xấu đến sản xuất nông nghiệp, đặt biệt canh tác lúa vụ lúa hè trên đất phèn, nắng làm bốc thoát hơi nước nhanh, mao dẫn các độc tố sắt nhôm từ bên dưới lên mặt vào trong nước làm ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của cây lúa vụ HT. Lượng mưa trung bình biến động khoảng 1400-2.200 mm/năm.



Nguồn: <https://www.gso.gov.vn/so-lieu-thong-ke/>; truy cập tháng (08/2020)

Hình 3.2: Trung bình tháng về lượng mưa, nhiệt độ và số giờ nắng (từ tháng 1/2014 đến 12/2015) ở ĐBSCL

↪ **Hệ thống canh tác và lịch thời vụ 05 điểm điểm khảo sát hình thái phẫu diện đất phèn ĐBSCL**

+ **Điểm Hồng Dân (nay thuộc Phước Long):** Hệ thống canh tác tằm – lúa: vụ tằm bắt đầu thả giống từ tháng 1 đến tháng 2 sau đó thu hoạch vào khoảng tháng 7 hoặc tháng 8 hàng năm (nước mặn xâm nhập từ tháng 1 đến tháng 7), vụ lúa bắt đầu xuống giống vào cao điểm của mùa mưa (từ tháng 8 đến tháng 9 hàng năm, chủ yếu sử dụng nước trời để trồng lúa) (Hình 3.3).

+ **Phụng Hiệp:** Có hệ thống canh tác lúa 2 vụ/năm. Vụ lúa HT bắt đầu khoảng tháng 5 và kết thúc tháng 08. Vụ lúa ĐX thường bắt đầu khoảng từ giữa tháng 11 và thu hoạch vào giữa tháng 2 năm sau, tiếp đến là mùa nắng, nước kênh nhiễm phèn nên đất không canh tác. Hiện tại một số hộ có điều kiện đã đầu tư xây dựng hệ thống công cấp thoát nước hoàn chỉnh đã chuyển sang cơ cấu 2 vụ lúa 1 vụ màu. Tuy nhiên, cơ cấu chính vẫn là 2 vụ lúa (HT và ĐX) chiếm đa số (Hình 3.3).

+ **Tân Thạnh:** Do đặc thù vùng canh tác nên Tân Thạnh bố trí vụ mùa sớm hơn các địa phương khác. Điểm khảo sát có mô hình canh tác 3 vụ lúa/năm. Vụ ĐX bắt đầu tháng 10 và kết thúc đầu tháng 01, sau thu hoạch khoảng 1 tuần đến 10 ngày, nông dân dọn đất, xuống giống vụ Xuân Hè-XH vào giữa tháng 1 đầu tháng 02 và thu hoạch giữa tháng 4 đến đầu tháng 5. Tiếp theo là vụ HT bắt đầu giữa tháng 5 đến đầu tháng 6 và kết thúc đến giữa tháng 9 (Hình 3.3).

+ **Thạnh Hóa:** Mô hình canh tác 1 vụ khoai mỡ và 1 vụ khoai mì trên đất lầy. Vụ khoai mỡ được trồng từ đầu tháng 11 năm trước đến cuối tháng 4 năm sau thu hoạch. Tiếp sau đó là canh tác vụ khoai mì với giống ngắn ngày trồng từ đầu tháng 5 đến tháng

10 thu hoạch. Hiện tại vùng đất Thạnh Hóa đã được Nhà nước đầu tư hệ thống đê bao khép kín, chủ động việc cấp nước vào mùa khô và thoát nước vào mùa mưa. Ngoài ra, có một số ít hộ nông dân trong vùng chọn mô hình canh tác 2 vụ khoai mỡ thay cho mô hình trồng khoai mì vụ 2 (Hình 3.3).

+ **Tân Phước:** Vị trí khảo sát là vùng đất phèn chuyên canh khóm nằm trong vùng đê bao xã Tân Lập, huyện Tân Phước, tỉnh Tiền Giang thuộc vùng trũng Đồng Tháp Mười, có cao trình thấp khoảng 0,4 – 0,5 m, đất nhiễm phèn nặng nhất của huyện Tân Phước. Hiện đã được xây dựng các ô đê bao để ngăn lũ phục vụ sản xuất trồng khóm phía trong ô đê bao và được phát triển thành vùng chuyên canh khóm.

Hệ Sinh Thái Nông Nghiệp	Tháng											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hồng Dân (Tôm-lúa)	Tôm Sú						Lúa Mùa					
Phụng Hiệp (2 Lúa)	Lúa ĐX		Lúa HT						Lúa ĐX			
Tân Thạnh (3 Lúa)	Lúa XH		Lúa HT						Lúa ĐX			
Thạnh Hóa (2 Khoai)	Khoai Mỡ				Khoai Mì (hoặc Khoai Mỡ)				Khoai Mỡ			
Tân Phước (Khóm)	Khóm											

Hình 3.3: Lịch thời vụ của 05 hệ thống canh tác trên đất phèn từ giai đoạn 1992 đến 2015

3.4 Đặc tính đất thí nghiệm

Qua số liệu phân tích đất đầu vụ ở tầng mặt (0-20 cm) tại 04 điểm nghiên cứu đất phèn ĐBSCL (Bảng 3.3) cho thấy các đặc tính hóa lý đất như sau: Giá trị pH của tất cả các điểm thí nghiệm thấp (tầng 20-40cm có pH<4,0, ngoại trừ điểm Tháp Mười có pH=4,1). Hàm lượng đạm tổng đạt mức trung bình trên đất phèn của Hòn Đất và Phụng Hiệp dao động khoảng 0,2-0,5%, đất phèn Hồng Dân và Tháp Mười được đánh giá mức thấp theo thang đánh giá (Metson, 1961). Hàm lượng lân dễ tiêu ở tầng mặt từ 0-20 cm được đánh giá ở mức thấp, nhỏ hơn 20 mg kg⁻¹ (Horneck *et al.*, 2011) ở đất Phụng Hiệp và Hồng Dân, tuy nhiên được đánh giá ở mức cao từ 40-100 mg kg⁻¹ tại điểm thí nghiệm Hòn Đất và Tháp Mười. Một trong những nguyên nhân dẫn đến sự chênh lệch hàm lượng lân dễ tiêu giữa điểm thí nghiệm Hòn Đất và 2 điểm thí nghiệm còn lại là do hàm lượng chất hữu cơ khoảng 7,42% CHC ở tầng mặt cao nhất, theo Hou *et al.* (2014) hàm lượng lân dễ tiêu và các thành phần P-Al và P-Fe có tương quan chặt với hàm lượng chất hữu cơ trong đất. Hàm lượng Fe³⁺ ở tầng mặt được đánh giá mức thấp (Buchholz *et al.*, 2004). Bên cạnh đó, hàm lượng nhôm trao đổi tại điểm thí nghiệm Hồng Dân và Tháp Mười được đánh giá mức thấp và thấp hơn điểm thí nghiệm Hòn Đất và Phụng Hiệp (Bảng 3.3). Hàm lượng kali trao đổi trong đất tại Phụng Hiệp và Tháp Mười ở mức trung bình, tuy nhiên tại Hòn Đất và Hồng Dân lại ở mức thấp nhỏ hơn 0,4 meq/100g (Horneck *et al.*, 2011).

Bảng 3.3: Tính chất đất thí nghiệm tại 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Tên phân loại (WRB, 2006)	Độ sâu (cm)	pH _{H₂O} (1:2,5)	EC mS/cm	CHC (%)	Fe ²⁺ %Fe ₂ O ₃	Al ³⁺ meq/100g
Hòn Đất	<i>Orthi-Thionic</i>	0-20	4,3	0,5	7,42	0,3	4,3
	<i>Fluvisols</i>	20-40	3,8	0,5	3,75	0,3	4,1
Phụng Hiệp	<i>Orthi-Thionic</i>	0-20	3,8	0,4	3,27	0,5	5,4
	<i>Fluvisols</i>	20-40	3,5	0,4	3,18	0,4	11,4
Hồng Dân	<i>Orthi-Thionic</i>	0-20	4,7	1,1	2,63	0,3	0,8
	<i>Fluvisols</i>	20-40	3,8	1,1	0,42	0,2	0,6
Tháp Mười	<i>Endo-Proto-</i>	0-20	4,3	0,7	2,96	0,7	0,7
	<i>Thionic Fluvisols</i>	20-40	4,1	0,7	1,18	0,6	0,9

Địa điểm	Độ sâu (cm)	Nts (%)	NH ₄ ⁺ (mg/kg)	P-Bray2 (mg/kg)	K ⁺ (meq/100g)	Ca ²⁺ (meq/100g)	Mg ²⁺ (meq/100g)	Sa cấu (%)		
								Sét	Thịt	Cát
Hòn Đất	0-20	0,29	-	58,00	0,17	5,35	12,53	64,7	33,5	1,8
	20-40	-	-	1,20	-	-	-	65,0	30,3	4,7
Phụng Hiệp	0-20	0,24	188	10,20	0,34	2,14	3,45	50,3	49,4	0,3
	20-40	-	-	18,80	0,23	1,23	3,11	56,4	43,0	0,6
Hồng Dân	0-20	0,11	71	11,50	0,61	6,23	3,01	62,2	37,4	0,4
	20-40	-	-	2,70	0,52	3,18	4,86	61,7	38,1	0,2
Tháp Mười	0-20	0,19	139	23,10	0,55	4,64	16,40	45,3	52,6	2,1
	20-40	-	-	2,40	-	-	-	43,4	51,7	4,8

Đối với hàm lượng Ca²⁺ và Mg²⁺ được đánh giá ở mức cao, hàm lượng canxi trao đổi tại tất cả các điểm thí nghiệm dao động khoảng 4,19-8,23 meq/100g (Marx *et al.*, 1999) và hàm lượng magiê nhỏ hơn 10 meq/100g (Dinkins and Jones, 2013). Hàm lượng sét, thịt và cát của tầng canh tác từ 0-20cm tại thí nghiệm Hòn Đất, Phụng Hiệp và Hồng Dân được phân thành phần cấp hạt là sét, tuy nhiên điểm thí nghiệm đất Tháp Mười phân loại sét pha thịt nặng (silty clay) (Bảng 3.3).

3.5 Phương pháp nghiên cứu

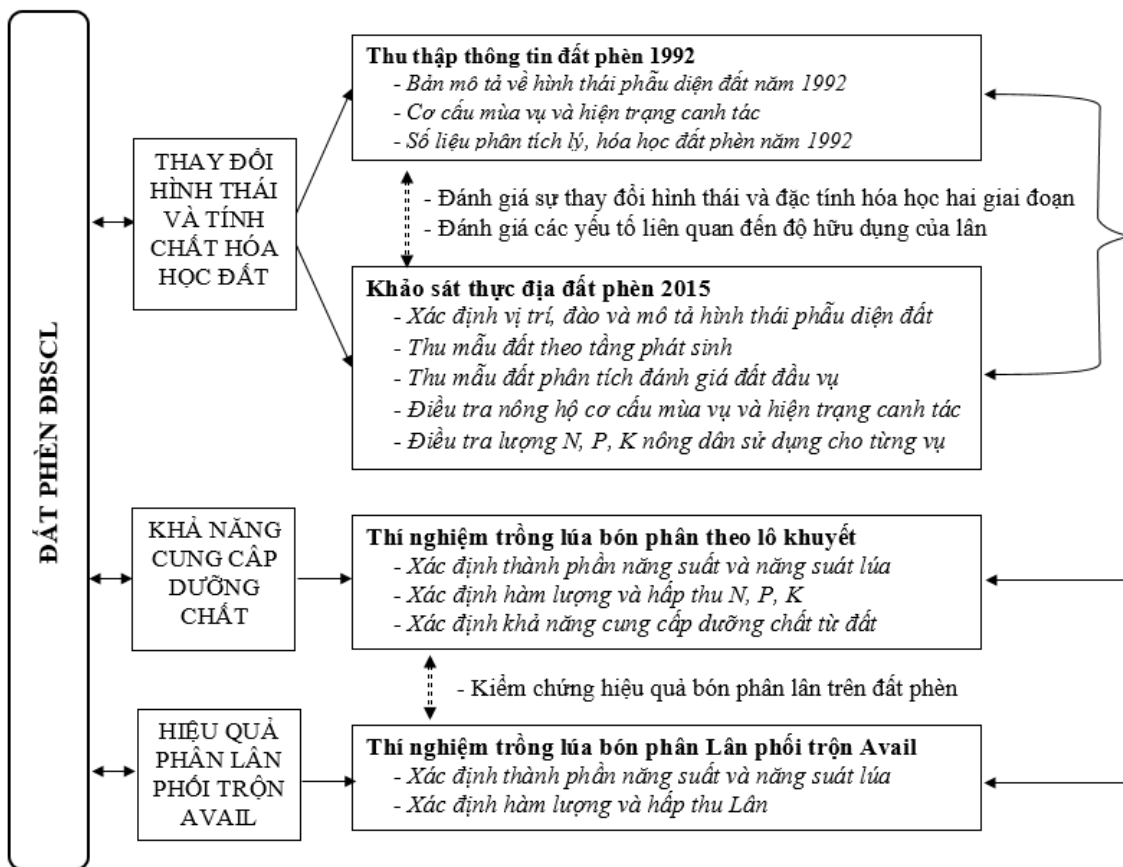
Để đáp ứng các mục tiêu đã đặt ra, luận án được thực hiện với các nội dung nghiên cứu sau:

- **Nội dung 1:** Xác định sự thay đổi hình thái phẫu diện và tính chất hóa học đất phèn ĐBSCL.

- **Nội Dung 2:** Xác định khả năng cung cấp dưỡng chất NPK cho lúa trên đất phèn điển hình ở ĐBSCL.

- **Nội dung 3:** Xác định hiệu quả sử dụng phân lân dạng DAP phối trộn Avail cho lúa trên đất phèn ĐBSCL.

Mối quan hệ giữa các nội dung nghiên cứu trên đất phèn ĐBSCL thể hiện qua lược đồ (Hình 3.4).



Hình 3.4: Mối liên hệ giữa các nội dung nghiên cứu

3.5.1 Nội dung 1: Phương pháp điều tra, khảo sát đất

↳ Khảo sát yếu tố tự nhiên và biện pháp canh tác

Phỏng vấn nông hộ nơi đào tả phẫu diện về vị trí, địa danh và lịch sử canh tác đất, các biện pháp cải tạo đất phèn trong quá trình canh tác, cơ cấu mùa vụ.

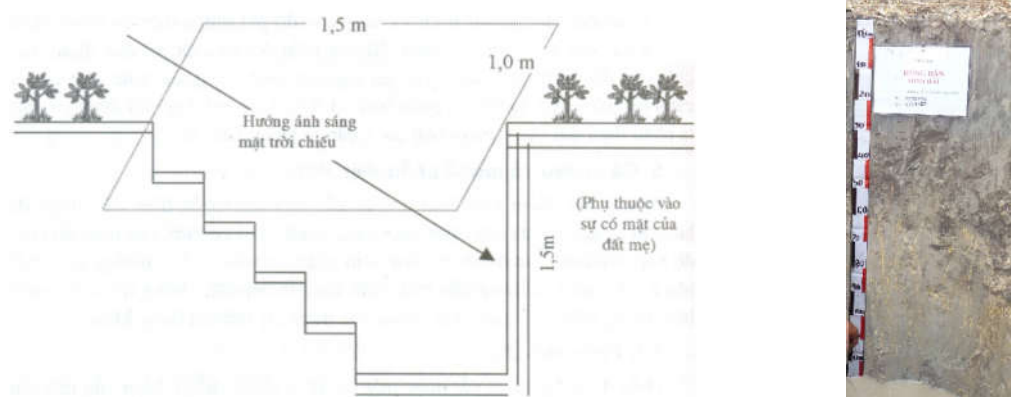
Khảo sát và mô tả về địa mạo, khí hậu, mực thủy cấp so với bề mặt đất đào tả phẫu diện, các loài thực vật hoang dã chỉ thị trên đất phèn.

↳ Phương pháp đào và mô tả hình thái phẫu diện

Sử dụng khoan máng 2m khoan thăm dò lại đất để chọn vị trí đại diện cho đào tả phẫu diện. Phẫu diện mô tả phải điển hình và đại diện cho cho một đơn vị phân loại đất hoặc một vùng nhất định. Nơi đào tả xa trục chính giao thông, bờ ruộng hoặc các đặc điểm địa hình địa vật bị ảnh hưởng khác.

Cách đào phẫu diện: kích thước phẫu diện dài 1,5 m, rộng 1,0 m và sâu 1,5 m. Mặt cắt phẫu diện cần phải quan sát và tính toán sao cho đối diện với ánh sáng mặt trời khi mô tả nhằm đủ ánh sáng giúp quan sát dễ dàng và chính xác hơn. Phần đối diện mặt cắt đào thành các bậc thang để tiện cho việc lên xuống trong khi tiến hành nghiên cứu. Mặt

đất phía trên lát cắt phải được bảo vệ trong trạng thái tự nhiên, tránh dẫm đạp hay đổ đất lên bên trên (Hình 3.5).



Hình 3.5: Sơ đồ cách đào phẫu diện và phẫu diện mẫu

Các phẫu diện được mô tả ngoài đồng bằng bảng mô tả chuẩn bị sẵn theo “Hướng dẫn mô tả phẫu diện đất” in lần 2 và 4 của FAO (1998; 2006). Tầng chẩn đoán và đặc tính chẩn đoán được xác định và mô tả theo tiêu chuẩn và phân loại đất theo hướng dẫn của hệ thống phân loại FAO (2014) và so màu đất theo quyển so màu đất Munsell (Munsell Colour Company, 2000). Sử dụng H_2O_2 và giấy quỳ để đo pH đất, $pH_{H_2O_2}$ ngoài đồng.

Xác định và đào tả lại hình thái phẫu diện đất năm 2015 cùng địa điểm của nghiên cứu giai đoạn 1992. Sử dụng thiết bị định vị toàn cầu GPS để đo đạc xác định kinh độ và vĩ độ của điểm nghiên cứu (Bảng 3.4).

Bảng 3.4: Địa điểm, tọa độ các phẫu diện được nghiên cứu năm 2015

TT	Ký Hiệu PD	Vị trí phẫu diện	Ngày đào tả và thu mẫu đất	Tọa độ (UTM-WGS.84)	
				X	Y
1	HD-BL	H. Hồng Dân (nay thuộc Phước Long), tỉnh Bạc Liêu	31/01/2015	0532992	1029322
2	PH-HG	H. Phụng Hiệp, tỉnh Hậu Giang	07/02/2015	0567882	1080733
3	TT-LA	H. Tân Thạnh, tỉnh Long An	25/1/2015	0613046	1175920
4	TH-LA	H. Thạnh Hóa, tỉnh Long An	18/1/2015	0630916	1176116
5	TP-TG	H. Tân Phước, tỉnh Tiền Giang	18/1/2015	0641482	1158609

↪ Phương pháp thu mẫu và phân tích lý hóa đất

- Thu mẫu đất tại các các vị trí đào tả phẫu diện: Dựa vào các chỉ tiêu phân tích lý, hóa học của đất trong hội nghị đất phèn thế giới lần thứ 4 tại Việt Nam năm 1992 để thu mẫu. Mẫu đất được lấy theo tầng phát sinh của từng phẫu diện và cùng thời gian mô tả hình thái của phẫu diện, mẫu đất được mang về phòng thí nghiệm xử lý, đất phơi khô ở nhiệt độ phòng sau đó nghiên qua rây kích thước 0,5 và 2 mm phục vụ cho phân tích.

Các chỉ tiêu sẽ được phân tích để đồng nhất số liệu giúp việc so sánh và đánh giá các đặc tính lý, hóa học đất tại các phẫu diện qua hai giai đoạn (1992 và 2015).

- Thu mẫu đất phân tích cho các điểm thí nghiệm trồng lúa: Mẫu đất được lấy ở độ sâu (0-20 cm) và (20-40 cm) để xác định tính chất đất ban đầu của ruộng thí nghiệm. Trên mỗi lô ruộng lấy 5 điểm theo đường chéo góc lấy mẫu, trộn cẩn thận cho từng lô, sau đó trộn 3 lô ruộng của mỗi vùng ở cùng một độ sâu lại với nhau để lấy một mẫu đại diện khoảng 500g cho vào túi nhựa (tổng mẫu đất phải thu là 24 mẫu trên 4 điểm thí nghiệm), ghi ký hiệu mẫu (địa điểm, ngày lấy mẫu, độ sâu). Phơi khô mẫu trong không khí rồi nghiền nhỏ qua rây 2 mm.

- Địa điểm phân tích mẫu đất: Mẫu đất được phân tích tại phòng thí nghiệm lý, hóa đất của Bộ môn Khoa học Đất, Khoa Nông nghiệp, trường Đại học Cần Thơ.

- Dựa theo Sổ tay phân tích đất, nước, phân bón, cây trồng (Viện Nông hóa Thổ nhưỡng, 1998) để thu mẫu đất và phân tích.

- Các chỉ tiêu sẽ được phân tích như sau: pH_{H_2O} ; pH_{KCl} ; EC; Chất hữu cơ; đạm tổng số; lân tổng số; lân dễ tiêu; axit tổng; nhôm trao đổi; sắt tự do; Kali trao đổi; Canxi trao đổi; Natri trao đổi; sa cấu đất (các chỉ tiêu trên đây được chọn lựa và phân tích trùng theo các chỉ tiêu nghiên cứu giai đoạn 1992).

+ pH_{H_2O} và pH_{KCl} được trích tỷ lệ đất: nước (1:2,5) và đất: KCl 1M (1:2,5), đo bằng pH kế.

+ EC (mS/cm): Trích bằng nước cất với tỷ lệ đất nước 1:2,5 đo bằng EC kế.

+ C hữu cơ (%C): Xác định theo phương pháp Wallkley – Black trên nguyên tắc oxy hóa chất hữu cơ bằng $K_2Cr_2O_7$ trong môi trường H_2SO_4 đậm đặc, sau đó chuẩn độ lượng dư $K_2Cr_2O_7$ bằng $FeSO_4$ 0,5N với chất chỉ thị màu là diphenylamine (Walsh and Beaton, 1973).

+ Đạm tổng số được vô cơ bằng hỗn hợp H_2SO_4 đậm đặc $CuSO_4$ -Se, tỉ lệ: 100-10-1 và xác định bằng phương pháp chung cất Kjeldahl.

+ Lân tổng số được chuyển sang dạng vô cơ bằng hợp chất H_2SO_4 đậm đặc - $HClO_4$, để hiện màu ascorbic acid ở bước sóng 880nm.

+ P dễ tiêu (mg/kg): Được xác định bằng phương pháp Bray II, sử dụng dung môi NH_4F 1M trong dung dịch HCl 0,5M. Nồng độ P trong dung dịch trích sẽ được xác định bằng phương pháp so màu, phosphate sẽ kết hợp với ammonium molybdate màu xanh với sự hiện diện của chất khử ascorbic acid.

+ Acid tổng của đất được xác định bằng trích đất với KCl 1N, chuẩn độ với NaOH 0,01N.

+ Al trao đổi (meq/100g): Trích bằng dung dịch KCl 1N, chuẩn độ với NaOH 0,01N, tạo phức với NaF 4%, chuẩn độ với H₂SO₄ 0,01N (Walsh and Beaton, 1973).

+ Fe tự do (%Fe₂O₃): Trích đất với dung dịch oxalate – oxalic, đo trên máy hấp thu nguyên tử (Walsh and Beaton, 1973).

+ Cation bazơ (K⁺, Na⁺, Ca²⁺) (meq/100g): Dịch trích mẫu đất với BaCl₂ 0.1M và được đo trên máy hấp thu nguyên tử (Walsh and Beaton, 1973).

+ Sa cấu (% cấp hạt): Phân tích thành phần cơ giới đất bằng phương pháp ống hút Robinson (Walsh and Beaton, 1973).

↪ Phân loại đất

- Sử dụng hệ thống phân loại đất của FAO-WRB (2006) dựa trên cơ sở đánh giá cả về định tính và định lượng những tính chất hiện tại của đất. Để phân loại đất, cần thực hiện các nội dung điều tra nghiên cứu: Điều kiện hình thành đất (yếu tố hình thành đất) và quá trình hình thành, biến đổi diễn ra trong đất. Các tính chất như: hình thái, lý tính, hóa tính để xây dựng bảng phân loại đất và đặt tên cho đất. Nhìn chung để phân loại đất theo FAO dựa vào tầng chẩn đoán và đặc tính chẩn đoán kết hợp với một số chỉ tiêu hóa tính đất chính để đặt tên cho đất.

↪ Đánh giá sự thay đổi của một số tính chất của đất phèn

- So sánh kết quả mô tả hình thái giữa hai thời điểm khác nhau (2015 so 1992), tìm ra những điểm tương đồng và khác biệt các chỉ tiêu về: màu nền tầng đất, độ dày tầng; sa cấu; độ ẩm; đóm, màu đóm; cấu trúc; độ chặt của đất; độ thuần thực; té không; kết von; lớp phủ; rễ thực vật; % chất hữu cơ; pH (H₂O, H₂O₂). Sau đó đánh giá sự khác biệt về hình thái từng phẫu diện đất. Đồng thời dựa vào tầng chẩn đoán và đặc tính chẩn đoán để đặt lại tên cho đất.

- So sánh đối chiếu các đặc tính lý hóa học đất của phẫu diện qua hai giai đoạn năm 2015 so 1992. Vẽ biểu đồ và đánh giá chiều hướng thay đổi các đặc tính theo tầng phát sinh trong đất.

3.5.2 Nội dung 2: Phương pháp xác định nhu cầu NPK cho lúa trên đất phèn

↪ Bố trí thí nghiệm lô khuyết NPK

- Thí nghiệm lúa được thực hiện vụ hè thu (HT) năm 2014 và vụ đông xuân (ĐX) (2014-2015) tại bốn vùng sinh thái đất phèn ĐBSCL, vụ HT bắt đầu xuống giống trong khoảng tháng 4-5 và thu hoạch trong khoảng tháng 8-9 và vụ ĐX bắt đầu khoảng tháng 11-12 và kết thúc khoảng tháng 2-3. Thí nghiệm được thực hiện trên ba ruộng nông dân (on-farm research) khác nhau tại mỗi điểm thí nghiệm (Bảng 3.6), với mỗi ruộng nông dân gồm 05 lô nghiệm thức, diện tích mỗi lô là 25 m².



Hình 3.6: Bố trí các nghiệm thức thí nghiệm lô khuyết xác định nhu cầu NPK trên đất phèn tại Hòn Đất

- Công thức bón phân cho tất cả các địa điểm thí nghiệm ở vụ HT là $80\text{ N} + 60\text{ P}_2\text{O}_5 + 30\text{ K}_2\text{O}$ kg ha⁻¹, và vụ ĐX là $100\text{ N} + 60\text{ P}_2\text{O}_5 + 30\text{ K}_2\text{O}$ kg ha⁻¹. Sử dụng giống OM 5451 làm thí nghiệm, đặc tính giống lúa được xác định bởi (Hòa và ctv., 2011). Phân được bón vào ba thời điểm 10, 20 và 45 ngày sau sạ (NSS), với lượng cụ thể trong (Bảng 3.5).

Bảng 3.5: Lượng phân N, P và K bón ở ba thời điểm 10, 20, 45 NSS vụ HT và ĐX

Loại phân bón	NSS	10	20	45
	<i>Lượng phân bón (kg/ha)</i>			
N		24 (30)	24 (40)	32 (30)
P ₂ O ₅		60	0	0
K ₂ O		15	0	15

- Công thức phân bón của các hộ nông dân ở vụ HT và vụ ĐX tại bốn địa điểm thí nghiệm được thể hiện ở (Bảng 3.6). Công thức phân bón của nông dân đã được điều tra trong quá trình khảo sát thực địa trước khi tiến hành bố trí thí nghiệm đồng ruộng tại 4 điểm thí nghiệm.

Bảng 3.6: Công thức phân bón nghiệm thức FFP ở các địa điểm thí nghiệm trong vụ HT và ĐX

Địa điểm	HT	ĐX
	<i>N – P₂O₅ – K₂O (kg/ha)</i>	
Hòn Đất	111-82-76	107-75-51
Phụng Hiệp	104-80-34	91-71-48
Hồng Dân	83-47-32	80-41-30
Tháp Mười	100-65-36	124-65-43

- Các nghiệm thức của thí nghiệm được thể hiện ở (Bảng 3.7).

Bảng 3.7: Các nghiệm thức thí nghiệm đồng ruộng tại 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL

STT	Nghiệm thức	Mô tả
1	NPK	NPK: Lô bón đầy đủ
2	NP	NP: Lô bón khuyết kali
3	NK	NK: Lô bón khuyết lân
4	PK	PK: Lô bón khuyết đạm
5	FFP	FFP: Lô thực tế bón phân của nông dân

↪ **Xác định các chỉ tiêu nông học**

- Xác định số bông/m² là đếm tổng số bông trong mỗi khung (0,25 m² x 2 khung) x 4.

- Xác định số hạt/bông là tổng số hạt thu được/tổng số bông thu được trên đơn vị diện tích. Tỷ lệ hạt chắc bằng (tổng số hạt chắc/tổng số hạt) x 100%.

- Trọng lượng 1000 hạt là cân trọng lượng 1000 hạt của mỗi nghiệm thức.

- Xác định năng suất thực tế là năng suất được xác định vào thời điểm thu hoạch trên diện tích 5m² và qui đổi về ẩm độ 14%.

↪ **Xác định lượng NPK của lúa hấp thu từ phân bón**

- Mẫu thân lá và hạt được thu vào các giai đoạn thu hoạch để xác định hàm lượng dưỡng chất NPK. Xác định hàm lượng đạm bằng phương pháp chung cất Kjeldahl. Phân tích lân bằng phương pháp so màu. Đo kali bằng máy quang phổ hấp thu nguyên tử.

- Tính dưỡng chất hấp thu dựa trên sinh khối thân lá và hạt với hàm lượng NPK trong thân lá và hạt lúa.

↪ **Xác định khả năng cung cấp NPK từ đất**

- Khả năng cung cấp dưỡng chất của đất (Dobermann and Fairhurst, 2000) được mô tả như sau:

- Khả năng cung cấp N từ đất **INS** (indigenous nitrogen supply) được định nghĩa là tổng lượng đạm cây hấp thu được ở lô không bón đạm (0N), nhưng bón đầy đủ lân và kali và các chất khác nếu đất thiếu các dưỡng chất này.

INS = Tổng lượng đạm hấp thu từ thân lá và hạt lúa của lô PK

- Tương tự, khả năng cung cấp P từ đất **IPS** (indigenous phosphorus supply) là tổng lượng lân cây hấp thu được ở lô không bón lân (0P), nhưng bón đầy đủ NK.

IPS = tổng lượng lân hấp thu từ thân lá và hạt lúa của lô NK

- Khả năng cung cấp K từ đất **IKS** (indigenous potassium supply) là tổng lượng kali cây hấp thu được ở lô không bón lân (0K), nhưng bón đầy đủ NP.

IKS = tổng lượng lân hấp thu từ thân lá và hạt của lô NP

↳ Xử lý số liệu

- Sử dụng phần mềm Excel vẽ biểu đồ, phần mềm SPSS so sánh khác biệt trung bình và phân tích phương sai bằng kiểm định Duncan. Phân tích sự tương tác giữa các nhân tố (Bón khuyết N, P, K; địa điểm và mùa vụ) theo nguyên lý “các thí nghiệm kết hợp – combined experiments” của (Mcintosh,1983).

3.5.3 Nội dung 3: Phương pháp đánh giá hiệu quả của Avail

↳ Thiết kế thí nghiệm thức thí nghiệm với phân P phối trộn với Avail

- Thí nghiệm lúa được thực hiện vào vụ HT năm 2014 và vụ ĐX (2014-2015) tại 04 điểm thí nghiệm với nội dung 2, bố trí song song và cùng trên mảnh đất với thí nghiệm bón phân theo lô khuyết (SSNM). Thí nghiệm được thực hiện trên ba hộ nông dân (on-farm research) khác nhau của mỗi vùng sinh thái, với ba lần lặp lại trên diện tích lô là 25m².



Hình 3.7: Bố trí các thí nghiệm thức thí nghiệm với phân lân phối trộn Avail xác định hiệu quả của Avail trên đất phèn vụ ĐX tại Hồng Dân

- Công thức bón phân nền đạm và kali cho vụ HT là 80 N + 30 K₂O kg/ha và vụ ĐX là 100 N + 30 K₂O kg/ha, sử dụng giống OM 5451 làm thí nghiệm. Đặc tính giống lúa được xác định bởi (Hòa và ctv., 2011). Phân được bón vào ba thời điểm 10, 20 và 45 ngày sau sạ (NSS), với lượng cụ thể trong (Bảng 3.8).

Bảng 3.8: Lượng phân nền N, và K bón ở ba thời điểm 10, 20, 45 NSS vụ HT và ĐX

Loại phân bón	NSS	10	20	45
	Lượng phân bón (kg/ha)			
N		24 (30)	24 (40)	32 (30)
K ₂ O		15	0	15

- Các thí nghiệm thức bón phân lân P₂O₅ của thí nghiệm được thể hiện ở (Bảng 3.9).

Bảng 3.9: Các thí nghiệm thức bón phân lân và lân phối trộn Avail

TT	Nghiệm thức	Mô tả
1	0kg P ₂ O ₅	- Không bón P ₂ O ₅ (đối chứng)
2	30kg P ₂ O ₅	- Bón 50% P ₂ O ₅ theo khuyến cáo bằng phân DAP (30kg P ₂ O ₅ /ha)
3	60kg P ₂ O ₅	- Bón 100% P ₂ O ₅ theo khuyến cáo bằng phân DAP (60kg P ₂ O ₅ /ha)
4	(30kg P ₂ O ₅ +Avail)	- Bón 50% P ₂ O ₅ theo khuyến cáo bằng phân DAP (30kg P ₂ O ₅ /ha) phối trộn với hoạt chất Avail Polymer

Ghi chú: Sử dụng 2 lít dung dịch Avail® polymer có nồng độ 2% trộn cho một tấn DAP.

↳ Đánh giá ảnh hưởng của Avail đến khả năng sinh trưởng và hiệu quả nông học của cây lúa trên đất phèn

- Xác định ảnh hưởng của phân lân phối trộn Avail đến thành phần năng suất và năng suất lúa: Trong đó, số bông/m², đếm tổng số bông trong mỗi khung (0,25m² x 2 khung) x 4 lần lặp lại; Số hạt/bông: tổng số hạt thu được/tổng số bông thu được trên đơn vị diện tích; Tỷ lệ hạt chắc: (tổng số hạt chắc/tổng số hạt) x 100%; Trọng lượng 1000 hạt: cân trọng lượng 1000 hạt của mỗi nghiệm thức. Năng suất thực tế: năng suất được xác định vào thời điểm thu hoạch trên diện tích 5m² và qui đổi về ẩm độ 14%.

- Xác định ảnh hưởng của phân lân phối trộn Avail đến thành phần lân và hấp thu lân của cây lúa:

+ Chỉ tiêu thực vật theo dõi mẫu thân lá và hạt được thu vào các giai đoạn thu hoạch cho xác định hàm lượng dưỡng chất P. Xác định hàm lượng lân tổng số trong cây bằng phương pháp so màu.

+ Tính dưỡng chất hấp thu dựa trên sinh khối thân lá và hạt với hàm lượng P trong thân lá và hạt lúa.

- Sử dụng phần mềm Microsoft Excel và phần mềm SPSS để so sánh khác biệt trung bình và phân tích phương sai bằng kiểm định Duncan.

Chương 4: KẾT QUẢ THẢO LUẬN

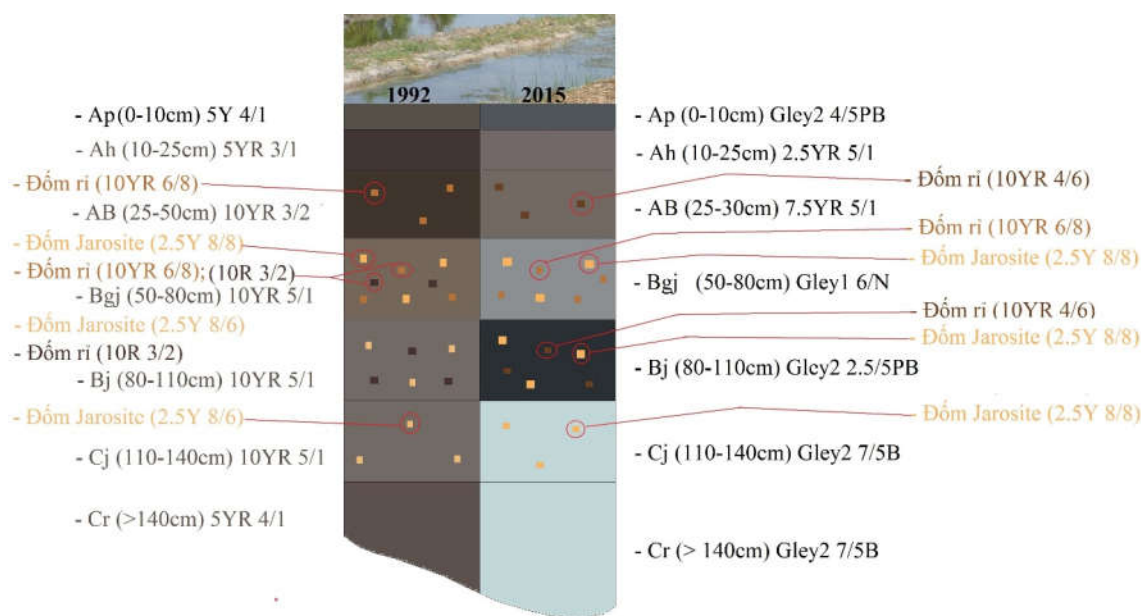
4.1 Sự thay đổi hình thái phẫu diện và tính chất hóa học đất phèn ĐBSCL sau thời gian 20 năm sử dụng

Sau thời gian canh tác của người dân đã thâm canh tăng vụ so với trước đây và ứng dụng nhiều phương pháp cải tạo đất phèn từ khuyến cáo của các nhà khoa học, kết hợp với việc bón các hợp chất hóa học như vôi, phân bón giúp cải tạo đất và nâng cao năng suất cây trồng. Các biện pháp canh tác này có thể dẫn đến sự thay đổi về hình thái và đặc tính hóa học đất theo thời gian canh tác.

4.1.1 Sự thay đổi hình thái phẫu diện đất phèn ĐBSCL

4.1.1.1 Hình thái phẫu diện đất phèn Hồng Dân-Bạc Liêu năm (2015 so 1992)

Hình thái phẫu diện đất phèn Hồng Dân-Bạc Liêu (HD-BL) ở hai giai đoạn (năm 2015 so năm 1992) được thể hiện ở (Hình 4.1). Kết quả cho thấy độ sâu xuất hiện các tầng phát sinh trong phẫu diện đất không có sự thay đổi theo thời gian canh tác, tuy nhiên màu nền và đóm của các tầng đất có sự thay đổi. Màu nền của các tầng phát sinh trong đất giai đoạn năm 1992 qua so màu Munsell cho thấy sậm màu hơn hình thái phẫu diện đất giai đoạn 2015, hiện tượng nền đất sậm màu phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chất hữu cơ có trong đất, độ ẩm đất, và các khoáng chất trong đất. Địa điểm nghiên cứu HD-BL thực hiện mô hình canh tác lúa-tôm trong khoảng thời gian dài. Thông thường sau vụ lúa mùa hàng năm người dân để lại một lượng rơm rạ trên đồng ruộng làm nơi trú ngụ và thức ăn cho vụ tôm sau đó. Màu sắc đóm rỉ các tầng đất phát sinh giữa hai giai đoạn nghiên cứu có sự thay đổi tuy nhiên không nhiều do có thời gian dài nước ngập thường xuyên, đất luôn trong tình trạng yếm khí. Vì vậy, màu sắc đất và độ sâu xuất hiện các đóm rỉ ở các tầng phát sinh của đất không thay đổi nhiều. Trong tầng AB của phẫu diện đất năm 1992 có màu đóm rỉ (10YR 6/8) màu đặc trưng của Fe^{2+} ở tình trạng đất ngập, yếm khí, tuy nhiên khảo sát tầng đất AB giai đoạn 2015 có sự hiện diện đóm rỉ (10YR 4/6) màu đặc trưng của các hydroxit Fe^{3+} , chứng tỏ đã có thời gian mực thủy cấp xuống thấp làm cho đất bị oxy hóa. Đối với hình thái phẫu diện đất khảo sát năm 2015 ở các tầng phát sinh Bj và Cj có đóm Jarosite đặc trưng màu vàng rom (2.5Y 8/8), hơi sẫm màu hơn so với hình thái phẫu diện đất khảo sát năm 1992 là (2.5Y 8/6), do có những khoảng thời gian cải tạo ao nuôi tôm người dân phơi đất làm cho mực thủy cấp hạ thấp, các đóm Jarosite bị oxy hóa chuyển màu sậm hơn (Hình 4.1).



Hình 4.1: Hình thái phẫu diện đất Hồng Dân-Bạc Liêu năm (2015 so 1992)

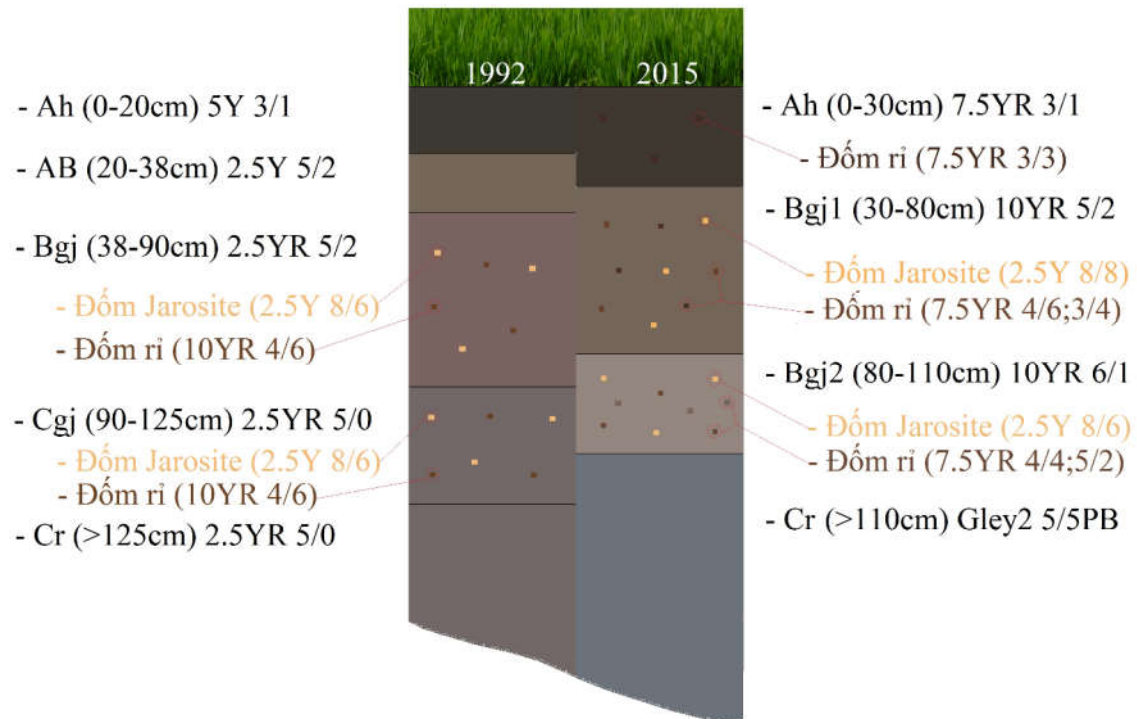
Nhìn chung qua thời gian sau 20 năm canh tác về mặt hình thái màu nền, màu đốm có sự thay đổi. Tuy nhiên, sự phân tầng phát sinh của đất không có sự thay đổi. Tại phẫu diện đất HD khảo sát năm 2015 cho tầng phèn xuất hiện độ sâu từ (50-110cm), biểu hiện rõ qua đốm Jarosite nhỏ hơn 50cm màu vàng rom tra bảng so màu Munsell có giá trị (2.5Y 8/6-8/8) đồng thời có sự hiện diện của vật liệu sinh phèn (sulfidic) ở độ sâu lớn hơn 140cm. Đối chiếu với tầng chẩn đoán, vật liệu chẩn đoán và độ sâu xuất hiện các tầng chẩn đoán không có sự thay đổi, vì vậy tên đất không có sự thay đổi sau 20 năm canh tác được đặt theo FAO-WRB (2006) là đất phèn hoạt động nhẹ, nhiễm mặn (Sali-Endo-Orthi Thionic Fluvisols) (phụ lục 2 và 3).

4.1.1.2 Hình thái phẫu diện đất phèn Phụng Hiệp-Hậu Giang năm (2015 so 1992)

Kết quả so sánh hình thái phẫu diện đất phèn Phụng Hiệp-Hậu Giang (PH-HG) qua hai giai đoạn cho thấy (Hình 4.2) ranh giới giữa tầng đất mặt A và tầng đất tích tụ B hình thái đất năm 1992 rất nhiều hữu cơ bán phân hủy, đất luôn ở trạng thái yếm khí, màu nền đất chưa rõ ràng có sự xen lẫn giữa nền đất tầng A và B nên được phân thành tầng chuyển tiếp AB là 18cm. Trong khi đó, hình thái phẫu diện đất năm 2015 cho thấy tầng đất mặt trở nên thuần thực và phân tầng rõ hơn do quá trình canh tác cày xới và luân phiên những khoảng thời gian đất ở trạng thái khô và ướt làm ranh giới chuyển tiếp giữa hai tầng rõ ràng hơn. Mặt khác, do quá trình bao đê khép kín và thời gian đào tả phẫu diện lúc nền đất mặt khô có hiện tượng xuất hiện các đốm rỉ màu nâu đậm (7.5YR 3/3) dọc theo ống rãnh trong vùng quặng rãnh lúa do quá trình oxy hóa tạo thành Fe^{3+} (Khoa và ctv., 2005).

Đối với tầng đất Bgj ở giai đoạn 2015 có độ sâu 30cm, xuất hiện nông hơn giai đoạn 1992 là do xác nhập 8cm tầng AB sang tầng Bgj. Hiện tượng tầng đất khử Cr (tầng

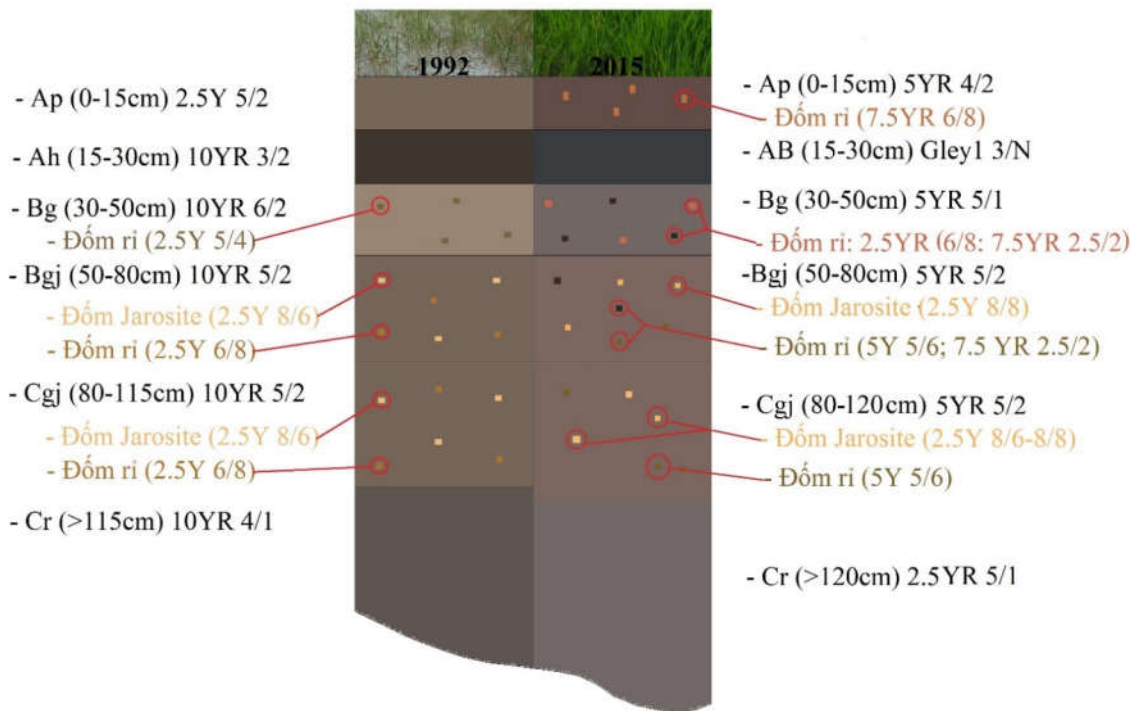
sinh phèn) năm 2015 xuất hiện ở độ sâu 110cm nông hơn giai đoạn 1992 là 125cm, do quá trình khai hoang, cải tạo đất ban đầu đã lấy đi các lớp phủ thực vật kết hợp với sự phân hủy thực vật theo thời gian làm cho tầng hữu cơ bên trên mất đi, từ đó các tầng phát sinh trong đất có sự chuyển dịch thay đổi. Mặt khác, trên cùng vị trí và biểu loại đất vẫn có sự chênh lệch về độ sâu của tầng phát sinh trong đất. Bên cạnh đó, quá trình canh tác lâu dài, sự cày xới, sự khô ngập luân phiên lâu dài làm cho tầng đất tích tụ xuống sâu bên dưới dẫn đến sự xuất hiện tầng Bgj2 phẫu diện 2015 trong khi đó năm 1992 không có sự hiện diện của tầng Bgj2 mà chỉ có tầng Cgj (Hình 4.2). Dựa vào tầng chẩn đoán và đặc tính chẩn đoán giữa hai giai đoạn canh tác trên đất theo FAO-WRB (2006) vẫn không có sự thay đổi là đất phèn hoạt động năng (Epi-Orthi Thionic Fluvisols) có sự xuất hiện của đốm jarosite màu vàng rom (2.5Y 8/8) ở độ sâu nhỏ hơn 50cm và vật liệu sinh phèn pyrite (FeS₂) xuất hiện ở độ sâu lớn hơn 110cm (phụ lục 1 và 2)



Hình 4.2: Hình thái phẫu diện đất Phụng Hiệp-Hậu Giang năm (2015 so 1992)

4.1.1.3 Hình thái phẫu diện đất phèn Tân Thạnh-Long An năm (2015 so 1992)

Kết quả mô tả hình thái phẫu diện đất Tân Thạnh qua hai giai đoạn (1992 so với 2015) (Hình 4.3) cho thấy đất tầng mặt Ap và Ah có độ dày là 30 cm, màu nền sậm màu và không đốm rỉ, của hình thái phẫu diện đất năm 1992 thể hiện rất rõ của hiện trạng đất hoang hóa, thực vật chính: cỏ năng, cỏ lát và ngập nước quanh năm.



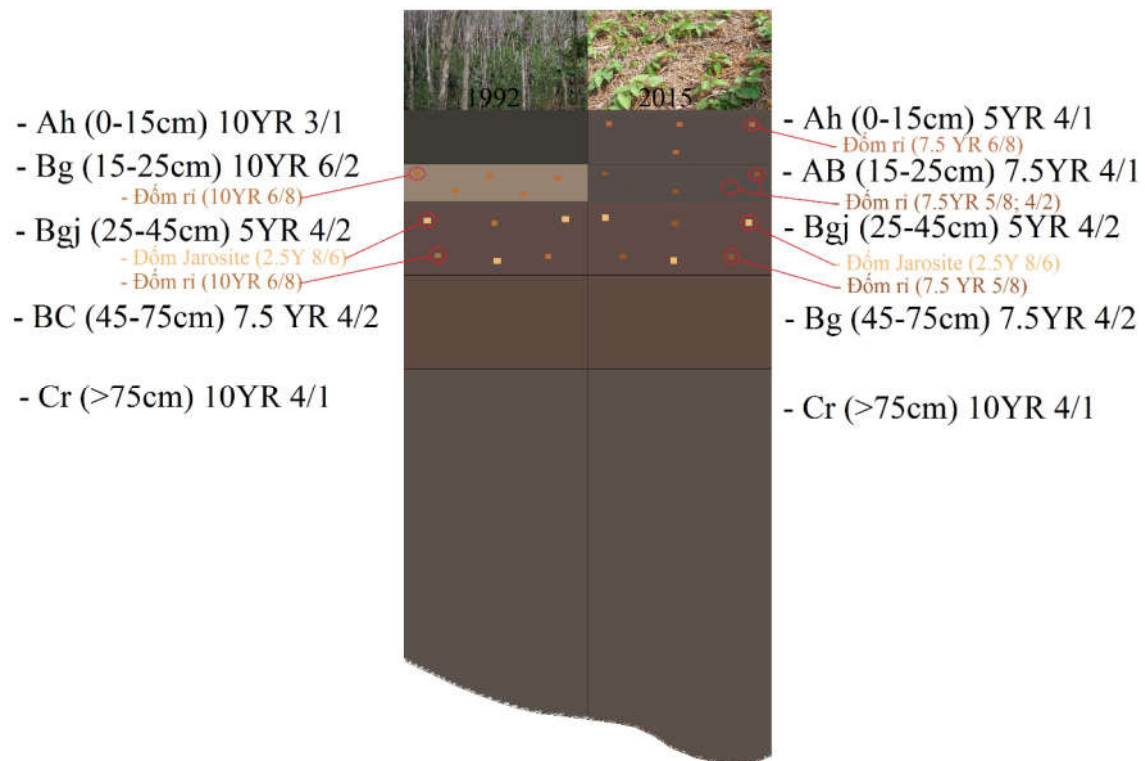
Hình 4.3: Hình thái phẫu diện đất Tân Thạnh-Long An năm (2015 so 1992)

Do quá trình cải tạo và canh tác lúa vào mùa khô mực thủy cấp xuống thấp làm cho tầng đất mặt Ah (15cm) xuất hiện các đốm ri màu vàng đậm (7.5YR 6/8) dọc theo ống rễ trong vùng quyền rễ lúa. Sự hiện diện của đốm ri tầng đất mặt ở trạng thái ôxy hóa và ngay cả khi bị khử, nguyên nhân là do sự vận chuyển của ôxy từ khí quyền đến vùng rễ qua mô không khí trong cây lúa, hoặc có những khoảng thời gian rút cạn nước trên ruộng lúa gây nên sự ôxy hóa Fe^{2+} thành Fe^{3+} . Đồng thời cho thấy sự chuyển đổi tầng đất Ah (15cm) thành tầng đất AB (năm 2015) là do quá trình canh tác lâu dài với sự tác động trong quá trình canh tác, cày xới đất, điều tiết nước, cải tạo đất làm cho tầng đất có sự tích tụ lâu ngày của các khoáng chất, sự nén dẽ do cày xới, sự luân phiên giữa khô và ướt làm cho tầng đất có sự thay đổi màu sắc và cấu trúc gần giống giữa tầng A và B. Các tầng đất phát sinh Bg, Bgj và Cgj giai đoạn năm 1992 cho thấy đốm ri có màu hơi nâu olive (2.5Y 5/4) đến màu hơi vàng olive (2.5Y 6/8) đồng nhất nhau trong các tầng, với sự hiện diện đốm Jarosite màu vàng rom sáng (2.5Y 8/6), kết hợp màu nền đất sậm màu chứng tỏ đất trong giai đoạn này thường xuyên ngập nước (hầu như quanh năm hoặc cạn nước trong khoảng thời gian rất ngắn). Trong khi hình thái phẫu diện đất giai đoạn khảo sát 2015 tầng đất tích tụ Bg có đặc tính gley hóa mạnh, trong quá trình canh tác lâu dài, hệ thống đê bao giúp quản lý nước hoàn thiện, sự luân phiên khô và ngập nước của mô hình canh tác lúa 3 vụ/năm làm cho tầng đất B xuất hiện nhiều đốm ri với mật độ cao, đa dạng màu sắc đốm (2.5YR 6/8 và 7.5YR 2.5/1), cùng với tầng Bgj xuất hiện các đốm jarosite màu vàng rom sẫm màu (2.5Y 8/8) (Hình 4.3). Xét về mặt hình thái giữa hai giai đoạn canh tác có sự biến đổi về màu nền của đất, mật độ đốm ri và màu sắc

của đốm rỉ, tuy nhiên xét về tầng chẩn đoán và đặc tính chẩn đoán chính để phân loại tên đất không có sự thay đổi. Tầng phèn hoạt động (chứa đốm Jarosite màu vàng rơm) xuất hiện ở độ sâu từ 50-120cm. Tầng chứa vật liệu sinh phèn Pypite xuất hiện ở độ sâu lớn hơn 120cm. Phân loại đất theo FAO-WRB (2006) không có sự thay đổi tên đất sau 20 năm canh tác là loại đất phèn hoạt động nhẹ (Endo-Orthi Thionic Gleysols) (phụ lục 2 và 3).

4.1.1.4 Hình thái phẫu diện đất phèn Thạnh Hóa-Long An năm (2015 so 1992)

Hình thái phẫu diện đất Thạnh Hóa (TH) qua hai giai đoạn khảo sát (Hình 4.4) ghi nhận một số thay đổi về cấu trúc và màu sắc của các đốm rỉ cũng như sự phân tầng của phẫu diện. Hình thái phẫu diện đất giai đoạn 1992 có tầng đất mặt Ah sậm màu, không có sự hiện diện của các đốm rỉ, chứng tỏ tầng đất mặt thường xuyên ẩm ướt, được sự tích lũy hữu cơ nhiều từ xác bã của cỏ, thân, cành nhánh và lá tràm của quá trình chuyển đổi cơ cấu tràm sang cây màu, xác bã thực vật đang trong tình trạng phân hủy. Quá trình chuyển đổi cơ cấu cây trồng sang canh tác (Khoai Mỡ-Khoai Mì) đã làm cho tầng canh tác thay đổi theo, tầng đất mặt Ah giai đoạn 2015 sáng màu hơn cho thấy đất thường bị xáo trộn, khô nước và thoáng khí gây nên sự ôxy hóa Fe^{2+} trong đất tạo thành các đốm rỉ dọc ống rễ màu vàng đậm (7.5YR 6/8).



Hình 4.4: Hình thái phẫu diện đất Thạnh Hóa – Long An năm (2015 so 1992)

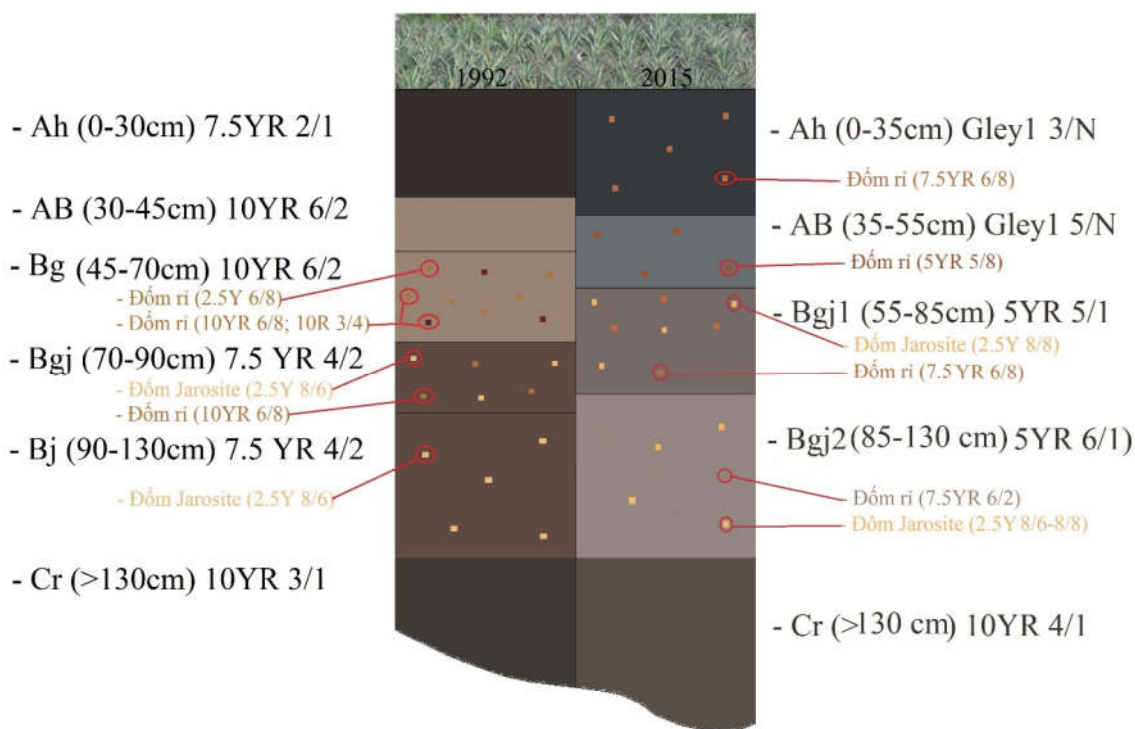
Đối với tầng đất B (15-25cm) giai đoạn 1992 được phân loại là tầng Bg là tầng tích tụ B có đặc tính gleyic, có sự xuất hiện của đốm rỉ màu vàng nâu (10YR 6/8), tuy nhiên trong quá trình canh tác đến năm 2015 tầng này được phân loại là tầng chuyển

tiếp AB, có thể trong quá trình canh tác cây màu có sự cày xới, và mực thủy cấp có lúc xuống sâu bên dưới và đồng thời có sự tưới nước chảy tràn trên mặt đất, nước trực đi xuống bên dưới mang theo các khoáng vật, hữu cơ tích lũy từ bên trên xuống tạo thành tầng đất gần giống giữa tầng A và B. Bên cạnh đó, trong quá trình canh tác màu tầng đất AB thường ở tình trạng ẩm nhưng thoáng khí có sự hiện diện các oxít và hydroxit sắt vì vậy có sự xuất hiện các đốm ri đặc trưng màu nâu đậm và màu xám tối (7.5YR 5/8; 4/2).

Tầng đất Bgj (25-45cm) giữa hai giai đoạn được mô tả và phân loại giống nhau có đặc tính gleyic và là tầng phèn có sự hiện diện của đốm Jarosite màu vàng rom (2.5Y 8/6). Các tầng đất phát sinh theo chiều sâu xuống bên dưới giữa hai giai đoạn khảo sát không có sự khác biệt về màu sắc, đặc tính chẩn đoán và tầng chẩn đoán. Vì vậy, sau 20 năm canh tác tên đất theo FAO-WRB (2006) vẫn không thay đổi và được phân loại là đất phèn hoạt động nặng (Epi-Orthi Thionic Fluvisols) (phụ lục 2 và 3).

4.1.1.5 Hình thái phẫu diện đất phèn Tân Phước-Tiền Giang (2015 so 1992)

Phẫu diện đất được khảo sát năm 1992 cho thấy tầng đất canh tác Ah có độ dày 0-30cm và tầng chuyển tiếp AB có độ dày 30-45cm (Hình 4.5), không có sự hiện diện của các đốm ri, điều này cho thấy đất luôn ở trạng thái ẩm ướt hoặc ngập nước, có màu nền đất nâu đen hơi nâu (7.5YR 2/1) đến xám nâu (19YR 6/2) từ trên xuống, có sự tích lũy hữu cơ bán phân hủy cao ở tầng mặt. Tuy nhiên, phẫu diện đất được khảo sát năm 2015 cho thấy tầng đất mặt Ah có độ dày 0-35cm, có màu nền đất thay đổi sang màu xám tối (Gley1 3/N), với sự xuất hiện các đốm ri của các oxít kim loại màu vàng hơi đỏ (7.5YR 6/8), đồng thời tầng chuyển tiếp AB có độ dày 35-55cm, có màu xám (Gley1 5/N), cho thấy tầng đất AB có sự tích tụ sét từ tầng mặt xuống qua quá trình canh tác, có sự hiện diện của các đốm ri màu đỏ hơi vàng (7.5YR 5/8) do quá trình chuyển hóa của oxít kim loại. Như vậy, mặc dù phẫu diện đất phèn TP đã có một số biểu hiện thay đổi về hình thái nhưng sự thay đổi không đáng kể.



Hình 4.5: Hình thái phẫu diện đất Tân Phước-Tiền Giang năm (2015 so 1992)

Giữa hai giai đoạn khảo sát, đất phèn TP có sự hiện diện đốm Jarosite màu vàng rơm xuất hiện ở độ sâu lớn hơn 50cm so với mặt đất, dựa vào độ sâu xuất hiện tầng chẩn đoán sunfuric và vật liệu chẩn đoán sunfidic cho thấy rằng tên đất không thay đổi (phân loại theo FAO-WRB, 2006), đây là biểu loại đất phèn hoạt động nhẹ (Endo-Orthi Thionic Fluvisols). Bên cạnh đó, khi khảo sát hình thái phẫu diện đất 2015 cho thấy có sự xuất hiện các đốm rỉ từ tầng đất mặt Ah cho đến tầng đất Cgj (0-130cm) cho thấy hệ thống rễ bao khu vực nghiên cứu đã hoàn thiện, điều tiết nước rất tốt, có những khoảng thời gian mực thủy cấp rút xuống sâu bên tầng tích tụ, oxy thâm nhập vào tầng pyrite làm cho chúng bị oxy hóa thành sunfua sắt (FeSO_4) chất dễ hoà tan, trong đất luôn có vi khuẩn Thiobacillus chúng tham gia vào quá trình chuyển hóa Fe^{2+} thành Fe^{3+} để tạo thành đất phèn có các đốm rỉ đỏ đặc trưng trong đất (phụ lục 2 và 3).

Bảng 4.1: So sánh hình thái đất phèn ĐBSCL năm (2015 so 1992)

Hình thái đất	Năm 2015	Năm 1992
1. Đất phèn Hồng Dân		
+ Tên đất phân loại theo FAO-WRB	Sali-Endo-Orthi Thionic Fluvisols	Salic Thionic Fluvisol
+ Tên và độ sâu xuất hiện tầng phát sinh của phẫu diện đất	- Ap (0-10 cm) - Ah (10-25 cm) - A/B (25-50 cm) - Bgj (50-80 cm) - Bj (80-110 cm) - Cj (110-140 cm) - Cr (>140 cm)	- Ap (0-10 cm) - Ah (10-25 cm) - A/B (25-50 cm) - Bgj (50-80 cm) - Bj (80-110 cm) - Cj (110-140 cm) - Cr (>140 cm)

Hình thái đất		Năm 2015	Năm 1992
+ Màu nền	- Tầng Ap - Tầng Ah - Tầng A/B - Tầng Bgj - Tầng Bj - Tầng Cj - Tầng Cr	- Gley2 4/5PB xám xám 2.5YR 5/1 xám hơi đỏ - 7.5YR 5/1 xám - Gley1 6/N xám - Gley2 2.5/5PB đen - Gley2 7/5B xám sáng - Gley 2 7/5B xám sáng	- 5Y 4/1 xám xám - 5YR 3/1 xám rất xám - 10 YR 3/2 nâu xám - 10YR 5/1 xám - 10YR 5/1 xám - 10YR 5/1 xám - 5 YR 4/1 xám xám
+ Màu đóm	- Tầng AB - Tầng Bgj - Tầng Bj	- 10YR 4/6 nâu vàng - 10YR 6/8 nâu vàng - 10YR 6/8 nâu vàng	- 2.5Y 6/6 vàng ô liu - 10YR6/8 nâu vàng - không đóm ri
+ Độ sâu xuất hiện tầng phèn hoạt động – đóm Jarosite		50-140 cm; màu 2.5Y 8/8	50-140 cm; màu 2.5Y 8/6
+ Độ sâu xuất hiện vật liệu sinh phèn – Pyrite		> 140 cm	> 140 cm
2. Đất phèn Phụng Hiệp			
+ Tên đất phân loại theo FAO-WRB		Epi-Orthi Thionic Fluvisols	Thionic Fluvisol
+ Tên tầng đất và độ sâu xuất hiện các tầng phát sinh		- Ah (0-30 cm) - Bgj1 (30-80 cm) - Bgj2 (80-110 cm) - Cr (>110 cm)	- Ah và AB (0-38 cm) - Bgj (38-90 cm) - CgJ (90-125 cm) - Cr (>125 cm)
+ Màu nền	- Tầng Ah - Tầng Bgj - Tầng Bgj2; Cgj - Tầng Cr	- 7.5YR 3/1 xám đen - 10YR 5/2 nâu hơi xám - 10YR 6/1 xám - Gley2 5/5PB xám xanh	- 5Y 3/1 xám xám - 2.5Y 5/2 nâu xám - 2.5YR 5/1 xám hơi đỏ - 2.5YR 5/1 xám hơi đỏ
+ Màu đóm	- Tầng Ah - Tầng Bgj - Tầng Bgj2;Cgj	- 7.5YR 3/3 nâu sẫm - 7.5YR 4/6 nâu sẫm - 7.5YR 4/4 nâu sẫm	- Không đóm - 10YR 4/6 nâu vàng - 10YR 4/6 nâu vàng
+ Độ sâu xuất hiện tầng phèn hoạt động – đóm Jarosite		30-110 cm; màu 2.5Y 8/6-8/8	38-125 cm; màu 2.5Y 8/6
+ Độ sâu xuất hiện vật liệu sinh phèn – Pyrite		> 110cm	> 125cm
3. Đất phèn Tân Thạnh			
+ Tên đất phân loại theo FAO-WRB		Endo-Orthi Thionic Gleysols	Thionic Fluvisol
+ Tên tầng đất và độ sâu xuất hiện các tầng phát sinh		- Ap (0-15 cm) - A/B (15-30 cm) - Bg (30-50 cm) - Bgj (50-80 cm) - Cgj (80-120 cm) - Cr (>120 cm)	- Ap (0-10 cm) - Ah (15-30 cm) - Bg (30-50 cm) - Bgj (50-80 cm) - Cgj (80-115 cm) - Cr (>115 cm)
+ Màu nền	- Tầng Ah - Tầng A/B; Ah - Tầng Bg - Tầng Bgj - Tầng Cgj - Tầng Cr	- 5YR 4/2 nâu xám - Gley 1 3/N xám xám - 5YR 5/1 xám - 5YR 5/2 xám hơi đỏ - 5YR 5/2 xám hơi đỏ - 2.5YR 5/1 xám hơi đỏ	- 2.5YR 5/2 xám hơi đỏ - 10YR 3/2 nâu xám xám - 10YR 6/2 xám nâu sáng - 10YR 5/2 nâu hơi xám - 10YR 5/2 nâu hơi xám - 10YR 4/1 xám đen

Hình thái đất		Năm 2015	Năm 1992
+ Màu đốm	- Tầng Ah - Tầng Bg - Tầng Bgj và Cgj	- 7.5YR 6/8 vàng hơi đỏ - 2.5YR 6/8 đỏ sáng; 7.5YR 2.5/2 nâu sẫm - 5Y 5/6 ô liu; 7.5YR 2.5/2 nâu sẫm	- 10YR 4/6 nâu vàng - 2.5 Y 5/4 ô liu nâu sáng - 2.5Y 6/8 vàng ô liu
+ Độ sâu xuất hiện tầng phèn hoạt động – đốm Jarosite		50-120 cm; màu 2.5Y 8/6-8/8	50-115 cm; màu 2.5Y 8/6
+ Độ sâu xuất hiện vật liệu sinh phèn – Pyrite		> 120 cm	> 115 cm
4. Đất Phèn Thạch Hóa			
+ Tên đất phân loại theo FAO-WRB		Epi-Orthi Thionic Fluvisols	Thionic Fluvisol
+ Tên tầng đất và độ sâu xuất hiện các tầng phát sinh		- Ah (0-15 cm) - A/B (15-25 cm) - Bgj (25-45 cm) - Bg (45-75 cm) - Cr (>75 cm)	- Ah (0-15 cm) - Bg (15-25 cm) - Bgj (25-45 cm) - B/C (45-75 cm) - Cr (>75 cm)
+ Màu nền	- Tầng Ah - Tầng A/B; Bg - Tầng Bgj - Tầng Bg - Tầng Cr	- 5YR 4/1 xám đen - 7.5YR 4/1 xám đen - 5YR 4/2 nâu xám - 7.5YR 4/2 nâu - 10YR 4/1 xám đen	- 10YR 3/1 xám rất xậm - 10YR 6/2 xám nâu sáng - 5YR 4/2 nâu xám - 7.5YR 4/2 nâu - 10YR 4/1 xám đen
+ Màu đốm	- Tầng Ah - Tầng A/B;Bg và Bgj	- 7.5YR 6/8 vàng hơi đỏ - 7.5YR 4/2 nâu - 7.5YR 5/8 nâu xậm	- Không đốm - 10YR 6/8 vàng hơi nâu - 10YR 6/8 vàng hơi nâu
+ Độ sâu xuất hiện tầng phèn hoạt động – đốm Jarosite		25-45 cm; màu 2.5Y 8/6	25-45 cm; màu 2.5Y 8/6
+ Độ sâu xuất hiện vật liệu sinh phèn – Pyrite		> 75 cm	> 75 cm
5. Đất Phèn Tân Phước			
+ Tên đất phân loại theo FAO-WRB		Endo-Orthi Thionic Fluvisols	Thionic Fluvisol
+ Tên tầng đất và độ sâu xuất hiện các tầng phát sinh		- Ah (0-35 cm) - A/B (35-55 cm) - Bgj1 (55-85 cm) - Bgj2 (85-130 cm) - Cr (>130 cm)	- Ah (0-30 cm) - A/B (30-45 cm) - Bg (45-70 cm) - Bgj (70-90 cm) - Bj (90-130 cm) - Cr (>130 cm)
+ Màu nền	- Tầng Ah - Tầng A/B - Tầng Bgj1; Bgj - Tầng Bgj2; Bj - Tầng Cr	- Gley1 3/N xám xậm - Gley1 5/N xám - 5YR 5/1 xám - 5YR 6/1 xám - 10YR 4/1 xám đen	- 7.5YR 2/1 đen - 10YR 6/2 xám nâu sáng - 7.5YR 4/2 nâu - 7.5YR 4/2 nâu - 10YR 3/1 xám rất xậm
+ Màu đốm	- Tầng Ah - Tầng A/B - Tầng Bgj1; Bgj - Tầng Bgj2; Bj	- 7.5YR6/8 vàng hơi đỏ - 5YR5/8 đỏ hơi vàng - 7.5YR6/8 vàng hơi đỏ - 7.5YR6/2 xám hơi hồng	- Không đốm - Không đốm - 10R3/4 đỏ sẫm - 10YR 6/8 vàng hơi nâu

Hình thái đất	Năm 2015	Năm 1992
+ Độ sâu xuất hiện tầng phèn hoạt động – đốm Jarosite	55-130 cm; màu 2.5Y 8/6-8/8	70-130 cm; màu 2.5Y 8/6
+ Độ sâu xuất hiện vật liệu sinh phèn – Pyrite	> 130 cm	> 130 cm

Nhận xét chung: Sau 20 năm canh tác hình thái phẫu diện đất giữa hai giai đoạn có một số biến đổi như sau: Năm 2015 cho thấy có sự xuất hiện các đốm ri ở tầng đất mặt (tầng canh tác) tại các phẫu diện đất Phụng Hiệp, Thạnh Hóa và Tân Phước nguyên nhân do có những khoảng thời gian mùa khô mực nước trên đồng ruộng bị hạ thấp làm cho đất khô, hình thành các khe nứt dẫn đến không khí xâm nhập xuống bên dưới gây nên sự oxy hóa Fe^{2+} thành Fe^{3+} . Ngoại trừ mô hình canh tác tôm ở Hồng Dân do ngập thường xuyên và nước mặn làm cho sắt tầng mặt bị rửa trôi không có sự xuất hiện đốm ri tầng đất mặt. Mật độ đốm ri ở tầng B (tầng oxy hóa) các phẫu diện đất phèn năm 2015 xuất hiện nhiều và màu sắc các đốm ri được ghi nhận qua so màu Munsell cho thấy sẫm màu hơn so với các đốm ri của các phẫu diện đất được mô tả năm 1992 (Bảng 4.1). Các đốm Jarosite đang chuyển màu 2.5Y (8/6 sang 8/8), được thấy rõ nhất và có sự khuếch tán các đốm màu vàng đỏ 7.5YR 6/8 vào trong nền đốm Jarosite, do quá trình canh tác có thời gian thoát thủy làm cho vật liệu sinh phèn tầng nông bị oxy hóa hoàn toàn tạo thành các đốm Jarosite, đồng thời hằng năm có sự khô ngập luân phiên khoáng Jarosite không bền so với goethite do đó bị thủy phân từ từ cho ra oxit sắt ba có màu nâu đỏ. Ở tầng mặt, trong mùa lũ hoặc đất ngập nước do canh tác lúa các phản ứng khử thường xuyên sẽ chuyển đổi Fe^{3+} thành dạng Fe^{2+} và di chuyển dần xuống bên dưới dẫn đến hàm lượng oxit sắt ba gần bề mặt giảm xuống làm cho đất ngày càng phát triển rõ hơn. Màu đất ở các tầng bên dưới như tầng AB, tầng B khảo sát năm 2015 có màu xậm hơn cho thấy có sự tích lũy và sự phân hủy xác bã thực tạo thành chất mùn màu đen xen lẫn với màu nền của đất. Số liệu phân tích hóa học cũng cho thấy phần trăm chất hữu cơ tầng AB và tầng B các phẫu diện đất phèn năm 2015 tăng cao hơn năm 1992 (Hình 4.12). Bên cạnh đó có hiện tượng trực di sét từ bên trên xuống dưới thấy rõ nhất tại các phẫu diện đất Thạnh Hóa và Tân Phước với các mô hình canh tác màu thường tưới nước làm sét dễ trực di xuống bên dưới.

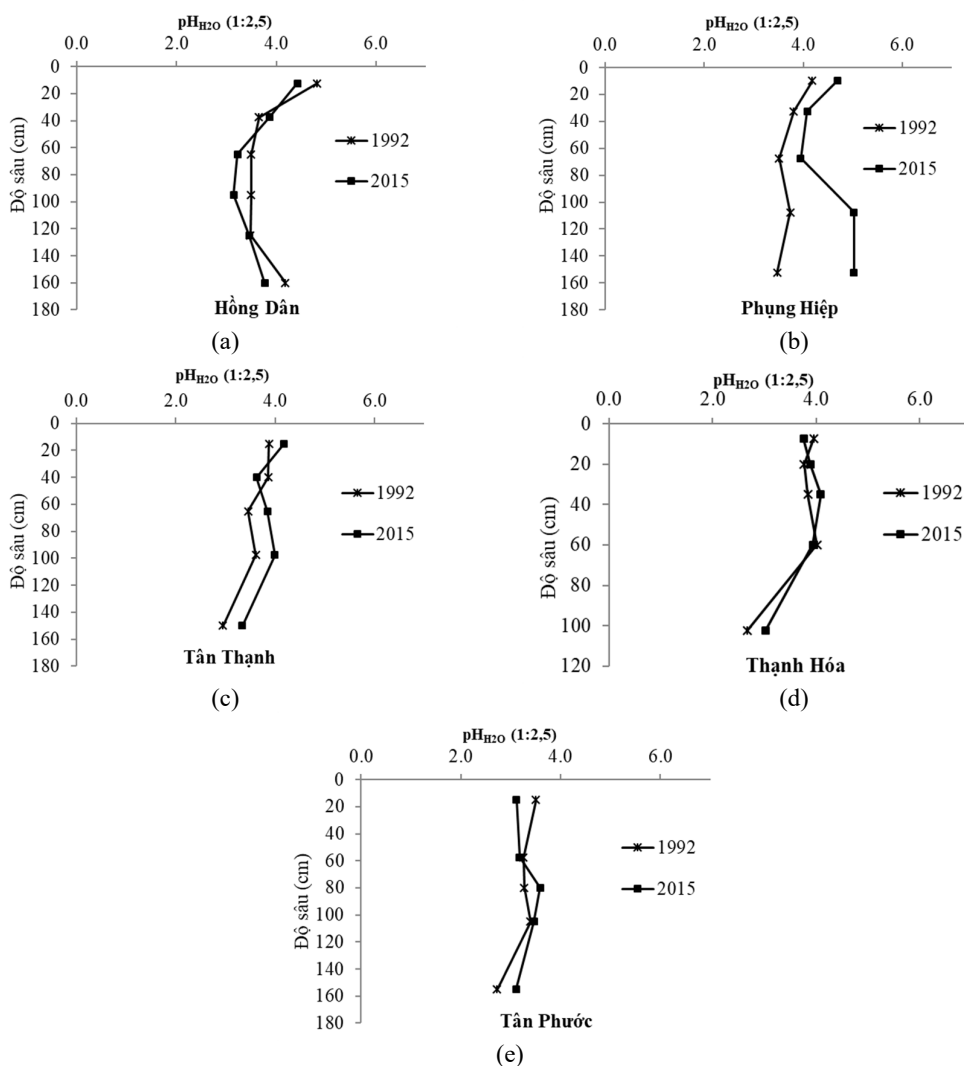
+ Qua thời gian dài cải tạo và canh tác đất đất phèn Phụng Hiệp và Tân Thạnh năm 2015 không có sự thay đổi đáng kể về hình thái phẫu diện vì vẫn sự thể hiện rõ tầng phèn hoạt động với độ sâu xuất hiện đốm Jarosite nhỏ hơn 50cm màu vàng rom 2.5Y (8/6-8/8) thuộc phèn hoạt động nặng, và tầng chứa vật liệu sinh phèn, kiểm tra pH đất nhanh ngoài đồng bằng cách sử dụng dịch H_2O_2 làm oxy hóa nhanh đất và sử dụng giấy quỳ kiểm tra có giá trị $pH < 2$. Thử nghiệm $pH_{(H_2O_2)}$ tại đồng ruộng để sàng lọc ra đất có tầng phèn tiềm tàng, bằng cách lấy mẫu đất cho H_2O_2 trong trường hợp có sự hiện diện của phản ứng sẽ xảy ra nhanh chóng, sau khi hoàn thành phản ứng kiểm tra pH sẽ rơi vào khoảng ($pH_{H_2O_2}=2-3$) (Kaurila, 1999). Tại 03 điểm khảo sát còn lại Hồng Dân, Tân

Thanh và Tân Phước năm 2015 cho thấy tầng phèn hoạt động có sự hiện diện của đốm Jarosite màu vàng rom 2.5Y (8/6-8/8) xuất hiện nông hơn 50 cm thuộc biểu loại đất phèn hoạt động nhẹ. Dựa vào tầng chẩn đoán và vật liệu chẩn đoán để đặt tên cho từng loại đất cho thấy sau 20 năm canh tác hình thái đất có sự thay đổi tuy nhiên tên đất không có sự thay đổi.

4.1.2 Sự thay đổi đặc tính hóa học đất phèn ĐBSCL

4.1.2.1 $pH_{H_2O(1:2.5)}$ và $pH_{KCl(1:2.5)}$

Kết quả trình bày (Hình 4.6) cho thấy giá trị pH_{H_2O} của các tầng phát sinh trong đất phèn năm 1992 thấp hơn so với giá trị pH_{H_2O} đo được ở các tầng phát sinh của đất năm 2015, lần lượt có giá trị đo được theo thời gian (2015 so 1992) tại điểm Tân Thạnh (pH 2,95-3,87; pH 3,34-4,18) (Hình 4.6c); tại Phụng Hiệp (3,47-4,18; 3,95-5,02) (Hình 4.6b); Thanh Hóa (2,67-4,02; 3,02-4,09) (Hình 4.6d) và Tân Phước (2,73-3,51; 3,11-3,60) (Hình 4.6e).

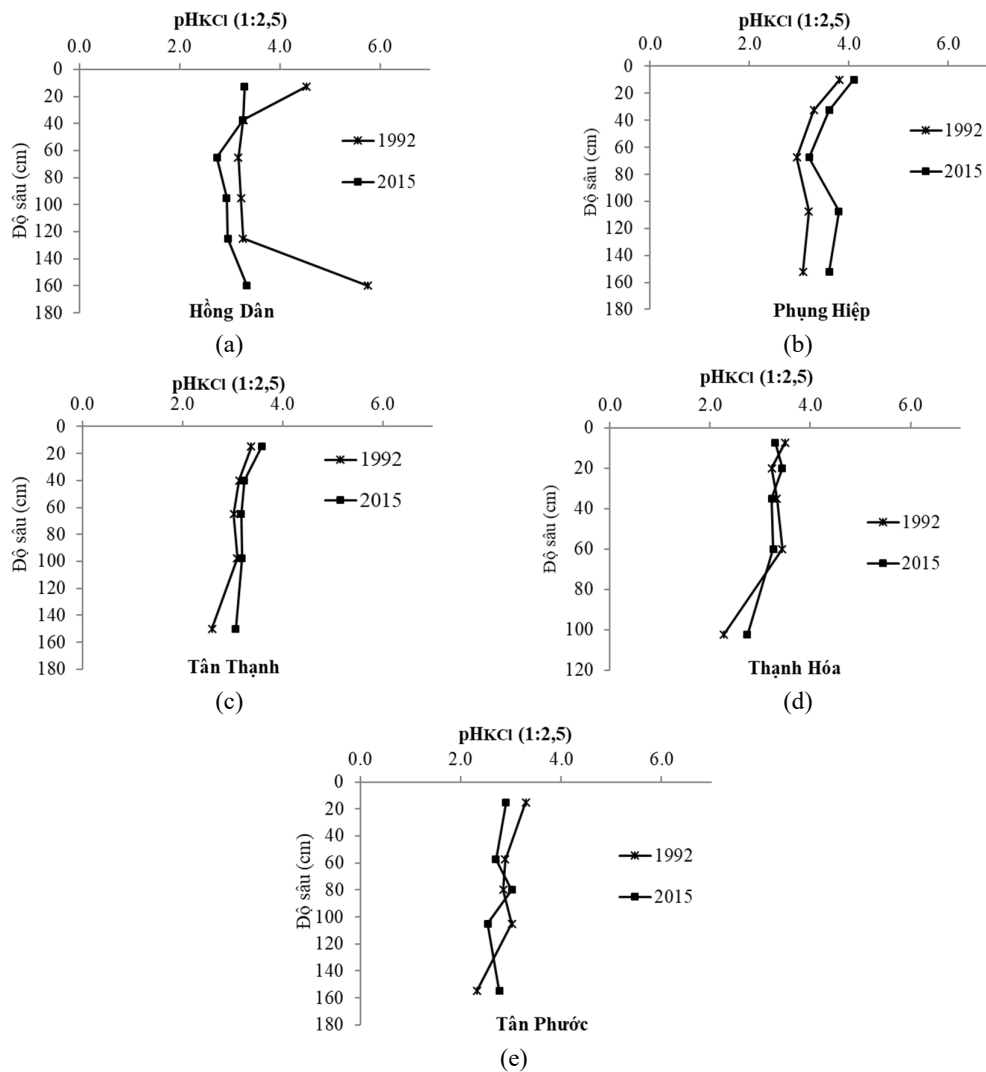


Hình 4.6: Sự thay đổi pH_{H_2O} trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)

Tuy nhiên, pH của đất Hồng Dân có giá trị pH năm 1992 cao hơn nhưng không đáng kể so với năm 2015, giá trị pH theo các tầng phát sinh của phẫu diện dao động khoảng (3,48-4,82; 3,15-4,43) (Hình 4.6a), nguyên nhân pH đất khảo sát năm 2015 giảm thấp do trong thời điểm khảo sát đất mô hình canh tác tằm đang tháo khô nước và phơi nền đất, nền đất ao để chuẩn bị đất cho vụ mới làm cho đất phèn nhiễm mặn, phản ứng trong môi trường đất không có khả năng trung hòa một số ion gây chua, chúng được sinh ra từ quá trình oxy hóa tầng sinh phèn pyrite. Mức độ phèn hóa cao nhất xảy ra vào cuối mùa khô và đầu mùa mưa. Tác động giữa các ion gây mặn và gây chua trong đất gây ra nhiều tiêu cực, tạo ra mức độ ô nhiễm cao (Bá, 2009).

Khi pH đất được trích bằng dung dịch KCl 1M cho thấy xu hướng biến động của $pH_{(KCl)}$ tại các tầng phát sinh trên từng phẫu diện đất giống với giá trị pH trích bởi dung dịch nước. Tuy nhiên, giá trị pH đất được trích bằng KCl 1M thấp hơn giá trị pH_{H_2O} dao động trung bình trong khoảng 0,3 đơn vị (Hình 4.7).

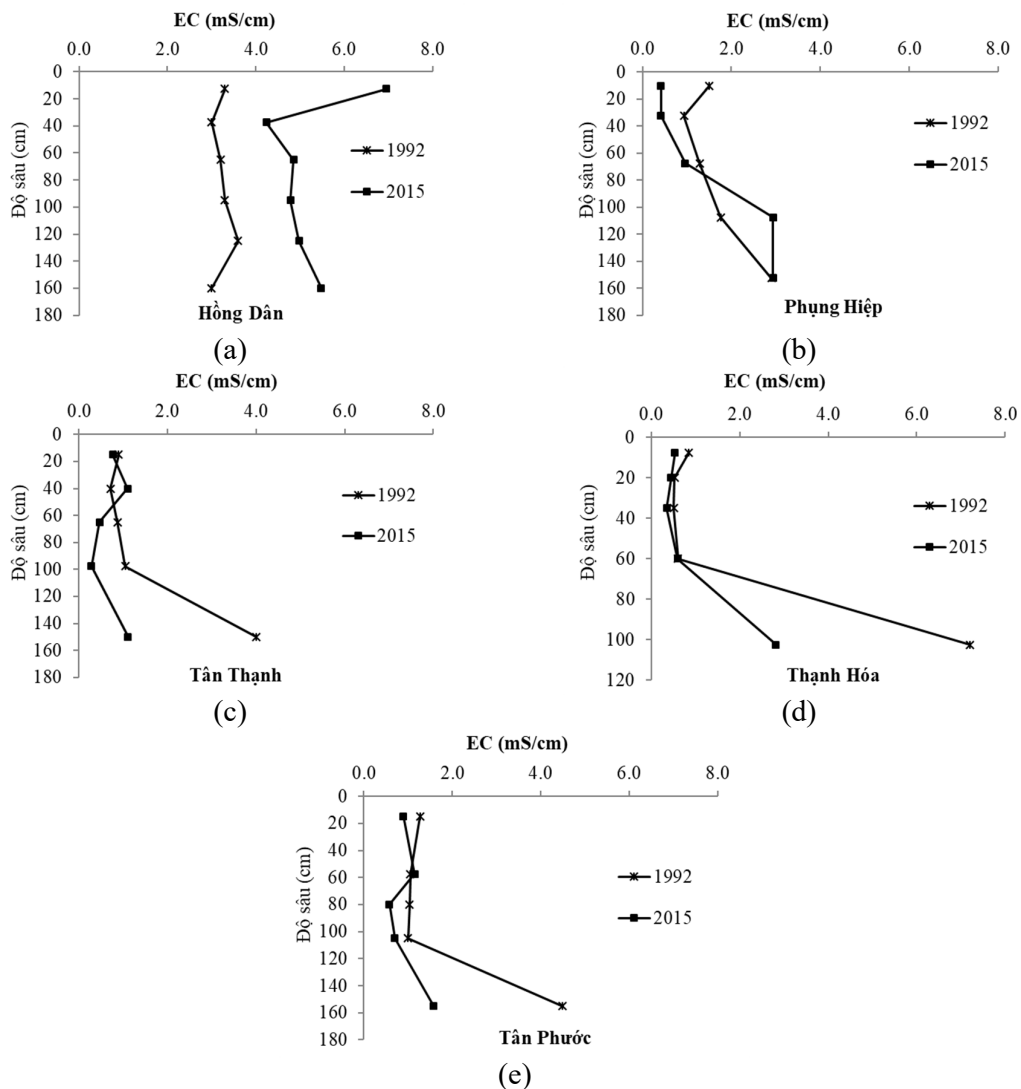
Nhận định chung giá trị pH đất khảo sát giai đoạn năm 2015 có chiều hướng tăng hơn so với giai đoạn khảo sát năm 1992, tuy nhiên tăng không đáng kể. Giá trị pH đất tăng do nhiều nguyên nhân như hệ thống thủy lợi và các kênh thoát nước nội đồng đã hoàn thiện, góp phần tháo chua, rửa phèn, thêm vào đó người dân ở địa phương đã áp dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật vào sản xuất như bón vôi. Theo McCauley *et al.* (2009) các vật liệu vôi phản ứng với carbon dioxide và nước trong đất để sản xuất bicarbonate (HCO_3^-), có khả năng lấy H^+ và Al^{3+} (cation tạo axit) ra khỏi dung dịch, do đó làm tăng độ pH của đất và Mullins *et al.* (2009) cho rằng bổ sung vôi ($CaCO_3$) với các dạng khác nhau và liều lượng khác nhau sẽ đưa đến tăng giá trị pH trong đất cũng khác nhau. Qua kết quả phân tích đất phèn của hai giai đoạn cho thấy giá trị pH đất tầng phèn hoạt động thường thấp hơn các tầng phát sinh khác, nguyên nhân do quá trình oxy hóa vật liệu sinh phèn sản sinh ra nhiều ion H^+ vào đất gây cho đất chua phù hợp với nghiên cứu (Alia *et al.*, 2015; Khương và *ctv.*, 2019). pH đất tầng mặt năm 2015 thấp dao động từ 3.12-4.69, khoảng pH này không thuận lợi cho sự phát triển của cây lúa. Để cây lúa sinh trưởng và phát triển tốt pH đất ở khoảng 6 (Azura *et al.*, 2011; Shamsuddin *et al.*, 2013, 2014; Alia *et al.*, 2015). Ở điều kiện pH thấp ($pH < 5$) nồng độ Al^{3+} và Fe^{2+} thường hiện diện cao, gây độc cho cây lúa (Shamsuddin *et al.*, 2013).



Hình 4.7: Sự thay đổi pH_{KCl} trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)

4.1.2.2 Độ dẫn điện trong đất (EC: Electrical conductivity)

Theo số liệu phân tích đất của các phẫu diện đất phèn (Phụng Hiệp, Tân Thạnh, Thạnh Hóa, và Tân Phước) cho thấy giá trị EC đo được năm 2015 có chiều hướng giảm hơn so với giá trị EC trong đất khảo sát năm 1992 (Hình 4.8), chi tiết giá trị EC tầng đất canh tác đo được năm 2015 dao động khoảng (0,4-0,8 mS/cm) thấp hơn so với giá trị EC trong đất tầng canh tác năm 1992 là (0,9-1,5 mS/cm). Ngoại trừ giá trị EC trong đất tại phẫu diện đất Hồng Dân đo được năm 2015 dao động (4,24-6,96 mS/cm) tăng cao hơn gấp đôi so với giá trị EC trong đất giai đoạn 1992 là (3,0-3,6 mS/cm) (Hình 4.8a), nguyên nhân do đất canh tác tôm, bị xâm nhập mặn trong thời gian dài dẫn đến tích lũy lượng lớn Na^+ trong đất làm gia tăng độ dẫn điện EC trong đất. Theo Carmo *et al.* (2016) giá trị EC trong đất thay đổi còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} và NH_4^+ , bên cạnh đó trên đất sét có chứa hữu cơ cũng làm tăng khả năng chứa đựng muối và các ion từ đó làm tăng giá trị EC. Mặc khác, ở các tầng phèn và tầng sinh phèn giá trị EC trong đất cả hai giai đoạn đều cao hơn giá trị EC trong đất tầng mặt, do có sự hiện diện của các muối nhôm và muối sắt cao (Hình 4.8).

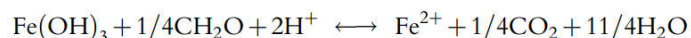


Hình 4.8: Sự thay đổi giá trị EC trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)

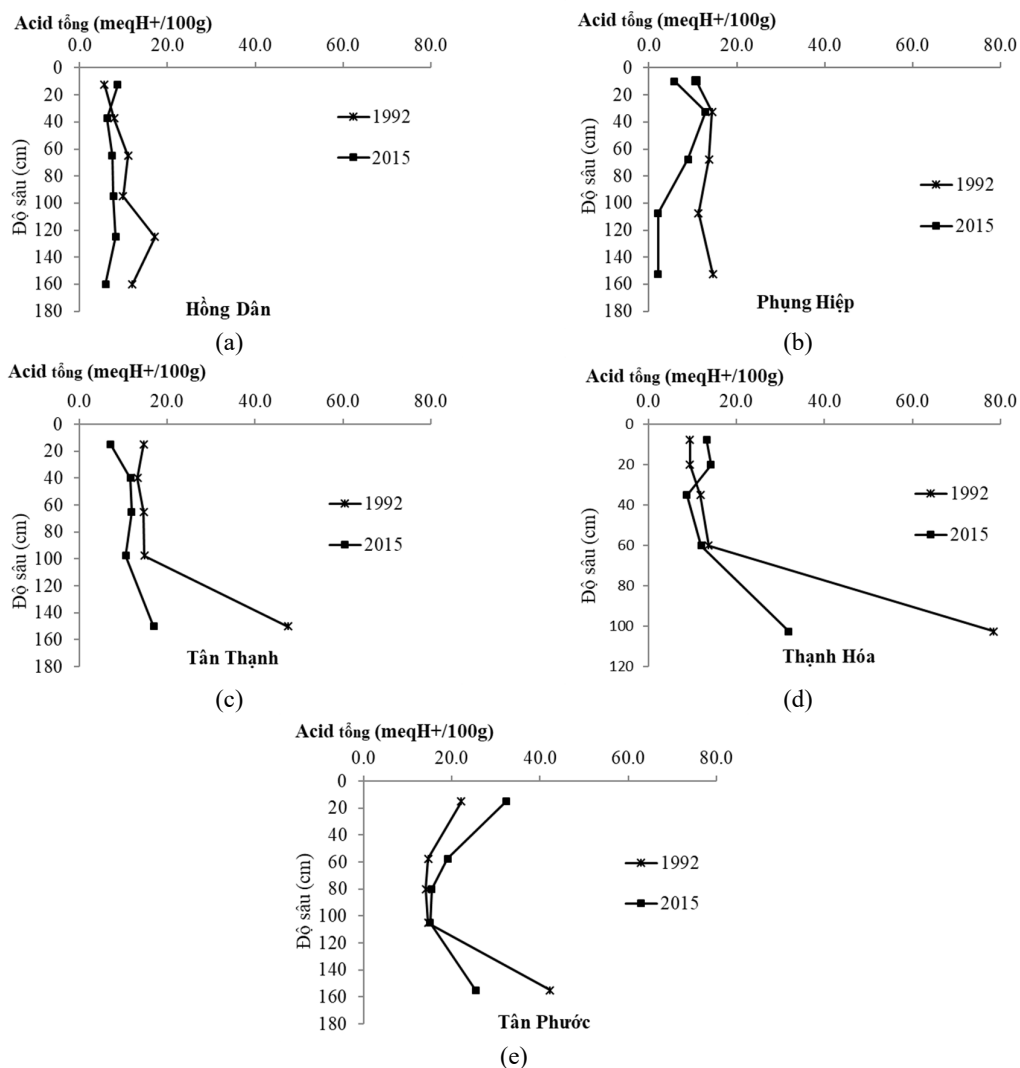
Nhìn chung các mô hình canh tác lúa và màu khảo sát năm 2015 cho thấy giá trị EC của đất tầng canh tác thấp nằm trong khoảng (0,4-0,8 mS/cm), theo thang đánh giá của (Western Agricultural Laboratories, 2002) khoảng $EC < 4$ mS/cm sẽ không ảnh hưởng đến năng suất cây trồng. Tuy nhiên, giá trị EC đất tầng mặt của đất phèn nhiễm mặn tại Hồng Dân đo được rất cao (6,96 mS/cm), với ngưỡng giá trị EC từ (4,1-8,0 mS/cm) chỉ có một vài loài cây trồng thích nghi (Western Agricultural Laboratories, 2002). Càng xuống sâu bên dưới tại tầng phèn và tầng sinh phèn giá trị EC trong đất càng tăng, từ đó phản ánh được hàm lượng muối nhôm hoặc muối sắt hiện diện nhiều theo độ sâu tầng. Phù hợp với nghiên cứu của Alley *et al.* (2009), cho thấy độ dẫn điện của dung dịch đất có liên quan chặt chẽ với hàm lượng muối hòa tan trong dung dịch đất.

4.1.2.3 Acid tổng trong đất

Kết quả nghiên cứu hàm lượng acid tổng trong đất ở hai giai đoạn nghiên cứu có sự biến động bất thường với những xu hướng như sau (Hình 4.9). Hàm lượng acid tổng tầng đất canh tác tại Hồng Dân, Thạnh Hóa và Tân Phước giai đoạn 2015 có giá trị theo thứ tự như sau: 8,66; 13,24; 32,29 meq H⁺/100g. Các giá trị này tăng cao hơn giai đoạn khảo sát đất năm 1992, tuy nhiên, hàm lượng acid tổng trong các tầng đất ở bên dưới có chiều hướng ngược lại (Hình 4.9a,d). Acid tổng trong đất là tổng nồng độ H⁺ đo lường được từ dung dịch đất trong một thời gian nhất định. Đất bị chua hóa do nồng độ H⁺ trong đất tăng lên. Độc tố H⁺ được xem là tác nhân chính làm cho pH trong đất hạ xuống thấp khi nồng độ H⁺ tăng lên cao, tại 3 điểm nghiên cứu trên đều có giá trị pH rất thấp (pH<4,5), đây là minh chứng cho nồng độ H⁺ trong đất cao. Hàm lượng acid tổng trong đất tầng canh tác Hồng Dân, Thạnh Hóa và Tân Phước tại thời điểm năm 2015 có sự gia tăng do nhiều nguyên nhân. Do thời gian thu mẫu đất vào tháng 5 đầu mùa mưa, đất phèn có khoảng thời gian dài mùa khô mực thủy cấp rút sâu xuống bên dưới làm cho vật liệu sinh phèn bị oxy hóa, làm sản sinh ra một lượng lớn H⁺, do lực mao dẫn làm cho ion H⁺ di chuyển lên tầng đất mặt. Bên cạnh đó, sự sản sinh hoặc tiêu thụ H⁺ trong đất phèn tùy thuộc vào phản ứng oxy hóa khử trong đất. Thí dụ đối với nguyên tố Fe, trong điều kiện thoáng khí phản ứng oxy hóa sẽ biến Fe²⁺ thành Fe³⁺, một lượng H⁺ được tạo ra sẽ làm tăng độ chua cho đất (pH đất giảm), trong điều kiện đất bị yếm do ngập nước, phản ứng khử sẽ biến Fe³⁺ thành Fe²⁺ cùng với sự tiêu thụ H⁺ làm cho độ chua của đất giảm (pH đất tăng). Oxy hóa khử là phản ứng thuận nghịch, phương trình phản ứng được trình bày như sau:



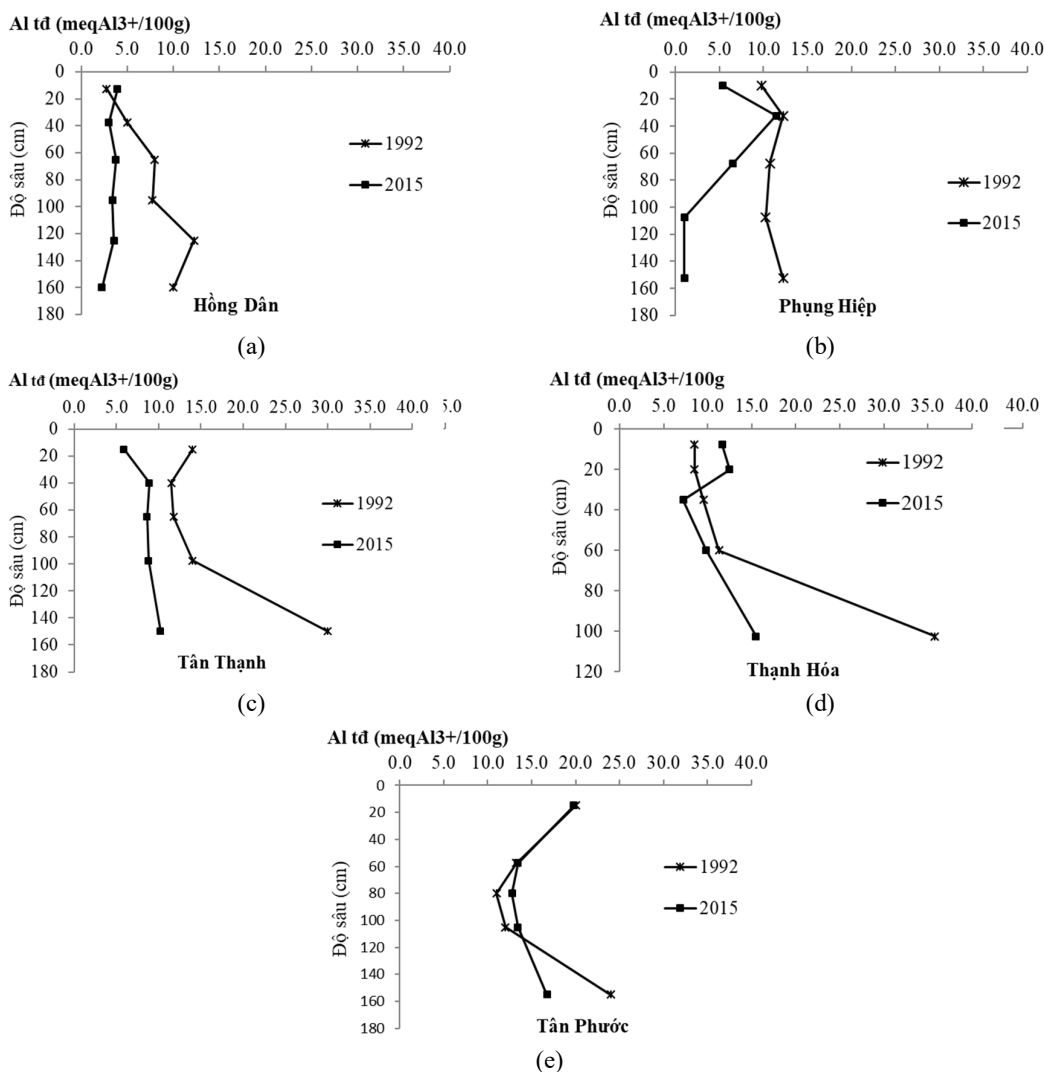
Riêng đối với đất phèn tại Phụng Hiệp và Tân Thạnh hàm lượng acid tổng của tất cả các tầng phát sinh trong đất phân tích giai đoạn 2015 theo thứ tự địa điểm là 2,1-12,83; 10,81-14,57 H⁺/100g có chiều hướng giảm hơn so với giá trị acid tổng trong đất giai đoạn 1992 là 10,81-14,57; 14,57-47,47 H⁺/100g (Hình 4.9b,c). Điểm nghiên cứu ở Phụng Hiệp và Tân Thạnh thuộc vùng đất trũng thấp, vào thời điểm 1992 có sự tích tụ độ chua và độc chất nhưng không có những công trình thủy lợi thoát phèn, đến năm 2015 thì các vùng này đã khai thông nhờ vào các dự án kênh thoát phèn của địa phương, do đó sự tích tụ chua phèn được ghi nhận giảm bớt ở Phụng Hiệp và Tân Thạnh năm 2015.



Hình 4.9: Sự thay đổi Acid tổng trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)

4.1.2.4 Nhôm trao đổi trong đất

Ở giai đoạn 2015, phần diện đất Phụng Hiệp và Tân Thành có hàm lượng nhôm trao đổi trong các tầng phát sinh của đất giảm hơn so với hàm lượng nhôm Al^{3+} trao đổi trong đất giai đoạn 1992. Cụ thể đất phèn Hòa An hàm lượng nhôm Al^{3+} trao đổi trong đất năm 2015 dao động 1,03-11,44 meq $Al^{3+}/100g$ được đánh giá ở mức thấp, ngoại trừ tầng Bg1 11,44 meq $Al^{3+}/100g$ ở mức cao. So với năm 1992, giá trị Al trao đổi ở mức từ trung bình đến cao 9,75-12,25 meq $Al^{3+}/100g$ (Hình 4.10b).



Hình 4.10: Sự thay đổi Al trao đổi trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)

Tại thời điểm năm 2015 đất Tân Thạnh có hàm lượng nhôm trao đổi mức trung bình đến cao 5,91-10,22 meq Al³⁺/100g. Tuy nhiên, năm 1992 Tân Thạnh có hàm lượng Al³⁺ ở mức cao đến rất cao 11,50-30,00 meq Al³⁺/100g (Hình 4.10c).

Đối với đất Hồng Dân và Thanh Hóa thời điểm 2015 có hàm lượng nhôm Al³⁺ trao đổi trong đất tầng canh tác cao hơn khoảng 1,0 meq Al³⁺/100g so với hàm lượng nhôm Al³⁺ trao đổi trong đất thời điểm năm 1992, tuy nhiên các tầng đất phát sinh bên dưới (Bgj1, Bgj2 và Cr) có chiều hướng ngược lại Hình 4.10a,d).

Riêng đất Tân Phước thời điểm 2015 có hàm lượng nhôm Al³⁺ trao đổi là 15,21 meq Al³⁺/100g thấp không đáng kể so với nhôm trao đổi giai đoạn 1992 là 16,05 meq Al³⁺/100g, hàm lượng nhôm trao đổi trong đất được đánh giá ở mức cao trong cả hai giai đoạn khảo sát (Hình 4.10e).

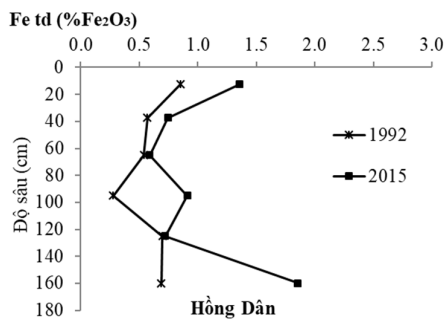
Nhìn chung hàm lượng Al³⁺ trao đổi trong đất của 05 phẫu diện đất phèn ĐBSCL tại thời điểm 2015 có chiều hướng giảm. Hàm lượng nhôm trao đổi trong đất giảm tương

quan thuận với sự giảm acid tổng trong đất và nghịch với sự gia tăng pH của đất. Theo Ponnampetuma (1972) pH có ảnh hưởng trực tiếp đến sự hòa tan Al^{3+} . Trong đất phèn, Al^{3+} là cation trao đổi chủ yếu tồn tại dưới dạng hydroxide hoặc sulfate nhôm, tại pH < 4,0 độ hòa tan của nhôm gia tăng, và Al sẽ thay thế các cation base trong phức hệ trao đổi. Theo Breemen (1973) độc tố nhôm trong đất liên quan chặt đến độ chua của đất, hoạt động của nhôm sẽ tăng gấp 10 lần khi pH giảm 1 đơn vị. Đối với Dent (1986) cho rằng cây trồng có thể ngộ độc nhôm từ những nồng độ rất thấp tùy theo tính chống chịu mặn khác nhau của thực vật, từ 1-2ppm và nhôm hòa tan từ 0,04-0,08 mol/m³, khi pH nhỏ hơn 3,5 thì Al^{3+} là mối nguy hại chính cho cây trồng do nhôm là cation có thể thay đổi trong điều kiện đất phèn, nó có thể ở dạng Hydroxyd-keo.

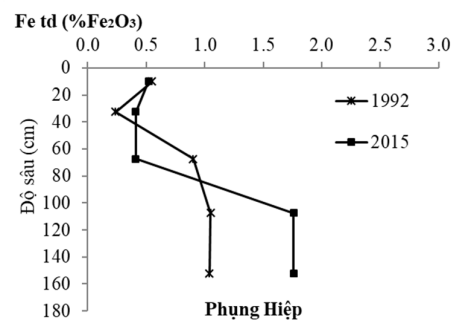
4.1.2.5 Sắt tự do

Giữa hai giai đoạn (2015 so 1992), hàm lượng sắt tự do trong đất tại 05 phẫu diện đất phèn ĐBSCL có sự biến động rất bất thường (Hình 4.11). Cụ thể, sắt tự do của tầng đất canh tác Tân Thạnh và Tân Phước tại thời điểm năm 2015 được đánh giá ở mức trung bình đến cao theo thứ tự là (0,94%; 1,44% Fe_2O_3) tăng cao hơn so với hàm lượng sắt tự do trong đất khảo sát năm 1992 (0,29; 0,48% Fe_2O_3) được đánh giá ở mức thấp (Hình 4.11c,e), tuy nhiên hàm lượng sắt tự do trong đất ở tầng khử (Cr) giai đoạn năm 2015 lần lượt theo điểm khảo sát (0,4; 0,5 % Fe_2O_3) giảm chỉ ở mức thấp, so với hàm lượng sắt tự do đo được trong đất ở tầng khử (Cr) năm 1992 (1,74; 1,50% Fe_2O_3) ở mức cao đến rất cao.

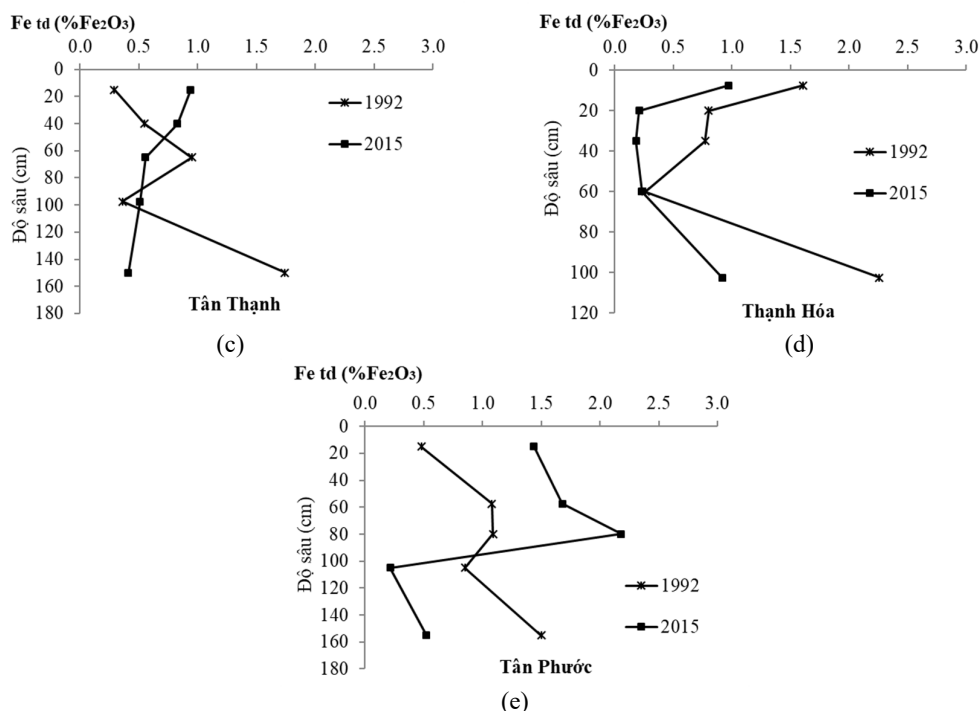
Tầng đất canh tác của Phụng Hiệp tại thời điểm 2015 có hàm lượng sắt tự do (0,52%) ít khác biệt so với hàm lượng sắt tự do trong năm 1992 là 0,55% Fe_2O_3 , với hàm lượng sắt tự do như trên được đánh giá ở mức thấp. Tuy nhiên, tại thời điểm năm 2015 hàm lượng sắt tự do trong đất tầng Cr là 1,76% Fe_2O_3 cao hơn so với hàm lượng sắt tự do trong đất tầng Cr năm 1992 khoảng 1,04% Fe_2O_3 , cả hai giai đoạn sắt tự do trong đất tầng khử được đánh giá ở mức cao đến rất cao (Hình 4.11b).



(a)



(b)



Hình 4.11: Sự thay đổi Fe tự do trong đất giữa năm (2015 so 1992)

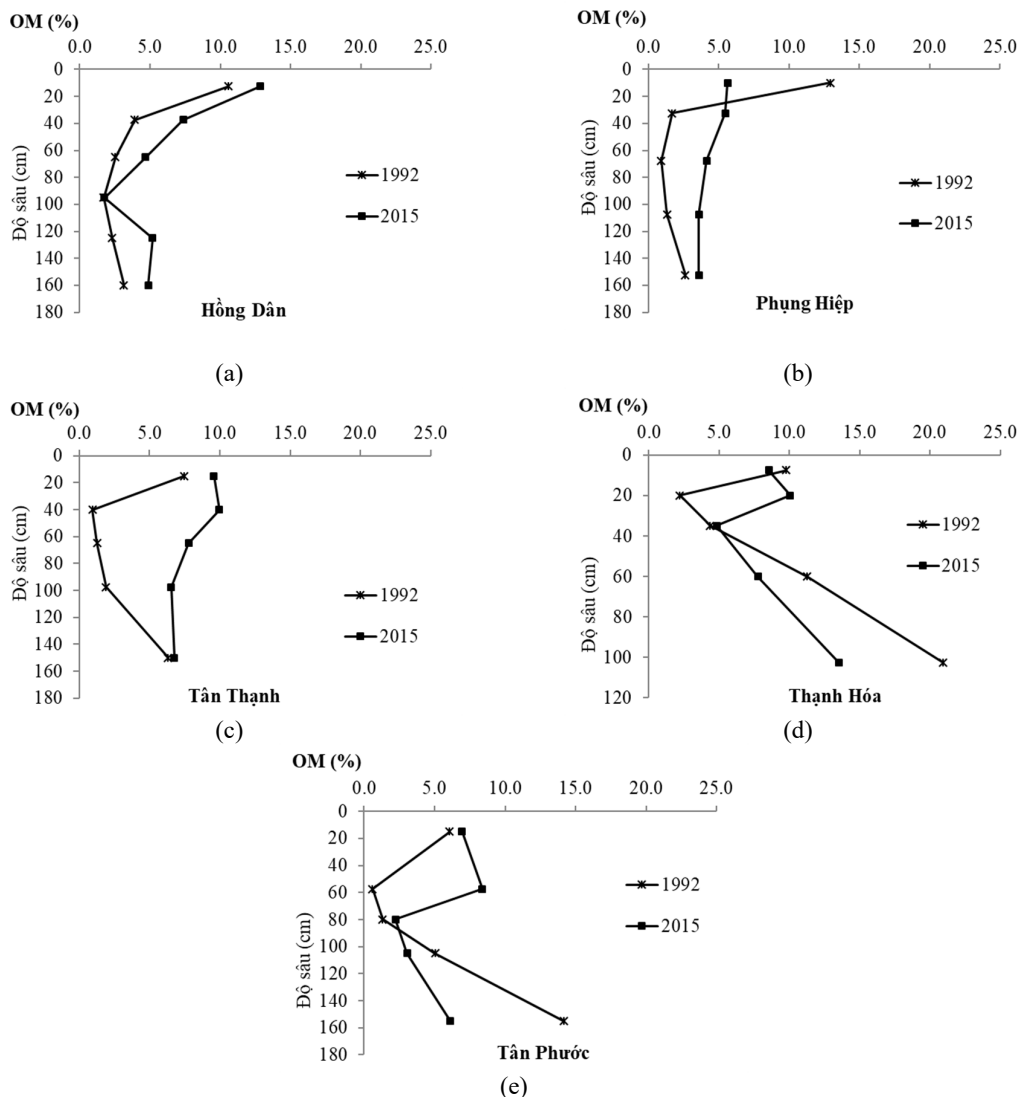
Hàm lượng sắt tự do trong các tầng đất phát sinh của phẫu diện đất Thạnh Hóa được phân tích vào thời điểm năm 2015 có giá trị giảm thấp hơn so với năm 1992. Cụ thể hàm lượng sắt tự do trong đất thời điểm năm 2015 dao động từ 0,21-0,97% Fe₂O₃, được đánh giá ở mức thấp đến trung bình và hàm lượng sắt tự do trong đất năm 1992 dao động từ 0,26-2,26% Fe₂O₃ được đánh giá từ thấp đến rất cao (Hình 4.11b). Ngược lại, ở điểm khảo sát đất Hồng Dân hàm lượng sắt tự do trong đất có chiều hướng tăng ở tất cả các tầng phát sinh theo thời gian canh tác, tại thười điểm 2015 hàm lượng sắt tự do trong đất tăng lên ở mức trung bình đến rất cao, dao động khoảng 0,59-1,85% Fe₂O₃, trong khi đó hàm lượng sắt tự do trong đất giai đoạn 1992 là 0,28-0,85% Fe₂O₃ đánh giá từ thấp đến trung bình (Hình 4.11a).

Nhìn chung hàm lượng sắt tự do trong đất có xu hướng tăng theo chiều sâu tầng phát sinh trong cùng phẫu diện đất. Theo nguyên tắc tầng phèn hoạt động có hàm lượng sắt tự do cao do quá trình oxy hóa pyrite, dẫn đến chuyển đổi Fe²⁺ thành Fe³⁺ trong tầng đất phèn, tuy nhiên trong quá trình canh tác sắt tự do bị mao dẫn từ tầng phèn lên trên mặt làm cho hàm lượng sắt tự do biến đổi và dao động rất lớn theo thời gian canh tác. Đồng thời theo Ponnampereuma (1972) pH đất có ảnh hưởng trực tiếp đến hàm lượng của Fe³⁺ trong đất.

4.1.2.6 Chất hữu cơ trong đất

Hàm lượng CHC trong đất (Hình 4.12) của 05 điểm khảo sát qua hai giai đoạn nghiên cứu (2015 so 1992) có sự biến động như sau: Hồng Dân và Tân Thạnh có sự gia tăng CHC ở các tầng phát sinh theo thời gian nguyên nhân do hai địa điểm này có địa

hình tương đối thấp, cùng với mô hình canh tác Hồng Dân (tôm-lúa) và Tân Thạnh (3 vụ lúa) đất hầu như ngập liên tục, CHC trong điều kiện khử làm cho chậm phân hủy dẫn đến kết quả CHC tăng theo thời gian. Hàm lượng CHC tầng đất mặt tại điểm khảo sát đất Hồng Dân cả hai giai đoạn nghiên cứu được đánh giá ở mức giàu theo thang đánh giá (Metson, 1961), có sự tăng phần trăm CHC theo thời gian dao động từ 10,57-12,82% C và hàm lượng chất CHC giảm dần xuống các tầng đất bên dưới (Hình 4.12a). Năm 2015, Tân Thạnh có hàm lượng CHC dao động từ 6,53-9,57% C, được đánh giá mức giàu ở tầng mặt (Ah), khá ở tầng oxy hóa và tầng khử, so với khảo sát năm 1992 hàm lượng CHC trong đất thấp hơn từ 0,92-7,48% C, được đánh giá ở mức rất nghèo ở tầng oxy hóa (Bg và Bg₁) đến khá ở tầng mặt (Ah) và tầng khử (Cr) (Hình 4.12c).



Hình 4.12: Sự thay đổi chất hữu cơ trong đất giữa năm (2015 so 1992)

Đặc biệt giai đoạn năm 1992, đất tầng mặt Phụng Hiệp có hàm lượng CHC được đánh giá ở mức giàu là 12,9% C, do trong giai đoạn này đất mới vừa khai phá, lớp phủ

thực vật rất dày, chất hữu cơ hàng năm được tích lũy lượng lớn ở tầng mặt. Tuy nhiên, các tầng đất oxy hóa và tầng khử bên dưới hàm lượng chất hữu cơ ở mức rất nghèo đến nghèo dao động từ 0,91-2,64% C. Trong thời gian dài canh tác lúa đến giai đoạn năm 2015 hàm lượng CHC trong đất tích lũy và trực di xuống bên dưới với CHC dao động từ 3,59-5,63% C, được đánh giá ở mức trung bình đến khá (Hình 4.12b). Do vùng đất Phụng Hiệp chỉ canh tác lúa 2 vụ/năm có thời gian dài đất nghỉ, đồng thời có thời gian phơi đất, thoáng khí giúp cho các vi sinh vật dễ dàng phân hủy các CHC trong đất, từ đó làm giảm đi lượng hữu cơ trong đất theo thời gian.

Thanh Hóa và Tân Phước có CHC trong đất ở các tầng đất phát sinh gần giống nhau. Giữa hai giai đoạn nghiên cứu, tầng canh tác (Ah) Thanh Hóa có hàm lượng CHC trong đất không biến động nhiều, được đánh giá mức khá từ 6,05-6,94% C, và tương tự, Tân Phước có hàm lượng CHC được đánh giá mức giàu đạt từ 8,53-9,78% C (Hình 4.12d,e). Tầng đất oxy hóa của Thanh Hóa và Tân Phước đều có hàm lượng CHC trong đất ở mức nghèo đến trung bình. Tại phần diện đất Thanh Hóa có mô hình canh tác (khoai mỡ - khoai mì) và Tân Phước canh tác (khóm) đây là hai điểm canh tác cây trồng cạn, đất thoáng khí, khả năng VSV phân hủy CHC nhanh. Bên cạnh đó, đối với cây trồng cạn, phụ phẩm sau thu hoạch để lại trên đồng ruộng ít, đồng thời sau vụ mùa thu hoạch người dân có tập quán phơi xác bã thực vật và xử lý mầm bệnh trên đồng ruộng bằng cách đốt. Từ những nguyên nhân trên dẫn đến chất hữu cơ trong tầng mặt năm 2015 giảm so với năm 1992.

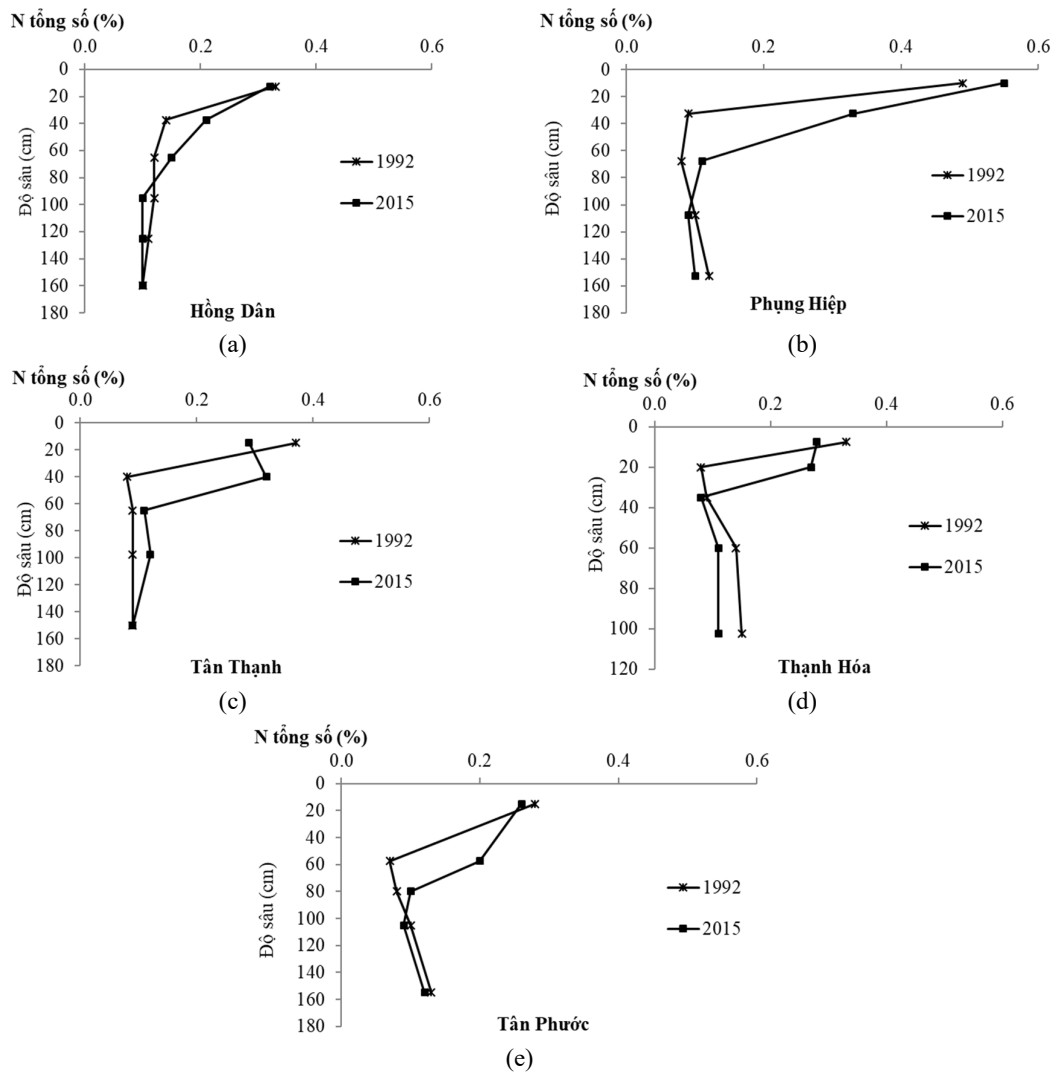
Nhìn chung hàm lượng CHC trong đất tầng canh tác (Ah) và tầng khử (Cr) của 05 điểm khảo sát đất phèn ĐBSCL có hàm lượng CHC trong đất ở mức từ khá đến giàu. Một số nghiên cứu cho rằng tầng đất mặt của đất phèn Nam Bộ thường có hàm lượng mùn cao hơn tầng oxy hóa, do đất phèn thường phân bố những vùng trũng, nhận được các vật liệu hữu cơ rửa trôi từ vùng khác đến, bản thân những vị trí vùng trũng cũng có rất nhiều thực vật hoang dã sống trên bề mặt, khi thực vật chết đi sẽ bị phân giải để lại lượng lớn mùn không bị rửa trôi và tích lũy dần trên tầng đất mặt (Bá, 2009). Tầng khử là tầng chứa xác bã thực vật bị chôn vùi của mô hình canh tác, hoặc hoang hóa trước đây, bị phân hủy chậm dưới dạng yếm khí và tầng này không được bù đắp lượng hữu cơ nên có sự giảm dần theo thời gian. Trong đất có ba nhóm chất hữu cơ chính được xác định theo thời gian phân hủy: nhóm phân hủy chủ động (1-2 năm), nhóm phân hủy chậm (15-100 năm) và nhóm phân hủy thụ động (500-5000 năm) (Brady and Weils, 1999). Và có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ phân hủy và tích lũy chất hữu cơ trong đất bao gồm dạng chất hữu cơ trong đất, kết cấu đất và hệ thống thoát nước, tỷ lệ C/N của vật liệu hữu cơ khí hậu và cơ cấu cây trồng (Brady and Weils, 1999). Bên cạnh đó hàm lượng chất hữu cơ trong đất còn phụ thuộc vào hệ thống cây trồng và cách làm đất (Albrecht *et al.*, 1997; Wander *et al.*, 1994).

4.1.2.7 Đạm tổng số trong đất

Theo số liệu phân tích đất tại thời điểm nghiên cứu năm 2015 cho thấy có 4 trên 5 điểm khảo sát đất phèn ĐBSCL có hàm lượng đạm tổng số tầng đất canh tác Ah và tầng đất khử Cr có chiều hướng giảm so giai đoạn nghiên cứu năm 1992. Cụ thể hàm lượng đạm tổng số tầng đất canh tác tại Hồng Dân không có biến động nhiều giữa hai giai đoạn, hàm lượng đạm tổng được đánh giá ở mức cao dao động (0,32; 0,33% N) (Hình 4.13a), theo thang đánh giá của Apal Agricultural Laboratory (2016) đạm tổng số đánh giá mức cao ở khoảng (0,25-0,5% N). Đối với các tầng đất oxy hóa và tầng đất khử (Bj, Cj và Cr) có hàm lượng đạm tổng số giảm theo thời gian canh tác và cả hai giai đoạn nghiên cứu đều có đạm tổng số trong đất ở mức thấp, riêng tầng đất (AB và Bgj) có hàm lượng đạm tổng trong đất gia tăng theo thời gian từ mức thấp lên trung bình lần lượt dao động (0,12-0,14% N; 0,15-0,21% N) (Apal Agricultural Laboratory, 2016) (Hình 4.13a). Đối phần diện đất Hồng Dân và Tân Thạnh có đạm tổng số tầng canh tác giảm một ít theo thời gian, trong khi đó CHC lại tăng. Nguyên nhân do mô hình canh tác thường xuyên ngập nước, yếm khí, sự phân huỷ chậm đã tạo được sự tích lũy chất hữu cơ, nhưng chất hữu cơ này kém chất lượng đã ảnh hưởng đến khả năng khoáng hoá N của đất trồng lúa 3 vụ.

Đối với địa điểm nghiên cứu đất Phụng Hiệp cho thấy hàm lượng đạm tổng số trong đất tầng canh tác (Ah) có chiều hướng tăng theo thời gian canh tác, do chỉ canh tác lúa 2 vụ/năm có thời gian phơi đất và thoáng khí, CHC trong đất được VSV phân hủy nhanh, tăng sự khoáng hóa đạm trong đất từ đó làm cho đạm tổng trong đất có chiều hướng tăng theo thời gian canh tác. Hàm lượng đạm tổng số trong đất tầng canh tác tại thời điểm năm 2015 là 0,55% N được đánh giá ở mức rất cao so với đạm tổng trong đất tầng canh tác năm 1992 là 0,49% N (Hình 4.13b) được đánh giá mức cao (Apal Agricultural Laboratory, 2016), tuy nhiên ở các tầng đất oxy hóa Bgj > 50cm và tầng đất khử Cr đều có hàm lượng đạm tổng trong đất ở mức thấp dao động khoảng 0,08-0,12% N.

Hàm lượng đạm tổng tầng đất canh tác Ah tại 03 điểm khảo sát Tân Thạnh, Thạnh Hóa và Tân Phước tại thời điểm 2015 lần lượt theo điểm khảo sát có giá trị là (0,29; 0,28; 0,26% N) có chiều hướng giảm hơn so với giai đoạn nghiên cứu 1992 lần lượt là (0,37; 0,33; 0,28% N), tuy nhiên cả hai giai đoạn nghiên cứu đạm tổng số đạt mức cao, theo than đánh giá (Apal Agricultural Laboratory, 2016). Nguyên nhân dẫn đến đạm tổng số có chiều hướng giảm theo thời gian canh tác do đây là mô hình canh tác cây trồng cạn, nhu cầu dinh dưỡng đạm cho cây rất lớn, do tập quán đốt tàn dư thực vật để xử lý mầm bệnh, sự tích lũy CHC hàng năm thấp nên đạm tổng số tầng canh tác có chiều hướng giảm theo thời gian, ngược lại tầng tích tụ B<50cm có hàm lượng đạm tổng trong đất tăng theo thời gian canh tác, tương quan thuận với sự tăng hàm lượng CHC trong tầng đất này (Hình 4.13c,d,e; Hình 4.12)



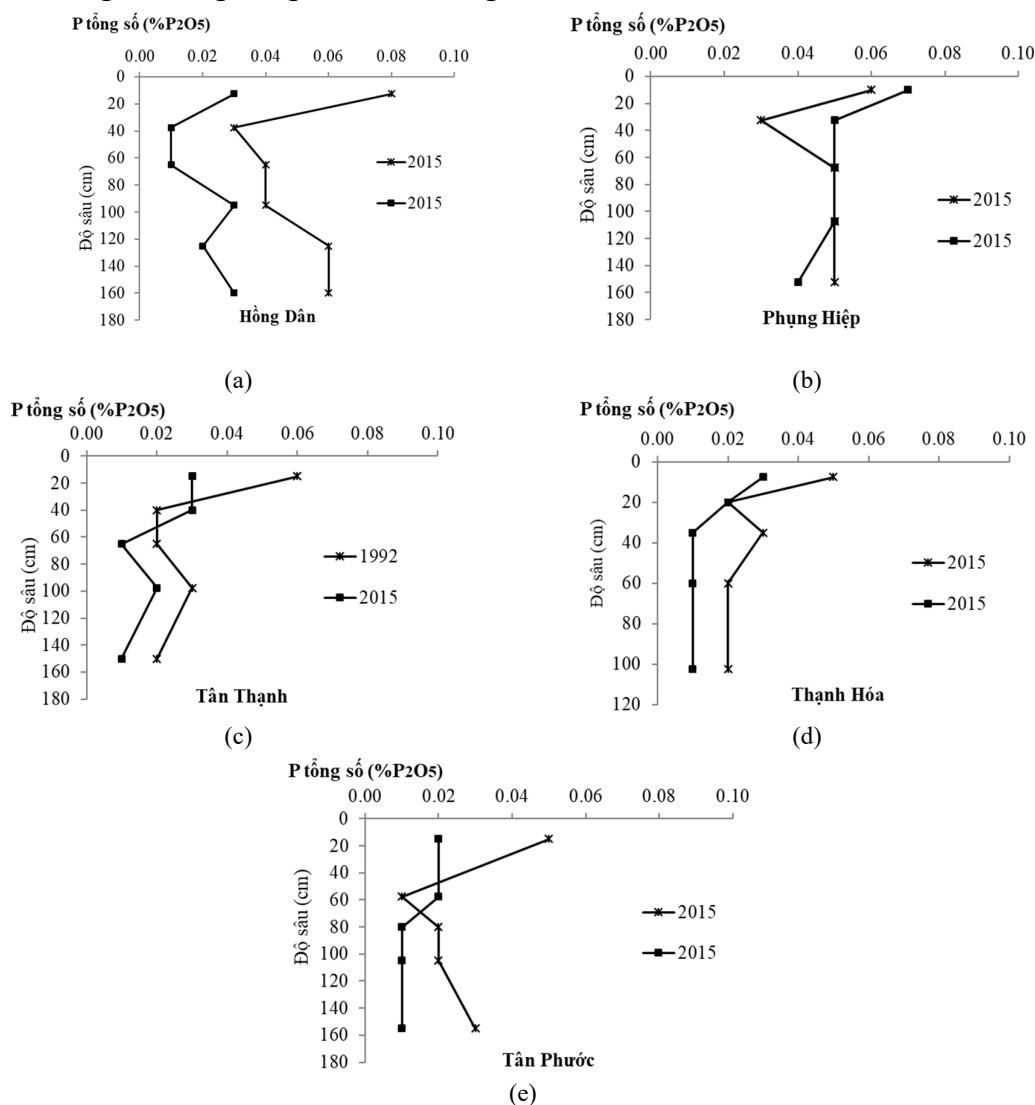
Hình 4.13: Sự thay đổi đạm tổng số trong đất giữa năm (2015 so 1992)

Nhìn chung đạm tổng số tầng đất canh tác Ah của 05 điểm khảo sát đất phèn ĐBSCL ở hai giai đoạn nghiên cứu đều được đánh giá ở mức cao dao động khoảng (0,28-0,50% N) theo thang đánh giá (Apal Agricultural Laboratory, 2016), thông thường khi đất có hàm lượng hữu cơ cao dẫn đến giàu đạm, vì đạm là quá trình phân giải hợp chất hữu cơ. Đối với các tầng phèn (oxy hóa) và tầng sinh phèn (khử) có hàm lượng đạm tổng được đánh giá ở mức thấp dao động khoảng (0,08-0,12% N). Đất phèn đặc tính dinh dưỡng của đất không cao do pH đất thấp, khả năng cung cấp đạm và sự khoáng hóa đạm rất thấp (Gương và *ctv.*, 2016). Để duy trì khả năng sinh trưởng và phát triển của cây trồng trên đất phèn cần cung cấp bổ sung đầy đủ chất đạm. Tuy nhiên, cần phải bón vừa đủ lượng đạm hữu dụng cho nhu cầu của cây trồng, để xác định được lượng đạm bón phù hợp cần phải tính đến khả năng cung cấp đạm từ đất, tàn dư thực vật để lại mùa vụ trước thông qua phân tích đất đầu vụ hoặc bón phân theo lô khuyết (Buresh *et al.*, 2005). Nên bón bổ sung phân đạm hóa học đủ lượng để cây đáp ứng năng suất, không nên bón dư thừa hoặc bón không đúng phương pháp làm lượng đạm bón vào đồng ruộng

bị mất đi do bốc hơi, trực di, hay rửa trôi gây ô nhiễm môi trường và không mang lại hiệu quả kinh tế (Hoa và Gương, 2016).

4.1.2.8 Lân tổng số trong đất

Qua (Hình 4.14) cho thấy, hàm lượng lân tổng trong đất cả hai giai đoạn nghiên cứu của tất cả 05 điểm khảo sát đất phèn ĐBSCL đều thấp, được đánh giá ở mức nghèo đến trung bình theo thang đánh giá (Cự, 2000). Tại điểm khảo sát đất Hồng Dân năm 2015 có hàm lượng lân tổng số trong đất thấp dao động từ (0,01-0,03% P_2O_5), giảm ở hầu hết các tầng phát sinh trong đất so với số liệu khảo sát hàm lượng lân tổng trong đất năm 1992 là (0,03-0,08% P_2O_5) (Hình 4.14a), đối với điểm Hồng Dân mô hình canh tác (tôm-lúa) hằng năm bón lượng lân rất ít không đủ bù vào lượng lân cây trồng lấy đi, vì vậy đất luôn thiếu hụt lân. Bên cạnh đó, với mô hình canh tác (tôm-lúa) một phần nào lân cũng bị rửa trôi trong quá trình thay nước trên ruộng từ những nguyên nhân trên làm cho lân tổng số trong đất giảm theo thời gian canh tác.



Hình 4.14: Sự thay đổi lân tổng số trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)

Ngược lại, đối với điểm khảo sát đất Phụng Hiệp cho thấy hàm lượng lân tổng trong đất có xu hướng tăng ở hầu hết các tầng đất phát sinh trong phẫu diện theo thời gian canh tác (năm 2015 so 1992), hàm lượng lân tổng trong đất tại Phụng Hiệp dao động theo thời gian như sau (0,03-0,06% P_2O_5 ; 0,04-0,07% P_2O_5) (Hình 4.14b), hàm lượng lân tổng trong đất phèn Phụng Hiệp của cả hai giai đoạn nghiên cứu (2015 và 1992) được đánh giá ở mức từ nghèo đến trung bình. Trên đất Phụng Hiệp chỉ canh tác lúa 2 vụ/năm, đây là vùng đất phèn nặng khả năng giữ lân cao, mỗi mùa vụ bón vào lượng lân khá lớn tuy nhiên cây lúa chỉ sử dụng được từ 10-15% P_2O_5 bón vào, phần lân bón vào còn lại trên đất phèn tạo thành hợp chất khó tan và bị cố định trong đất, do đó sự lưu tồn lân ngày càng cao vào trong đất dẫn đến lân tổng số tăng theo thời gian (Heckrath, et al., 2002; Hoa và Gương, 2016).

Hầu hết tại các vị trí khảo sát đất Tân Thạnh, Thạnh Hóa và Tân Phước cả hai giai đoạn nghiên cứu cho thấy hàm lượng lân tổng trong đất nhỏ hơn 0,06% P_2O_5 , đánh giá đất nghèo lân theo thang đánh giá của (Cự, 2000). Hàm lượng lân tổng trong đất khảo sát năm 2015 của 03 điểm khảo sát dao động từ (0,01-0,03% P_2O_5), so với hàm lượng lân tổng trong đất năm 1992 là (0,01-0,05% P_2O_5) (Hình 4.14c,d,e). Đối với điểm khảo sát Thạnh Hóa và Tân Phước với mô hình canh tác cây trồng cạn lân rất dễ bị mất đi do phương pháp bón phân và tưới nước, người dân thường bón lân dạng rải chứ không bón vùi (do công lao động) dẫn đến lân rất dễ bị rửa trôi khi tưới nước làm cho hàm lượng lân tổng trong đất có chiều hướng giảm theo thời gian

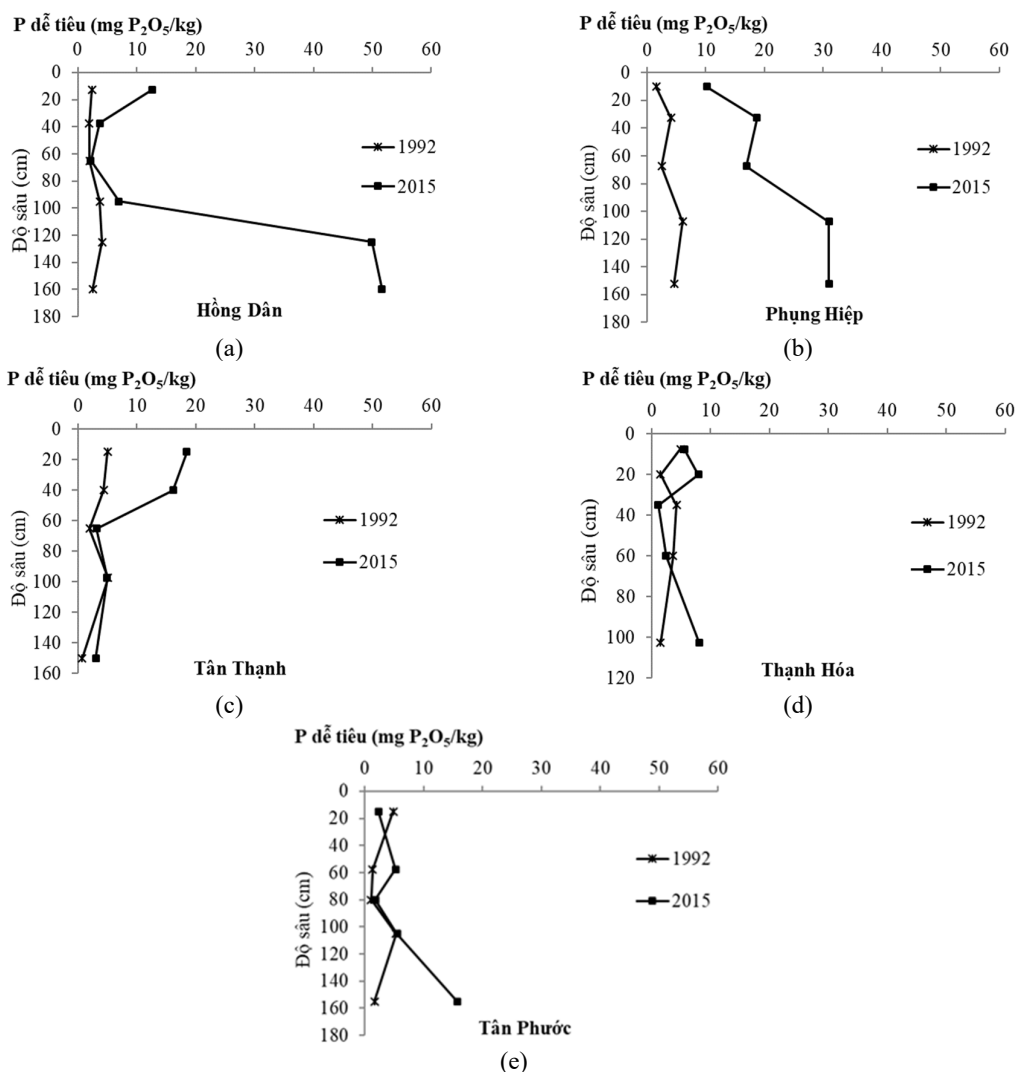
Nhìn chung hàm lượng lân tổng số trong đất tầng canh tác ở giai đoạn khảo sát 2015 tại 05 hình thái phẫu diện đất phèn ở ĐBSCL cho thấy hàm lượng lân tổng trong đất thấp hơn 0,06% P_2O_5 thuộc dạng đất nghèo lân, ngoại trừ điểm khảo sát Phụng Hiệp có hàm lượng lân tổng trong đất là 0,07% P_2O_5 được đánh giá mức trung bình. Tất cả các tầng đất phát sinh bên dưới (tầng oxy hóa và tầng khử) đều có hàm lượng lân tổng thấp (mức nghèo lân). Giống với các nghiên cứu của (Bá, 2009; Khôi và Hoa, 2016) cho rằng hàm lượng lân tổng số của rất nhiều mẫu đất phèn chỉ cho giá trị dao động trong khoảng từ 0,01-0,05% P_2O_5 ghi nhận ở mức lân trung bình đến nghèo. Đối với đất phèn trồng lúa ở ĐBSCL có hàm lượng lân tổng số nghèo vì độ pH đất thấp, độ hòa tan và tái tạo lân yếu, cần bón bổ sung lân cho lúa, đã cho thấy được sự đáp ứng cao của cây lúa đối với phân lân.

4.1.2.9 Lân dễ tiêu trong đất

Qua số liệu phân tích hàm lượng lân dễ tiêu trong đất của 05 phẫu diện đất phèn ĐBSCL cho thấy xu hướng hàm lượng lân dễ tiêu trong đất tăng theo thời gian canh tác. Hàm lượng lân dễ tiêu trong đất tại Hồng Dân khảo sát năm 2015 là 2,22-51,62mg P_2O_5 /kg tăng cao hơn so với hàm lượng lân dễ tiêu trong đất giai đoạn 1992 từ 1,90-4,10mg P_2O_5 /kg (Hình 4.15 a), theo thang đánh giá lân dễ tiêu trong đất phương pháp

Bray 2 của các tầng đất phát sinh được đánh giá ở mức thấp, ngoại trừ tầng khử Cr trong năm 2015 là 51,62mg P₂O₅/kg đánh giá ở mức cao.

Đối với điểm khảo sát đất Phụng Hiệp và Tân Thạnh có hàm lượng lân dễ tiêu ở tất cả các tầng đất phát sinh giai đoạn khảo sát 2015 tăng hơn so với lân dễ tiêu trong đất khảo sát năm 1992. Cụ thể, lân dễ tiêu trong đất Phụng Hiệp năm 2015 dao động từ 10,18-31,03mg P₂O₅/kg, cho thấy có chiều hướng tăng ở tất cả các tầng đất phát sinh và được đánh giá từ thấp đến trung bình so với hàm lượng lân dễ tiêu trong đất giai đoạn 1992 chỉ ở mức thấp là 1,60-6,10mg P₂O₅/kg (Hình 4.15b). Đối lân dễ tiêu trong đất tại Tân Thạnh khảo sát năm 2015 dao động khoảng 3,06-18,45mg P₂O₅/kg, cao hơn so với lân dễ tiêu khảo sát năm 1992 là 0,70-5,10mg P₂O₅/kg, cả hai giai đoạn nghiên cứu cho thấy hàm lượng lân dễ tiêu trong đất thấp (Hình 4.15c).



Hình 4.15: Sự thay đổi hàm lượng lân dễ tiêu trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)

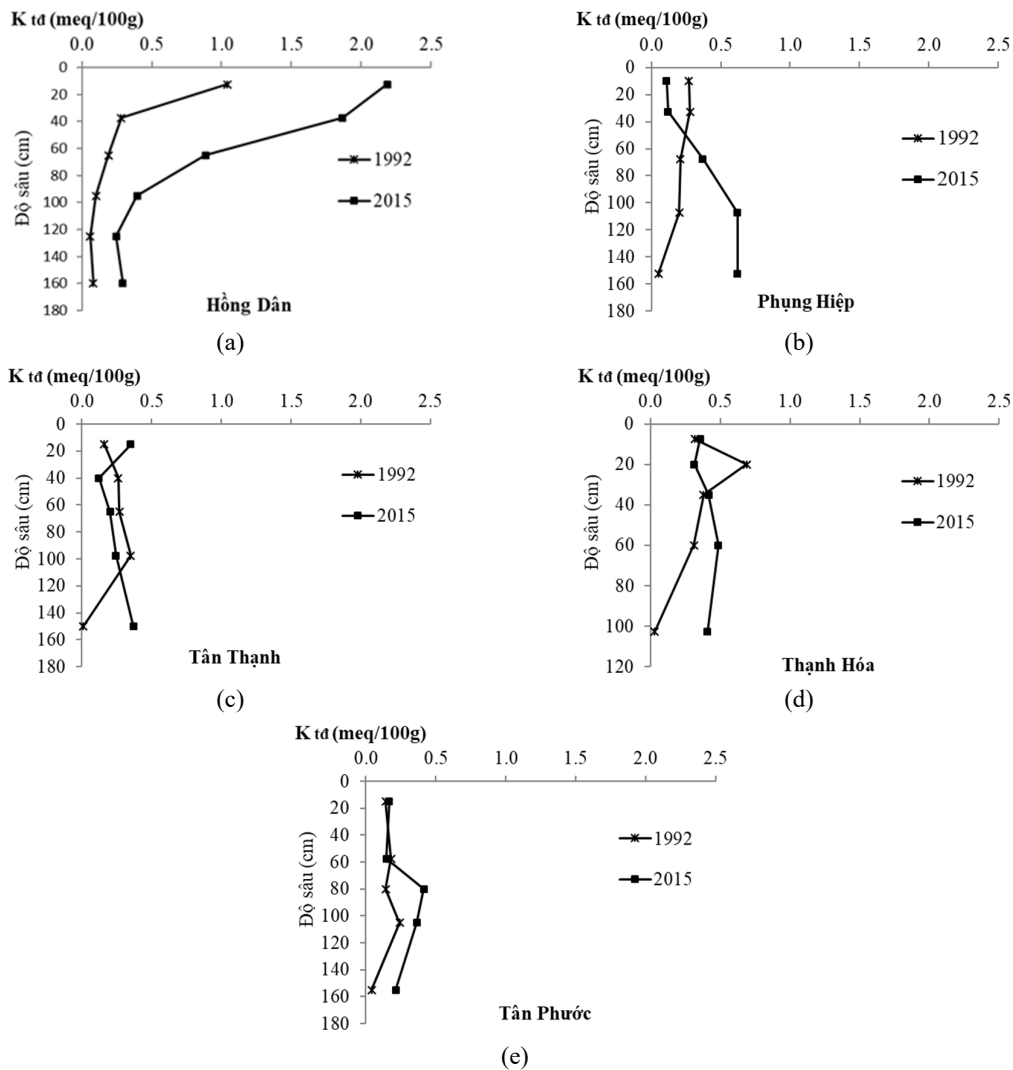
Riêng hàm lượng lân dễ tiêu trong đất tại Thạnh Hóa và Tân Phước có sự biến động bất thường theo tầng đất phát sinh và thời gian canh tác, hàm lượng lân dễ tiêu ở tất cả các tầng phát sinh trong đất của hai giai đoạn nghiên cứu đều ở mức thấp hơn

15mg P₂O₅/kg (Hình 4.15d). Hàm lượng lân dễ tiêu trong đất ở tầng mặt Ah của điểm Thanh Hóa tại thời điểm năm 2015 là 5,52mg P₂O₅/kg, tăng không đáng kể so với giai đoạn khảo sát năm 1992 là 4,9mg P₂O₅/kg. Ngược lại, đối với điểm khảo sát đất Tân Phước hàm lượng lân trao đổi trong đất tầng mặt năm 2015 là 2,28mg P₂O₅/kg thấp gấp đôi so với lượng lân dễ tiêu trong đất tầng mặt năm 1992 là 4,8mg P₂O₅/kg. Nhìn chung tại 05 điểm khảo sát đất phèn ĐBSCL giai đoạn 2015 có hàm lượng lân dễ tiêu trong đất tầng canh tác thấp, dao động khoảng từ 2,28-18,45mg P₂O₅/kg, so trên cùng phẫu diện hàm lượng lân dễ tiêu tầng canh tác thường cao hơn so với tầng phèn B_{g1} (tầng oxy hóa), do tầng phèn có giá trị pH thấp, hàm lượng các độc tố nhôm và sắt cao. Ngược lại, thường trong tầng khử Cr có hàm lượng lân dễ tiêu cao hơn tầng oxy hóa phù hợp với các nghiên cứu (Ponnamperuma, 1985; Diamond, 1985), đất ngập nước có trị số lân dễ tiêu cao hơn đất để khô. Sự gia tăng độ hữu dụng của chất lân trong đất ngập nước là do sự khử Fe³⁺ thành Fe²⁺ dễ hòa tan hơn, sự phóng thích của phosphate bị hút vào do sự khử hóa của Fe³⁺ ngập nước. Trong đất lúa ngập nước lân thường tồn tại dưới dạng sắt hai Fe₃(PO₄)₂ dễ tan hơn và là nguồn cung cấp lân chính cho cây lúa (Hà, 2006).

4.1.2.10 Kali trao đổi trong đất

Qua kết quả phân tích hàm lượng kali trao đổi trong đất qua hai giai đoạn nghiên cứu cho thấy tại điểm khảo sát đất Hồng Dân năm 2015 có sự gia tăng hàm lượng kali ở tất cả các tầng đất phát sinh, hàm lượng kali trong đất tầng canh tác năm 2015 là 2,19meq K⁺/100g, biến động rất lớn được đánh giá ở mức cao theo thang đánh giá của Horneck *et al.* (2011), so với hàm lượng kali trong đất giai đoạn 1992 là 1,04meq K⁺/100g chỉ đánh giá ở mức trung bình, đối với các tầng phát sinh bên dưới tại tầng phèn B_{g1} và tầng sinh phèn Cr hàm lượng kali trong đất của cả hai giai đoạn khảo sát đều giảm thấp hơn so với hàm lượng kali tầng canh tác (Hình 4.16a).

Đối với các điểm khảo sát đất Phụng Hiệp, Tân Thạnh, Bến Kè và Tân Phước (Hình 4.16) hàm lượng kali trao đổi trong đất biến động bất thường theo chiều sâu của phẫu diện cũng như theo thời gian canh tác giữa hai giai đoạn nghiên cứu. Hàm lượng kali trao đổi trong đất khảo sát năm 2015 lần lượt theo địa điểm nghiên cứu có giá trị trung bình là (0,37; 0,26; 0,39; 0,26meq K⁺/100g) có xu hướng tăng cao hơn so với hàm lượng kali trao đổi trong đất giai đoạn 1992 (0,20; 0,21; 0,35; 0,15meq K⁺/100g) (Hình 4.16 b,c,d,e), tuy nhiên cả hai giai đoạn nghiên cứu hàm lượng kali trao đổi trong đất nhỏ hơn 0,4meq K⁺/100g, đánh giá ở mức thấp theo thang đánh giá của Horneck *et al.* (2011).

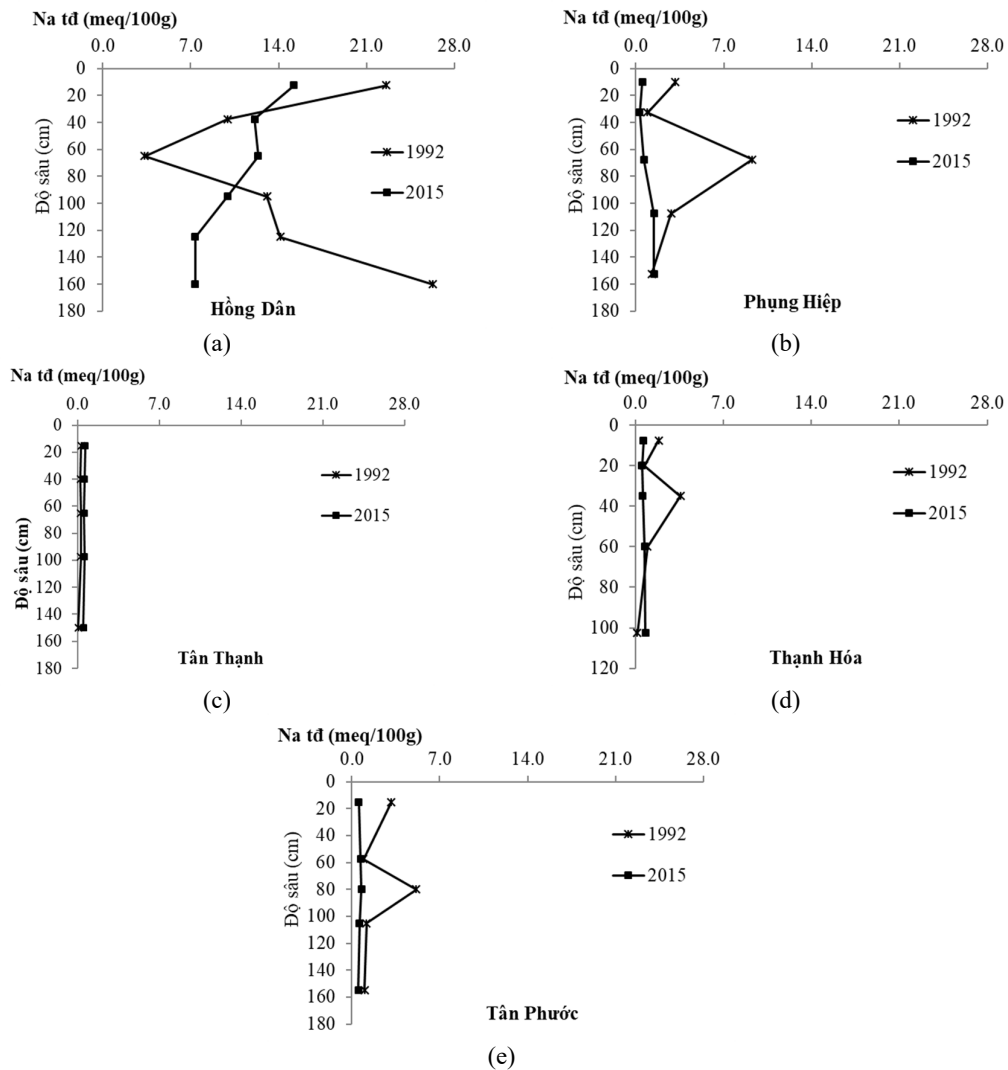


Hình 4.16: Sự thay đổi kali trao đổi trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)

Nhìn chung tại 05 điểm khảo sát đất phèn ĐBSCL năm 2015 (Hình 4.16) cho thấy hàm lượng kali trao đổi trong đất tầng canh tác Ah dao động khoảng 0,11-0,36meq K^+ /100g, được đánh giá ở mức thấp, ngoại trừ tại đất Hồng Dân có hàm lượng kali trao đổi trong đất tầng mặt năm 2015 là 2,19meq K^+ /100g đánh giá ở mức cao, điều này cho thấy rằng đất tại Hồng Dân có mô hình canh tác tôm, đất bị nhiễm mặn kéo dài đã làm gia tăng hàm lượng kali trong đất, sự gia tăng kali trao đổi trong đất phù hợp với nghiên cứu của (Hoa và Gương, 2016) cho rằng các vùng ven biển bị xâm nhập mặn hàm lượng kali trao đổi trong đất thường cao hơn 0,3meq K^+ /100g và cao hơn các vùng nội đồng nước ngọt. Theo Hoa (2003) cho rằng đối với đất trồng lúa hàm lượng kali trao đổi lớn hơn 0,3meq K^+ /100g có thể đáp ứng đủ lượng kali cho cây lúa. Tuy nhiên, đối với đất phèn trồng lúa ĐBSCL thường có hàm lượng kali trao đổi trong đất thấp, sấp xỉ 0,3meq K^+ /100g, để cây trồng đáp ứng năng suất cần phải bón thêm kali cho đất.

4.1.2.11 Natri trao đổi trong đất

Qua kết quả phân tích cho thấy hàm lượng Natri trao đổi trong đất giữa hai giai đoạn khảo sát có sự biến động rất lớn. Đặc biệt, tất cả 05 điểm khảo sát có sự biến động rất lớn về hàm lượng Na trao đổi trong đất giữa các tầng phát sinh trong cùng phẫu diện, hàm lượng Na^+ trong đất ở tầng oxy hóa Bg₁ là cao nhất. Tại điểm khảo sát đất Hồng Dân có hàm lượng Na^+ ở tất cả các tầng phát sinh đều ở mức rất cao, kết quả phân tích hàm lượng natri trong đất thời điểm 2015 dao động từ 7,36-15,32meq Na^+ /100g và thời điểm năm 1992 là 3,3-26,29meq Na^+ /100g, cả hai giai đoạn nghiên cứu đất Hồng Dân có hàm lượng Na^+ trong đất được đánh giá ở mức rất cao theo thang đánh giá (Agricultural Compendium, 1989) (Hình 4.17a).



Hình 4.17: Sự thay đổi natri trao đổi trong đất giữa năm (2015 so 1992)

Đối với điểm khảo sát đất Phụng Hiệp, Thạnh Hóa và Tân Phước thời điểm năm 2015 hàm lượng Na^+ trao đổi trong đất có chiều hướng giảm ở tất cả các tầng đất phát sinh so với giai đoạn năm 1992. Cụ thể, lần lượt theo điểm khảo sát hàm lượng Na^+ trong đất năm 2015 có giá trị dao động giữa các tầng đất phát sinh là (0,3-1,44; 0,54-

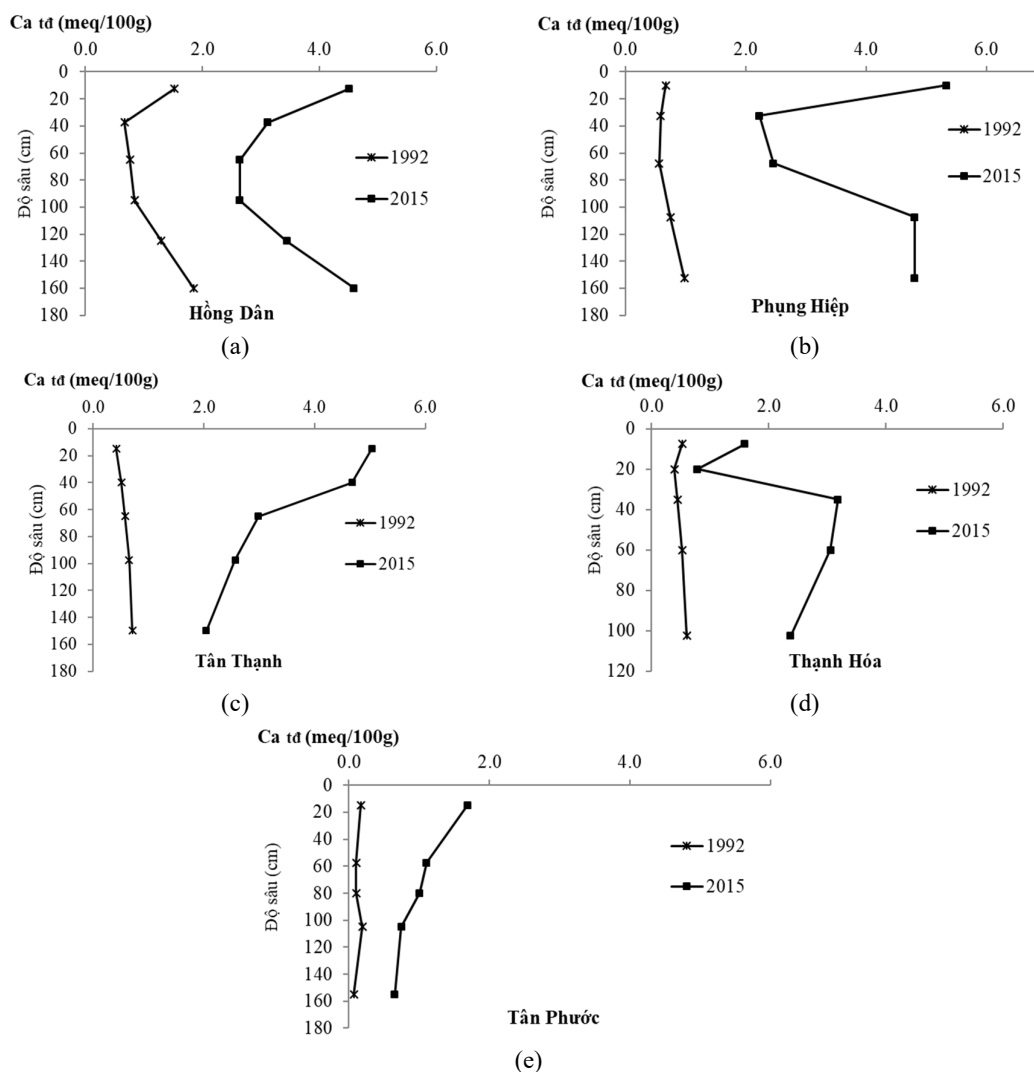
0,82; 0,51-0,77meq Na⁺/100g) thấp hơn so với hàm lượng natri trao đổi trong đất năm 1992 lần lượt theo điểm thí nghiệm là (0,93-9,25; 0,16-3,60; 0,94-5,1meq Na⁺/100g) (Hình 4.17 b,d,e).

Riêng đối với điểm khảo sát đất Tân Thạnh hàm lượng Natri trao đổi trong đất ở tất cả các tầng đất phát sinh thời điểm năm 2015 có chiều hướng tăng cao hơn so với hàm lượng Na⁺ trong đất năm 1992, chi tiết hàm lượng Na⁺ trong đất ở các tầng đất phát sinh thời điểm năm 2015 dao động từ 0,51-0,67meq Na⁺/100g), đánh giá mức cao so với hàm lượng Na⁺ trong đất năm 1992 là 0,08-0,32meq Na⁺/100g) (Hình 4.17c), được đánh giá từ mức rất thấp cho đến mức trung bình giữa các tầng đất phát sinh trong phẫu diện.

Nhìn chung tại các hình thái phẫu diện đất có mô hình canh tác lúa và màu như (Phụng Hiệp, Tân Thạnh, Thạnh Hóa, và Tân Phước) thời điểm năm 2015 cho thấy hàm lượng Natri trao đổi trong đất có sự biến động không lớn giữa các tầng đất phát sinh trên cùng phẫu diện, dao động khoảng 0,30-1,44meq Na⁺/100g) đánh giá ở mức trung bình đến cao theo thang đánh giá (Agricultural Compendium, 1989). Riêng điểm khảo sát đất tại Hồng Dân có hàm lượng Na⁺ trong đất ở mức rất cao, dao động trong cùng phẫu diện từ 7,36-15,23meq Na⁺/100g, trên đất phèn và đất phèn nhiễm mặn thường có hàm lượng Na⁺ rất cao (Bá, 2009). Mùa khô Natri bốc lên tạo thành lớp muối NaCl mỏng trên mặt đất, khi khô cong, nứt, nhìn kỹ trên bề mặt xuất hiện các đốm li ti của tinh thể muối. Sự hiện diện của Na⁺ đôi khi hạn chế sự ảnh hưởng của các độc tố Al³⁺, Fe²⁺ và Fe³⁺, tạo nên NaOH, làm cho pH tăng lên, hạn chế ảnh hưởng bởi phèn. Tuy nhiên, Na⁺ quá nhiều sẽ gây mặn và ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển cho cây trồng. Đối với đất phèn nhiều, Na⁺ có thể là dinh dưỡng, nhưng đối với những vùng đất phèn nhiễm mặn Na⁺ quá cao dẫn đến gây ức chế cây trồng. Vì vậy, những vùng đất phèn nhiễm mặn cần có biện pháp rửa loại bớt ion Natri trong đất.

4.1.2.12 Canxi trao đổi trong đất

Kết quả khảo sát tại 05 hình thái phẫu diện đất (Hồng Dân, Phụng Hiệp, Tân Thạnh, Thạnh Hóa và Tân Phước) qua 2 giai đoạn nghiên cứu cho thấy hàm lượng Canxi trao đổi trong đất ở tất cả các tầng phát sinh trong đất thời điểm năm 2015 có chiều hướng tăng lên so với hàm lượng Canxi trao đổi trong đất giai đoạn khảo sát năm 1992. Cụ thể, lần lượt theo thứ tự điểm khảo sát hàm lượng Canxi trao đổi trong đất theo tầng phát sinh năm 2015 dao động khoảng (2,64-4,58; 2,23-5,34; 2,04-5,03; 0,65-1,69; 0,78-3,18meq Ca²⁺/100g) tăng cao hơn so với hàm lượng Canxi trao đổi trong đất khảo sát năm 1992 là (0,67-1,85; 0,56-0,98; 0,42-0,71; 0,39-0,60; 0,10-0,19meq Ca²⁺/100g) (Hình 4.18).



Hình 4.18: Sự thay đổi canxi trao đổi trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)

Nhìn chung hàm lượng Canxi trao đổi trong đất tại 05 điểm khảo sát đất phèn ĐBSCL trong giai đoạn 2015 có xu hướng tăng đều trong tất cả các tầng phát sinh của phẫu diện so với hàm lượng Canxi trao đổi trong đất giai đoạn 1992. Đối với tầng đất canh tác tại Hồng Dân, Phụng Hiệp và Tân Thạnh khảo sát năm 2015 có hàm lượng Ca^{2+} trong đất tăng lên có giá trị lần lượt theo điểm khảo sát là (4,50; 5,34; 5,03meq $\text{Ca}^{2+}/100\text{g}$) được đánh giá mức cao theo thang đánh giá của (Kuyma, 1976), riêng tại điểm khảo sát Thạnh Hóa, và Tân Phước có hàm lượng Ca^{2+} trong đất là (1,59; 1,69meq $\text{Ca}^{2+}/100\text{g}$) đánh giá mức thấp. Hàm lượng Canxi trao đổi trong đất tăng theo thời gian là do tập quán canh tác hiện nay người dân quan tâm đến bón vôi để cải tạo đất phèn, đồng thời trong quá trình canh tác người dân bón liều lượng phân rất lớn, lớn hơn rất nhiều so với nhu cầu cây trồng cần, theo báo cáo ngành phân bón được tổng hợp từ FAO cho rằng Việt Nam sử dụng phân bón mức khá cao trung bình khoảng 430kg phân/ha chỉ sau một số quốc gia như New Zealand 1.717kg phân/ha, Malaysia 1.539kg phân/ha, Ai Cập 646kg phân/ha) và Trung Quốc 503kg phân/ha. Mức tiêu thụ phân bón tại Việt

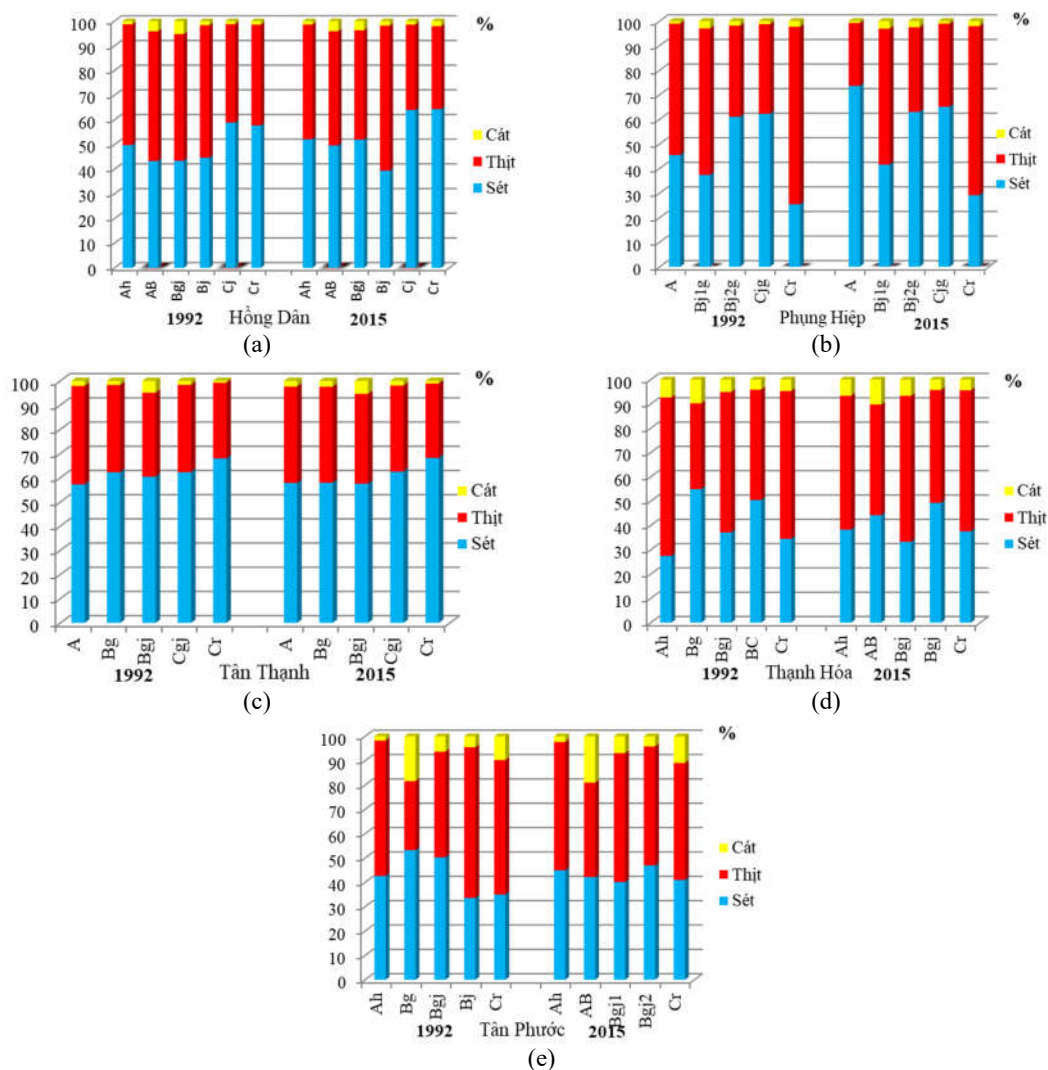
Nam cao gấp 3,1 lần mức trung bình thế giới là 138kg phân/ha vào năm 2016, thêm vào đó các loại phân bón cho cây trồng đều có khá nhiều hàm lượng Canxi trong thành phần phụ. Thành phần chính của super lân bao gồm (16-24% P₂O₅ tan trong amon xitrat 2%; 8-12%S; 28% CaO, <https://phanbonmiennam.com.vn/>) từ đó lượng Canxi bổ sung vào cho đất hằng năm là rất lớn. Nguồn Canxi ở đất phèn không tự có mà do từ nguồn gốc ban đầu, hoặc sự phá vỡ vỏ sò, vỏ hến tạo nên. Canxi trao đổi trong đất rất linh hoạt và dễ rửa trôi, đất nhiều phèn thì khả năng thiếu Canxi càng lớn. Trường hợp đất phèn mặn, độ pH tương đối cao hơn, lượng Canxi có tăng trong đất nhưng không nhiều. Vì vậy, đất phèn cần bón bổ sung canxi cho đất, nhằm tăng pH đất, giúp vi sinh vật hoạt động tốt, cải tạo đất, và cung cấp dinh dưỡng cho một số loại cây trồng (Bá, 2009). Theo Läuchli and Grattan (2012) khi bón vôi vào đất phèn ngoài việc tăng độ pH đất còn giải phóng Ca²⁺ tự do từ đó dẫn đến hàm lượng Ca²⁺ trong đất tăng lên ở năm 2015 so với năm 1992.

4.1.2.13 Thành phần cơ giới đất

Qua kết quả phân tích thành phần cơ giới đất cho thấy, hầu hết tại 05 điểm khảo sát đất phèn ĐBSCL cấp hạt chủ yếu là sét và thịt, riêng hàm lượng cát là rất thấp (Hình 4.19).

Phần trăm các cấp hạt trong đất được khảo sát năm 2015 cho thấy rất ít biến đổi so với phần trăm các cấp hạt trong đất năm 1992. Nhìn chung, đất phèn phần lớn phân bố ở những vị trí xa sông lớn nên lượng bồi lắng có thể không đáng kể. Các điểm khảo sát hầu như không ảnh hưởng của sự bồi tụ do phù sa nên các tầng phát sinh có độ sâu xuất hiện so với tầng đất mặt hầu như không thay đổi. Đất tại tất cả 05 điểm khảo sát có tỉ lệ phần trăm cấp hạt sét cao, trung bình dao động khoảng (45-65%), kế đến là thành phần cấp hạt thịt khá, trung bình dao động từ (30-45%), còn lại là cấp hạt cát chiếm tỉ lệ rất thấp dao động khoảng (5%-7%).

Do thành phần sa cấu là sét nặng nên khả năng kiềm giữ và cung cấp chất dinh dưỡng khá tốt, nếu kết hợp với kết cấu tốt thì đây là loại đất lý tưởng cho sự phát triển của cây trồng nhờ khả năng cung cấp chất dinh dưỡng, nước, không khí thích hợp. Đất sét có hàm lượng chất rắn cao, chứa các chất dinh dưỡng phong phú, có khả năng giữ nước tốt song lại có hàm lượng không khí thấp. Đất có nhiều sét thì giữ được nhiều chất dinh dưỡng nhưng sét quá cao không tốt cho cây trồng bởi vì sét giữ quá chặt thức ăn cây trồng không hấp thu được.



Hình 4.19: Sự thay đổi các cấp hạt trong đất phèn giữa năm (2015 so 1992)

Bảng 4.2: So sánh và đánh giá đặc tính hóa học tầng đất mặt (tầng canh tác) 05 phẫu diện đất phèn ĐBSCL năm (2015 so 1992)

Đặc tính hóa học đất	Năm 2015	Năm 1992
1. Đất phèn Hồng Dân		
+ pH _{H2O} (1:2,5)	4,43 - chua	4,82 - chua vừa
+ EC (1:2,5) (mS/cm)	6,96 - một số cây trồng chịu đựng được	3,3 - một số cây trồng giảm năng suất
+ Phần trăm CHC (% C)	12,82 - cao	10,57 - cao
+ Đạm tổng số (% N)	0,32 - cao	0,33 - cao
+ Lân tổng số (% P ₂ O ₅)	0,03 - nghèo	0,08 - trung bình
+ Lân dễ tiêu P-Bray2 (mg P ₂ O ₅ /kg)	12,69 - thấp	2,4 - thấp
+ Kali trao đổi (cmol/kg)	2,19 - cao	1,04 - cao
+ Natri trao đổi (meq K ⁺ /100g)	15,23 - rất cao	22,58 - rất cao
+ Canxi trao đổi (meq Ca ²⁺ /100g)	4,50 - cao	1,52 - thấp
+ Acid tổng (meq H ⁺ /100g)	8,66	5,62
+ Nhôm trao đổi (meq Al ³⁺ /100g)	3,94 - thấp	2,75 - thấp
+ Sắt tự do (% Fe ₂ O ₃)	1,35 - cao	0,85 - trung bình

Đặc tính hóa học đất	Năm 2015	Năm 1992
2. Đất phèn Phụng Hiệp		
+ pH _{H2O} (1:2,5)	4,69 - chua vừa	4,18 - chua
+ EC (1:2,5) (mS/cm)	0,41 - không ảnh hưởng đến cây trồng	1,5 - phần lớn cây trồng hạn chế năng suất
+ Phần trăm CHC (% C)	5,63 - trung bình	12,92 - cao
+ Đạm tổng số (% N)	0,55 - rất cao	0,49 - cao
+ Lân tổng số (% P ₂ O ₅)	0,07 - trung bình	0,06 - trung bình
+ Lân dễ tiêu P-Bray2 (mg P ₂ O ₅ /kg)	10,18 - thấp	1,60 - thấp
+ Kali trao đổi (cmol/kg)	0,11 - thấp	0,27 - thấp
+ Natri trao đổi (meq K ⁺ /100g)	0,53 - trung bình	3,14 - rất cao
+ Canxi trao đổi (meq Ca ²⁺ /100g)	5,34 - cao	0,67 - rất thấp
+ Acid tổng (meq H ⁺ /100g)	5,78	10,81
+ Nhôm trao đổi (meq Al ³⁺ /100g)	5,36 - trung bình	9,75 - trung bình
+ Sắt tự do (% Fe ₂ O ₃)	0,52 - trung bình	0,55 - trung bình
3. Đất phèn Tân Thạnh		
+ pH _{H2O} (1:2,5)	4,18 - chua	3,87 - rất chua
+ EC (1:2,5) (mS/cm)	0,77 - không ảnh hưởng đến cây trồng	0,90 - một số cây trồng giảm năng suất
+ Phần trăm CHC (% C)	9,57 - trung bình	7,48 - trung bình
+ Đạm tổng số (% N)	0,29 - cao	0,37 - cao
+ Lân tổng số (% P ₂ O ₅)	0,03 - nghèo	0,06 - trung bình
+ Lân dễ tiêu P-Bray2 (mg P ₂ O ₅ /kg)	18,45 - thấp	5,00 - thấp
+ Kali trao đổi (cmol/kg)	0,35 - thấp	0,16 - thấp
+ Natri trao đổi (meq K ⁺ /100g)	0,67 - trung bình	0,32 - trung bình
+ Canxi trao đổi (meq Ca ²⁺ /100g)	5,03 - cao	0,42 - rất thấp
+ Acid tổng (meq H ⁺ /100g)	7,09	14,57
+ Nhôm trao đổi (meq Al ³⁺ /100g)	5,91 - trung bình	14,00 - cao
+ Sắt tự do (% Fe ₂ O ₃)	0,94 - trung bình	0,29 - thấp
4. Đất Phèn Thạnh Hóa		
+ pH _{H2O} (1:2,5)	3,76 - rất chua	3,95 - rất chua
+ EC (1:2,5) (mS/cm)	0,53 - không ảnh hưởng đến cây trồng	0,85 - một số cây trồng giảm năng suất
+ Phần trăm CHC (% C)	8,53 - trung bình	9,78 - trung bình
+ Đạm tổng số (% N)	0,28 - cao	0,33 - cao
+ Lân tổng số (% P ₂ O ₅)	0,03 - nghèo	0,05 - nghèo
+ Lân dễ tiêu P-Bray2 (mg P ₂ O ₅ /kg)	5,52 - thấp	4,90 - thấp
+ Kali trao đổi (cmol/kg)	0,36 - thấp	0,32 - thấp
+ Natri trao đổi (meq K ⁺ /100g)	0,66 - trung bình	1,86 - cao
+ Canxi trao đổi (meq Ca ²⁺ /100g)	1,59 - thấp	0,52 - rất thấp
+ Acid tổng (meq H ⁺ /100g)	13,24	9,40
+ Nhôm trao đổi (meq Al ³⁺ /100g)	11,63 - cao	8,50 - trung bình
+ Sắt tự do (% Fe ₂ O ₃)	0,97 - trung bình	1,61 - cao
5. Đất Phèn Tân Phước		
+ pH _{H2O} (1:2,5)	3,12 - rất chua	3,51 - rất chua

Đặc tính hóa học đất	Năm 2015	Năm 1992
+ EC (1:2,5) (mS/cm)	0,89 - một số cây trồng giảm năng suất	1,27 - phần lớn cây trồng hạn chế năng suất
+ Phần trăm CHC (% C)	6,94 - trung bình	6,05 - trung bình
+ Đạm tổng số (% N)	0,26 - cao	0,28 - cao
+ Lân tổng số (% P ₂ O ₅)	0,02 - nghèo	0,05 - nghèo
+ Lân dễ tiêu P-Bray2 (mg P ₂ O ₅ /kg)	2,28 - thấp	4,80 - thấp
+ Kali trao đổi (cmol/kg)	0,17 - thấp	0,14 - thấp
+ Natri trao đổi (meq K ⁺ /100g)	0,57 - trung bình	3,14 - rất cao
+ Canxi trao đổi (meq Ca ²⁺ /100g)	1,69 - thấp	0,17 - rất thấp
+ Acid tổng (meq H ⁺ /100g)	32,29	22,09
+ Nhôm trao đổi (meq Al ³⁺ /100g)	19,79 - cao	20,00 - cao
+ Sắt tự do (% Fe ₂ O ₃)	1,14 - cao	0,48 - thấp

Nhận định chung: Sự thay đổi đặc tính hóa học theo thời gian của các phẫu diện đất phèn như sau.

+ pH đất tại các tầng phát sinh của 5 điểm khảo sát đất phèn ĐBSCL trong năm 2015 so với pH đất giai đoạn 1992 không có biến động nhiều. Giá trị pH đất tầng canh tác tại các điểm khảo sát trong năm 2015 đều thấp (pH<5) (Bảng 4.2), đánh giá ở mức chua vừa đến rất chua vẫn còn ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và phát triển của lúa (Shamshuddin *et al.*, 2013).

+ EC đất tầng canh tác tại các mô hình canh tác lúa và màu nằm trong khoảng (04-0,8 mS/cm) chưa ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của cây trồng, theo Amacher *et al.* (2000) ngưỡng ảnh hưởng đến sinh trưởng của cây trồng khoảng (2,0 mS/cm). Ngoại trừ đất phèn mặn Hồng Dân có giá trị EC của đất tầng canh tác được khảo sát năm 2015 là rất cao (6,96 mS/cm) (Bảng 4.2) chỉ có một vài loài cây trồng thích nghi (Bá, 2009). Độ dẫn điện của tất cả các phẫu diện đất ở cả hai giai đoạn nghiên cứu cho thấy càng sâu xuống bên dưới tại các tầng oxy hóa và tầng khử độ dẫn điện càng cao, từ đó phản ánh được hàm lượng muối nhôm hoặc muối sắt hiện diện nhiều trong đất.

+ Các độc tố trong đất như acid tổng, nhôm trao đổi Al³⁺ và sắt tự do Fe₂O₃ khảo sát năm 2015 tại 05 hình thái phẫu diện đất có sự biến động nhưng không đáng kể so với giai đoạn khảo sát năm 1992. Hầu hết các độc tố tầng mặt tại 05 điểm khảo sát năm 2015 được đánh giá ở mức từ trung bình đến cao (Bảng 4.2).

+ Đối với chất dinh dưỡng trong đất ở hai giai đoạn nghiên cứu cho thấy như sau: Phần trăm CHC trong tầng đất mặt phẫu diện đất Hồng Dân, Tân Thạnh và Tân Phước khảo sát thời điểm năm 2015 tăng cao hơn so với thời điểm năm 1992, tuy nhiên tại phẫu diện đất Phụng Hiệp và Thạnh Hóa cho thấy chiều hướng ngược lại (Bảng 4.2). Đặc biệt hầu hết hàm lượng CHC trong đất tầng tích tụ B (<50cm) khảo sát năm 2015 so với hàm lượng CHC trong đất năm 1992 đều tăng, nguyên nhân do sự di chuyển hữu cơ tầng canh tác xuống do quá trình canh tác, cày xới. Có sự tương đồng với sự gia tăng

CHC đó là sự gia tăng đậm tổng số tầng tích tụ B (<50cm) theo thời gian canh tác, thông thường đất giàu hữu cơ và mùn sẽ giàu đạm (Bá, 2003). Đối với đạm tổng số tầng đất mặt (tầng canh tác) ở hầu hết các phẫu diện đất không có sự biến đổi đáng kể theo thời gian, cả hai thời điểm khảo sát đều ở mức cao từ (0,26-0,49 % N) ngoại trừ tại phẫu diện đất Phụng Hiệp có hàm lượng đạm tổng số thời điểm năm 2015 đạt mức rất cao (0,55 % N). Riêng lân dễ tiêu và kali trao đổi giữa hai giai đoạn nghiên cứu không có sự biến động, luôn ở mức thấp.

+ Sự biến động hàm lượng Canxi trao đổi trong đất tại tất cả 05 điểm khảo sát theo thời gian cho thấy Canxi trao đổi trong đất thời điểm năm 2015 tăng cao đáng kể so với hàm lượng Canxi trao đổi trong đất năm 1992 (Bảng 4.2) nguyên nhân hàm lượng Canxi trao đổi trong đất tăng theo thời gian canh tác do người dân bón vôi cải tạo đất phèn, tập quán bón lót lượng lớn phân lân đầu vụ (super lân chứa 28% CaO) làm hàm lượng Canxi tích lũy trong đất ngày càng tăng cao.

+ Giữa hai giai đoạn nghiên cứu, sự phân bố thành phần cấp hạt (sét, thịt và cát) của các tầng đất phát sinh tại 5 điểm khảo sát không có sự khác biệt đáng kể (Hình 4.19).

4.2 Khả năng cung cấp dưỡng chất NPK cho lúa trên đất phèn ĐBSCL

Sau thời gian 20 năm canh tác, sự thay đổi tính chất lý, hóa học của đất từ đó sẽ dẫn đến sự thay đổi phần nào về hình thái đất, và do đó có thể dẫn đến sự thay đổi khả năng cung cấp dưỡng chất N, P K của đất đối với cây trồng, vì vậy, việc xác định khả năng cung cấp dưỡng chất NPK từ đất là rất cần thiết. Kỹ thuật bón phân theo lô khuyết (SSNM) là công cụ giúp xác định hiệu quả khả năng cung cấp dưỡng chất NPK theo từng tiểu vùng có đặc điểm sinh thái khác nhau. Việc xác định ảnh hưởng của NPK đến năng suất, hàm lượng và hấp thu NPK của cây lúa theo mùa vụ (HT và ĐX) là cơ sở cho xác định được lượng phân bón vừa đủ, không dư thừa làm thất thoát gây ô nhiễm và kém hiệu quả kinh tế trong canh tác lúa trên đất phèn ĐBSCL.

4.2.1 Ảnh hưởng phân N, P và K đến năng suất, hàm lượng và hấp thu NPK của lúa vụ HT

4.2.1.1 Ảnh hưởng phân N, P và K đến năng suất lúa vụ HT

- Trong vụ lúa HT các nghiệm thức có bón đạm (NPK, NP, NK) đạt năng suất cao khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% so với các nghiệm thức không bón đạm (PK). Cụ thể các nghiệm thức có bón N theo thứ tự thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) có năng suất lúa lần lượt dao động là (3,92-4,28; 3,45-3,60; 5,48-5,52; và 5,17-5,98 tấn/ha) trong khi các nghiệm thức khuyết đạm năng suất lúa là (2,95; 2,28; 3,60 và 3,55 tấn/ha) (Bảng 4.3). Điều này cho thấy bón N đóng vai trò quan trọng giúp tăng năng suất lúa. Tuy nhiên, năng suất lúa giữa các nghiệm thức có bón lân và không bón lân hay giữa các nghiệm thức có bón kali và không bón kali đều khác biệt không ý nghĩa thống kê. Vì vậy, đất có khả năng cung cấp đủ P và K, để đảm bảo cho cây lúa

sinh trưởng và phát triển ổn định cần bổ sung thêm P và K giúp duy trì độ phì nhiêu đất trong canh tác lúa thâm canh. Mặc dù không bón K nhưng vẫn chưa có biểu hiện suy giảm năng suất lúa so với mức bón 30kg K₂O/ha. Theo Thái và Hoa (2012) cho rằng đất có khả năng cung cấp K khá cao, tương đương với lượng K thêm vào là 1,5mg K⁺/100g (tương đương 30kg K₂O/ha) trong điều kiện không bón K. Đất phèn là một trong hai nhóm đất có khả năng cung cấp K cao. Khi bón K vào đất trong trường hợp cây lúa không sử dụng thì K có thể tồn dư trong đất và không dễ bị thất thoát như phân đạm. Lượng phân K bị keo đất hấp thu sẽ được cây sử dụng ở các vụ tiếp theo (Chiến, 2004). Ngược lại, theo Sơn (2008) bón lân lại gia tăng năng suất lúa trên đất phèn Tri Tôn-An Giang. Nghiệm thức bón theo nông dân -FFP đạt năng suất tương đương với các nghiệm thức thí nghiệm có bón đạm (nghiệm thức NPK, NP và NK), nhưng lượng phân bón theo FFP cao hơn (Bảng 4.3).

Bảng 4.3: Ảnh hưởng phân N, P và K đến năng suất lúa vụ HT trên đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Nghiệm thức	Năng suất thực tế (tấn ha ⁻¹)
Hòn Đất	NPK	4,28 ^a
	NP	4,15 ^a
	NK	3,92 ^a
	PK	2,95 ^b
	FFP	4,20 ^a
Phụng Hiệp	NPK	3,60 ^a
	NP	3,57 ^a
	NK	3,45 ^a
	PK	2,28 ^b
	FFP	3,72 ^a
Hồng Dân	NPK	5,52 ^a
	NP	5,46 ^a
	NK	5,48 ^a
	PK	3,60 ^b
	FFP	5,19 ^a
Tháp Mười	NPK	5,98 ^a
	NP	5,27 ^a
	NK	5,17 ^a
	PK	3,55 ^b
	FFP	4,79 ^{ab}
CV _{Hòn Đất} (%)		10,45
CV _{Phụng Hiệp} (%)		5,87
CV _{Hồng Dân} (%)		7,37
CV _{Tháp Mười} (%)		13,87
F _{Hòn Đất}		*
F _{Phụng Hiệp}		*
F _{Hồng Dân}		*
F _{Tháp Mười}		*

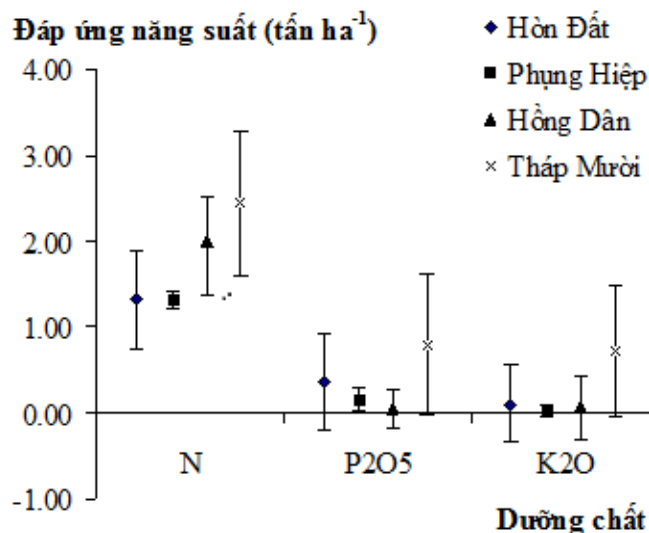
Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (**), 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê

Nhìn chung trong vụ lúa HT khả năng cung cấp đạm từ đất rất thấp trung bình khoảng 47,3Kg N/ha chỉ cung cấp được khoảng 54,6% N so với tổng hút thu của cây lúa, điều

này cho thấy không bón N dẫn đến giảm thành phần năng suất và năng suất của lúa vụ HT (phụ lục 5). Trong trường hợp bón khuyết P và K chưa cho thấy giảm năng suất lúa vụ HT trên bốn điểm thí nghiệm đất phèn điển hình ở ĐBSCL, trong vụ HT khả năng cung cấp lân từ đất là 48,7kg P₂O₅/ha, chiếm khoảng 84% P₂O₅ so tổng hút thu lân và 67,1kg K₂O/ha, khả năng cung cấp kali từ đất được 83,1% K₂O so tổng hút thu kali, điều này cho thấy khả năng cung cấp lân và kali từ đất tương đối cao đáp ứng gần đủ nhu cầu về sinh trưởng và năng suất của cây lúa.

4.2.1.2 Đáp ứng năng suất lúa bởi dưỡng chất N, P, K vụ HT

Đáp ứng năng suất lúa bởi dưỡng chất N hoặc P hoặc K được tính toán dựa trên mức độ gia tăng năng suất lúa giữa nghiệm thức bón đầy đủ N, P, K so với nghiệm thức khuyết N hoặc P hoặc K trong cùng một mùa vụ. Trong vụ HT tại 4 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL cho thấy đáp ứng năng suất lúa đối với dưỡng chất N là cao nhất dao động trong khoảng từ (1,32-2,43 tấn/ha) (Hình 4.20), trong đó tại Tháp Mười đáp ứng năng suất bởi đạm là cao nhất trong 4 điểm thí nghiệm. Đạm là dinh dưỡng ảnh hưởng đến cả nguồn và sức chứa nên ảnh hưởng đến năng suất lúa. Đặc biệt đối với giống lúa cao sản dưỡng chất N rất cần thiết không thể thiếu trong giai đoạn lúa làm đòng, nếu bón thiếu đạm trong giai đoạn làm đòng sẽ làm giảm năng suất lúa (Huân và *ctv.*, 2000).



Hình 4.20: Ảnh hưởng bón NPK đến đáp ứng năng suất hạt lúa vụ HT trên đất phèn ĐBSCL

Đối với đáp ứng năng suất lúa bởi P và K trong vụ HT tương đối thấp, với đáp ứng lân từ (0,04-0,81 tấn/ha) và đáp ứng kali (0,03-0,71 tấn/ha) (Hình 4.20). Kết quả đề tài phù hợp với nghiên cứu của Hưng và *ctv.*, (2020) về sử dụng NPK cho cây lúa trên biểu loại đất phù sa, đất phèn và đất nhiễm mặn ở ĐBSCL của vụ 3 vụ Đông Xuân, Hè Thu và Thu Đông, nghiên cứu cho thấy đáp ứng năng suất lúa khi bón N là cao nhất trên cả 3 biểu loại đất, tuy nhiên đáp ứng của năng suất hạt lúa đối với dưỡng chất P và K là rất thấp.

4.2.1.3 Ảnh hưởng phân NPK đến hàm lượng N, P và K của lúa vụ HT

Kết quả thống kê về hàm lượng đạm trong các bộ phận cây lúa vụ HT (Bảng 4.4) cho thấy tại (Hòn Đất và Hồng Dân) hàm lượng đạm trong thân lá không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê. Tại điểm thí nghiệm Phụng Hiệp Hàm lượng đạm trong thân lá nghiệm thức có bón đạm (NPK, NP và NK) dao động từ 0,85-0,88% N, cao khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với hàm lượng đạm trong thân lá của nghiệm thức khuyết đạm PK là 0,66% N trên đất phèn Phụng Hiệp. Tại thí nghiệm Tháp Mười có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% giữa các nghiệm thức về hàm lượng đạm trong hạt, nhưng chưa thấy sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hàm lượng đạm giữa nghiệm thức có bón đạm và không bón đạm (Bảng 4.4). Ở các giai đoạn sinh trưởng ban đầu, đạm được tích lũy chủ yếu trong thân lá, khi lúa trổ, khoảng 48-71% N được đưa lên bông (Đệ, 2008).

Bảng 4.4: Ảnh hưởng phân NPK đến hàm lượng NPK trong các bộ phận cây lúa vụ HT trên đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Nghiệm thức	Hàm lượng đạm (%N)		Hàm lượng lân (%P ₂ O ₅)		Hàm lượng kali (%K ₂ O)	
		Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt
Hòn Đất	NPK	0,80	1,03	0,40	0,82 ^a	1,79	0,43
	NP	0,77	0,95	0,41	0,82 ^a	1,64	0,39
	NK	0,70	0,97	0,30	0,71 ^b	1,73	0,39
	PK	0,67	0,90	0,35	0,82 ^a	1,64	0,38
	FFP	0,86	1,06	0,39	0,90 ^a	1,79	0,41
Phụng Hiệp	NPK	0,88 ^a	1,07	0,47	0,86 ^a	0,65	0,38 ^{ab}
	NP	0,85 ^a	1,09	0,44	0,83 ^a	0,62	0,39 ^{ab}
	NK	0,86 ^a	1,05	0,35	0,82 ^a	0,53	0,35 ^b
	PK	0,66 ^b	0,98	0,40	0,66 ^b	0,62	0,35 ^b
	FFP	0,91 ^a	1,06	0,53	0,85 ^a	0,55	0,42 ^a
Hồng Dân	NPK	0,54	1,07	0,39	0,70	1,19	0,24
	NP	0,53	0,96	0,38	0,68	0,93	0,17
	NK	0,49	0,99	0,39	0,65	0,93	0,20
	PK	0,45	0,77	0,45	0,69	1,08	0,19
	FFP	0,50	0,93	0,38	0,71	1,07	0,18
Tháp Mười	NPK	0,86	1,21 ^a	0,47	0,89	0,55	1,39
	NP	0,80	0,94 ^b	0,43	0,83	0,37	0,87
	NK	0,71	1,12 ^a	0,47	0,83	0,47	1,21
	PK	0,73	1,07 ^{ab}	0,51	0,81	0,50	1,33
	FFP	0,85	1,14 ^a	0,51	0,85	0,53	1,30
CV _{Hòn Đất} (%)		12,3	7,2	12,5	13,9	5,0	8,6
CV _{Phụng Hiệp} (%)		6,7	5,3	17,3	15,4	11,4	6,5
CV _{Hồng Dân} (%)		15,2	12,8	18,9	10,9	15,5	18,7
CV _{Tháp Mười} (%)		12,1	8,5	7,7	14,8	19,3	18,3
F _{Hòn Đất}		ns	ns	ns	*	ns	ns
F _{Phụng Hiệp}		**	ns	ns	*	ns	*
F _{Hồng Dân}		ns	ns	ns	ns	ns	ns
F _{Tháp Mười}		ns	*	ns	ns	ns	ns

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (***) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê

Tại 4 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) cho thấy giữa các nghiệm thức có bón P và khuyết lân không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hàm lượng lân trong thân lá hàm lượng lân trung bình theo thứ tự nghiên cứu là (0,37%, 0,44%, 0,40%; 0,48% P₂O₅). Chỉ có điểm thí nghiệm Hòn Đất có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hàm lượng lân trong hạt giữa nghiệm thức có bón lân trung bình là 0,82% P₂O₅ và khuyết lân là 0,71% P₂O₅ (Bảng 4.4).

Cây lúa cần lân nhất là trong giai đoạn đầu, nên cần bón lót trước khi sạ, cấy. Trong giai đoạn lúa trở bông, khoảng 37-83% P₂O₅ được chuyển lên bông, đối với năng suất hạt, hiệu quả của P ở các giai đoạn đầu cao hơn các giai đoạn cuối, do lân cần thiết cho sự nở bụi (Đệ, 2008).

Hàm lượng K tập trung chủ yếu trong thân lá, chỉ khoảng 6-20% K₂O ở trên bông, nhu cầu K của cây lúa cần cao trong giai đoạn sinh trưởng ban đầu, sau đó giảm xuống và lại tăng lên ở giai đoạn cuối. Không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hàm lượng kali trong thân lá và hạt của lúa vụ HT giữa các nghiệm thức có bón K và nghiệm thức khuyết K. Hàm lượng K trung bình trong thân lá 0,96% K₂O và hạt 0,55 % K₂O tại 4 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL (Bảng 4.4).

4.2.1.4 Ảnh hưởng phân NPK đến hấp thu N, P, và K của lúa vụ HT

↳ Hấp thu N, P, và K trong các bộ phận cây lúa vụ HT

Đối với vụ HT nguồn cung cấp đạm từ đất cho lúa là thấp nhất chỉ đạt được khoảng 54,6% N (Bảng 4.5) so với tổng hút thu của cây lúa, điều này cho thấy tại 4 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) khi bón đạm sẽ giúp tăng hấp thu đạm trong thân lá và hạt so với nghiệm thức không bón đạm. Ngoại trừ, điểm thí nghiệm Hòn Đất chưa cho thấy được sự khác biệt thống kê về hấp thu đạm trong thân lá giữa nghiệm thức có bón đạm dao động từ 32,5-39,0kg N/ha, và khuyết đạm là 23,1kg N/ha. Đối với các điểm thí nghiệm còn lại hấp thu đạm trong thân lá và hạt của các nghiệm thức có bón đạm dao động từ (31,7-54,8; 30,2-62,0kg N/ha), so hấp thu đạm trong thân lá và hạt các nghiệm thức khuyết đạm là (17,6-31,1; 19,2-32,3kg N/ha) (Bảng 4.5).

Chưa có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hấp thu lân trong các bộ phận cây lúa (thân lá, và hạt) giữa các nghiệm thức có bón lân và khuyết lân tại các thí nghiệm (Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) với hấp thu lân thân lá và hạt dao động (10,8-30,4; 12,9-46,3kg P₂O₅/ha). Chỉ có thí nghiệm Hòn Đất có sự khác biệt thống kê 5% về hấp thu lân trong thân lá và hạt giữa nghiệm thức bón đủ NPK là (18,6; 30,1kg P₂O₅/ha) so với hấp thu lân của nghiệm thức khuyết lân NK là (13,6; 23,2kg P₂O₅/ha) (Bảng 4.5). Chỉ có điểm thí nghiệm Hòn Đất khi bón đủ NPK làm tăng hấp thu lân trong các bộ phận của cây lúa, nguyên nhân do khả năng cung cấp lân từ đất của điểm Hòn Đất là thấp nhất (so với các điểm thí nghiệm còn lại), với lượng lân cung cấp từ đất chỉ đáp ứng được 75,5% P₂O₅ lượng lân so với tổng hút thu của lúa. Vì vậy, khi bón đủ dinh dưỡng NPK giúp cây hấp thu lân cao hơn các thí nghiệm còn lại.

Bảng 4.5: Ảnh hưởng phân NPK đến hấp thu N, P, và K trong các bộ phận cây lúa vụ HT trên đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Nghiệm thức	Hấp thu đạm (kg N ha ⁻¹)		Hấp thu lân (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)		Hấp thu kali (kg K ₂ O ha ⁻¹)	
		Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt
Hòn Đất	NPK	36,5 ^a	37,3 ^a	18,6 ^a	30,1 ^a	82,1 ^a	15,5 ^a
	NP	39,0 ^a	33,9 ^a	20,8 ^a	29,1 ^a	82,7 ^a	13,9 ^{ab}
	NK	32,5 ^{ab}	31,8 ^a	13,6 ^{bc}	23,2 ^b	79,5 ^a	12,7 ^b
	PK	23,1 ^{ab}	22,8 ^b	12,2 ^c	20,8 ^b	56,8 ^b	9,6 ^c
	FFP	36,9 ^a	38,5 ^a	16,6 ^{ab}	32,6 ^a	76,4 ^a	14,9 ^a
Phụng Hiệp	NPK	37,9 ^a	32,7 ^{ab}	20,1 ^a	26,3 ^a	28,3 ^a	11,5 ^b
	NP	36,8 ^a	33,1 ^{ab}	19,0 ^{ab}	25,2 ^a	26,8 ^a	11,9 ^{ab}
	NK	34,6 ^a	30,2 ^b	14,3 ^{ab}	23,8 ^a	21,6 ^b	10,0 ^b
	PK	17,6 ^b	19,2 ^c	10,8 ^c	12,9 ^b	16,4 ^c	6,9 ^c
	FFP	34,4 ^a	34,0 ^a	20,0 ^a	27,2 ^a	20,8 ^b	13,4 ^a
Hồng Dân	NPK	36,0 ^a	50,1 ^a	25,9	32,8 ^a	79,3 ^a	11,1 ^a
	NP	35,1 ^a	44,9 ^a	24,8	31,9 ^a	61,1 ^{ab}	7,9 ^{ab}
	NK	31,7 ^a	45,1 ^a	25,0	30,0 ^a	59,8 ^{ab}	9,0 ^{ab}
	PK	18,8 ^b	24,3 ^b	19,2	21,7 ^b	45,5 ^b	5,7 ^c
	FFP	32,5 ^a	41,8 ^a	24,8	31,8 ^a	69,9 ^a	7,9 ^{bc}
Tháp Mười	NPK	54,8 ^a	62,0 ^a	30,4	46,3 ^a	36,5 ^a	70,5 ^a
	NP	50,8 ^a	40,8 ^b	26,9	37,4 ^{ab}	23,2 ^b	40,8 ^b
	NK	42,6 ^{ab}	48,0 ^{ab}	28,8	36,1 ^{ab}	29,0 ^{ab}	50,2 ^{ab}
	PK	31,1 ^b	32,3 ^b	21,4	24,4 ^b	20,9 ^b	40,0 ^b
	FFP	41,2 ^{ab}	47,3 ^{ab}	25,0	35,3 ^{ab}	26,2 ^{ab}	53,8 ^{ab}
CV Hòn Đất (%)		15,3	11,5	13,6	9,8	7,6	6,8
CV Phụng Hiệp (%)		9,5	6,1	15,5	7,4	7,0	9,2
CV Hồng Dân (%)		16,6	17,8	20,1	11,1	17,3	16,2
CV Tháp Mười (%)		18,0	17,8	14,3	21,4	20,9	22,6
F Hòn Đất		*	**	**	**	**	**
F Phụng Hiệp		**	**	**	**	**	**
F Hồng Dân		*	**	ns	*	*	*
F Tháp Mười		*	*	ns	*	*	*

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (**) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê

Trong vụ lúa HT tại các thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp và Hồng Dân) giữa nghiệm thức có bón K chưa cho thấy sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hấp thu Kali trong thân lá và hạt so với nghiệm thức khuyết K. Tuy nhiên, tại thí nghiệm Tháp Mười có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hấp thu Kali trong thân lá và hạt giữa nghiệm thức bón đủ NPK (36,5; 70,5kg K₂O/ha) so hấp thu Kali của nghiệm thức khuyết Kali (NP) là (23,2; 40,8kg K₂O/ha) (Bảng 4.5). Điểm thí nghiệm Tháp Mười khi bón đủ NPK làm tăng hấp thu Kali trong các bộ phận của cây lúa, nguyên nhân do khả năng cung cấp kali từ đất của điểm Tháp Mười là thấp nhất (so với 03 điểm thí nghiệm còn lại), với lượng kali cung cấp từ đất thấp chỉ đáp ứng được gần 60% K₂O so tổng hút thu K của lúa. Vì vậy, khi bón đủ dinh dưỡng NPK giúp cây hấp thu kali cao hơn các thí nghiệm còn lại.

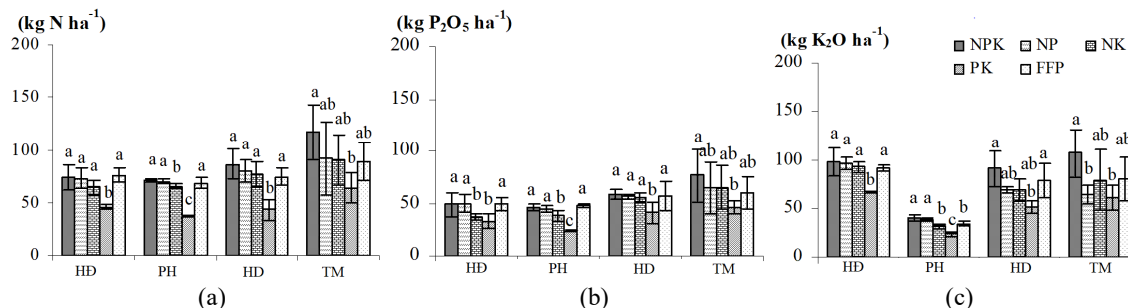
Nhìn chung một trong những nguyên nhân dẫn đến sự hấp thu dưỡng chất NPK khác nhau giữa các vùng là do đặc tính đất vùng nghiên cứu, do khả năng cung cấp dưỡng chất từ đất, đồng thời do pH và sự hiện diện của các độc tố nhôm và sắt trong tầng canh tác (vùng quyển rẻ) từ đó làm cản trở hoặc cho phép rễ phát triển và hút chất dinh dưỡng tốt hơn. Nhiều kết quả đã ước đoán lượng dưỡng chất mà cây lúa lấy đi trên một tấn lúa khoảng (15-24kg N; 2-11kg P₂O₅; và 16-50kg K₂O) (Goswami and Banerjee, 1978; Yoshida, 1981; Duivenbooden *et al.*, 1996; Dobermann *et al.*, 1996a, 1996b; Cassman *et al.*, 1997), nhưng hiện nay phát triển rất nhiều giống lúa, đặc biệt là canh tác lúa cao sản nên lượng dưỡng chất cây lúa lấy đi của từng giống và từng mùa vụ có thể khác đi so với các nghiên cứu trước đây.

↪ Tổng hấp thu N, P, và K trên cây lúa vụ HT

Đạm là yếu tố quan trọng hàng đầu đối với cây trồng nói chung và cây lúa nói riêng. Đạm là chất tạo hình cây lúa, là cơ sở để cấu tạo nên protein, cấu tạo nên tế bào và mô cây. Qua kết quả nghiên cứu hấp thu đạm đối với lúa trên đất phèn ĐBSCL cho thấy đối với vụ lúa HT khả năng cung cấp N từ đất là rất thấp, trung bình trong vụ HT trên đất phèn đất chỉ có thể đáp ứng nhỏ hơn 50% N cho nhu cầu dinh dưỡng cây lúa. Vì vậy, đối với các nghiệm thức có bón đạm (NPK, NP, NK) trên lúa vụ HT tại thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân) có tổng lượng đạm hấp thu cao khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với nghiệm thức khuyết đạm (PK), tổng hấp thu đạm tại nghiệm thức có bón đạm dao động (64,3-86,1kg N/ha), so các nghiệm thức khuyết đạm là (36,9-45,8kg N/ha). Riêng thí nghiệm Tháp Mười chỉ có sự khác biệt thống kê về tổng hấp thu đạm giữa nghiệm thức bón đủ NPK (116,8kg N/ha) so với tổng hấp thu đạm nghiệm thức khuyết đạm PK là (63,4kg N/ha) (Hình 4.21a). Theo Khương và Hưng., (2017) trong vụ lúa HT đối với đất phèn ĐBSCL các nghiệm thức bón đạm có tổng hấp thu đạm trong cây lúa cao khác biệt ý nghĩa so với các nghiệm thức không bón đạm, với giống lúa OM5451 các nghiệm thức có bón đạm cho thấy tổng lượng đạm trong cây lúa dao động từ 74,1-86,8kg N/ha, nhưng đối với các nghiệm thức khuyết đạm tổng lượng đạm hấp thu thấp khoảng 47,3kg N/ha.

Trong vụ lúa HT tại các thí nghiệm (Hòn Đất và Phụng Hiệp) trên các nghiệm thức có bón P (NPK, NP) đã cho thấy tổng hấp thu lân trên lúa là 46,5-48,7kg P₂O₅/ha có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với tổng hấp thu lân nghiệm thức khuyết lân (NK) là 36,8-38,0kg P₂O₅/ha. Tại hai điểm thí nghiệm (Hòn Đất và Phụng Hiệp) có khả năng cung cấp dưỡng chất lân từ đất thấp, ít hơn 40kg P₂O₅/ha, chỉ đáp ứng từ 75-80% so tổng hút thu của lúa (Bảng 4.9), đồng thời phân tích đất đầu vụ cho thấy có pH đất vụ thấp (pH<4,5) và độc tố nhôm, sắt cao (Bảng 3.3), từ các yếu tố giới hạn bên trên nên khi bón P vào khả năng lúa hấp thu lân cao có khác biệt ý nghĩa so với khuyết lân là điều tất yếu.

Đối với thí nghiệm (Hồng Dân và Tháp Mười) có sự khác biệt không ý nghĩa về tổng hấp thu lân giữa các nghiệm thức bón đầy đủ dưỡng chất (NPK) là 55,0-76,6kg P₂O₅/ha so với tổng hấp thu lân nghiệm thức khuyết dưỡng chất lân (NK) là 55,0-64,0kg P₂O₅/ha (Hình 4.21b).



Ghi chú: HD - Hòn Đất, PH- Phụng Hiệp, HD- Hồng Dân, TM- Tháp Mười.

Hình 4.21: Tổng hấp thu (a) đạm, (b) lân và (c) kali trên cây lúa vụ HT

Qua kết quả nghiên cứu tổng hấp thu kali trên lúa vụ HT tại các điểm thí nghiệm đất phèn (Hòn Đất, Phụng Hiệp và Hồng Dân) cho thấy không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về tổng hấp thu kali giữa nghiệm thức bón đủ kali (NPK và NK) lần lượt theo thí thứ tự thí nghiệm có giá trị trung bình là (94,9; 35,7; 79,6kg K₂O/ha) so với tổng hấp thu Kali của nghiệm thức khuyết K (NP) lần là (96,6; 38,7; 69,0kg K₂O/ha). Ngoại trừ tại thí nghiệm Tháp Mười tổng hấp thu kali nghiệm thức có bón đủ dưỡng chất (NPK) là 106,9kg K₂O/ha cao khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so tổng hấp thu K nghiệm thức khuyết dưỡng chất K (NP) là 64,0kg K₂O/ha (Hình 4.21c). Theo Hưng và *ctv.* (2019) cho rằng tổng lượng NPK được cây lúa hấp thu với một lượng khá lớn từ đất và phân bón vào giúp cây lúa sinh trưởng, phát triển và đáp ứng năng suất, nghiên cứu được thực hiện trên cả 2 vụ lúa HT và ĐX trên đất phèn đã ghi nhận để tạo ra được 1 tấn hạt cây lúa lấy đi trung bình khoảng (10,8kg N + 4,4kg P₂O₅ + 3,3kg K₂O) lượng dưỡng chất này chỉ tính trên hạt (không tính rơm rạ).

Nhận xét chung khả năng cung cấp NPK cho lúa vụ HT: Vụ lúa HT tại các điểm thí nghiệm ĐBSCL bắt đầu vào cuối tháng 4 và đầu tháng 5, trong thời điểm này nhiệt độ không khí rất cao, kết hợp số giờ nắng trong ngày lớn, lượng mưa đầu mùa thấp là những yếu tố khí tượng thủy văn nông nghiệp ảnh hưởng trực tiếp đến mùa vụ cây trồng. Đặc biệt trên đất phèn đầu mùa mưa, đất có khoảng thời gian dài khô cạn, vật liệu sinh phèn pyrite đã bị oxy hóa sẽ phóng thích ra môi trường đất một lượng lớn các ion H⁺ các Al³⁺ và Fe²⁺ gây ra cố định lân trong đất. Bên cạnh đó, tại 4 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) khả năng cung cấp đạm từ đất trung bình khoảng 47,3kg N/ha cho lúa vụ HT thấp, chỉ đáp ứng được ít hơn 55% so với tổng hấp thu đạm của cây lúa. Vì vậy, tại các nghiệm thức có bón đạm sẽ làm tăng năng suất, hàm lượng và hấp thu đạm trên cả 04 điểm thí nghiệm.

Đối với khả năng cung cấp lân từ đất trong vụ lúa HT cho thấy có hai điểm thí nghiệm (Hòn Đất và Phụng Hiệp) là thấp nhất (so với khả năng cung cấp lân các điểm thí nghiệm còn lại), lượng lân cung cấp từ đất cho lúa vụ HT tại Hòn Đất chỉ đáp ứng được khoảng 75,5% lượng lân so với tổng hút thu của lúa. Vì vậy, trong vụ HT tại các nghiệm thức bón khuyết lân (NK) cho thấy hàm lượng P và hấp thu P tại Hòn Đất và Phụng Hiệp là thấp nhất, tuy nhiên chỉ thí nghiệm Hòn Đất có khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hàm lượng và hấp thu lân trong hạt.

Đối với dưỡng chất Kali trong vụ lúa HT chỉ có thí nghiệm Tháp Mười cho thấy nghiệm thức bón khuyết dưỡng chất K (NP) có tổng hấp thu kali trong lúa là 64,0kg K₂O/ha, giảm khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với tổng hấp thu kali so với nghiệm thức bón đủ dưỡng chất (NPK) là 106,9kg K₂O/ha.

Tại 04 điểm thí nghiệm trên đất phèn ĐBSCL các nghiệm thức bón khuyết lân và kali chưa cho thấy khác biệt về năng suất lúa trong vụ HT. Tuy nhiên, trong trường hợp đất phèn lân bị cố định bởi Al³⁺ hoặc Fe²⁺ làm cho hàm lượng lân dễ tiêu trong đất thấp, vì vậy vụ HT cần bón lân sớm và nhiều lần để đáp ứng đủ nhu cầu lân cho lúa (Tân, 2005, 2008; Phụng và *ctv.*, 2005).

4.2.2 Ảnh hưởng phân N, P và K đến năng suất, hàm lượng và hấp thu NPK của lúa vụ ĐX

4.2.2.1 Ảnh hưởng phân N, P và K đến năng suất lúa vụ ĐX

Qua kết quả nghiên cứu năng suất lúa vụ ĐX tại 4 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) cho thấy nghiệm thức khuyết đạm (PK) có năng suất lúa đạt thấp nhất trung bình dao động khoảng 5,14-6,65 tấn/ha. Đối với các nghiệm thức khuyết yếu tố lân hoặc kali (NK, NP) không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về năng suất lúa so với nghiệm thức bón đầy đủ dưỡng chất (NPK), năng suất lúa được thể hiện lần lượt theo thứ tự thí nghiệm như sau (7,30-7,51; 7,23-7,36; 8,50-8,88; 7,20-8,07 tấn/ha) (Bảng 4.6). Theo Hách (2014) vụ ĐX là vụ lúa được canh tác sau khi đất bị ngập nước trong thời gian dài, lân trong đất không bị giữ chặt bởi các cation Fe³⁺ và Al³⁺ và trở nên hữu dụng cho cây. Vì vậy, việc có bón hoặc không bón lân vẫn đảm bảo duy trì năng suất lúa trong vụ ĐX đầu. Tuy nhiên, nếu không bón P liên tục trong 2-3 vụ năng suất lúa ĐX lại bắt đầu giảm. Mặc dù bón lân chưa làm tăng năng suất lúa, trên đất phèn, tuy nhiên cần phải bón lượng lân theo khuyến cáo từ 60-80kg P₂O₅/ha để duy trì dinh dưỡng và năng suất lúa.

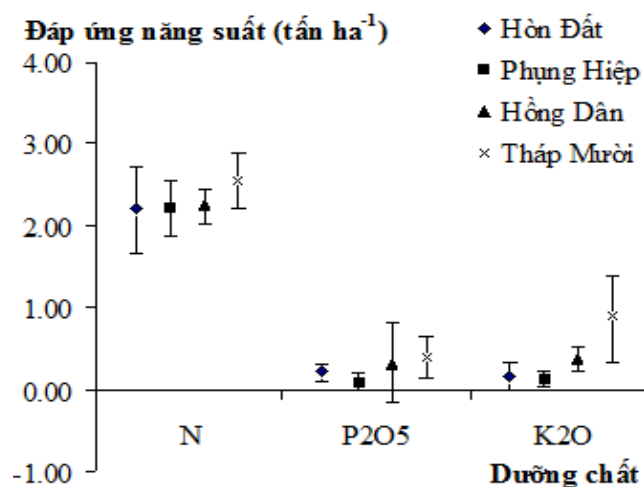
Bảng 4.6: Ảnh hưởng phân N, P và K đến thành phần năng suất và năng suất lúa vụ ĐX trên đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Nghiệm thức	Năng suất thực tế (tấn ha ⁻¹)
Hòn Đất	NPK	7,51 ^a
	NP	7,35 ^a
	NK	7,30 ^a
	PK	5,31 ^b
	FFP	7,36 ^a
Phụng Hiệp	NPK	7,36 ^a
	NP	7,23 ^a
	NK	7,26 ^a
	PK	5,14 ^b
	FFP	7,35 ^a
Hồng Dân	NPK	8,88 ^a
	NP	8,50 ^a
	NK	8,54 ^a
	PK	6,65 ^b
	FFP	8,87 ^a
Tháp Mười	NPK	8,07 ^a
	NP	7,20 ^a
	NK	7,67 ^a
	PK	5,51 ^b
	FFP	7,14 ^a
CV _{Hòn Đất} (%)		4,61
CV _{Phụng Hiệp} (%)		4,20
CV _{Hồng Dân} (%)		5,20
CV _{Tháp Mười} (%)		6,88
F _{Hòn Đất}		**
F _{Phụng Hiệp}		**
F _{Hồng Dân}		**
F _{Tháp Mười}		**

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (**), 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê.

4.2.2.2 Đáp ứng năng suất lúa bởi dưỡng chất N, P, K vụ ĐX

Kết quả vụ ĐX cũng tương tự như vụ HT cho thấy vai trò rất lớn của N đối với đáp ứng năng suất lúa, đặc biệt trong giai đoạn nuôi đồng của lúa cao sản để đáp ứng cao năng suất. Qua kết quả nghiên cứu vụ lúa ĐX tại 4 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) cho thấy mức độ đáp ứng dưỡng chất đạm trong vụ ĐX giữa các điểm thí nghiệm biến động ít, dẫn đến mức tăng năng suất không nhiều dao động khoảng 2,20-2,56 tấn/ha (Hình 4.22). Kết quả nghiên cứu của đề tài phù hợp với kết quả nghiên cứu trên đất phèn của Khương và *ctv.* (2016) cho thấy khả năng đáp ứng năng suất lúa bởi dưỡng chất đạm là cao nhất, tuy nhiên khả năng đáp ứng năng suất lúa của dưỡng chất của lân và kali là rất thấp trong cả 2 vụ HT và ĐX.



Hình 4.22: Ảnh hưởng bón NPK đến đáp ứng năng suất hạt lúa vụ ĐX trên đất phèn ĐBSCL

Đối với dưỡng chất lân và kali trong vụ lúa ĐX tại 04 điểm thí nghiệm cho thấy mức độ đáp ứng năng suất lúa bởi dưỡng chất lân và kali là rất thấp, trong đó đáp ứng lân từ 0,1-0,4 tấn/ha và đáp ứng kali là 0,13-0,87 tấn/ha (Hình 4.22). Do tập quán của nông dân ở ĐBSCL có thói quen bón một lượng rất lớn phân lân cho lúa, khi bón phân lân vào đất hầu như ít bị mất đi nên lượng phân lân và kali sẽ lưu tồn ở trong đất vào các vụ sau là rất lớn. Vì vậy, khi bón P và K vào đất chưa cho thấy được sự đáp ứng năng suất lúa.

4.2.2.3 Ảnh hưởng phân NPK đến hàm lượng N, P và K của lúa vụ ĐX

Tại 03 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Tháp Mười) trong vụ lúa ĐX cho thấy giữa các nghiệm thức bón phân (NPK, NP, NK, PK) không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hàm lượng đạm trong thân lá, hàm lượng đạm trong thân lá lần lượt theo thứ tự thí nghiệm dao động (0,49-0,53; 0,63-0,7%; 0,7-0,87% N), và không có sự khác biệt hàm lượng đạm trong hạt tại Phụng Hiệp là 1,97-1,2 % N và Tháp Mười từ 1,0-1,07% N (Bảng 4.7). Tuy nhiên, có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hàm lượng đạm trong thân lá và hạt giữa các nghiệm thức có bón đạm (NPK, NP, NK) so với nghiệm thức khuyết đạm (PK) tại thí nghiệm Hồng Dân, riêng tại thí nghiệm Hòn Đất chỉ khác biệt hàm lượng đạm trong hạt.

Đối với hàm lượng lân trên lúa vụ ĐX tại 04 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) cho thấy khác biệt không ý nghĩa thống kê về hàm lượng lân trong thân lá giữa các nghiệm thức có bón lân (NPK, PK) so với nghiệm thức khuyết lân (NK) trung bình hàm lượng lân trong thân lá của 04 điểm thí nghiệm dao động trong khoảng từ 0,3-0,4% P₂O₅. Mặc dù, hàm lượng lân trong hạt không khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức bón phân tại thí nghiệm (Hòn Đất và Tháp Mười), tuy nhiên có sự khác biệt hàm lượng P trong hạt giữa nghiệm thức bón đủ NPK là 0,73%

P₂O₅ so với nghiệm thức khuyết lân NK là 0,57% P₂O₅ tại thí nghiệm Hồng Dân (Bảng 4.7).

Bảng 4.7: Ảnh hưởng phân NPK đến hàm lượng NPK trong các bộ phận cây lúa vụ ĐX trên đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Nghiệm thức	Hàm lượng đạm (%N)		Hàm lượng lân (%P ₂ O ₅)		Hàm lượng kali (%K ₂ O)	
		Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt
Hòn Đất	NPK	0,53	0,69 ^a	0,34	0,77	0,99	0,55
	NP	0,49	0,69 ^a	0,30	0,93	0,81	0,69
	NK	0,49	0,69 ^a	0,28	0,61	0,83	0,69
	PK	0,36	0,58 ^b	0,33	0,68	1,02	0,58
	FFP	0,49	0,75 ^a	0,33	0,72	1,06	0,68
Phụng Hiệp	NPK	0,70	1,07	0,28	0,83 ^b	0,72 ^a	0,58
	NP	0,67	1,19	0,28	0,85 ^b	0,58 ^b	0,43
	NK	0,61	1,20	0,30	0,74 ^b	0,59 ^b	0,49
	PK	0,49	1,19	0,34	1,05 ^a	0,74 ^a	0,50
	FFP	0,63	1,14	0,38	1,07 ^a	0,57 ^b	0,52
Hồng Dân	NPK	0,68 ^a	0,93 ^b	0,45	0,73 ^a	1,12	0,46
	NP	0,65 ^a	1,06 ^{ab}	0,37	0,61 ^{ab}	1,06	0,41
	NK	0,75 ^a	1,17 ^a	0,37	0,57 ^b	1,12	0,36
	PK	0,41 ^b	0,86 ^b	0,40	0,57 ^b	1,03	0,37
	FFP	0,64 ^a	0,89 ^b	0,40	0,68 ^{ab}	1,08	0,49
Tháp Mười	NPK	0,87	1,06	0,32	0,69	1,62	0,49
	NP	0,81	1,05	0,29	0,67	1,54	0,46
	NK	0,84	1,07	0,31	0,55	1,68	0,38
	PK	0,80	1,01	0,33	0,63	1,71	0,46
	FFP	0,70	1,00	0,28	0,64	1,70	0,46
CV _{Hòn Đất} (%)		18,8	5,4	13,9	17,3	13,2	10,7
CV _{Phụng Hiệp} (%)		20,8	13,0	15,4	9,0	8,6	10,9
CV _{Hồng Dân} (%)		18,4	11,9	10,9	11,2	10,6	11,8
CV _{Tháp Mười} (%)		9,4	10,1	14,8	17,9	4,0	15,5
F _{Hòn Đất}		ns	**	ns	ns	ns	ns
F _{Phụng Hiệp}		ns	ns	ns	**	*	ns
F _{Hồng Dân}		*	*	ns	*	ns	ns
F _{Tháp Mười}		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (**) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê.

Chỉ có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hàm lượng kali trong thân lá giữa nghiệm thức bón đủ dưỡng chất NPK là 0,72% K₂O so với nghiệm thức khuyết dưỡng chất kali (NP) là 0,58% K₂O tại thí nghiệm Phụng Hiệp. Tất cả các thí nghiệm còn lại (Hòn Đất, Hồng Dân, và Tháp Mười) không cho thấy sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hàm lượng kali trong thân lá và hạt giữa các nghiệm thức bón phân, hàm lượng kali trung bình trong thân lá theo thứ tự điểm thí nghiệm là (0,91; 1,08; 1,64% K₂O) và trong hạt (0,63; 0,4; 0,45% K₂O) (Bảng 4.7).

4.2.2.4 Ảnh hưởng phân NPK đến hấp thu N, P, và K của lúa vụ ĐX

↳ Hấp thu N, P, và K trong các bộ phận cây lúa vụ ĐX

Qua kết quả thống kê hấp thu dưỡng chất trong các bộ phận của cây lúa vụ ĐX cho thấy tại 04 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hấp thu đạm trong thân lá và hạt giữa nghiệm thức bón đủ NPK lần lượt theo thứ tự thân lá và hạt là (35,3-62,6; 45,6-75,4kg N/ha), so hấp thu đạm của nghiệm thức khuyết đạm (PK) là (17,8-41,4; 26,8-49,2kg N/ha). Ngoại trừ tại thí nghiệm Phụng Hiệp chưa cho thấy sự khác biệt về hàm lượng đạm hấp thu trong hạt giữa nghiệm thức bón đủ dưỡng chất NPK là 69,5kg N/ha so với nghiệm thức bón khuyết đạm là 53,7kg N/ha (Bảng 4.8).

Bảng 4.8: Ảnh hưởng phân NPK đến hấp thu N, P, và K trong các bộ phận cây lúa vụ ĐX

Địa điểm	Nghiệm thức	Hấp thu đạm (kg N ha ⁻¹)		Hấp thu lân (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)		Hấp thu kali (kg K ₂ O ha ⁻¹)	
		Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt
Hòn Đất	NPK	35,3 ^a	45,6 ^a	22,5	50,8 ^{ab}	65,6	36,7 ^a
	NP	30,6 ^{ab}	44,5 ^a	18,5	59,9 ^a	51,5	44,5 ^a
	NK	32,7 ^a	44,1 ^a	18,7	39,1 ^{bc}	55,7	44,1 ^a
	PK	17,8 ^b	26,8 ^b	16,4	31,6 ^c	50,7	26,8 ^b
	FFP	32,7 ^a	47,7 ^a	21,8	45,9 ^{abc}	70,5	43,4 ^a
Phụng Hiệp	NPK	45,4 ^a	69,5 ^{ab}	18,2 ^b	53,8 ^b	46,7	37,6 ^a
	NP	41,5 ^a	76,1 ^a	17,6 ^b	54,0 ^b	36,5	27,4 ^{bc}
	NK	39,8 ^a	76,3 ^a	20,3 ^b	46,9 ^b	39,5	31,2 ^{ab}
	PK	23,6 ^b	53,7 ^b	16,3 ^b	47,2 ^b	35,3	22,4 ^c
	FFP	41,7 ^a	72,1 ^{ab}	24,7 ^a	68,0 ^a	38,1	33,2 ^{ab}
Hồng Dân	NPK	52,7 ^a	72,9 ^b	34,9	57,3 ^a	87,8	36,1 ^a
	NP	47,2 ^a	79,3 ^{ab}	27,0	45,5 ^{ab}	79,1	30,4 ^{ab}
	NK	58,4 ^a	87,7 ^a	29,1	42,7 ^{bc}	88,4	26,8 ^{bc}
	PK	25,5 ^b	49,2 ^c	24,8	33,3 ^c	64,0	21,8 ^c
	FFP	51,1 ^a	67,8 ^b	31,9	52,1 ^{ab}	86,2	37,5 ^a
Tháp Mười	NPK	62,6 ^a	75,4 ^a	22,6	48,6	115,3 ^a	34,2
	NP	49,5 ^a ^b	66,8 ^a	17,8	42,7	93,7 ^b	29,0
	NK	59,6 ^a	72,7 ^a	22,3	36,9	118,0 ^a	25,7
	PK	41,4 ^b	48,0 ^b	16,7	30,4	88,8 ^b	21,8
	FFP	45,0 ^b	61,7 ^{ab}	17,8	39,3	109,6 ^{ab}	28,6
CV _{HÒN ĐẤT} (%)		23,5	4,7	15,7	18,0	15,0	11,9
CV _{PHỤNG HIỆP} (%)		21,9	15,7	11,2	10,6	15,5	11,9
CV _{HỒNG DÂN} (%)		17,6	10,3	14,9	13,2	12,8	13,0
CV _{THÁP MƯỜI} (%)		14,3	13,8	16,1	19,8	10,3	19,1
F _{HÒN ĐẤT}		*	**	ns	*	ns	**
F _{PHỤNG HIỆP}		*	*	*	*	ns	**
F _{HỒNG DÂN}		**	**	ns	*	ns	**
F _{THÁP MƯỜI}		*	*	ns	ns	*	ns

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (**) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê.

Kết quả hấp thu lân tại 04 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) nhận thấy không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hấp thu lân trong thân lá

giữa các nghiệm thức có bón lân (NPK, NP, PK) có giá trị trung bình lần lượt theo thứ tự thí nghiệm là (19,1; 17,4; 28,9; 19,0kg P₂O₅/ha) so hấp thu lân trong thân lá của nghiệm thức khuyết lân (NK) là (18,7; 20,3; 29,1; 22,3kg P₂O₅/ha). Đối với hấp thu lân trong hạt chỉ có thí nghiệm Hồng Dân nghiệm thức bón đủ NPK (57,3kg P₂O₅/ha) có hấp thu lân trong hạt cao khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với hấp thu lân trong hạt của nghiệm thức bón khuyết lân NK là 42,7kg P₂O₅/ha (Bảng 4.8). Các thí nghiệm còn lại như (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Tháp Mười) không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hấp thu lân trong hạt giữa các nghiệm thức bón phân.

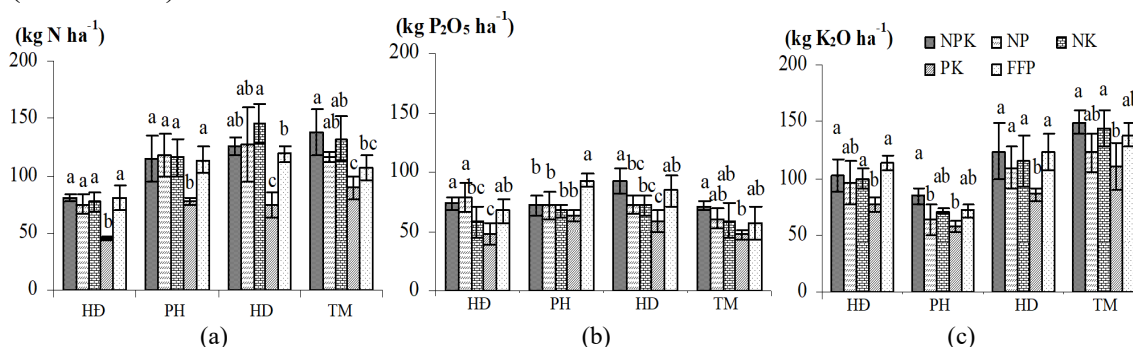
Qua (Bảng 4.8) ảnh hưởng NPK đến hấp thu dưỡng chất Kali trên cây lúa vụ ĐX cho thấy tại 03 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân) không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hấp thu kali trên thân lá lúa giữa nghiệm thức có bón Kali (NPK, NK, PK) lần lượt theo thứ tự thí nghiệm có giá trị trung bình là (40,5; 49,3; 44,4 kg K₂O ha⁻¹) so với hấp thu Kali trên thân lá lúa của nghiệm thức khuyết kali (NP) là (59,9; 54,0; 45,5kg K₂O/ha), tuy nhiên tại thí nghiệm Tháp Mười có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hấp thu Kali trong thân lá giữa nghiệm thức bón kali (NPK và NK) dao động từ 115,3-118,0kg K₂O/ha so với nghiệm thức bón khuyết kali (NP) là 93,7kg K₂O/ha. Đối với hấp thu kali trong hạt chỉ có thí nghiệm Phụng Hiệp có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hấp thu K trong hạt giữa nghiệm thức bón đủ NPK là 37,6kg K₂O/ha cao khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với nghiệm thức khuyết kali (NP) là 27,4kg K₂O/ha (Bảng 4.8).

↪ Tổng hấp thu N, P, và K trên cây lúa vụ ĐX

Tổng hấp thu đạm trên cây lúa vụ ĐX ở các nghiệm thức có bón đạm cao khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với tổng hấp thu đạm của nghiệm thức khuyết đạm trên cả 04 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân, Tháp Mười). Tổng hấp thu đạm ở các nghiệm thức có bón đạm (NPK, NP, NK) dao động từ 75,1-146,1kg N/ha, trong khi nghiệm thức không bón đạm (PK) chỉ đạt từ 44,6-89,2kg N/ha (Hình 4.23a). Đạm là một dưỡng chất thiết yếu của cây lúa, từ khi nảy mầm đến gần cuối của thời kỳ sinh trưởng, cây lúa hấp thu lượng đạm khá cao, tỷ lệ N trong cây lúa so với trọng lượng chất khô ở các giai đoạn mạ 1,54% N, làm đòng 3,06% N, cuối làm đòng 1,85% N, trổ bông 1,17% N và chín là 0,4% N, sự tích lũy hàm lượng đạm của các cơ quan trên mặt đất của cây lúa không kết thúc ở thời kỳ trổ bông mà còn kéo dài đến các đoạn sau của cây (Căn, 1964).

Đối với tổng hấp thu lân trên lúa vụ ĐX cho thấy tại thí nghiệm (Hòn Đất và Hồng Dân) các nghiệm thức bón đủ NPK là (73,3; 92,2kg P₂O₅/ha) có tổng hấp thu lân cao, khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% so nghiệm thức khuyết lân (NK) là (57,8; 71,8kg P₂O₅/ha) (Hình 4.23b), tuy nhiên tại thí nghiệm (Phụng Hiệp và Tháp Mười) chưa có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về tổng hấp thu lân giữa các nghiệm thức bón phân.

Qua (Hình 4.23) cho thấy tại các thí nghiệm (Hòn Đất, Hồng Dân và Tháp Mười) giữa các nghiệm thức có bón Kali (NPK, NK, PK) so với nghiệm thức khuyết kali (NP) trên lúa vụ ĐX không cho thấy sự khác biệt ý nghĩa thống kê về tổng hấp thu Kali, tổng hấp thu trung bình thu theo thứ tự thí nghiệm như sau (99,4; 117,0; 111,0kg K₂O/ha). Mặc dù, tổng hấp thu kali trên đất phèn Phụng Hiệp thấp nhất so với 03 điểm thí nghiệm còn lại, nhưng có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về tổng hấp thu kali giữa nghiệm thức bón đủ NPK là 84,4kg K₂O/ha so nghiệm thức khuyết Kali (NP) là 63,9kg K₂O/ha (Hình 4.23c).



Ghi chú: HD - Hòn Đất, PH- Phụng Hiệp, HD- Hồng Dân, TM- Tháp Mười.

Hình 4.23: Tổng hấp thu (a) đạm, (b) lân và (c) kali trong cây lúa vụ ĐX

Nhận xét chung khả năng cung cấp NPK cho lúa vụ ĐX: Trong vụ ĐX nhu cầu về đạm của cây lúa rất cao nhằm giúp nâng cao năng suất. Tuy nhiên, khả năng cung cấp dưỡng chất đạm từ đất trong vụ ĐX tương đối thấp, chỉ đáp ứng được khoảng 61,6% N (Bảng 4.9) so với tổng hút thu của cây lúa vụ ĐX. Do vậy, các nghiệm thức khuyết N làm cho cây lúa suy giảm đáng kể về thành phần năng suất và năng suất hạt lúa (phụ lục 6). Trong vụ ĐX nghiệm thức bón đủ NPK khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về năng suất lúa, hàm lượng đạm và hấp thu đạm so với các nghiệm thức bón khuyết N trên cả 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL.

Đối với dưỡng chất lân trong vụ ĐX do đất có thời gian dài ngập nước của vụ trước giúp đất rửa phèn làm pH trong đất gia tăng dẫn đến giảm cố định P trong đất. Đồng thời trong vụ lúa ĐX khả năng cung cấp lân từ đất khá, lớn hơn 75% P₂O₅ (Bảng 4.9) so với nhu cầu hút thu của cây lúa vụ ĐX. Vì vậy, bón khuyết P chưa cho thấy sự khác biệt ý nghĩa thống kê về thành phần năng suất và năng suất hạt lúa vụ ĐX (Bảng 4.6; phụ lục 6). Trong vụ ĐX khả năng cung cấp lân từ đất tại hai điểm thí nghiệm (Hòn Đất và Tháp Mười) là thấp nhất, vì vậy các nghiệm thức bón khuyết lân tại hai địa điểm trên cho thấy tổng hấp thu lân giảm khác biệt ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức bón đủ dưỡng chất NPK (Hình 4.23).

Dưỡng chất kali giúp cho quá trình vận chuyển và tổng hợp các chất trong cây lúa, duy trì sức trương của tế bào, giúp cây lúa cứng cáp, tăng khả năng chống lại sâu bệnh, chống đổ ngã, chịu hạn, chịu lạnh, tăng số hạt chắc trên bông và làm hạt no đầy hơn. Trong vụ lúa ĐX tại 04 điểm thí nghiệm khả năng cung cấp dưỡng chất K từ đất khá cao, lớn hơn 82% K₂O (Bảng 4.9) so tổng nhu cầu hấp thu kali của cây lúa vụ ĐX,

ngoại trừ điểm thí nghiệm Phụng Hiệp khả năng cung cấp K từ đất thấp nhất khoảng 76% K₂O, nên khi bón khuyết K dẫn đến giảm tổng hấp thu K trên lúa vụ ĐX. Do khả năng cung cấp K từ đất cao gần đủ để đảm bảo cây sinh trưởng và đáp ứng năng suất, vì vậy trong vụ lúa ĐX bón khuyết K chưa cho thấy sự khác biệt thống kê về năng suất lúa và tổng hấp thu kali trên cây lúa vụ ĐX trên cả 04 điểm thí nghiệm (ngoại trừ tổng hấp thu kali điểm thí nghiệm Phụng Hiệp có khác biệt ý nghĩa) (Hình 4.23).

4.2.3 Khả năng cung cấp dinh dưỡng N, P, và K cho lúa từ đất

↳ Khả năng cung cấp N, P, và K từ đất cho lúa vụ HT

Định lượng khả năng cung cấp dưỡng chất từ đất là yếu tố rất cần thiết cho việc áp dụng nguyên lý bón phân theo điểm chuyên biệt nhằm giúp xác định được lượng phân cần bón để đạt năng suất tối hảo và gia tăng tối đa hiệu quả sử dụng phân bón trong canh tác. Qua kết quả (Bảng 4.9) cho thấy vụ HT khả năng cung cấp đạm từ đất từ 36,9-63,4kg N/ha, chỉ đáp ứng được khoảng 50-62% N so với tổng hút thu N của cây lúa vụ HT, với lượng đạm cung cấp từ đất thấp không đáp ứng được nhu cầu dinh dưỡng cho cây lúa tại 04 điểm thí nghiệm trên đất phèn, để vụ HT đạt được năng suất từ 4,28-5,98 tấn/ha (Bảng 4.3) lượng đạm cần là 73,8-116,8kg N/ha (Hình 4.21a).

Tương tự khả năng cung cấp lân và kali từ đất tại bốn điểm thí nghiệm vụ HT dao động từ (36,8-64,9kg P₂O₅/ha; 38,7-96,6kg K₂O/ha) (Bảng 4.9) là tương đối khá, tuy nhiên vẫn chưa đủ để đáp ứng năng suất lúa trên đất phèn. Để lúa vụ HT đạt năng suất từ 4,28-5,98 tấn/ha (Bảng 4.3) nhu cầu dưỡng chất của lân là 48,7-76,7kg P₂O₅/ha và dưỡng chất kali là 97,6-107kg K₂O/ha (Hình 4.21 b,c).

Bảng 4.9: Khả năng đất cung cấp dinh dưỡng N, P, và K cho lúa vụ HT và ĐX

Vụ lúa	Địa điểm	INS		IPS		IKS	
		Kg N ha ⁻¹	% so tổng hút thu	Kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	% so tổng hút thu	Kg K ₂ O ha ⁻¹	% so tổng hút thu
HT	Hòn Đất	45,8±2,6	62,2±10,2	36,8±2,6	75,6±15,2	96,6±6,4	99,0±8,7
	Phụng Hiệp	36,9±1,3	52,1±2,6	38,0±5,7	82,1±10,4	38,7±2,1	97,2±7,8
	Hồng Dân	43,1±9,9	50,1±8,4	55,0±4,7	93,7±5,1	69,0±3,0	76,3±5,7
	Tháp Mười	63,4±14,2	54,3±10,7	64,9±21,0	84,6±15,3	64,0±31,1	59,8±10,3
ĐX	Hòn Đất	44,6±1,8	55,1±0,4	57,8±13,5	78,85±12,8	95,9±19,6	93,8±12,8
	Phụng Hiệp	77,4±3,4	67,3±12,5	67,3±5,1	93,33±5,4	63,9±13,6	75,8±11,1
	Hồng Dân	74,7±11,4	59,5±6,2	71,8±8,2	77,87±2,6	109,5±18,0	88,4±39,4
	Tháp Mười	89,4±10,0	64,8±9,1	59,2±15,0	83,15±27,2	122,6±17,0	82,2±20,6

Ghi chú: INS: khả năng cung cấp đạm bản địa; IPS: khả năng cung cấp lân bản địa; IKS: khả năng cung cấp kali bản địa; HT: hè thu; ĐX: đông xuân

↪ Khả năng cung cấp dinh dưỡng N, P, và K từ đất cho lúa vụ ĐX

Kết quả (Bảng 4.9) cho thấy khả năng cung cấp dưỡng chất NPK từ đất vụ ĐX tương đối cao hơn so vụ HT, tuy nhiên trong vụ ĐX nhu cầu dinh dưỡng NPK của cây lúa rất cao để đáp ứng được năng suất. Khả năng cung cấp N từ đất tại 04 điểm thí nghiệm trung bình khoảng 71,5 N/ha, đáp ứng được khoảng 62% tổng hút thu N của lúa vụ ĐX. Trong đó, khả năng cung cấp đạm từ đất tại thí nghiệm Hòn đất thấp nhất chỉ có 44,6kg N/ha, và khả năng cung cấp đạm từ đất cao nhất tại Tháp Mười là 89,4kg N/ha.

Khả năng cung cấp lân từ đất trong vụ ĐX tại thí nghiệm Hồng Dân là cao nhất 71,8kg P₂O₅/ha và thấp nhất tại thí nghiệm Hòn Đất 57,8kg P₂O₅/ha, trung bình khả năng cung cấp lân từ đất vụ ĐX khoảng 64kg P₂O₅/ha, đáp ứng khoảng 83% so tổng hút thu lân của lúa vụ ĐX.

Khả năng cung cấp dưỡng chất kali từ đất vụ lúa ĐX tại điểm thí nghiệm Tháp Mười là cao nhất 122,6kg K₂O/ha, và thấp nhất tại thí nghiệm Phụng Hiệp 63,9kg K₂O/ha. Trung bình khả năng cung cấp kali từ đất trong vụ ĐX khoảng 98kg K₂O/ha, đáp ứng được 85% nhu cầu tổng hút thu kali của cây lúa vụ ĐX.

Để vụ lúa ĐX đạt năng suất trung bình từ 7,5-8,0 tấn/ha lượng đạm cần cho lúa hấp thu là 80,9-135kg N/ha, lượng lân cần là 72,2-97kg P₂O₅/ha và lượng kali cần 84,4-130kg K₂O/ha (Hình 4.23 a,b,c). Theo Thúc và *ctv.* (2015) cho rằng vụ lúa ĐX hiệu quả sử dụng phân bón khá thấp, đối với phân đạm chỉ đạt mức 45-50% trong khi đó phân lân là 25-30% và kali khoảng 50-60%, thí nghiệm sử dụng kỹ thuật SSMN để nghiên cứu liều lượng phân N,P,K cho lúa cao sản OM4900 ở huyện Vũng Liêm, tỉnh Vĩnh Long và xác định lượng dinh dưỡng N,P,K nội tại do đất cung cấp ở vụ ĐX là (65kg N + 33kg P₂O₅ + 115kg K₂O), vụ HT (49kg N + 26kg P₂O₅ + 88kg K₂O). Theo Long (2018) cho rằng không bón P hoặc bón mức 20kg P₂O₅/ha, đất vẫn cung cấp đủ P trong 4 vụ liên tiếp và năng suất lúa vẫn được duy trì. Tuy nhiên, những vụ sau không bón P, lượng P trong đất giảm, dẫn đến giảm năng suất lúa.

Nhận định chung khả năng cung cấp dưỡng chất N, P, k từ đất: Trung bình tại 04 điểm thí nghiệm trên đất phèn ĐBSCL khả năng cung cấp dưỡng chất N,P,K từ đất ở vụ HT là (47kg N + 49kg P₂O₅ + 67kg K₂O), vụ ĐX là (72kg N + 64kg P₂O₅ + 98kg K₂O)

4.3 Hiệu quả sử dụng phân lân dạng DAP phối trộn Avail cho lúa trên đất phèn ĐBSCL

Trên đất phèn ĐBSCL hàm lượng lân dễ tiêu rất nghèo, nguyên nhân do độ pH thấp, hàm lượng các ion sắt và nhôm cao, chúng phản ứng nhanh chóng với ion H₂PO₄⁻ tạo thành hợp chất lân không hòa tan làm cây lúa khó hấp thu, sinh trưởng kém và năng suất không cao. Trên thực tế thí nghiệm bón phân lân theo lô khuyết (nội dung 2 của luận án) khi bón khuyết dưỡng chất lân chưa cho thấy sự khác biệt ý nghĩa thống kê về

năng suất lúa trên cả hai vụ HT và ĐX. Vì vậy, tiếp tục thực hiện thí nghiệm sử dụng phân lân dạng DAP có phối trộn Avail nhằm kiểm chứng lại hiệu quả của việc bón phân lân trên đất phèn thông qua kỹ thuật polymer bọc lên hạt phân lân giúp bảo vệ các hạt lân hạn chế bị cố định bởi các độc tố sắt, nhôm giúp cây lúa dễ dàng hấp thu lân trong điều kiện pH thấp trên vùng đất phèn của ĐBSCL.

4.3.1 Ảnh hưởng bón phân lân dạng DAP phối trộn Avail đến năng suất, hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ HT

4.3.1.1 Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến năng suất lúa vụ HT

Bón phân lân phối trộn với Avail mức 30kg P₂O₅+Avail chưa làm gia tăng năng suất lúa vụ HT tại (Hòn Đất, Hồng Dân và Tháp Mười). Điều này được giải thích là khả năng cung cấp lân từ đất tại 03 điểm thí nghiệm rất cao là 48kg P₂O₅/ha (Bảng 4.9), đáp ứng được 83% P₂O₅ so tổng hút thu lân của cây lúa vụ HT, điều này được chứng minh bởi không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về năng suất lúa giữa nghiệm thức có bón lân (30kg P₂O₅; 30kg P₂O₅+Avail; 60kg P₂O₅) và không bón lân 0kg P₂O₅. Ngoài ra, lân dễ tiêu đầu vụ được đánh giá cao ở tầng canh tác nên có khả năng đáp ứng được cho cây lúa hấp thu. Mặc dù, lân dễ tiêu ở tầng canh tác tại Hồng Dân được đánh giá thấp, tuy nhiên do hàm lượng độc tố Fe²⁺, Al³⁺ tại điểm này thấp hơn so với điểm thí nghiệm Phụng Hiệp (Bảng 3.3). Năng suất lúa vụ HT trung bình tại Hòn Đất là 4 tấn/ha, nhưng tại Hồng Dân năng suất đạt đến 5,59 tấn/ha và Tháp Mười là 4,25 tấn/ha. Tuy nhiên, điểm thí nghiệm đất phèn Phụng Hiệp, bón lân phối trộn Avail 30kg P₂O₅+Avail đã đưa đến sự gia tăng năng suất lúa. Cụ thể, nghiệm thức bón 30kg P₂O₅ không tăng năng suất lúa và không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về năng suất lúa so nghiệm thức không bón lân 0kg P₂O₅, nhưng nghiệm thức bón 30kg P₂O₅+Avail cho năng suất cao 3,9 tấn/ha khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với nghiệm thức chỉ bón 30kg P₂O₅/ha và không bón lân 0kg P₂O₅ năng suất chỉ đạt 3,02-3,03 tấn/ha (Bảng 4.10).

Tất cả nghiệm thức bón phân lân phối trộn Avail mức 30kg P₂O₅+Avail tại 4 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL không khác biệt ý nghĩa thống kê về năng suất lúa vụ HT so với các nghiệm thức có bón mức lân 30kg P₂O₅ và 60kg P₂O₅, ngoại trừ điểm thí nghiệm Phụng Hiệp có khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với nghiệm thức bón 30kg P₂O₅. Qua kết quả thí nghiệm cho thấy, bón phân lân phối trộn với Avail góp phần giảm đến 50% lượng lân theo khuyến cáo tại vùng đất có đáp ứng lân như Phụng Hiệp. Theo Toàn và Linh (2014) bón Avail (có chứa hoạt chất dicarboxylic acid polymer - DCAP) trộn với phân lân cho kết quả khá tốt ở liều lượng lân thấp mức 20kg P₂O₅/ha đã dẫn đến gia tăng năng suất lúa từ 7-8% so với chỉ bón phân lân dạng DAP trên đất phèn nhẹ tại Cần Thơ và Tiền Giang. Phối trộn Avail với nồng độ 0,2% có thể tiết kiệm được 40-50% lượng phân lân theo khuyến cáo. Tuy nhiên, với nghiệm thức bón liều lượng lân cao, việc phối trộn với Avail không đưa đến sự khác biệt về năng suất lúa (Dunn and Stevens, 2008; Toàn và Linh, 2014). Do đó, kết quả đánh giá hiệu quả sử dụng phân lân phối trộn Avail tại 04 điểm thí nghiệm trên đất phèn ĐBSCL cho thấy không đưa đến

sự khác biệt ý nghĩa thống kê về năng suất lúa giữa bón phân lân liều lượng 30kg P₂O₅/ha so với bón nghiệm thức bón 30kg P₂O₅/ha+Avail, do lượng phân lân sử dụng trong thí nghiệm ở mức 30kg P₂O₅ đủ để cây lúa phát triển trong các mùa vụ đầu, phù hợp với nghiên cứu của Toàn và Linh (2014) chỉ sử dụng phân lân 20kg P₂O₅/ha+Avail cho thấy đáp ứng và tăng năng suất lúa. Tuy nhiên, trên đất phèn Phụng Hiệp có thể hiện đáp ứng khi bón lân phối trộn hoạt chất Avail do đất phèn Phụng Hiệp có pH thấp, hàm lượng độc tố Fe²⁺ và Al³⁺ cao nên khi bón phân lân phối trộn với Avail vào đất hoạt chất Avail có điện tích âm, có ái lực mạnh với Fe, Al sẽ giúp P hữu dụng cho cây trồng, giúp cây trồng hấp thu tốt với lân làm gia tăng năng suất. Một số kết quả nghiên cứu trên thế giới cũng cho thấy bón lân kết hợp Avail đã làm tăng năng suất lúa ở Mỹ (Dunn and Stevens, 2008) và ở Philippines (Cruz, 2008).

Bảng 4.10: Ảnh hưởng bón lân phối trộn Avail đến năng suất lúa vụ HT

Địa điểm	Nghiệm thức	Năng suất thực tế (tấn ha ⁻¹)
Hòn Đất	0P ₂ O ₅	3,91
	30P ₂ O ₅	3,93
	60P ₂ O ₅	3,9
	30P ₂ O ₅ +Avail	4,26
Phụng Hiệp	0P ₂ O ₅	3,03 ^b
	30P ₂ O ₅	3,02 ^b
	60P ₂ O ₅	3,61 ^{ab}
	30P ₂ O ₅ +Avail	3,9 ^a
Hồng Dân	0P ₂ O ₅	5,52
	30P ₂ O ₅	5,64
	60P ₂ O ₅	5,58
	30P ₂ O ₅ +Avail	5,61
Tháp Mười	0P ₂ O ₅	3,9 ^b
	30P ₂ O ₅	4,4 ^a
	60P ₂ O ₅	4,3 ^a
	30P ₂ O ₅ +Avail	4,4 ^a
CV _{Hòn Đất} (%)		12,13
CV _{Phụng Hiệp} (%)		10,08
CV _{Hồng Dân} (%)		7,36
CV _{Tháp Mười} (%)		3,92
F _{Hòn Đất}		ns
F _{Phụng Hiệp}		*
F _{Hồng Dân}		ns
F _{Tháp Mười}		*

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (**), 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê

4.3.1.2 Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ HT

↪ Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hàm lượng lân trên cây lúa vụ HT

Bón phân lân và phân lân phối trộn Avail cho lúa vụ HT chưa làm tăng hàm lượng lân trong thân lá tại 04 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười), tại điểm thí nghiệm Phụng Hiệp có hàm lượng lân trong thân lá trung bình khoảng 0,41% P₂O₅, Hồng Dân 0,42% P₂O₅ và Tháp Mười là 0,49% P₂O₅. Riêng điểm thí nghiệm Hòn đất có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hàm lượng lân thân lá giữa các nghiệm thức có bón lân mức (30kg P₂O₅; 60kg P₂O₅; 30kg P₂O₅+Avail) là 0,4% P₂O₅ so với nghiệm thức không bón lân là 0,33% P₂O₅, tuy nhiên giữa các nghiệm thức có bón lân ở liều lượng 30kg P₂O₅ và 60kg P₂O₅ không khác biệt ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức bón lân phối trộn Avail 30kg P₂O₅+Avail (Bảng 4.11).

Bảng 4.11: Ảnh hưởng bón lân phối trộn Avail đến hàm lượng và hấp thu lân trong các bộ phận cây lúa vụ HT

Địa điểm	Nghiệm thức	HÀM LƯỢNG LÂN (% P ₂ O ₅)		HẤP THU LÂN (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	
		Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt
Hòn Đất	0P ₂ O ₅	0,33 ^b	0,83	13,5	28,4
	30P ₂ O ₅	0,40 ^a	0,85	16,8	29,7
	60P ₂ O ₅	0,40 ^a	0,81	16,1	27,3
	30P ₂ O ₅ +Avail	0,40 ^a	0,88	17,6	31,7
Phụng Hiệp	0P ₂ O ₅	0,39	0,83	12,6	22,1 ^b
	30P ₂ O ₅	0,40	0,81	12,5	20,8 ^b
	60P ₂ O ₅	0,42	0,89	16,0	27,9 ^{ab}
	30P ₂ O ₅ +Avail	0,42	0,89	17,1	29,8 ^a
Hồng Dân	0P ₂ O ₅	0,40	0,77	22,1	36,1
	30P ₂ O ₅	0,38	0,72	23,1	35,5
	60P ₂ O ₅	0,45	0,87	25,8	41,3
	30P ₂ O ₅ +Avail	0,44	0,67	26,1	32,8
Tháp Mười	0P ₂ O ₅	0,45	0,86 ^b	27,3	43,0 ^b
	30P ₂ O ₅	0,49	0,86 ^b	28,8	42,2 ^b
	60P ₂ O ₅	0,53	1,09 ^a	33,5	56,6 ^a
	30P ₂ O ₅ +Avail	0,48	1,15 ^a	29,6	58,1 ^a
CV _{Hòn Đất} (%)		7,4	8,1	12,8	10,3
CV _{Phụng Hiệp} (%)		9,0	8,1	15,3	13,0
CV _{Hồng Dân} (%)		12,8	18,1	18,5	17,1
CV _{Tháp Mười} (%)		9,6	7,9	11,4	6,4
F _{Hòn Đất}		*	ns	ns	ns
F _{Phụng Hiệp}		ns	ns	ns	*
F _{Hồng Dân}		ns	ns	ns	ns
F _{Tháp Mười}		ns	**	ns	**

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (***) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê

Chỉ có điểm thí nghiệm Tháp Mười có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hàm lượng lân trong hạt giữa nghiệm thức bón lân phối trộn Avail 30kg P₂O₅+Avail là 1,15% P₂O₅ so với nghiệm thức không bón lân và bón lân liều lượng 30kg P₂O₅ là 0,86% P₂O₅. Hàm lượng lân trong hạt tại 3 điểm thí nghiệm còn lại (Hòn Đất, Phụng Hiệp và Hồng Dân) không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức bón phân lân (0kg P₂O₅; 30kg P₂O₅, 60kg P₂O₅; và 30kg P₂O₅+Avail) trung bình hàm lượng lân trong hạt dao động từ 0,67-0,88% P₂O₅ (Bảng 4.11).

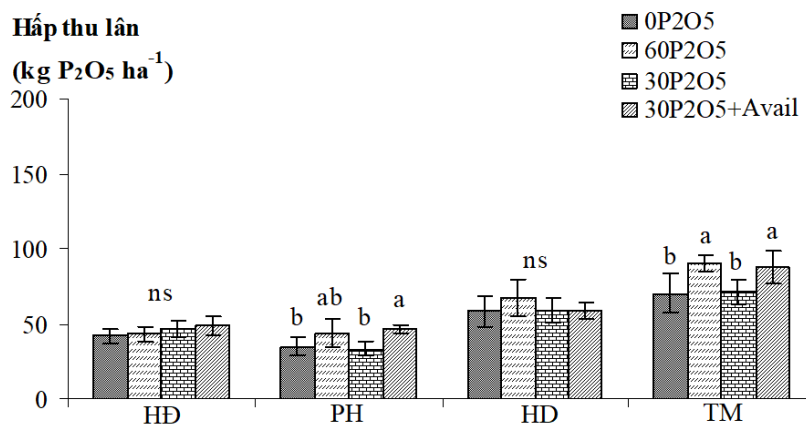
↪ Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hấp thu lân trên cây lúa vụ HT

Bón các mức lân và bón lân phối trộn Avail vụ HT chưa làm tăng hấp thu lân trong thân lá ở cả 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL. Lân lượt hàm lượng lân hấp thu trong thân lá trung bình tại thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) tương ứng là (16,0; 14,6; 24,3 và 29,8kg P₂O₅/ha) (Bảng 4.11). Đối với thí nghiệm (Phụng Hiệp và Tháp Mười) không khác biệt ý nghĩa thống kê về hấp thu lân trong hạt giữa hai nghiệm thức bón phân lân có phối trộn 30kg P₂O₅ +Avail so với nghiệm thức bón 60kg P₂O₅, hàm lượng lân trong hạt lần lượt theo thí nghiệm dao động từ (27,9-29,8; 56,6-58,1kg P₂O₅/ha) (Bảng 4.11). Các điểm thí nghiệm còn lại (Hòn Đất và Hồng Dân) không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hấp thu lân trong hạt lúa vụ HT giữa các nghiệm thức bón phân lân (0kg P₂O₅; 30kg P₂O₅; 60kg P₂O₅; và 30kg P₂O₅ +Avail), tại thí nghiệm Hòn Đất hấp thu lân trong hạt dao động từ 28,4-31,7kg P₂O₅/ha và thí nghiệm Hồng Dân là 32,8-41,3kg P₂O₅/ha. Tương tự như kết quả nghiên cứu của Khương và *ctv.* (2017) cho thấy không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hàm lượng lân giữa các nghiệm thức bón lân hay không bón lân, giữa bón lân và lân phối trộn với hợp chất DCAP hay giữa bón vôi và không bón vôi trên đất phèn ở ĐBSCL.

↪ Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến tổng hấp thu lân trên cây lúa vụ HT

Theo kết quả thống kê (Hình 4.24) cho thấy tổng hấp thu lân trên cây lúa vụ HT không khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức bón phân lân và phân lân phối trộn với Avail (0kg P₂O₅; 30kg P₂O₅; 60kg P₂O₅; và 30kg P₂O₅ +Avail) trung bình tổng hấp thu lân tại thí nghiệm Hòn Đất là 45,3kg P₂O₅/ha, và Hồng Dân là 60,7kg P₂O₅/ha. Tại điểm thí nghiệm Phụng Hiệp bón lân liều lượng 30 hoặc 60kg P₂O₅ chưa làm gia tăng tổng hấp thu lân trên cây lúa, nhưng khi bón lân mức 30kg P₂O₅+Avail đạt tổng hấp thu lân cao khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với nghiệm thức không bón lân và bón lân mức 30kg P₂O₅. Cụ thể nghiệm thức bón 30kg P₂O₅ tại Phụng Hiệp có tổng hấp thu lân là 33,3kg P₂O₅/ha, và nghiệm thức bón 60kg P₂O₅ có tổng hấp thu lân là 43,9kg P₂O₅/ha, trong khi nghiệm thức bón phân lân có phối trộn với Avail mức 30kg P₂O₅+Avail đạt tổng hấp thu lân là 46,9kg P₂O₅/ha và không bón lân đạt tổng hấp thu lân thấp chỉ 34,7kg P₂O₅/ha (Hình 4.24). Riêng thí nghiệm Tháp Mười cho thấy tổng

hấp thu lân của cây lúa ở nghiệm thức bón lân phối trộn Avail mức 30kg P₂O₅+Avail và bón phân lân liều lượng 60kg P₂O₅ có tổng hấp thu lân tương ứng theo nghiệm thức là 87,6 và 90,2kg P₂O₅/ha, cao khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với nghiệm thức không bón phân lân và bón phân lân mức 30kg P₂O₅ (Hình 4.24). Theo Khương và *ctv.* (2018) tổng hấp thu lân của cây lúa không khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức bón phân (0kg P₂O₅; 60kg P₂O₅; 60kg P₂O₅+2 tấn vôi; 60kg P₂O₅+2 tấn vôi+DCAP; 60kg P₂O₅+4 tấn vôi; và 60kg P₂O₅+4 tấn vôi+DCAP/ha) tại 3 vùng sinh thái đất phèn TSH, BĐCM và ĐTM. Tuy nhiên, thí nghiệm tại vùng đất phèn TSH nghiệm thức bón (60kg P₂O₅+2 tấn vôi+DCAP) đạt tổng hấp thu lân là 47,9kg P₂O₅/ha, cao khác biệt ý nghĩa thống kê 5% so với nghiệm thức không bón lân là 34,7kg P₂O₅/ha và nghiệm thức bón lân mức 60kg P₂O₅ có tổng hấp thu lân là 43,9kg P₂O₅/ha.



Hình 4.24: Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến tổng hấp thu lân trên cây lúa vụ HT

4.3.2 Ảnh hưởng bón phân lân dạng DAP phối trộn Avail đến năng suất, hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX

4.3.2.1 Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến năng suất lúa vụ ĐX

↪ Ảnh hưởng bón lân phối trộn Avail đến năng suất lúa vụ ĐX

Qua kết quả thống kê về năng suất thực tế lúa vụ ĐX (Bảng 4.12) giữa nghiệm thức bón phân lân phối trộn Avail liều lượng 30kg P₂O₅+Avail so với các nghiệm thức không bón phân lân và bón phân lân ở các liều lượng (0kg P₂O₅; 30kg P₂O₅; và 60kg P₂O₅ chưa đưa đến sự khác biệt ý nghĩa thống kê về năng suất thực tế trên cả 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười). Năng suất lúa vụ ĐX ở các nghiệm thức bón phân lân lượt theo điểm thí nghiệm trung bình là (7,61; 7,25; 8,43; 7,94 tấn/ha) (Bảng 4.12). Trong vụ ĐX khả năng cung cấp lân từ đất khá cao trung bình là 64kg P₂O₅/ha, đáp ứng được khoảng 83% so với tổng hút thu của lúa vụ ĐX, từ đó cho thấy khả năng đáp ứng lân cho cây lúa cao. Trong vụ ĐX có sự đáp ứng lân từ đất rất cao vì vậy khi bón phân lân phối trộn với Avail chưa cho thấy được hiệu quả cao của chất phụ gia Avail trên đất phèn vụ lúa ĐX. Theo Dunn and

Stevens (2008) bón phân lân phối trộn với Avail ở liều lượng cao chưa đưa đến sự khác biệt về năng suất lúa. Không tìm thấy sự khác biệt của bón phân lân P_2O_5 dạng MAP phối trộn với Avail cũng như không có sự tương tác giữa Avail và mức lân đối với cây lúa mì (Karamanos *et al.*, 2009).

Bảng 4.12: Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến năng suất lúa vụ ĐX

Địa điểm	Nghiệm thức	Năng suất thực tế (tấn ha ⁻¹)
Hòn Đất	0P	7,73
	30P	7,50
	60P	7,99
	(30P+Avail)	7,21
Phụng Hiệp	0P	7,31
	30P	7,12
	60P	7,21
	(30P+Avail)	7,36
Hồng Dân	0P	8,22
	30P	8,18
	60P	9,00
	(30P+Avail)	8,31
Tháp Mười	0P	7,59
	30P	7,76
	60P	7,92
	(30P+Avail)	8,48
CVHòn Đất (%)		6,20
CVPhụng Hiệp (%)		7,16
CVHồng Dân (%)		8,28
CVTháp Mười (%)		8,16
FHòn Đất		ns
FPhụng Hiệp		ns
FHồng Dân		ns
FTháp Mười		ns

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (**), 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê

4.3.2.2 Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX

↪ Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hàm lượng lân trên cây lúa vụ ĐX

Qua kết quả nghiên cứu vụ lúa ĐX tại 04 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) cho thấy nghiệm thức bón phân lân phối trộn Avail liều lượng 30kg P_2O_5 +Avail không khác biệt ý nghĩa thống kê về hàm lượng lân trong thân lá và hạt so với các nghiệm thức không bón lân và bón lân ở các liều lượng (0kg P_2O_5 , 30kg P_2O_5 , 60kg P_2O_5). Hàm lượng lân trong thân lá trung bình giữa các nghiệm thức khoảng 0,3-0,4% P_2O_5 và trong hạt là 0,7-0,8% P_2O_5 . Riêng thí nghiệm Tháp Mười có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hàm lượng lân trong hạt giữa nghiệm thức bón 30kg P_2O_5 +Avail là (0,8%) so với nghiệm thức không bón lân và nghiệm thức bón 30kg P_2O_5

là 0,6% P₂O₅ (Bảng 4.13). Kết quả nghiên cứu có sự tương đồng với các thí nghiệm của Khương và *ctv.* (2018) cho thấy không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hàm lượng lân trong thân lá và hạt giữa các nghiệm thức bón phân (0kg P₂O₅; 60kg P₂O₅; 60kg P₂O₅+2 tấn vôi; 60kg P₂O₅+2 tấn vôi+DCAP; 60kg P₂O₅+4 tấn vôi; và 60kg P₂O₅+4 tấn vôi+DCAP) tại 3 vùng sinh thái đất phèn Trũng Sông Hậu, Bán Đảo Cà Mau và Đồng Tháp Mười.

Bảng 4.13: Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX

Địa điểm	Nghiệm thức	HÀM LƯỢNG LÂN (% P ₂ O ₅)		HẤP THU LÂN (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	
		Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt
Hòn Đất	0P	0,29	0,72	19,4	51,5
	30P	0,31	0,80	20,2	55,8
	60P	0,30	0,85	20,7	60,3
	(30P+Avail)	0,34	0,74	21,4	48,2
Phụng Hiệp	0P	0,39	0,81	24,4	53,4
	30P	0,42	0,77	25,9	48,6
	60P	0,39	0,88	24,2	56,4
	(30P+Avail)	0,40	0,74	25,3	49,0
Hồng Dân	0P	0,34	0,60	23,5	46,2
	30P	0,36	0,77	25,6	59,2
	60P	0,39	0,68	30,6	56,3
	(30P+Avail)	0,36	0,62	26,2	47,4
Tháp Mười	0P	0,33	0,62 ^b	22,4	44,3 ^b
	30P	0,33	0,63 ^b	22,2	45,5 ^b
	60P	0,29	0,69 ^{ab}	19,6	49,2 ^{ab}
	(30P+Avail)	0,29	0,76 ^a	21,8	59,7 ^a
CV _{Hòn Đất} (%)		7,9	11,7	6,1	15,3
CV _{Phụng Hiệp} (%)		9,4	18,3	10,8	19,1
CV _{Hồng Dân} (%)		11,8	14,2	16,7	18,7
CV _{Tháp Mười} (%)		17,6	7,9	23,2	12,8
F _{Hòn Đất}		ns	ns	ns	ns
F _{Phụng Hiệp}		ns	ns	ns	ns
F _{Hồng Dân}		ns	ns	ns	ns
F _{Tháp Mười}		ns	*	ns	*

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (**), 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê

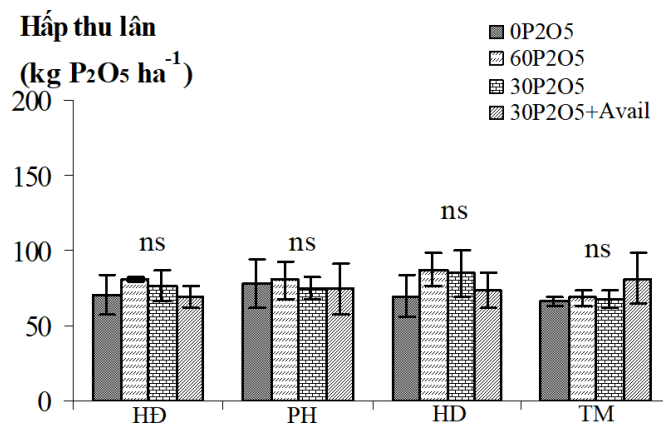
➤ Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX

Tương tự trong vụ lúa ĐX tại 4 điểm thí nghiệm (Hòn Đất, Phụng Hiệp, Hồng Dân và Tháp Mười) ở nghiệm thức bón phân lân phối trộn Avail liều lượng 30kg P₂O₅+Avail cho kết quả không khác biệt ý nghĩa thống kê về hấp thu lân trong thân lá và hạt so với các nghiệm thức không bón lân và bón phân lân ở liều lượng (0kg P₂O₅; 30kg P₂O₅; 60kg P₂O₅). Cụ thể hấp thu lân trong thân lá trung bình giữa các nghiệm thức dao động từ 20,4-26,5kg P₂O₅/ha và trong hạt là 49,7-54,0kg P₂O₅/ha. Tuy nhiên, chỉ có thí

nghiệm Thấp Mười có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hấp thu lân trong hạt giữa nghiệm thức bón lân phối trộn Avail liều lượng 30kg P₂O₅+Avail có hấp thu lân trong hạt là 59,7kg P₂O₅/ha so với nghiệm thức không bón lân và nghiệm thức bón lân mức 30kg P₂O₅ dao động từ 44-45kg P₂O₅/ha (Bảng 4.13). Kết quả nghiên cứu trước đây cho thấy bón lân phối trộn Avail tăng hấp thu lân (Murdock *et al.*, 2007; Degryse *et al.*, 2013) trong khi một số nghiên cứu khác cho kết quả ngược lại (Dudenhoeffler *et al.*, 2012; Sanders *et al.*, 2012). Điều này phụ thuộc nhiều vào hàm lượng dưỡng chất lân hữu dụng trong đất cũng như lượng độc tố trong đất.

↪ Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến tổng hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX

Qua (Hình 4.25) cho thấy bón phân lân phối trộn Avail chưa dẫn đến sự khác biệt ý nghĩa thống kê về tổng hấp thu lân trong cây lúa tại 04 điểm thí nghiệm trên đất phèn ĐBSCL. Điều này cho thấy rằng trong vụ ĐX đất có khả năng cung cấp lân cao đạt mức 64kg P₂O₅/ha, đáp ứng trên 83% so với tổng hấp thu lân của cây lúa trong vụ ĐX. Mặc khác trong vụ ĐX đất đã được rửa phèn do mưa, các độc tố trong đất bị rửa bớt và làm loãng do lượng nước nhiều trên đồng ruộng, đồng thời khí hậu thời tiết trong vụ ĐX rất thuận lợi để cây lúa phát triển. Tổng lượng lân hấp thu trung bình trong cây lúa vụ ĐX ở 04 điểm thí nghiệm đất phèn dao động từ 71,2-78,8kg P₂O₅/ha (Hình 4.25).



Hình 4.25: Ảnh hưởng bón phân lân phối trộn Avail đến hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX

Theo Murdock *et al.* (2007) đã nghiên cứu sự hấp thu lân trên loại cỏ (Fescue) thông qua bố trí nhiều nghiệm thức với liều lượng bón phân lân dạng DAP và phân lân DAP có phối trộn Avail trong hai năm và có kết luận rằng việc bón phân lân phối trộn Avail® polymer không làm gia tăng hấp thu lân đối với cỏ (Fescue). Điều này cũng đúng trên lúa mì (Degryse *et al.*, 2013). Tuy nhiên, theo Hopkins (2013) bón dicarboxylic acid copolymer (AVAIL®) với phân lân dạng MAP làm tăng hấp thu lân cho cây khoai tây.

Nhận xét chung: Ảnh hưởng của lân phối trộn Avail đến khả năng sinh trưởng và hiệu quả nông học của cây lúa trên đất phèn.

Bón lân phối trộn với Avail liều lượng 30kg P₂O₅+Avail trên cây lúa vụ HT tại 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL chưa cho thấy rõ sự khác biệt ý nghĩa thống kê về thành phần năng suất và năng suất lúa cũng như hàm lượng và hấp thu lân trên lúa. Tuy nhiên, tại thí nghiệm đất phèn Phụng Hiệp cho thấy rõ hiệu quả của Avail, nghiệm thức bón phân lân phối trộn Avail liều lượng 30kg P₂O₅+Avail làm tăng về năng suất và hấp thu lân (khác biệt ý nghĩa thống kê 5%) so với nghiệm thức chỉ bón phân lân liều lượng 30kg P₂O₅ (Bảng 4.13; Phụ lục 7). Trong vụ lúa HT chỉ duy nhất có thí nghiệm Phụng Hiệp đáp ứng năng suất với Avail là do nhiều nguyên nhân: (i) Phụng Hiệp là đất Phèn Hoạt động nặng (Epi-orthi-Thionic-Fluvisols), có tầng phèn hoạt động chứa lượng lớn jarosite rất nông nhỏ hơn 50cm so với tầng đất mặt; (ii) Vụ lúa HT bắt đầu vào cuối tháng 4 và đầu tháng 5, có lượng mưa thấp, nhiệt độ rất cao, số giờ nắng cao làm bốc thoát hơi nước nhiều (Hình 3.2) làm pH đất giảm thấp (pH<4), đồng thời có các hiện tượng mao dẫn lượng lớn các độc tố Al³⁺, Fe²⁺ từ tầng phèn nông lên trên tầng mặt (Bảng 3.3) làm cố định lân trong đất (ii) khả năng cung cấp lân từ đất khá khoảng 38kg P₂O₅/ha nhưng rất dễ bị cố định do AL và Fe nên không đáp ứng tốt cho cây trồng. Từ nhiều nguyên nhân trên nên khi bón phân lân có phối trộn với Avail làm hạn chế cố định lân bởi Al³⁺, Fe²⁺ từ đó giúp cây lúa vụ HT đáp ứng được lân, tăng hấp thu lân và tăng năng suất lúa so với nghiệm thức bón cùng liều lượng nhưng không có hoạt chất Avail.

Đối với vụ ĐX bón lân phối trộn với Avail liều lượng 30kg P₂O₅+Avail tại 04 điểm thí nghiệm trên đất phèn ĐBSCL chưa cho thấy sự khác biệt ý nghĩa thống kê về năng suất lúa cũng như hàm lượng và hấp thu lân trên cây lúa vụ ĐX. Ngoại trừ điểm thí nghiệm Tháp Mười có sự khác biệt ý nghĩa thống kê 5% về hàm lượng lân và hấp thu lân trong hạt giữa nghiệm thức bón phân lân phối trộn Avail mức 30kg P₂O₅+Avail so với nghiệm thức bón cùng liều lượng 30kg P₂O₅. Nguyên nhân chưa có sự khác biệt thống kê về năng suất lúa vụ ĐX là do trước vụ ĐX có khoảng thời gian dài đất bị ngập nước do lũ giúp đất rửa phèn, tăng giá trị pH đất, giảm độc tố nhôm và sắt, bên cạnh đó khả năng cung cấp lân từ đất khá cao trung bình khoảng 64kg P₂O₅/ha, đáp ứng được khoảng 83% so với tổng hút thu lân của cây lúa vụ ĐX từ đó làm cho khả năng đáp ứng lân trên cây trồng lúa khá cao. Đồng thời trong vụ ĐX có khí hậu và thời tiết rất thuận lợi để cây lúa sinh trưởng và phát triển tốt, nên việc sử dụng biện pháp nâng cao hiệu quả sử dụng phân lân bằng cách phối trộn với hoạt chất Avail chưa đưa đến hiệu quả cao trên cả 04 điểm thí nghiệm đất phèn ở ĐBSCL.

Kết quả nghiên cứu bón phân lân phối trộn Avail trong vụ ĐX ở Tháp Mười cho thấy giữa nghiệm thức bón phân lân liều lượng 30kg P₂O₅+Avail không khác biệt so với nghiệm thức bón phân lân mức 60kg P₂O₅, điều này cho thấy bón phân lân phối trộn với Avail giúp giảm được 50% lượng phân lân bón vào cho lúa.

Chương 5: KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

5.1. Kết Luận

Qua đánh giá kết quả khảo sát đất giữa hai giai đoạn (năm 2015 so 1992) trên 05 phẫu diện đất phèn ở ĐBSCL cho thấy có sự biến đổi nhỏ về hình thái như: màu nền của đất, màu đóm ri, độ thuần thực của đất. Tuy nhiên việc đặt tên cho đất theo FAO-WRB đã dựa vào độ sâu xuất hiện tầng chẩn đoán sulfuric có đóm Jarosite màu vàng rom (2.5Y 8/6 - 8/8) và vật liệu chẩn đoán sulfidic có giá trị $\text{pH} < 2.0$ khi phản ứng với H_2O_2 . Do đó, tên phân loại đất của 05 biểu loại đất phèn ĐBSCL không thay đổi sau 20 năm canh tác.

Với ảnh hưởng của điều kiện khí hậu, thủy văn và tác động của mô hình canh tác trên tầng đất mặt sau 20 năm cho thấy một số thay đổi tiêu biểu về đặc tính hóa học đất như sau: hàm lượng Ca^{2+} trong đất tại tất cả 05 hình thái phẫu diện đất đều tăng theo thời gian canh tác (tăng 4 đến 7 lần so với năm 1992). Các chất dinh dưỡng trong đất tại 05 điểm khảo sát đa phần cho thấy có chiều hướng gia tăng không đáng kể theo thời gian canh tác: Đạm tổng số được đánh giá mức trung bình, hàm lượng lân dễ tiêu và kali trao đổi luôn ở mức thấp. Các độc tố trong đất như pH đất thấp từ chua vừa đến rất chua, nhôm trao đổi và sắt tự do vẫn còn ở mức từ trung bình đến cao, điều này làm giảm sinh trưởng và năng suất của cây lúa.

Kỹ thuật lô khuyết được sử dụng trong đánh giá khả năng cung cấp dưỡng chất NPK cho cây lúa tại 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL, kết quả cho thấy hàm lượng dinh dưỡng đạm trong đất nội tại không đáp ứng yêu cầu dinh dưỡng cho cây lúa trên 04 điểm thí nghiệm đất phèn. Vì vậy, không bón đạm đã dẫn đến giảm năng suất đồng thời giảm hàm lượng và hấp thu đạm trên cây lúa cả hai vụ HT và ĐX. Các nghiệm thức có bón đạm (NPK, NP, NK và FFP) giúp tăng năng suất lúa khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% so với nghiệm thức không bón đạm (PK). Tuy nhiên, khả năng cung cấp dưỡng chất lân và kali từ đất cho lúa là khá cao, cho nên không bón lân và kali chưa cho thấy giảm đáng kể về năng suất lúa. Bón khuyết lân và khuyết kali cho thấy hàm lượng và hấp thu của lân và kali trong hạt lúa ở cả 4 điểm thí nghiệm thấp hơn các nghiệm thức có bón đầy đủ (NPK).

Kết quả kiểm chứng bón phân DAP phối trộn Avail trên cây lúa trong vụ lúa HT và ĐX chưa cho thấy làm gia tăng năng suất lúa tại 04 điểm thí nghiệm đất phèn ĐBSCL. Ngoại trừ tại điểm thí nghiệm Phụng Hiệp trong vụ HT, việc sử dụng DAP phối trộn Avail đã làm tăng năng suất lúa và hấp thu lân trong hạt.

5.2. Đề Nghị

- Cần nghiên cứu ảnh hưởng của bón lân phối trộn Avail Polymer với nhiều liều lượng khác nhau và thời gian dài hạn đến khả năng hòa tan lân trong đất, khả năng hấp thu lân trong cây lúa trên đất phèn.

- Từ kết quả nghiên cứu của luận án, các dữ liệu về khả năng cung cấp dưỡng chất NPK của đất, hàm lượng NPK, hấp thu NPK và năng suất lúa là các thông số quan trọng có thể sử dụng để tìm ra công thức phân bón cho đất lúa cụ thể theo vùng sinh thái đất phèn ở ĐBSCL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abel, S., Ticconi, C. A., & Delatorre, C. A. (2002). Phosphate sensing in higher plants. *Physiol Plant* Volume 115(1), P.1-8.
- Agricultural Compendium. (1989). Management of Agricultural Land: Chemical and Fertility Aspects. *Land use, land cover and soil sciences - Vol. IV. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*.
- Alexander, M. (1961). *Introduction to soil microbiology*. John Wiley and Sons, New York, N.Y.10016. 1977. 467 p.
- Alia, F. J., Shamshuddin, J., Fauziah, C. I., Husni, M. H. A., & Panhwar, Q. A. (2015). Effects of aluminum, iron and/or low pH on rice seedlings grown in solution culture. *International Journal of Agriculture and Biology*, 17(4), P. 702-710.
- Alley, M., Wysor, W.G., Holshouser, D., & Thomason W. (2009). Precision Farming Tools: Soil Electrical Conductivity. *Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University*. pp 442-508.
- Afzal, A., Bano A., & Fatima M. (2010). Higher soybean yield by inoculation with N-fixing and p-solubilizing bacteria. *Agron. Suist. Dev.*, 30: P. 487-495. DOI: 10.1051/agro/2009041.
- Amacher, J. K., Koenig, R., & Kitchen, B. (2000). Salinity and Plant Tolerance. *Utah State University Publisher, AG-SO Vol. 3. P 43*.
- Ánh, Đ. (2003). *Độ phì của đất và dinh dưỡng cây trồng*. NXB Nông nghiệp. Hà nội. 88 trang.
- Attanandana, T., & Vacharotayan, S. (1986). Acid sulfate soils: their characteristics, genesis, amelioration and utilization. *Southeast Asian Studies (Kyoto)*. Vol. 24, No. 2. P:154-180.
- Azura, A. E., Shamshuddin, J., & Fauziah, C. I. (2011). Root elongation, root surface area and organic acid exudation by rice seedling under Al³⁺ and/or H⁺ stress. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6(3), P. 324-331.
- Bá, L.H. (2003). *Những vấn đề về đất phèn Nam Bộ*. NXB Đại Học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh. 452 trang.
- Bá, L.H. (2009). *Môi trường tài nguyên đất Việt Nam*. NXB Giáo dục Việt Nam. 1266 trang.
- Baba, I. (1958). Nutritional studies on the occurrence of helminthosporium leaf spot and “Akiochi” of the rice plant (English summary). *Bulletin of the National Institute of Agricultural Science, Tokyo, Series D:7*, 1-157 (in Japanes. English summary).
- Baggie, I., Zapata F., & Sanginga N. (2002). Genotypic response of aluminum toxicity of some rice. *Int Rice Res Newslett* 27(1): p 42–43.

- Barber, S.A. (1995). *Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach*. John Wiley and Sons, New York, 426 pp.
- Becker, J.G., Duursma, E.K., & Kuipers, B.R. (1998). *Encyclopedia of Marine Sciences*. 2nd Edition. *Springer Verlag, Berlin and Heidelberg*, 357 pp.
- Beek, F., Boddeke, R., Clerck, R., Rauck, G., & Daan N. (1980). Young fish and brown shrimp surveys along the continental coasts of the North Sea in 1977. - *Annales Biologiques (Denmark)*. Vol. 34, P. 268-274.
- Bentham, W. (1998). First steps towards integrated mangrove rehabilitation in the coastal Mekong Delta, Vietnam. *TCE - Project Workshop No. II: Coastal environmental improvement in mangrove /wetland ecosystems, Ranong, Thailand*, 18-23 August 1998, 61-71.
- Beers, W.F.J. (1962). *Acid sulphate soils*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, Bulletin, 3, 31.
- Berggren, D. (1989). Speciation of aluminum, cadmium, copper, and lead in humic soil solutions – a comparison of the ion exchange column procedure and equilibrium dialysis. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. Vol. 35: P. 1-15
- Bloomfield, C., Coulter, J.K. (1973). Genesis and management of acid sulfate soils. *Advances in Agronomy*. Vol. 25, P. 265–326.
- Bộ, N.V., Trịnh, M.V., Loan, B.T.P., Thanh, L.Q., Cường, P.A., và Trang, N.L. (2016). Ure – Agrotain và phát thải khí nhà kính. *Hội thảo Quốc gia về Khoa học Cây trồng lần thứ hai*, tr.80-85.
- Bosch, H.V., Phi, H.L., Michealsen, J., & Kusumo, N. (1998). Evaluation of water management strategies for sustainable land use of acid sulphate soils in coastal low lands in the tropics. Winand Staring Centre for Integrated Land, *Soil and Water Research*, Report 157, 171p.
- Brady, C., and Weils, R.R. (1999). *Nature and properties of soil, 12th Edition*. Prentice Hall, New Delhi, P. 74–114.
- Breemen, N.V. (1973). Dissolved aluminum in acid sulfate soils and in acid mine waters. *Soil Science Society of America Proceedings*, Vol. 37, 694–697.
- Breemen, N.V., and Pons, L. J. (1978). Acid sulphate soils and rice, In: *Soils and Rice*. International Rice Research Institute. Manila. Philippines. P. 739-761
- Breemen, N.V., and Mensvoort, M.E. (1982). Report of a mission to Viet Nam, VH 10 project mission report 5, *Department of Soil Science and Geology*. Agricultural University Wageningen.
- Brinkman, R., Ve, N.B., Tinh T.K., Hau, D.P., & Mensvoort, M.E.F. (1993). Sulfidic materials in the Western Mekong Delta, *Vietnam. Catena*, 20: 317–331.

- Buchholz, D.D., Brown, J.R., Garret, J.D., Hanson, R.G., & Wheaton, H.N. (2004). *Soil test interpretations and recommendations handbook*. University of Missouri-College of Agriculture, Division of Plant Sciences, Columbia, MO.
- Buresh, R.J., Smithson, P.C., & Hellum, D.T. (1997). Building soil phosphorus capital in Africa, In: *Replenishing soil fertility in Africa*. SSSA Special Publication 51. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp 111-149.
- Buresh, R.J., Witt, C., Ramanathan, S., Chandrasekaran, B., & Rajendran, R. (2005). Site-specific nutrient management: managing N, P and K for rice. *Fertiliser News* 50 (3): 25-28.
- Buringh, P. (1970). *Introduction to the study of soils in tropical and subtropical regions*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands. 99P.
- Cahill, S., Osmond, D., & Hardy, D. (2013). Evaluation of an organic copolymer fertilizer additive on phosphorus starter fertilizer response by corn. *Plant Management Network*. doi:10.1094/CM-2013-0322-01-RS.
- Callinant, R.B., Sammut, J., & Fraser, G.C. (1996). Epizootic ulcerative syndrome (red spot disease) in estuarine fish - confirmation that exposure to acid sulfate soil runoff and an invasive aquatic fungus, *Aphanomyces* sp., are causative factors. *2nd National Conference on Acid Sulfate Soils, Coff's Harbour, 5-6 September 1996*, 146-151.
- Căn, L.V. (1964). *Tình hình sử dụng phân P bón cho lúa ở các nước. Nghiên cứu đất phân (tập IV)*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Căn, L.V. (1985). *Sử dụng phân lân ở Miền Nam*. NXB Nông nghiệp Hà Nội. 99 trang.
- Cảnh, N.T. (2005). *Sử dụng phân viên nén trong thâm canh lúa*. Nhà xuất bản Nông nghiệp. 128 trang.
- Cassman, K.G., Peng, S., & Dobermann, A. (1997). Nutritional physiology of the rice plant and productivity decline of irrigated rice systems in the tropics. *Soil Science and Plant Nutrition*, 43: 1101-1106. DOI: 10.1080/00380768.1997.11863725
- Cassman, K.G., Dobermann, A., & Walters, D.T. (2002). Agroecosystems, Nitrogen-Use Efficiency, and Nitrogen Management. *AMBIO A Journal of the Human Environment* 31(2):132-140. DOI: 10.1579/0044-7447-31.2.132
- Cassman, K.G., Dobermann, A., Walters, D.T., & Yang, H. (2003). Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 315-358.
- Chichester, F.W., & Richardson, C.W. (1992). Sediment and nutrient loss from clay soils as affected by tillage. *Journal of Environmental Quality* 21(4): 587-590.

- Chiều, T.T., Pho, N.C., Nhân, N.V., Phong, T.A., & Khánh, P.C. (1991). *Đất Đồng bằng sông Cửu Long*. NXB Nông Nghiệp, Hà Nội.
- Choudhury, A.T., & Kennedy, I.R. (2005). Nitrogen Fertilizer Losses from Rice Soils and Control of Environmental Pollution Problems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36, 1625-1639.
- Chu, V.H., & Le, V.B. (2007). Study on the effects of Agrotain coated urea on high yielding rice in the Mekong delta of Vietnam. Report Cuu Long Delta Rice Research Institute, pp. 20.
- Cruz, N.D. (2008). Evaluation of AVAIL®, P fertilizer enhancer in increasing phosphorus use efficiency and yield of lowland transplanted rice. *Technical Report*, Central Luzon University, Bantug, Munoz, Nueva Ecija, Philippines.
- Cự, N.X. (2000). *Đánh giá khả năng cung cấp và xác định nhu cầu dinh dưỡng photpho cho cây lúa nước trên đất phù sa sông Hồng*. Thông báo Khoa học của các trường Đại học, Bộ Giáo dục và Đào tạo - phần Khoa học Môi trường, Hà Nội. trang 162-170.
- Cuong, P.V., Murayama, S., Ishimine, Y., Kawamitsu, Y., Motomura, K., & Tsuzuki, E. (2004). Sterility of TGMS line heterosis for grain yield and related characters in F1 hybrid rice (*Oriza sativa* L.). *Journal of plant production Science*. pp. 22-29.
- Dang, L.V., Phương, L.N., Ngoan, P.V., Em, P.K., và Hung, N.N. (2017). Ảnh hưởng của bón lân phối trộn dicarboxylic acid polymer (DCAP) đến hàm lượng lân hữu dụng trong đất và hấp thu lân của cây khoai lang, khoai mì, khoai mỡ trồng trên đất phèn trong nhà lưới. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 51b: 31-38.
- Degryse, F., Ajiboye, B., Armstrong, R.D., & McLaughlin, M.J. (2013). Sequestration of phosphorus binding cations by complexing compounds is not a viable mechanism to increase P efficiency. *Soil Science Society of America Journal* 77, p.2050–2059.
- Dent, D. L. (1986). *Acid sulphate soil: a baseline for resaerch and development*. ILRI pulication 39, Wageningen, The Nethelands.
- Dent, D.L., & Pons, L.J. (1995). A world perspective on acid sulphate soils. *Geoderma*, 67, pp. 263-276. Doi.org/10.1016/0016-7061(95)00013-E
- Diamond, R.B. (1985). Availability and management of phosphorus in wetland soil in the relation to soil characteristic. *Wetland Soil: Characterization, Classification, and utilization*, IRRI, Philippines, pp.269-280.
- Dinkins, C.P., & Jones, C. (2013). Soil test and interpreting soil test results are critical for determining optimum fertilizer rates. *The U.S. Department of Agriculture (USDA), Montana State University and Montana University Extension*, pp. 1-7.

- Dobermann, A., Cruz, P.C., Cassman, K.G. (1996a). Fertilizer inputs, nutrient balance, and soil nutrient-supplying power in intensive, irrigated rice systems. I. Potassium uptake and K balance. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 46, pp. 1-10.
- Dobermann, A., Cruz, P.C., Cassman, K.G., Adviento, M.A., Pampolino, M.F. (1996b). Fertilizer inputs, nutrient balance and soil nutrient supplying power in intensive, irrigated rice systems. III. Phosphorus. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 46, pp. 111-125.
- Dobermann, A., & Fairhurst, T. (2000). *Economics of fertilizer use*. In 'Rice: Nutrient disorders & nutrient management'. 1st Edition. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC), and International Rice Research Institute (IRRI), pp 199.
- Dudenhoefter, C.J., Nelson, K.A., Motavalli, P.P., Burdick, P., Dunn, J.D., Stevens, W.E., Goyne, K.W., Nathan, M., & Scharf, P. (2012). Corn production as affected by phosphorus enhancers, phosphorus source and lime. *Journal of Agricultural Science* Vol. 4, No10, p137.
- Duivenbooden, N.V., Wit, C.T., Keulen, H. (1996). Nitrogen, phosphorus and potassium relations in five major cereals reviewed in respect to fertilizer recommendations using simulation modelling. *Fertilizer Res.* 44, 37-9.
- Dũng, T.V., và Khôi, C.M. (2016). Đặc tính hóa, lý và phì nhiêu đất nhóm đất chính ở ĐBSCL – Quản lý độ phì nhiêu đất và hiệu quả sử dụng phân bón ở ĐBSCL. *Chuyên đề 50 năm Trường ĐHTC Xây dựng và Phát triển*. NXB ĐHTC, 2016.
- Dunn, J.D., & Stevens G. (2008). Response of rice yields to phosphorus fertilizer rates and polymer coating. *Crop Management. Plant Management Network*. Vol. 7 No. 1. June 10, 2008. Doi.org/10.1094/CM-2008-0610-01-RS.
- Duy, P.Q., Hirano, M., Sagawa, S., & Kuroda, E. (2004). Analysis of the dry matter production process related to yield components of rice plant grown under practice of nitrogen – free basal dressing accompanied with sparse planting density. *Plant Production Science*, 7(2), pp.155-164.
- Đáp, B.H. (1980). *Các giống lúa Việt Nam*, NXB Khoa Học và Kỹ Thuật, Hà Nội. 563 trang.
- Đệ, N.N. (2008). *Giáo trình cây lúa*, NXB Đại học Quốc gia, Hồ Chí Minh. 244 trang.
- Đức, L., và Hiệp, T.K. (2005). *Giáo trình đất và bảo vệ đất*. NXB Hà Nội, 2005. 285 trang.
- Edmeades, D.C. (2004). Nitrification and Urease Inhibitors: a review of the national and international literature on their effects on nitrate leaching, greenhouse gas emissions and ammonia volatilisation from temperate legume-based pastoral

- systems. *Technical Report 2004/22*, 15. Environment Waikato: Hamilton East, New Zealand.
- Elisa, A.A., Shamshuddin, J., & Fauziah C.I. (2011). Root elongation, root surface area and organic acid exudation by rice seedling under Al^{+3} and/or H^{+} stress. *American Journal of Agricultural Biology Science*, 6, 324-331.
- Elisa, A.A., Shamshuddin, J., Che, F.I., & Roslan, I. (2014). Increasing Rice Production Using Different Ume Sources on an Acid Sulphate Soil in Merbok, Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science. 37 (2): 223-247.
- FAO. (1988). *Soil map of the world, revised legend, with corrections*. World Soil resources report 60, FAO, Rome, 140p.
- FAO. (1998). *World reference base for soil resources*. 84 World Soil Resource reports. International Society of Soil Science; International Soil Reference and Information Centre.
- FAO. (2014). *World reference base for soil resources 2014*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resource reports. Food and agriculture organization of the untied nation Rome. 192p.
- Fitzpatrick, R.W., Merry, R.H., Williams, J., White, I., Bowman, G., & Taylor, G. (1998). *Acid Sulfate Soil Assessment: Coastal, Inland and Minespoil conditions*. National Land and Water Resources Audit Methods Paper. Canberra, National Land and Water Resources Department, Australia.
- Föhse, D., Claassen, N., & Jungk, A. (1991). Phosphorus efficiency of plants. II. Significance of root radius, root hairs and cation-anion balance for phosphorus influx in seven plant species. *Plant and Soil* 132: 261-272.
- Foy, C.D. (1974). Effect of aluminium on plant growth, in: Carson E.W. (Ed.), *The Plant Root and its Environment*, Charlottesville, Univ. Press, Virginia, 1974, pp. 601–642.
- Freney, J.R., Trevitt, A.C., De Datta, S.K., Obcemea, W.N., & Real, J.G. (1990). The interdependence of ammonia volatilization and denitrification as nitrogen loss processes in flooded rice fields in the Philippines. *Biology and Fertility of Soils* 9:31-36.
- Gordon, W.B. (2007). Management of enhanced efficiency fertilizers. *Proc. 37th North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference*, Vol. 23, p. 19-23, IPNI, Bookings, SD, USA.
- Goswami, N.N., & Banerjee, N.K. (1978). *Phosphorus, potassium, and other macroelements*. In: *Soils and rice*. International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos, Philippines, pp. 561-580.

- Guong, V.T., Hoa, N.M., Usingh., & Xuân, V.T. (1994). Hiệu quả phân P, phân N và lưu tồn P trên năng suất lúa vùng đất phèn Hòa An, Cần Thơ. *Tuyển tập công trình Khoa học công nghệ*. Trường ĐHCT.
- Guong, V.T. (1997). *Sử dụng phân bón trên một số cây trồng tại Đồng bằng sông Cửu Long*. Trong quyển: Nông Nghiệp-Tài nguyên đất và sử dụng phân bón tại Việt Nam. Nhà Xuất Bản Trẻ. TP HCM Trang 12-31.
- Guong, V.T., Ren, Đ.T.T., Nga, T.T., Xuân, V.T., Hiệp, H.T., & Dickmann, K.H. (1998). Sử dụng phân bón trong canh tác lúa trên một số biểu loại đất chính của ĐBSCL. *Hội Thảo Khoa học Sử dụng phân bón cho một số cây trồng chính ở ĐBSCL Khoa Nông nghiệp, Trường Đại Học Cần Thơ – Công Ty Norsk Hydro*, 3.1998, Trường Đại Học Cần Thơ.
- Guong, V.T., và Thu, T.A. (2010). *Giáo trình trở ngại đất trong sản xuất nông nghiệp*. NXB ĐHCT, 2010.
- Guong, V.T., Hoa, N.M., Khôi, C.M., Dũng, T.V., và Viễn, D.M. (2016). Quản lý độ phì nhiêu đất và hiệu quả sử dụng phân bón ở ĐBSCL. *Nhà xuất bản đại học Cần Thơ*. 264p.
- Hà, N.N., Đào, L.T.B., và Tuyết, V.T. (2005). *Giáo Trình Thổ Nhưỡng Nông Hóa*. NXB Hà Nội. 254 trang.
- Hà, N.N. (2006). *Giáo trình bón phân cho cây trồng*, Nhà xuất bản Nông Nghiệp, Hà Nội. 192 trang.
- Hách, C.V. (2014). Những nguyên nhân làm giảm hiệu lực sử dụng phân bón cho lúa trên đất phèn ĐBSCL và các giải pháp khắc phục. Chuyên đề: Nâng cao hiệu quả sử dụng phân bón trên đất phèn vùng đồng bằng sông Cửu Long. *Diễn đàn Khuyến nông. Nông nghiệp lần 4-2014*, Bộ Nông nghiệp & Phát triển nông thôn/Trung tâm Khuyến nông quốc gia, tr. 33-41.
- Hoa, N.M. (2003). *Soil potassium dynamics under intensive rice cropping. A case study in the Mekong Delta, Vietnam*. Phd thesis Wageningen University, Wageningen, ISBN 90-5808-890-1.
- Hoa, N.M. (2005). Thành phần kali trong đất và khả năng cung cấp kali trích bằng resin ở một số nhóm đất chính vùng ĐBSCL. *Tạp chí Khoa học Đất số 23*, trang 64-68.
- Hòa, T.T.C., Loan, H.T.P., và Nghĩa, P.T. (2011). Kết quả chọn tạo giống lúa giàu sắt OM 5451. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*. Chuyên đề Giống cây trồng, vật nuôi. Tập 1. Trang 14-20.
- Harmsen, G.W. & Schreven, D.A. (1955). *Mineralization of organic nitrogen in soils*. Advances in Agronomy. VII, A. G. Norman (ed.), Academic Press, Inc., N.Y., p. 299-398.

- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., & Nelson, W.L. (1999). *Soil fertility and fertilizers*. 499 p. Prentice-Hall.
- Hopkins, B.G. (2013). Russet Burbank potato phosphorus fertilization with dicarboxylic acid copolymer additive (Avail®). *Journal of Plant Nutrition* 36 (8): 1287-1306.
- Hopkins, B.G., Rosen, C.J., & Shiffler, A.K. (2008). Enhanced efficiency fertilizers for improved nutrient management: Potato (*Solanum tuberosum*). *Crop Management. Plant Management Network*. Doi: 10.1094/CM-2008-0317-01-RV.
- Horneck, D.A., Sullivan, D.M., Owen, J.S., & Hart, J.M. (2011). *Soil Test Interpretation Guide*. EC 1478. Corvallis, OR: Oregon State University Extension Service. pp:1-12.
- Hou, E., Chen, C., Wen, D., & Liu, X. (2014). Relationships of phosphorus fractions to organic carbon content in surface soils in mature subtropical forests, Dinghushan, China (Abstract). *Soil Research* 52(1) P.55- 63.
- Huân, T.T.N., Khương, T.Q., và Tân, P.S. (2000). Nghiên cứu phương pháp bón đạm cho các giống lúa cao sản ngắn ngày. *Kết quả nghiên cứu hiệu quả phân bón cho lúa cao sản tại ĐBSCL*, pp.85-96.
- Hùng, T.V., Toàn, L.P., Dũng, T.V., và Hưng, N.N. (2016). Hình thái và tính chất lý hóa học đất phèn Vùng Tứ Giác Long Xuyên. Chuyên đề Nông Nghiệp Xanh. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*. ISSN 1859-4581
- Hùng, T.V., Toàn, L.P., Dũng, T.V., và Hưng, N.N. (2017). Hình thái và tính chất lý, hóa học đất phèn Vùng Đồng Tháp Mười. *Tạp chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu (2): p.1-10.
- Hung, N.N., Dang, L.V., Khương, T.Q., Quyên, N.K., Xuân, L.N.T., Dũng, T.V., Thông, L.V., Vệ, N.B., Toàn, L.P., và Hữu, T.N. (2020). Sử dụng NPK cho cây lúa trên các biểu loại đất chính ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 56 (Số chuyên đề: Khoa học đất): 177-184.
- Hung, N.N., Dang, L.V., và Phương, L.N. (2019). Lượng dinh dưỡng n, p, k cây lúa hấp thu trên đất phèn Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 17(3): 187-195.
- Hung, N.N., Vệ, N.B., Minh, V.Q., Hiệp, N.H., và Khương, N.Q. (2016). *Quản lý độ phì nhiêu đất lúa ở đồng bằng sông Cửu Long*. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ, 513 trang.
- Hung, N.N. (2009). *Tính chất tự nhiên và những tiến trình làm thay đổi độ phì nhiêu đất Đồng bằng sông Cửu Long*. Nhà xuất bản Nông Nghiệp – TP. Hồ Chí Minh.
- Igueiredo, C.C., Barbosa, D.V., Oliveira, S.A., Fagioli, M., Sato, J. H. Polymer-coated phosphate fertilizer and liming on the production and morphological parameters of corn. *Revista Ciência Agronômica, Fortaleza*, v. 43, n. 3, p. 446-452, 2012.

- Impellitteri, C.A., Allen, H.E., Yin, Y.J., & Saxe, J.K. (2001). Soils properties controlling metan partitioning. In: *Heavy metan in soils*. Lewis publishers. pp: 149-165.
- IRRI, (1996). *Use of leaf colour chat (LCC) for N management in rice*. International Rice Research Institute. Website www. <http://irri.org/>
- Islam, M.S., Rahman, F., & Hossain, A.T. (2011). Effects of NPK briquette on rice (*Oryza sativa*) in tidal flooded ecosystem. *The Agriculturists* 9(1-2): P.37-43.
- Kamprath, E.J. (1984). Crop response to lime on soils in the tropics. In: F. Adams (ed.) *Soil Acidity and Liming*. American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin pp. 349-368.
- Karamanos, R., Jackson, G., Puurveen, D., & Miller, J. (2009). Is Avail® Enhancing Phosphorus Efficiency in Wheat. *Manitoba Agronomist Conference*. Poster.
- Karamanos, R., & Puurveen, D. (2011). Evaluation of a polymer treatment as enhancer of phosphorus fertilizer efficiency in wheat. *Canadian Journal of Soil Science*. 91:123–125. doi:10.4141/cjss10071
- Kaurila, A. (1999). *Identification of acid sulfate soils using a field peroxide pH test*. Gilroy Santa Maria College Ingham. p18.
- Kawaguchi, K., & Kyuma, K. (1977). *Paddy soil in Tropical Asia. Their material nature and fertility*. Honolulu: The University Press of Hawaii. 1977 No.10 pp.258 pp.
- Khalilzadeh, R.H., Tajbakhsh, M.J., & Jalilian, J. (2012). Growth characteristics of mung bean (*Vigna radiata* L.) affected by foliar application of urea and bio-organic fertilizers. *Intl.J. Agri. Crop Sci.* 4(10): p.637-642.
- Khoa, L.V., Cũ, N., Cũng, T.T., và Huân, N.X. (2005). *Đất ngập nước*. NXB Giáo dục 2005. 218 trang.
- Khoa, L.V., Cũ, N.X., Đức, L., Hiệp, T.K., và Vân, T.C. (2000). *Đất và Môi trường*. NXB Giáo dục. 197 trang.
- Khuong, T.Q. (2005). *Ảnh hưởng quản lý dưỡng chất theo địa điểm chuyên biệt đến năng suất lúa và hiệu quả sử dụng phân bón ở Cần Thơ, An Giang và Tiền Giang*. Luận văn tốt nghiệp ngành trồng trọt. Khoa nông nghiệp và sinh học ứng dụng – Trường Đại học Cần Thơ.
- Khuong, T.Q., Hung, N.N., Tân, P.S., Giàu, T.Q., và Tân, L.V. (2010). Ứng dụng quản lý dưỡng chất theo địa điểm chuyên biệt và sạ hàng trong canh tác lúa trên đất phù sa và đất phèn nhẹ ở đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học đất số 33*: 115-119.
- Khuong, N.Q., Nghĩa, N.V., Toàn, L.P., Hùng, T.V., và Hung, N.N. (2015). Ảnh hưởng của bón lân phối trộn “dicarboxylic acid polymer - DCAP” đến sinh trưởng và

- năng suất lúa trên đất phèn Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* (Số 41b), tr.63-70.
- Khuong, N.Q., Nghia, N.V., Hung, T.V., và Hung, N.N. (2016). Ảnh hưởng của bón NPK đến sinh trưởng, năng suất lúa trên đất phèn ở đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* (Số 43b), tr.24-34.
- Khuong, N.Q., và Hung, N.N. (2017). Hấp thu dinh dưỡng khoáng và năng suất lúa hè thu trên đất phèn tại đồng bằng sông cửu long. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 15(8): 1043-1052.
- Khuong, N.Q., Hữu, T.N., Toàn, L.P., và Hung, N.N. (2017). Ảnh hưởng của bón vôi và lân trộn Polyme Axit Dicacbonxyl đến năng suất, hấp thu dưỡng chất của cây lúa vụ hè thu trên đất phèn ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*. Kỳ 2 tháng 12/2017, ISSN 1859-4581, p: 29-37.
- Khuong, N.Q., Hữu, T.N., và Hung, N.N. (2018). Đánh giá sự kết hợp giữa bón vôi và lân trộn Dicacboxylic axit Polyme đến năng suất, khả năng hấp thu dưỡng chất của cây lúa vụ đông xuân trên đất phèn ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*. ISSN 1859-4581, p:29-39.
- Khuong, N.Q., Linh, T.B., Thúc, L.V., Nguyễn, P.C., Toàn, L.P., Nhân, T.C., và Xuân, L.N.T. (2019). Đặc tính của phẫu diện đất phèn chuyên canh khóm và xen canh với cam sành, dứa tại huyện Long Mỹ, tỉnh Hậu Giang. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 55 (Chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu) (1):1-11
- Krairapanond, A., Jugsujinda, A., Patrick Jr, W.H. (1993). Phosphorus sorption characteristics in acid sulfate soils of Thailand: Effect of uncontrolled and controlled soil redox potential (Eh) and pH. *Plant and Soil*. December 1993, Volume 157, Issue 2, pp 227–237.
- Kyuma, K. (1976). *Paddy soils in the Mekong Delta of Vietnam*. The Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University, Kyoto, Japan.
- Lan, N.T., và Hường, Đ.T. (2009). Xác định liều lượng đạm viên nén bón cho lúa tại Thái Bình và Hưng Yên. *Tạp chí Khoa học và Phát triển - Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội* 7(2): 152-157.
- Läuchli, A., & Grattan, S.R. (2012). Soil pH extremes. In. S. Shabala (ed). *Plant Stress Physiology*. CAB International. pp194–209
- Lin, C. (2002). Characteristics of phosphorus in some eastern australian acid sulfate soils. *Pedosphere* 12(3): 229-234, 2002. ISSN 1002-0160/CN 32-1315/P
- Lino, A.C.M., Buzetti, S., Filho, M.C.T., & Galindo, F.S. (2018). Effect of phosphorus applied as monoammonium phosphate-coated polymers in corn culture under no-tillage system. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 39, no. 1, pp. 99-112.

- Long, V.V., Quí, N.V., Đông, N.M., và Khôi, C.M. (2016). Ảnh hưởng của bón giảm lượng phân lân đến lân dễ tiêu trong đất và năng suất lúa trên vùng đất trồng lúa ba vụ tại huyện Hòa Bình, tỉnh Bạc Liêu. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 43b: 61-67.
- Long, P.T., và Tín, N.V. (2018). Đánh giá xu thế biến đổi của ngày bắt đầu và kết thúc mùa mưa khu vực ĐBSCL bằng kiểm định phi tham số Mann-Kendall. *Tạp chí Khoa học ĐĐKH*, tr 1-7.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second edition, Academic Press, London, 645.
- Marx, E.S., Hart, J., & Stevens, R.G. (1999). *Soil test interpretation guide*. Extension work is a cooperative program of Oregon State University, the U.S. Department of Agriculture, and Oregon counties. Oregon State University Extension Service is an Equal Opportunity Employer. Published August 1996. Reprinted August 1999.
- McCauley, C.A., O'Sullivan, A.D., Milke, M.W., Weber, P.A., & Trumm, D.A. (2009). Sulfate and Metal Removal in Bioreactors Treating Acid Mine Drainage Dominated with Iron and Aluminum. *Water Research*. 43: 961-970.
- Mensvoort, M. E. (1993). Coarse land evaluation of the acid sulphate soil areas in the Mekong Delta based on farmers' experience, *ILRI publication 53*, Wageningen, The Netherlands.
- Metson, A.J. (1961). *Methods of chemical analysis of soil survey samples*. Govt. Printers, Wellington, New Zealand.
- Minh, V.Q., Trí, L.Q., Tính, T.K., Anh, V.T., và Vũ, P.T. (2012). *Giáo trình nguồn gốc, phân loại, khảo sát và thành lập bản đồ đất*. NXB Đại Học Cần Thơ. 129 trang.
- Minh, V.Q., và Hung, N.N. (2016). *Quản lý độ phì nhiêu đất phèn trồng lúa ở ĐBSCL – 50 năm Trường ĐHTC xây dựng và phát triển*. NXB ĐHTC, 2016.
- Mooso, G.D., Tindall, T.A., Jackson, G., & Zhang, H. (2012). Increasing the efficiency of MAP and urea applied to winter wheat in Montana with AVAIL and NutriSphere-N. *In Proceedings of Great Plains Soil Fertility Conference* 14:209-212. Denver, CO. International Plant NutrientInstitute. Brookings, SD.
- Mortvedt, J.J. (1984). Cadmium and zinc uptake by vegetable tissues after nine annual applications of phosphate fertilizer to soil. In Trace Substances in Environmental Health, *Proceedings XVIII Annual Conference*, Ed. Hemphill DD, pp 283–291
- Mullins, G.L., Alley, M.M., & Phillips, S.B. (2009). *Sources of lime for acid soils in Virginia*. Virginia Cooperative Extension. Publication 452-510.
- Munsell Colour Company. (2000). *Munsell Soil Color Charts* (Year 2000 Revised Washable Edition). Munsell Color Company - x-rite: 50p.

- Murdock, L.W., Olson, J.J., & Olson, G. (2007). Effect of AVAIL® Polymer Applied to Phosphorus Fertilizers on Dry Matter Production and P uptake of Fescue at Princeton, KY. *Soil Science News & Views*. Vol. 27, No.3 University of Kentucky.
- Murphy, L., and Sanders L. (2007). Improving N and P use efficiency with polymer technology. In *Indiana Cca Conference Proceedings (CD-AY-330)*, ed. T. Vyn, pp.1-13, Indianapolis, Indiana, 18-19 December 2007.
- Naznin, A., Afroz, H., Hoque, T.S., & Mian, M.H. (2014). Effects of PU, USG and NPK briquette on nitrogen use efficiency and yield of BR22 rice under reduced water condition. *Journal of the Bangladesh Agricultural University* 11(2): 215-220.
- Nedeco. (1993). Mekong Delta Master Plan, Thematic Study on Environmental Impacts, Volume 3: *Existing ecological conditions and present status of environmental protection and guidelines for environmental protection and monitoring*. Government of Vietnam, State Planning Committee, World Bank, Mekong Secretariat, United Nations Development Programme.
- Nedeco. (1994). *Mekong Delta Master Plan, South Mang Thit Integrated Irrigation and Drainage Project Feasibility Study: Environmental Impact Assessment*. Government of Vietnam, State Planning Committee, World Bank, Mekong Secretariat, United Nations Development Programme.
- Novoa, R. and Loomis, R.S. (1981). *Nitrogen and plant production*. Plant Soil. 58: p.177-204.
- Nystrand, M.I., Österholm, P., Yu, C., & Åströmm, M.E. (2016). Distribution and speciation of metals, phosphorus, sulfate and organic material in brackish estuary water affected by acid sulfate soils. *Applied Geochemistry*. 66. 264-274.
- Panhwar, Q.A., Naher, U.A., Radziah, O., Shamshuddin, J., & MohdRazi, I. (2014). Biofertilizer, ground magnesium limestone and basalt applications may improve chemical properties of Malaysian acid sulfate soils and rice growth. *Pedosphere*. 24(6): 827-835.
- Panhwar, Q.A., Naher, U.A., Radziah, O., Shamshuddin, J., & MohdRazi, I. (2015). Eliminating aluminum toxicity in an acid sulfate soil for rice cultivation using plant growth promoting bacteria. *Molecules* 20(3), pp.3628-3646.
- Patrick, J.W., and Khalid, R.A. (1974). Phosphate release and sorption by soils and sediments. *Science* 186, pp.53-55.
- Paul, K., Diatta, M., & Millar, D. (2010). The Effect of Iron Toxicity on the Yield and Yield Components of rice. *Proceedings of Africa Rice Congress on Innovation and Partnerships to Realize Africa's Rice Potential*, WARDA, IER, Bamako, 22-26 March 2010, 52-53.

- Pellet, D.M., Grunes, D.L., & Kochian, L.V. (1995). Organic acid exudation as an aluminium-tolerance mechanism in maize (*Zea mays* L.). *Planta* 196: 788-795.
- Phân viện Quy hoạch và Thiết kế nông nghiệp Miền Nam. (1999). *Điều tra, bổ sung, chỉnh lý bản đồ đất và đánh giá khả năng thích nghi đất đai cho phát triển Nông - Lâm nghiệp - nuôi trồng thủy sản Bạc Liêu*, Tài liệu báo cáo năm 1999.
- Phong, V.T., Cà, N.T., và Hoa, N.M. (2014). Ảnh hưởng của bón urêNBTP (n-butyl thiophosphoric triamid) và NPK viên nén đến sự phân bố đạm trong đất và năng suất lúa ở Cầu Kè - Trà Vinh. *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ*. Số chuyên đề: Nông nghiệp (3): 117-123.
- Phụng, M.T., Thuận, N.Đ., và Thạch, N.V. (2005). Bài học kinh nghiệm của bón phân cho lúa ngắn ngày. *Báo cáo tại hội thảo bón phân theo SSNM*. Tp.HCM, 17-18/2/2005.
- Pierzynski, J., Hettiarachchi, G., & Khatiwada, R. (2012). Mobility, Availability and Reaction Products of MAP, DAP and APP Fertilizers. *Abstract Soil Science Society of America*. <http://scisoc.confex.com/scisoc/2012am/webprogram/Paper72238.html>.
- Ponnamperum, F.N. (1985). *Chemical kinetics of wet rice soils relatives to soils fertility*. Wet Soils: Characterization, classification and utilization, International Rice Research Institute, Philippines, pp.71-89.
- Ponnamperuma, F.N. (1972). *The chemistry of submerged soils*. Advances in Agronomy, Vol 24. 29-96. Academic Press, Inc.
- Ponnamperuma, F.N., Attanandana, T., & Beye, G. (1973). Amelioration of three acid sulphate soils for lowland rice. In: International Symposium on acid sulphate soils. *Proceeding Wageningen*, The Netherlands, 1973. p.391.
- Pons, L.J. (1973). Outlier of genesis, characteristics, classification and improvement of acid sulphate soil. *Processity of Inernation symposium on acid sulphate soil*, Wageningen, The Nethelands, pp. 3 -27.
- Pons, L.J., Breemen, N. V., & Driessen, P.M. (1982). Physiography of Coastal Sediments and Development of Potential Acidity. Acid Sulfate Weathering: *Proceedings of a symposium sponsored by Divisions S-9, S-2, S-5 and S-6 of the Soil Science Society of America*, Fort Collins, Colorado, 5-10 August 1982, 1-18.
- Poynton, S. (1996). Living with acid sulphate soil: management in Vietnam's Mekong Delta. *Paper presented at the symposium: Acid sulphate soils - causes, measurement, effects, rehabilitation, prevention, issues for eastern Australia and Asia*. Department of Geology, the University of Sydney, 29 July 1996.
- Qi, X., Nie, L., Liu, H., Peng, S., Shah, F., Huang, J., Cui, K., & Sun, L. (2012). Grain yield and apparent N recovery efficiency of dry direct-seeded rice under different

- N treatments aimed to reduce soil ammonia volatilization. *Field Crops Research* 134: 138-143.
- Raun, W.R., and Johnson, G.V. (1999). Improving nitrogen use efficiency could lead to improved NUE in cereal grain crops. *Agronomy Journal*; 91(3):357–363.
- Repking, M.J., and Laboski, C.A. (2008). Effectiveness of Avail for improving potato yield. In: *Proceedings of the 2008 Wisconsin fertilizer, Agronomy and Pest Management Conference*, 47th, pp: 133-142.
- Ren, Đ.T.T. (1985). Hiệu quả của phân lân và vôi trên năng suất lúa trồng trên đất phèn sulfat. Hòa An, Phụng Hiệp, Hậu Giang. *Báo cáo khoa học Nông nghiệp Đại học Cần Thơ*, 1985.
- Roos, M., and Astrom, M. (2005). Hydrochemistry of rivers in an acid sulphate soil hotspot area in Western Finland. In: *Agricultural and food Science*. Vol.14: 24-3.
- Sahrawat, K. L. (1980). Nitrogen supplying ability of some Philippine rice soils. *Plant and Soil Volume 55*, Issue 2, pp 181–187.
- Sahrawat, K.L. (2004). Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 27: PP.1471-1504.
- Sahrawat, K.L. (2007). Soil fertility advantages of submerged rice cropping systems: a review. *Journal of Sustainable Agriculture* 31, P.5-23.
- Sahrawat, K. L. (2015). *Redox Potential and pH as Major Drivers of Fertility in Submerged Rice Soils: A Conceptual Framework for Management*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 46: 1597-1606.
- Sahrawat, K.L. (2016). *Soil and Plant Testing for Iron: An Appraisal*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. Vol 47. P: 280-283.
- Sammut, J., Melville, M.D., Callinan, R.B., & Fraser, G.C. (1995). Estuarine acidification: impacts on aquatic biota of draining acid sulphate soils, *Australian Geographical Studies*, 33, pp. 89-100.
- Sammut, J., Callinan, R.B., & Fraser, G.C. (1996). An overview of the ecological impacts of acid sulfate soils in Australia, *2nd National Conference on Acid Sulfate Soils*, Coffs Harbour, 5-6 September 1996, pp. 140-145.
- Sanders, J.L., Murphy, L.S., Noble, A., Melgar, R.J., & Perkins, J. (2012). Improving phosphorus use efficiency with polymer technology. *Procedia Engineering* 46: 178 – 184.
- Sen, L.N. (1988). *Influence of various water management and agronomic packages on the chemical changes and on the growth of rice in acid sulphate soils*. D.Ag.Sc. Thesis, Wageningen Agricultural University, the Netherlands.

- Shamshuddin, J., Elisa, A.A., Ali, M., Siti, R., & Fauziah, C.I. (2013). Rice defense mechanisms against the presence of excess amount of Al³⁺ and Fe²⁺ in the water. *Australian Journal of Crop Science*, 7, 314-320.
- Shamshuddin, J. (2014). Acid Sulfate Soils in Malaysia: Occurrence, properties and utilization for rice cultivation. Malaysia: *Academy of Sciences Malaysia*.
- Shamshuddin, J.A., Elisa, A.A., Shazana, M.A., Fauziah, C.I., Panhwar, Q.A., & Naher, U.A. (2014). *Properties and management of acid sulfate soils in Southeast Asia for sustainable cultivation of rice, oil palm and cocoa*. *Advances in Agronomy*, 124, 91-142.
- Singh, U., Wilkens, P., Jahan, I., Sanabria, J., & Kovach, S. (2010). Enhanced efficiency fertilizers. In *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, 9-12 1-6 August 2010, Brisbane, Australia: International Union of Soil Sciences.
- Son, T.T., Chien, N.V., Thoa, V.T.K., Dobermann, A., & Witt, C. (2004). *Site-specific nutrient management in irrigated rice systems of the Red River Delta of Vietnam*. In: Dobermann A, Witt C, Dawe D (Eds.). *Increasing productivity of intensive rice system through site-specific nutrient management*. Enfield, N.H. (USA) and Los Baños (Philippines): Science Publishers, Inc., and International Rice research Institute (IRRI), 410P.
- Son, T.T. (2008). *Nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện canh tác đến tỷ lệ bạc bụng và hàm lượng amylose của các giống lúa ở tỉnh An Giang*, Luận án tiến sĩ nông nghiệp, Thư viện quốc gia, 160 trang.
- Stark, J.C., & Hopkins, B.G. (2015). Fall and spring phosphorus fertilization of potato using a dicarboxylic acid polymer (AVAIL®). *Journal of Plant Nutrition*, 38(10), 1595-1610.
- Sterk, G. (1993). Leaching of acid from the topsoil of raised beds on acid sulphate soils in the Mekong delta of Vietnam. In: Dent, D.L. and van Mensvoort, M.E.F. (Eds), *Selected Papers of the Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulphate Soils*. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, the Netherlands, 241-246.
- Stevenson, F.J. (1991). Organic matter micronutrient reactions in soil. *Micronutrients in agriculture*. *American Society of Agronomy*, Madison, WI, pp.145-186
- Stone, Y., Ahern, C.R., & Blunden, B. (1998). *Acid Sulfate Soils Manual 1998*. Acid Sulfate Soils Management Advisory Committee, Wollongbar, NSW, Australia.
- Vogel (1978) *Vogel's Textbook of Quantitative Inorganic Analysis*. 4th edition, Longman, London.

- Sundstrom, R., Aström, M., & Österholm, P. (2002). Comparison of the metal content in acid sulfate soil runoff and industrial effluents in Finland. *Environmental Science & Technology* 36, 4269-4272.
- Summerhays, J.S. (2012). *Effectiveness of Phosphorus Fertilizers in Hydroponics and Glasshouse Settings with Moderate and High Organic Matter Soils*. A thesis submitted to the faculty of Brigham Young University. Brigham Young University.
- Tadano, T., and Yashida, S. (1978). Chemical changes in submerged soils and their effect on rice growth. *Soil and rice. IRRI*, 1978. Los Banos, Laguna Philippines, P.O. Box 933, Manila, Philippines pp. 399-415.
- Tân, P.S. (2005). *Kết quả nghiên cứu nâng cao hiệu quả phân bón cho lúa cao sản ở Đồng bằng sông Cửu Long*. Trong bộ sách “Khoa học công nghệ nông nghiệp và phát triển nông thôn 20 năm đổi mới”. NXB Chính trị Quốc gia, Hà Nội. Tập 3, trang: 315-327.
- Tân, P.S. (2008). Một số giải pháp nâng cao hiệu quả phân bón cho lúa ở ĐBSCL. *Báo cáo tại hội nghị phân bón Bộ NN & PTNT tổ chức tại Tp.HCM*, 18/7/2008.
- Tân, P.S., và Hách, C.V. (2013). Bón phân cho lúa vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long. *Kỷ yếu Hội thảo Quốc gia về nâng cao hiệu quả quản lý và sử dụng phân bón tại Việt Nam*, Nxb Nông Nghiệp, Hồ Chí Minh, tr.154-165.
- Tấu, T.K. (2006). *Tài nguyên đất*. NXB Đại học Quốc gia HN. 221 trang.
- Thái, V.C. (1994). Chiến lược sử dụng và phát triển phân bón ở ĐBSCL. *Thông tin chuyên đề phân bón cho ĐBSCL*, Viện Lúa ĐBSCL, tr.6-8.
- Thái, T.N., và Hoa, N.M. (2012). Khả năng đệm kali trên đất lúa thâm canh 3 vụ ở vùng có nguy cơ thiếu kali ở Cai Lậy, tiền Gian và Cao Lãnh, Đồng Tháp. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ (số 23a)*, tr. 243-252.
- Thompson, L.H., Black, C.A., & Zoellner, J.A. (1954). Occurrence and mineralization of organic phosphorus in soils with particular reference to associations with nitrogen, carbon and pH. *Soil Sci.* 77: 185-196.
- Thúc, L.V., Nguyễn, V.T.T., và Hách, C.V. (2015). Nghiên cứu hiệu quả sử dụng phân bón cho lúa cao sản OM4900 trên đất phù sa tại huyện Vũng Liêm, tỉnh Vĩnh Long. *Tạp chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 37(B): 65-75.
- Thuận, N.D. (2001). *Đặc điểm một số độc chất trong đất phèn nặng mới khai hoang trồng lúa P73 vùng Đồng Tháp Mười và biện pháp khắc phục*. Luận án tiến sĩ nông nghiệp, Viện khoa học nông nghiệp Miền Nam.
- Tin, N.T., and Ghassemi, F. (1999). Availability and quality of surface water resources. *Report for the ACIAR Project: An evaluation of the sustainability of farming systems in the brackish water region of the Mekong Delta*. Centre for Water

- Quality and Environment, Sub-Institute for Water Resources Planning and Management (SIWRPM) and Centre for Resource and Environmental Studies, the Australian National University, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Tindall, T.A., and Mooso, G.D. (2011). Nitrogen and Phosphorus: Mechanisms of Loss from the Soil System and Effect to Slow the Losses and Increase Plant Availability. *In Proceedings of Western Nutrient Management Conference* 9:155-159. Reno, NV. International Plant Nutrient Institute. Brookings, SD.
- Tinh, T.K. (1999). *Reduction chemistry of acid sulphate soil. Reduction rates and influence of rice cropping*. Ph. D thesis. Swedish University of Agricultural Science.
- Tinker, P.B., and Nye, P.H. (2000). *Solute movement in the Rhizosphere*. Oxford University Press, Oxford, 464 PP.
- Toàn, L.P., Khoa, L.V., Hùng, T.V., Dũng, T.V., và Hưng, N.N. (2016). Đặc tính hình thái, lý hóa học và sử dụng đất phèn ở vùng Bán Đảo Cà Mau. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*. Số 15/2016, ISSN 1859-4581.
- Toàn, P.V., và Linh, N.V. (2014). Nguyên cứu và phát triển phân bón Humix. *Hội thảo quốc gia về nâng cao hiệu quả quản lý và sử dụng phân bón tại Việt Nam*. Trang 487-513.
- Trang, L.N.T. (2020). Hiện trạng và giải pháp phát triển ngành trồng dưa ở huyện Tân Phước (tỉnh Tiền Giang). *Tạp chí khoa học Đại học Sài Gòn, số 74*, tr 107-117.
- Tuyển, T.Q., và Tân, P.S. (1997). Ảnh hưởng của phân K trên lúa cao sản ở đất phèn nhẹ ĐBSCL. *Kết quả nghiên cứu khoa học Viện lúa ĐBSCL (1977-1997)*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, tr.174-177.
- Ulrich, B. (1980). *Production and consumption of hydrogen ions in the ecosystem*. In: Hutchinson TC, Havas M, eds. *Effects of acid precipitation on terrestrial ecosystems*. New York: Plenum, 255-282.
- USDA. (2006). *Keys to soil taxonomy*. Natural Resources Conservation Service. Tenth Edition. P332.
- USDA. (1975). *Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. USDA Agric. Handbook 436, U.S. Government Printing office, Washington D.C.
- Vệ N.B., và ctv., 1998. Kali ở đất lúa nước Đồng Bằng Sông Cửu Long. Trong Tuyển tập: Vai trò của Sulfur, Potassium và Manganese trong sản xuất trồng trọt. *Hội thảo khoa học tại Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 2/1998*. Thành phố Hồ Chí Minh.
- Vi, N. và Khải, T. (1974). Một số kết quả nghiên cứu về K trong đất miền Bắc Việt Nam. *Nghiên cứu đất – phân, tập IV*, Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

- Viện Quy hoạch và Thiết kế nông nghiệp. (2015). Tài nguyên đất, hiện trạng và khai thác sử dụng cho phát triển nông nghiệp cùng ĐBSCL trước tác động của biến đổi khí hậu. *Hội thảo Quốc gia Đất Việt Nam hiện trạng và thách thức*. NXB Nông nghiệp. P287-309.
- Viện Thổ Nhưỡng Nông Hóa. (1998). *Sổ tay phân tích đất, nước, phân bón, cây trồng*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội. 595 trang.
- Vinh, T.V. (1997). Socio-economic background to the Tram Chim wetlands and the past, present and future of Tram Chim National Reserve. In: Towards sustainable management of Tram Chim National Reserve, Vietnam. *Proceedings of a workshop on balancing economic development with environmental conservation*, Safford, R.J., D. V. Ni, E. Maltby and V. T. Xuan (eds.). RHIER, London University, UK. 1997: 9-15pp.
- Vũ, P.T., Minh, V.Q., Trí, L.Q., & Thắng, T.T. (2011). Phân loại đất vùng Đồng bằng sông Cửu Long theo hệ thống chú giải FAO –WRB (2006). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* (Số 18b), tr.10-17.
- Walsh, J.D., and Beaton, L.M. (1973). *Soil Testing and Plant Analysis Hardcover*. Soil Science Society of America, Madison, Wis., 1973, 491 pp.
- Ward, N. C. (2010). *Impact of Avail® and Jumpstart® on yield and phosphorus response of corn and winter wheat in Kansas*. M. S. thesis, K A Department of Agronomy, College of Agriculture, Kansas State University. pp. 1-116.
- Western Agricultural Laboratories. (2002). *Soil Sampling and Soil Analysis*. Inc. Reference Guides: A & L Agricultural Laboratories. Modesto, CA: California Laboratory.
- Wiatrak, P. (2013). Evaluation of phosphorus application with avail on growth and yield of winter wheat in Southeastern coastal plains. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 8 (3): 222-229.
- Witt, C., Dobermann, A., Abdurachman, S., Gines, H.C, Wang, G., Nagarajan, R., Satawathananont, S., Son, T.T., Tan, P.S., Tiem, L.V., Simbahan, G., & Olk, D.C. (1999). Internal nutrient efficiencies in irrigated lowland rice of tropical and subtropical Asia. *Field Crops Res.* 63:113-138.
- Woodroffe, C.D., Mulrennan, M.E., & Chappell, J. (1993). Estuarine infill and coastal progradation, southern van Diemen Gulf, northern Australia. *Sedimentary Geology*, 83, 257-275.
- Xuan, V.T., and Matsui, S. (1998). *Development of farming systems in the Mekong delta of Vietnam Ho Chi Minh City Publ. House*, Ho Chi Minh City.
- Yêm, V.H. (1995). *Giáo trình phân bón và cách bón phân*. NXB Nông Nghiệp, Hà Nội. 152 trang.

Yoshida, S. (1985). *Fundamental of rice crop science*, International Rice Research Institute, Philippines. P 135-146.

Yoshida, S. (1981). *Fundamentals of rice crop science*. The International Rice Research Institute. Los banos, Philippines. Pp: 111-121.

Zhang, F., Wang, R., Xiao, Q., Wang, Y., & Zhang, J. (2006). Effects of slow/controlled-release fertilizer cemented and coated by nano-materials on biology. *Nanoscience, Dordrecht*, v. 11, n. 1, p. 18-26.

Các trang Website đã có trích lược:

- <https://www.gso.gov.vn/so-lieu-thong-ke/>; truy cập tháng (08/2020).
- <https://phanbonmiennam.com.vn/>; truy cập tháng (05/2021).

PHỤ LỤC

Phụ lục 1: Bảng mô tả hình thái phẫu diện đất

Code:.....

Tên Đất: Cũ:..... FAO/WRB:.....

Toạ độ: X:..... Y:.....

Tỉnh HuyệnXã

BẢNG MÔ TẢ PHẪU DIỆN ĐẤT

1. Tên người mô tả:, Ngày mô tả:...../...../.....

2. Hiện trạng sử dụng:.....

Cơ cấu sử dụng đất:.....

Thực vật:.....

Yếu tố khác:.....

Tình trạng nước trên ruộng:.....

Độ sâu xuất hiện nước ngầm:

3. Tầng đất:.....cm, ký hiệu tầng:..., màu:....., sa cát:....., cấu trúc:.....

3.1. Tình trạng tầng đất: Khô , ẩm , ướt .

3.2. Độ thuận thực: thuận thực , bán thuận thực , không thuận thực .

3.3. Rễ thực vật: ít , trung bình , nhiều , tươi .

3.4. Hữu cơ

Phân hủy , Bán phân hủy , K. phân hủy

Ít , trung bình , nhiều

3.5. Đóm Jarosite:.....%, dạng:.....

3.5. Đóm ri:.....%, dạng:....., màu:.....

4. Tầng đất:.....cm, ký hiệu tầng:..., màu:....., sa cát:....., cấu trúc:.....

4.1. Tình trạng tầng đất: Khô , ẩm , ướt .

4.2. Độ thuận thực:.....thuận thực , bán thuận thực , không thuận thực .

4.3. Rễ thực vật:....., ít , trung bình , nhiều , tươi .

4.4. Hữu cơ

Ít , trung bình , nhiều

Phân hủy , Bán phân hủy , Tươi

Than bùn

4.5. Đóm Jarosite:.....%....., dạng:.....

4.6. Đóm ri:.....%, dạng:....., màu:.....

4.7. pH(H₂O₁):.....

5. Tầng đất:.....cm, ký hiệu tầng:..., màu:....., sa cát:....., cấu trúc:.....

5.1. Tình trạng tầng đất: Khô , ẩm , ướt .

5.2. Độ thuận thực:.....thuận thực , bán thuận thực , không thuận thực .

5.3. Rễ thực vật:....., ít , trung bình , nhiều , tươi .

5.4. Hữu cơ

Ít , trung bình , nhiều

Phân hủy , Bán phân hủy , K. phân hủy

Than bùn

5.5. Đóm Jarosite:.....%....., dạng:.....

5.6. Đóm ri:.....%, dạng:....., màu:.....

5.7. pH(H₂O₁):.....

6. Tầng đất:..... cm, ký hiệu tầng:....., màu:....., sa cẩu:....., cấu trúc:.....
- 6.1. Tình trạng tầng đất: Khô , ẩm , ướt .
- 6.2. Độ thuận thực:.....thuận thực , bán thuận thực , không thuận thực .
- 6.3. Rẻ thực vật:....., ít , trung bình , nhiều , tươi .
- 6.4. Hữu cơ
 Ít , trung bình , nhiều
 Phân hủy , Bán phân hủy , K. phân hủy
 Than bùn
- 6.5. Đóm Jarosite:.....%....., dạng:.....
- 6.6. Đóm ri:.....%, dạng:....., màu:.....
- 6.7. pH(H₂O₂):.....
7. Tầng đất:..... cm, ký hiệu tầng:....., màu:....., sa cẩu:....., cấu trúc:.....
- 7.1. Tình trạng tầng đất: Khô , ẩm , ướt .
- 7.2. Độ thuận thực:.....thuận thực , bán thuận thực , không thuận thực .
- 7.3. Rẻ thực vật:....., ít , trung bình , nhiều , tươi .
- 7.4. Hữu cơ
 Ít , trung bình , nhiều
 Phân hủy , Bán phân hủy , K. phân hủy
 Than bùn
- 7.5. Đóm Jarosite:.....%....., dạng:.....
- 7.6. Đóm ri:.....%, dạng:....., màu:.....
- 7.7. pH(H₂O₂):.....
8. Tầng đất:..... cm, ký hiệu tầng:....., màu:....., sa cẩu:....., cấu trúc:.....
- 8.1. Tình trạng tầng đất: Khô , ẩm , ướt .
- 8.2. Độ thuận thực:.....thuận thực , bán thuận thực , không thuận thực .
- 8.3. Rẻ thực vật:....., ít , trung bình , nhiều , tươi .
- 8.4. Hữu cơ
 Ít , trung bình , nhiều
 Phân hủy , Bán phân hủy , Tươi
 Than bùn
- 8.5. Đóm Jarosite:.....%....., dạng:.....
- 8.6. Đóm ri:.....%, dạng:....., màu:.....
- 8.7. pH(H₂O₂):.....

Thông tin cần bổ sung: Lịch sử canh tác của vùng, hiện trạng tầng canh tác trước đây, điều kiện tưới tiêu, dự định sắp tới của người dân, năng suất T/ha v.v

Phụ lục 2: Bảng mô tả hình thái các phẫu diện đất phèn ĐBSCL năm 2015

☞ Phẫu diện đất Hồng Dân - Bạc Liêu năm 2015

Địa danh này nguyên thủy thuộc tỉnh Minh Hải trước kia, nay bao gồm một phần đất của xã Tân Phú, huyện Thới Bình (Cà Mau) và huyện Hồng Dân (Bạc Liêu). Huyện được tái lập ngày 25/9/2000 trên cơ sở tách các xã của huyện Hồng Dân đổi tên thành Huyện Phước Long. Vào những năm 1990, vùng đất này đã được người dân đào đắp bờ bao quanh ruộng của từng hộ để quản lý nước, hiện trạng canh tác chính là 1 vụ lúa vào mùa mưa và vụ tôm vào mùa khô. Cơ cấu canh tác chủ yếu trong thời gian này là mô hình lúa-tôm. Do lợi nhuận từ nuôi tôm cao hơn nhiều so với lúa, từ đó người dân trong vùng bắt đầu chuyển dần sang nuôi tôm sớm hơn đầu mùa khô và không còn canh tác lúa. Đến sau năm 2001, được sự đồng thuận từ Nhà Nước người dân đã chuyển sang mô hình chuyên tôm (dạng tôm chuyên canh, quản canh hoặc quản canh kết hợp) cho đến thời gian điều tra năm 2015. Khu vực này vào mùa mưa ngập lũ khoảng 60cm, nhưng có thể tiêu thoát nước nhờ thủy triều hàng ngày. Thủy triều di chuyển trong mùa khô cung cấp nước mặn cho canh tác tôm. Lượng mưa nơi đây khá cao, trung bình năm khoảng (1800-2000 mm), giúp rửa phèn và mặn cải thiện điều kiện đất.

Phẫu diện đất (ký hiệu HD-BL) cách khoảng 100m từ kênh Hộ Phòng về hướng Tây Nam và cách khoảng 2km so kênh Quản Lộ Phụng Hiệp theo hướng Tây Bắc, thuộc biểu loại đất phèn hoạt động nặng, nhiễm mặn (Sali-Endo-Orthi Thionic Fluvisols), độ cao 0,3 – 0,4 m, hiện trạng đất chuyên tôm, là loại đất phù sa phát triển yếu, gần thuần thực đến độ sâu 50 cm. Phẫu diện đất phân thành 04 tầng đất chính theo tầng phát sinh trong vòng độ sâu 200 cm kể từ lớp đất mặt gồm: Ah/AB, Bg1, Bj2, Cr. Tầng phèn hoạt động (chứa đốm Jarosite) xuất hiện ở độ sâu từ 50cm. Tầng chứa vật liệu sinh phèn Pypite xuất hiện ở độ sâu > 110 cm. Thời gian đào tả phẫu diện lúc đất đang nghỉ để cải tạo, sau khi xong vụ tôm, mực thủy cấp khoảng 50cm so lớp mặt.



Hình 26: Hình thái phẫu diện đất phèn Hồng Dân-Bạc Liêu năm 2015

Bảng 1: Đặc tính hình thái phẫu diện đất Hồng Dân-Bạc Liêu năm 2015

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Ap	0-10	Đất có màu xám xậm (Gley2 4/5PB); sét pha thịt; ướt; dẻo, dính; gần không thuần thực, ur; không có cấu trúc; ít tế khổng 0,5 - 1mm, ống, mở, liên tục; không cấu trúc; ít rễ thực vật mịn; chuyển tầng từ từ, gợn sóng, xuống tầng.
Ah	10-25	Đất có màu xám hơi đỏ (2.5YR 5/1); sét pha thịt; ẩm; dẻo dính trung bình; bán thuần thực, r; không cấu trúc; tế khổng trung bình, 0,5 - 1mm, ống, mở, liên tục; ít rễ thực vật tươi, hữu cơ phân hủy màu đen (Gley1 2.5/N), mật độ 2-4 %, phân bố theo ống rễ; chuyển tầng từ từ, xuống tầng.
AB	25-50	Đất có màu xám (7.5YR 5/1); sét; ẩm; đốm rỉ màu nâu vàng (10YR 4/6), mật độ đốm rỉ 2-4 % phân bố theo ống rễ thực vật; dẻo, dính; gần thuần thực, Rr; cấu trúc phát triển yếu, khối góc cạnh; nhiều tế khổng 1-2 mm, ống, mở, liên tục; ít hữu cơ phân hủy, đen (Gley1 2.5N) phân bố trong nền sét; chuyển tầng từ từ, gợn sóng, xuống tầng.
Bgj	50-80	Đất có màu xám (Gley1 6/N); sét; ẩm; đốm jarosite màu vàng rom (2.5Y8/8), mật độ <10-15%, tương phản rõ, phân bố dạng ổ tập trung, lẫn theo hệ thống ống rễ, lẫn đốm rỉ màu vàng nâu (10YR 6/8), mật độ 5-8%, phân bố theo ống rễ, kết von đốm Fe, Mn màu nâu sậm (7.5YR 5/2); dẻo, dính trung bình; gần thuần thực, Rr; cấu trúc phát triển trung bình, hình lăng trụ khi vỡ tạo thành hình khối góc khối góc cạnh; nhiều tế khổng thẳng đứng, mở, liên tục; chuyển tầng rõ, gợn sóng, xuống tầng.
Bj	80-110	Đất màu đen (Gley2 2.5/5PB); sét; ẩm; đốm jarosite màu vàng rom (2.5Y 8/8), mật độ < 6-8%, tương phản rõ, phân bố dạng ổ tập trung, lẫn theo hệ thống ống rễ, lẫn đốm rỉ màu vàng nâu (10YR 4/6), mật độ 5-8%, phân bố theo ống rễ, kết von đốm Fe, Mn màu nâu sậm (7.5YR 5/2), đường kính 2-3mm; dẻo, dính trung bình; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển trung bình, hình lăng trụ khi vỡ tạo thành hình khối góc khối góc cạnh; nhiều tế khổng thẳng đứng, mở, liên tục; chuyển tầng rõ, gợn sóng, xuống tầng.
Cj	110-140	Đất màu xám sáng (Gley2 7/5B); sét; ẩm; đốm jarosite màu vàng rom (2.5Y 8/8), mật độ 1-2%, phân bố theo ống rễ; dẻo, dính; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển yếu, hình lăng trụ; nhiều tế khổng thẳng đứng, 0,5 - 1 mm, ống, mở, liên tục; ít hữu cơ phân hủy đen, màu (Gley1 4/N); chuyển tầng từ từ, xuống tầng.
Cr	>140	Đất màu xám sáng (Gley2 7/5B); sét; ướt; rất dính, rất dẻo; gần không thuần thực, ur; không cấu trúc; nhiều tế khổng, 0,5 - 1 mm, rất ít 1-2 mm, ống, mở, liên tục; nhiều xác bã thực vật bán đến chưa phân hủy lẫn trong nền đất, đen; pH(H ₂ O ₂) = 1-2.

↵ **Phẫu diện đất Phụng Hiệp-Hậu Giang năm 2015**

Phẫu diện đất tại Phụng Hiệp-Hậu Giang thuộc vùng ngọt hóa, nằm trong vùng trũng của khu vực ĐBSCL, có địa hình thấp, độ cao trung bình dưới 2 mét so với mực nước biển, trước năm 1991 vùng chủ yếu là trồng tràm, sau đó chuyển sang mô hình canh tác 2 vụ lúa/năm cho đến thời điểm hiện tại những nơi trũng thấp của Phụng Hiệp có đầu tư hệ thống thủy lợi khép kín đã chuyển sang canh tác lúa 3 vụ/năm và năng suất ngày được cải thiện nhờ có hệ thống kênh giữ ngọt khá lớn với mật độ cao, khá thuận lợi cho việc tháo chua, rửa phèn giúp thúc đẩy sự phát triển kinh tế nông nghiệp của vùng, hệ thống kênh bao gồm: hệ thống kênh Quản Lộ-Phụng Hiệp, chảy từ phía Đông Bắc xuống phía Tây Nam; phía Tây của vùng nối liền sông Cái Lớn từ Kiên Giang chảy qua liên kết với kênh Trại Giam Kênh Năm; hệ thống kênh Tây Nam sông Hậu thuộc huyện Châu Thành, chảy từ Đông Bắc xuống Tây Nam.



Hình 27: Hình thái phẫu diện đất phèn Phụng Hiệp-Hậu Giang năm 2015

Phẫu diện (ký hiệu PH-HG) được mô tả vào ngày 07/02/2015 tại trạm thực nghiệm Hòa An thuộc xã Hòa An, huyện Phụng Hiệp, tỉnh Hậu Giang. Phẫu diện thuộc đất phèn hoạt động nặng (Epi-Orthi Thionic Fluvisols), đất tầng mặt có sự tích lũy bởi chất hữu cơ đang phân hủy, hiện trạng canh tác trồng lúa 2 vụ, đất kém phát triển, gần thuần thực từ độ sâu 25-50 cm. Tầng phèn hoạt động chứa đốm jarosite xuất hiện ở độ sâu 25-110 cm, tầng chứa vật liệu pyrite (FeS_2) xuất hiện ở độ sâu >110 cm. Trong thời gian đào tả phẫu diện đất đang canh tác lúa 30 ngày sau khi sạ, nước ngập mặt ruộng 15cm. Đặc điểm hình thái của phẫu diện đất ở Phụng Hiệp được trình bày ở (Bảng 4.2).

Bảng 2: Đặc tính hình thái phẫu diện đất Phụng Hiệp-Hậu Giang năm 2015

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Ah	0 - 30	Đất có màu xám đen (7.5YR 3/1); sét pha thịt; ướt; đốm ri màu nâu đậm (7.5YR 3/3), mật độ 2-4%; dẻo dính ít; gần thuần thực Rr; không có cấu trúc; ít tế khổng 0,5 - 1mm, ống, mở, liên tục; nhiều rễ thực vật tươi, màu nâu, nền đất xen lẫn chất hữu cơ phân hủy (8-10%) và bán phân hủy (4%); chuyển tầng từ từ, gọn sóng, xuống tầng.
Bgj1	30 - 80	Đất có màu nâu hơi xám (10YR 5/2); sét; ẩm; đốm nâu đậm (7.5YR 4/6), mật độ 3-4% kết von đốm ri Fe dạng viên, đường kính 3-4 mm, kết von đốm Fe, Mn màu nâu (7.5YR 3/4), đốm jarosite màu vàng rơm (2.5Y 8/8), mật độ 10-15%; dính, dẻo trung bình; bán thuần thực đến gần thuần thực, (r-Rr); không có cấu trúc; trung bình tế khổng, 0,5 - 1 mm, ống, mở, liên tục; lẫn vài vệt hữu cơ phân hủy đen (10YR 3/1) phân bố khếch tán trên nền sét; 2-3% hữu cơ đang phân hủy phân bố dọc theo bề mặt phẫu diện và trộn lẫn trong nền đất; chuyển tầng từ từ, xuống tầng.
Bgj2	80 - 110	Đất có màu xám (10YR 6/1); sét; ẩm; đốm nâu (7.5YR 4/4), kết von đốm ri Fe dạng viên, đường kính 1 mm; đốm farosite màu vàng rơm (2.5Y 8/6), mật độ 8-10%, phân bố dọc theo ống rễ (3-6 mm); dẻo dính trung bình; bán thuần thực r; cấu trúc phát triển yếu, khối góc cạnh; nhiều tế khổng, 0,5 - 1 mm, ống, mở, liên tục; 2-3% kết von đốm Fe, 1% Mn màu nâu (7.5YR 5/2); chuyển tầng rõ, xuống tầng.
Cr	>110	Đất có màu xám xanh (Gley2 5/5PB); sét; ướt; rất dính, rất dẻo; không cấu trúc; bán đến gần không thuần thực(r-ur); không có cấu trúc; rất ít tế khổng, 0,5 - 1 mm, ống, mở, liên tục; ít hữu cơ phân hủy và bán phân hủy lẫn trong nền đất, đen (10YR 3/1); tầng chứa vật liệu sinh phèn pH(H ₂ O ₂) = 1-2.

☞ **Phẫu diện đất Tân Thạnh - Long An năm 2015**

Vị trí đào tả phẫu diện cách khoảng 500m so với Trại giống và Dịch vụ Nông nghiệp Đồng Tháp Mười, theo đường nối thị trấn Tân Thạnh và huyện Mộc Hóa.

Phẫu diện (ký hiệu TT-LA) thuộc biểu loại đất phèn hoạt động nhẹ (Endo-Orthi Thionic Gleysols) được mô tả vào ngày 25/1/2015 tại Trạm thí nghiệm đất phèn huyện Tân Thạnh, tỉnh Long An, độ cao 0,5-1,0 m, đất trồng lúa 3 vụ, đang giai đoạn lúa làm đòng (45 ngày sau sạ), nước ngập mặt ruộng 15-20cm. Phẫu diện đất đang phát triển, thuần thực đến độ sâu 50 cm. Phẫu diện đất được phân làm 5 tầng chính theo tầng phát sinh bao gồm: Ah/AB, Bg có đốm, tầng Bgj, Cgj chứa đốm jarosite và tầng khử Cr. Đất phát triển cấu trúc trung bình ở tầng Bg. Tầng phèn hoạt động (chứa đốm Jarosite) xuất hiện ở độ sâu từ 50-120 cm. Tầng chứa vật liệu sinh phèn Pypite xuất hiện ở độ sâu >120 cm.



Hình 28: Hình thái phẫu diện đất phèn Tân Thành-Long An năm 2015

Bảng 3: Đặc tính hình thái phẫu diện đất Tân Thành-Long An năm 2015

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Ap	0-15	Đất có màu nâu xám (5YR 4/2); sét pha thịt; ướt; nhiều đóm ri màu vàng hơi đỏ (7.5YR 6/8), mật độ <1% phân bố theo ống rỗng; dính, dẻo; gần không thuần thực, ur; không cấu trúc; ít tế khổng 0,5 - 1mm, ống, mở, liên tục; nhiều rễ thực vật tươi, màu nâu, 0,5 - 1 mm và trung bình rễ 1-2 mm; chuyển tầng từ từ, gợn sóng, xuống tầng
AB	15-30	Đất có màu xám xậm (Gley1 3/N); sét; ẩm; dẻo, dính trung bình; bán thuần thực, r; cấu trúc khối góc cạnh; trung bình tế khổng, 0,5 – 1 mm, ống, mở, liên tục; ít rễ thực vật tươi, hữu cơ phân hủy màu đen (10YR2/1), mật độ 1-2%, phân bố khếch tán trên nền sét; chuyển tầng rõ bởi màu nền của tầng đất, xuống tầng.
Bg	30-50	Đất có màu xám (5YR 5/1); sét; ẩm; đóm ri màu vàng olive (2.5YR 6/8), mật độ đóm ri 2-4 % phân bố trong nền sét, theo ống rỗng thực vật, lẫn đóm ri màu nâu đậm (7.5YR 2.5/2), mật độ 1-2%; dẻo dính ít; gần thuần thực, Rr; cấu trúc phát triển trung bình, khối góc cạnh; nhiều tế khổng 1-2 mm, ống, mở, liên tục; kết von đóm ri nâu nềm, đường kính 1mm; ít hữu cơ phân hủy, đen (10YR 2.5/1); chuyển tầng từ từ, gợn sóng, xuống tầng.
Bgj	50-80	Đất có màu xám hơi đỏ (5YR 5/2); sét; ẩm; đóm ri màu nâu olive (5Y 5/6), mật độ 8-8% phân bố trong nền sét lẫn ổ tập trung, lẫn vài vệt jarosite màu vàng rom (2.5Y 8/8), lẫn đóm ri màu nâu đậm (7.5YR 2.5/2) mật độ <1%, không điển hình, phân bố dạng vệt trên nền sét; dính, dẻo

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
		ít; gán thuần thực, Rr; cấu trúc phát triển trung bình, hình lăng trụ khi vỡ tạo thành hình khối, góc khối góc cạnh; nhiều tế khổng thẳng đứng, mở, liên tục; kết von đóm đường kính 1-2 mm, mềm; ít hữu cơ, phân hủy; chuyển tầng rõ do sự chấm dứt của đóm màu, xuống tầng.
Cgj	80-120	Đất có màu xám hơi đỏ (5YR 5/2); sét; ẩm; đóm rỉ màu nâu olive (5Y 5/6), mật độ 4-5% phân bố trong nền sét lẫn ổ tập trung, lẫn vài vệt jarosite màu vàng rơm (2.5Y 8/6-8/8), mật độ <1%, không điển hình, phân bố dạng vệt trên nền sét; dính, dẻo; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển yếu, khối góc cạnh; tế khổng trung bình, 0,5 – 1 mm, ống, mở, liên tục; kết von đóm đường kính 1-2 mm, mềm; chuyển tầng rõ, phẳng xuống tầng.
Cr	>120	Đất màu xám hơi đỏ (2.5YR 5/1); sét; ướt; rất dính, rất dẻo; bán thuần thực, r; không cấu trúc; rất ít tế khổng, 0,5 – 1 mm, ống, mở, liên tục; nhiều xác bã thực vật bán, chưa phân hủy lẫn trong nền đất, đen; tầng chứa vật liệu sinh phèn pH(H ₂ O ₂) = 1-2.

↪ **Phẫu diện đất Thạnh hóa-Long An năm 2015**

Địa điểm đào tả phẫu diện thuộc xã Thủy Đông, huyện Thạnh Hóa, tỉnh Long An, (nay là ấp 1, thị trấn Thạnh Hóa, huyện Thạnh Hóa, tỉnh Long An). Cuối những năm 1930 vùng đất này rất hoan hóa, những vị trí trũng thấp thực vật năng, lát, sậy chiếm đa số. Những nơi cao ráo hơn đa phần là rừng tràm tự nhiên đã được người dân lên liếp chuyển sang trồng khoai mì, đến những năm 1960 đã phát triển thêm một số cơ cấu cây trồng khác như khoai mỡ, mía. Tuy nhiên do chiến tranh nên khai thác và canh tác diện một tích nhỏ. Sau những năm chiến tranh các mô hình canh tác trên được nhân rộng, tuy nhiên tập trung những nơi có hệ thống kênh thủy lợi tốt, dễ dàng trong việc tưới và tiêu. Lúa đã được canh tác tại vùng này trong vòng vài năm sau đó. Đến năm 1992 hiện trạng canh tác chính của vùng là khoai mỡ, khoai mì và mía được trồng trên liếp. Đối với thủy văn vùng có độ sâu ngập khoảng 60cm, nhưng có một số nơi chỉ ngập từ 30-60cm trong suốt thời gian ngập của năm. Lũ vùng này đến muộn nhưng rút chậm. Trong suốt mùa khô có thể sử dụng nước ngọt nhờ thủy triều một cách hiệu quả để cải thiện các điều kiện đất. Mùa mưa kéo dài khoảng 6 tháng. Lượng mưa trung bình năm thấp khoảng 1400-1600mm/năm. Hạn hán thường xảy ra khắp nơi trên cả vùng. Hiện trạng canh tác chính trong năm 2015 của vùng này là khoai mỡ và tràm, keo lá tràm trồng trên liếp. Những nơi đất thấp, sâu trong nội đồng có hệ thống kênh thủy lợi canh tác lúa 2 đến 3 vụ.

Phẫu diện (ký hiệu TH-LA) thuộc biểu loại đất phèn hoạt động nặng (Epi-Orthi Thionic Fluvisols) được đào và mô tả vào ngày 18/1/2015. Phẫu diện đất chứa nhiều chất hữu cơ phân hủy, bán phân hủy màu xám tối trên mặt. Tầng phèn hoạt động xuất hiện ở độ sâu 25 cm bao gồm tầng phèn hoạt động có đóm jarosite (xuất hiện ở độ sâu 25-45 cm) và tầng phèn hoạt động không đóm jarosite (tầng perdytic) xuất hiện ở sâu từ 45 đến 75 cm. Đất đang phát triển, bán thuần thực trong phẫu diện. Tầng chứa vật liệu sinh phèn (pyrite) xuất hiện ở độ sâu >75cm.

Trong thời gian đào tả phẫu diện đang canh tác khoai mỡ 20 ngày tuổi, mực thủy cấp xuất hiện ở 55cm so lớp mặt.



Hình 29: Hình khảo sát đất phèn Thạnh Hóa-Long An năm 2015

Bảng 4: Đặc tính hình thái phẫu diện đất Thạnh hóa - Long An năm 2015

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Ah	0-15	Đất có màu xám đen (5YR 4/1); sét pha thịt; ẩm; ít đốm rỉ màu vàng xám (7.5YR 6/8), phân bố theo ống rễ; chặt; gần thuần thực, Rr; không cấu trúc; ít tế khổng 0,5 - 1mm, ống, mở, liên tục; nhiều rễ thực vật tươi, mịn, màu nâu; chuyển tầng từ từ, xuống tầng.
AB	15-25	Đất có màu xám đen (7.5YR 4/1); sét; ẩm; đốm rỉ nâu đậm (7.5YR 5/8), phân bố theo ống rễ, lẫn đốm rỉ màu nâu (7.5YR 4/2); chặt; bán thuần thực, r; không có cấu trúc; trung bình tế khổng, 0,5 – 1 mm, ống, mở, liên tục; ít rễ thực vật tươi, mịn hữu cơ phân hủy lẫn trong nền đất, đen; chuyển tầng rõ bởi màu nền của tầng đất, xuống tầng.
Bgi	25-45	Đất có màu nâu xám (5YR 4/2); sét; ẩm; đốm rỉ màu nâu đậm (7.5YR 5/8), mật độ đốm rỉ 4-6 % phân bố trong nền sét lẫn ống rễ, lẫn đốm jarosite màu vàng rom (2.5Y 8/6), sắc nét, tương phản rõ, phân theo khuếch tán trong nền sét lẫn trong theo ống rễ; dính, dẻo trung bình; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển trung bình, khối góc cạnh; nhiều tế khổng 1-2 mm, ống, mở, liên tục; ít hữu cơ phân hủy, màu xám tối (7.5YR 4/1); chuyển tầng từ từ, gợn sóng, xuống tầng.
Bg	45-75	Đất có màu nâu (7.5YR 4/2); ẩm; dính, dẻo trung bình; bán thuần thực, r; không cấu trúc; trung bình tế khổng, 0,5 – 1 mm, ống, mở, liên tục; ít hữu cơ, phân hủy; chuyển tầng rõ, gợn sóng xuống tầng.

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Cr	>75	Đất màu xám đen (10YR 4/1); sét; ướt; rất dính, rất dẻo; gần không thuận thực, ur; không cấu trúc; rất ít tế khổng, 0,5 – 1 mm, ống, mở, liên tục; nhiều xác bã thực vật bán, chưa phân hủy lẫn trong nền đất, đen; pH(H ₂ O ₂) = 1-2.

↪ Phân diện đất Tân Phước-Tiền Giang năm 2015

Phân diện đất Tân Phước thuộc vùng đất phèn chua ngập nước của vùng Đồng Tháp Mười, trước đây là một vùng đất phèn hoang hóa đã phân chia cho nhiều nông trường, trạm, trại để khai hoang nhưng thất bại. Cho đến năm 1982, vùng đất này được Nông Trường Tân Lập trồng khóm thành công. Từ đó, mô hình trồng khóm được nhân rộng ra toàn vùng. Hiện nay là một vùng chuyên canh khóm có thương hiệu và đạt chuẩn VietGap 2008. Trong vùng hàng năm ngập từ tháng 10 đến tháng 12, với độ sâu ngập 40-60 cm. Thủy triều trên kênh chịu ảnh hưởng của kênh Chợ Bưng ở phía Đông Bắc của Nông Trường Tân Lập chịu chế độ nhật triều của sông Cửu Long. Vào mùa khô, mực nước trong kênh thường thấp dẫn đến khó cung cấp nước tưới.



Hình 30: Hình thái phân diện đất phèn Tân Phước – Tiền Giang năm 2015

Phân diện (ký hiệu TP-TG) thuộc biểu loại đất phèn hoạt động nhẹ (Endo-Orthi Thionic Fluvisols) mô tả vào ngày 18/1/2015 tại điểm lấy mẫu tại ấp 1, xã Tân Lập, huyện Tân Phước, tỉnh Tiền Giang (trước năm 1994 thuộc huyện Châu Thành).

Phân diện đất được phân làm 4 tầng chính theo tầng phát sinh bao gồm: Ah/AB, Bg1 có đóm, tầng Bg2 chứa đóm jarosite và tầng khử và tầng khử Cr, Đất phát triển cấu trúc trung bình ở tầng Bg1 và Bg2, Tầng phèn hoạt động (chứa đóm Jarosite điển hình) xuất hiện ở độ sâu 55 cm, Tầng chứa vật liệu sinh phèn Pypite xuất hiện ở độ sâu >130 cm (Bảng 4.5). Trong thời gian đào tả phân diện đất canh tác khóm cho trái trong giai đoạn chuẩn bị thu hoạch, mực thủy cấp xuất hiện ở 55cm so lớp mặt.

Bảng 5: Đặc tính hình thái phẫu diện đất Tân Phước-Tiền Giang năm 2015

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Ah	0-35	Đất có màu xám xạm (Gley1 3/N); sét pha thịt; ẩm; nhiều đốm ri màu vàng hơi đỏ (7.5YR 6/8), phân bố theo ống rỗng; chặt; bán thuần thực, Rr; không có cấu trúc; tế khổng trung bình 0,5 - 1mm, mở, liên tục; nhiều rễ thực vật tươi, màu nâu, 0,5 - 1 mm; nhiều hữu cơ phân hủy màu đen (5Y 4/1) lẫn trong nền sét; chuyển tầng rõ, gợn sóng, xuống tầng.
AB	35-55	Đất có màu xám (Gley1 5/N); sét; ẩm; đốm ri nâu đỏ hơi vàng (5YR 5/8), phân bố theo ống rỗng; chặt; bán thuần thực, r; không có cấu trúc; trung bình tế khổng, 0,5 – 1 mm, ống, mở, liên tục; ít rễ thực vật, hữu cơ phân hủy đen lẫn trong nền đất (5Y 4/1); chuyển tầng rõ bởi màu nền của đất, xuống tầng.
Bgj1	55-85	Đất có màu xám (5YR 5/1); sét; ẩm; đốm ri màu vàng hơi đỏ (7.5YR 6/8), mật độ đốm ri 10-15 % phân bố trong nền sét lẫn đốm, lẫn đốm jarosite màu vàng rom (2.5Y8/8) phân bố dạng ổ tập trung, mật độ 2-3%; dính, dẻo trung bình; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển trung bình, khối góc cạnh; nhiều tế khổng 1-2 mm, ống, mở, liên tục; kết von đốm ri mềm, đường kính 2-3 mm, Fe- Mn màu nâu đậm (7.5YR 3/3); ít hữu cơ phân hủy đen (Gley2 5/5 PB); chuyển tầng từ từ do sự xuất hiện của đốm jarosite, xuống tầng.
Bgj2	85-130	Đất có màu xám (5YR 6/1); sét; ẩm; đốm ri màu xám hơi hồng (7.5YR 6/2), mật độ 6-8% phân bố trong nền sét lẫn ổ tập trung, đốm jarosite màu vàng rom (2.5Y 8/6-8/8), mật độ 5-8%, tương phản rõ, phân bố theo ống rỗng lẫn khuếch tán trong nền sét; dính, dẻo trung bình; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển trung bình, khối góc cạnh; 0,5 – 1 mm, ống, mở, liên tục; kết von đốm đường kính 1-2mm, lẫn đốm Fe - Mn màu nâu đậm (7.5YR 3/3); chuyển tầng rõ do sự chám dứt của đốm màu, xuống tầng.
Cr	>130	Đất có màu xám đen (10Y R4/1); sét; ướt; rất dính, rất dẻo; gần không thuần thực, ur; không cấu trúc; rất ít tế khổng, 0,5 – 1 mm, ống, mở, liên tục; nhiều xác bã thực vật bán đến chưa phân hủy lẫn nền đất, đen; pH(H ₂ O ₂) = 1-2.

Phụ lục 3: Bảng mô tả hình thái các phẫu diện đất phèn ĐBSCL năm 1992

☞ **Phẫu diện đất Hồng Dân – Bạc Liêu năm 1992**

I. THÔNG TIN NƠI PHẪU DIỆN

1. Tên phẫu diện: HD
2. Tên đất: Đất phèn nhiễm mặn
FAO: Salic Thionic Fluvisol

USDA: Typic Sulfaquept salic

3. Ngày mô tả: 28/12/1991

4. Nhóm tác giả mô tả: Lê Văn Khoa, Đoàn Văn Thọ, Lê Quang Trí

5. Vị trí: Phẫu diện cách khoảng 100m từ kênh Hộ Phòng về hướng Tây Nam và cách khoảng 2km so kênh Quán Lộ Phụng Hiệp theo hướng Tây Bắc

6. Cao độ: 0,5 m so mực nước biển

7. Địa hình:

vị trí địa lý: vùng trũng

Địa hình bằng phẳng

8: Độ dốc: 0-2%

9. Thực vật, hiện trạng: Canh tác lúa-tôm.

10. Khí hậu: gió mùa

II. THÔNG TIN CHUNG CỦA ĐẤT

1. Mẫu chất: Đàm lầy lợ

2. Thoát nước: kém thoát nước

3. Điều kiện ẩm độ của phẫu diện: toàn phẫu diện ướt, bề mặt đất ngập khoảng 40cm trong thời gian đào hố.

4. Độ sâu mực thủy cấp: 30 cm so tầng mặt khi mô tả

5. Tác động của con người: phù sa tích tụ trên bề mặt và được lấy đi hàng năm vào mùa khô

III. BẢNG MÔ TẢ PHẪU DIỆN

Phẫu diện đất khá phát triển và sự phân tầng rất rõ. Tầng đất mặt được phù sa bồi lắng hàng năm thông qua việc lấy nước từ kênh vào đồng vào mùa khô. Đất nén chặt ở độ sâu 25 đến 50cm, tầng phèn bắt đầu từ 50cm và tầng sinh phèn pyrite xuất hiện ở độ sâu khoảng 140cm so tầng mặt.

Bảng 6: Đặc tính hình thái phẫu diện đất Hồng Dân – Bạc Liêu năm 1992

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Ap	0-10cm	Đất có màu xám xậm (5Y 4/1); thịt pha sét; ẩm; hơi dính, hơi dẻo; không cấu trúc; rễ thực vật lớn, phổ biến; chuyển tầng từ từ, phẳng xuống tầng.
Ah	10-25cm	Đất có màu xám rất xậm (5YR 3/1); thịt pha sét; ẩm; hơi dính, hơi dẻo; không cấu trúc; rễ thực vật lớn, phổ biến; nền đất xậm màu do nhiều hữu cơ bán phân hủy; chuyển tầng rõ, phẳng xuống tầng.
AB	25-50cm	Đất có màu nâu xám (10 YR 3/2); sét; ẩm; ít đốm ri màu vàng (2.5Y 6/6), rõ, phân bố dọc theo ống rễ; dính, dẻo; gần thuần thực, Rr; cấu trúc yếu, khối góc cạnh; ít tế không, ống, mở, liên tục; ít rễ thực vật lớn; chuyển tầng rõ, phẳng xuống tầng.
Bgj	50-80cm	Đất có màu xám (10YR 5/1); sét; ẩm; đốm ri màu nâu vàng (10YR 6/8) phân bố trong nền đất, phổ biến các đốm màu vàng (2.5Y 8/8), rõ, phân bố dọc theo ống rễ; rất dính, rất dẻo; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển trung bình, hình lăng trụ đến khối góc cạnh; cutan (sét và oxit sắt), phân bố theo vết nứt và vách cấu trúc; trung bình tế không, ống, mở, liên tục; kết von, mềm, màu đỏ xậm (10R 3/2), oxit mangan; ít rễ thực vật; chuyển tầng từ từ, phẳng xuống tầng.
Bj	80-110cm	Đất có màu xám (10YR 5/1); sét; ẩm; nhiều đốm màu vàng (2.5Y 8/6) phân bố vào nền đất và ống rễ; dính, dẻo; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển trung bình, hình lăng trụ đến khối góc cạnh; cutan (sét và oxit sắt), phân bố theo vết nứt và vách cấu trúc; phổ biến tế không, ống, mở, liên tục; kết von, mềm, màu đỏ sẫm (10R 3/2), oxit mangan; ít rễ thực vật; chuyển tầng từ từ, phẳng xuống tầng.

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Cj	110-140cm	Đất có màu xám (10YR 5/1); sét pha thịt; ẩm; ít đốm màu vàng (2.5Y 8/6), rỗ, phân bố vào nền đất và ống rỗng; dính, dẻo; bán thuận thực, r; cấu trúc phát triển yếu, hình lăng trụ; ít tế khổng, ống, mở, liên tục; hữu cơ đen bán phân hủy lẫn trong nền sét; chuyển tầng rỗ, phẳng xuống tầng.
Cr	>140cm	Đất có màu xám xậm (5YR 4/1); sét pha thịt; ẩm; dính, dẻo; bán thuận thực, r; không cấu trúc; hữu cơ nhiều phân hủy đến bán phân hủy màu nâu đen đến đen.

☞ **Phẫu diện đất Phụng Hiệp – Hậu Giang năm 1992**

I. THÔNG TIN NƠI PHẪU DIỆN

- Tên phẫu diện: HA
- Tên đất: Đất phèn nặng
FAO: Thionic Fluvisol
USDA: Typic Sulfaquept
- Ngày mô tả: 9/2/1991
- Nhóm tác giả mô tả: Lê Văn Khoa, Đoàn Văn Thọ, Lê Quang Trí, Trần Kim Tính
- Vị trí: Phẫu diện cách trạm thực nghiệm Hòa An khoảng 200m về hướng Tây Bắc
- Cao độ: 1 m so mực nước biển
- Địa hình: vị trí địa lý: đồng bằng
Địa hình bằng phẳng
- Độ dốc: 0-2%
- Thực vật, hiện trạng: Đất mới khai hoang cho canh tác lúa. Lúa mới sạ khoảng 2 tuần. Nước ngập bề mặt ruộng lúa khoảng 15cm.
- Khí hậu: gió mùa

II. THÔNG TIN CHUNG CỦA ĐẤT

- Mẫu chất: Đầm lầy lợ
- Thoát nước: kém thoát nước
- Điều kiện ẩm độ của phẫu diện: toàn phẫu diện ướt
- Độ sâu mực thủy cấp:
- Tác động của con người: xáo trộn và cày xới

III. BẢNG MÔ TẢ PHẪU DIỆN

Phẫu diện có tầng đất mặt sẫm màu, giàu hữu cơ, bán phân hủy. Có lớp đất cứng xuất hiện ở độ sâu khoảng 20cm. Đất có cấu trúc phát triển ở độ sâu từ 40-100cm. Đốm Jarosite xuất hiện và tập trung ở độ sâu dưới 38cm so tầng đất mặt.

IV. MÔ TẢ PHẪU DIỆN

Bảng 7: Đặc tính hình thái phẫu diện đất Phụng Hiệp – Hậu Giang năm 1992

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Ah	0-20cm	Đất có màu xám xậm (5Y 3/1) sét pha thịt; ẩm; ít đốm ri màu cam phân bố dọc theo ống rỗng; hơi dính, hơi dẻo; không cấu trúc; nhiều rễ thực vật lớn; nền đất xậm màu trộn lẫn với vật liệu hữu cơ bán phân hủy; chuyển tầng rỗ, đứt gãy xuống tầng.
AB	20-38cm	Đất có màu nâu xám (2.5Y 5/2) sét; ẩm; dính, dẻo; bán thuận thực, r; cấu trúc phát triển yếu, khối góc cạnh; rễ thực vật có kích cỡ trung bình; chuyển tầng rỗ, đứt gãy xuống tầng.
Bgj	38-90cm	Đất có màu nâu xám (2.5Y 5/2) sét; ẩm; đốm Jarosite phổ biến, màu vàng rom (2.5Y 8/6), rỗ và một ít đốm ri màu nâu xậm hơi vàng (10YR 4/6) phân bố dọc theo ống rỗng; dính, dẻo; bán thuận thực, r; cấu

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Cg ₁	90-125cm	trúc phát triển trung bình, khối góc cạnh; cutan (oxit sắt), mỏng, phân bố theo vách cấu trúc; nhiều tế khổng, ống, mở, liên tục; một ít kết von, mềm, màu nâu xám hơi vàng (10YR 4/6); rễ thực vật trung bình; chuyên tầng dần dần, đứt gãy xuống tầng.
Cr	>125cm	Đất có màu xám hơi đỏ (2.5YR 5/1) sét; ẩm; đốm Jarosite phổ biến, màu vàng (2.5Y 8/6) và một ít đốm rỉ màu nâu vàng (10YR 4/6), khuếch tán vào nền đất tại các lỗ ống rễ; dính, dẻo; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển yếu, hình lăng trụ thô khi vỡ vụn thành khối góc cạnh; ít tế khổng, ống, mở, liên tục; một ít kết von, mềm, màu nâu xám hơi vàng (10YR 4/6); ít hữu cơ thô chưa phân hủy và bán phân hủy; chuyên tầng rõ, phẳng xuống tầng.
		Đất có màu xám hơi đỏ (2.5YR 5/1) sét pha thịt; ẩm; dính, dẻo; bán thuần thực, r; không cấu trúc; ít hữu cơ bán phân hủy đến chưa phân hủy màu nâu.

☛ **Phẫu diện đất Tân Thạnh – Long An năm 1992**

I. THÔNG TIN NƠI PHẪU DIỆN

- Tên phẫu diện: TTN
- Tên đất: Phèn hoạt động nông (Thionic Fluvisol)
- Ngày mô tả: 3/3/1992
- Nhóm tác giả mô tả: Lê Quang Trí, Lê Văn Khoa, Trần Kim Tính
- Vị trí: Trạm thí nghiệm đất phèn huyện Tân Thạnh, tỉnh Long An.
- Cao độ: 1 m so mực nước biển
- Địa hình: vị trí địa lý: đồng bằng
Địa hình bằng phẳng
- Độ dốc: 0-2%
- Thực vật, hiện trạng: Cánh đồng không canh tác, cỏ chiếm đa số
- Khí hậu: gió mùa

II. THÔNG TIN CHUNG CỦA ĐẤT

- Mẫu chất: Trầm tích lợ
- Thoát nước: Không thoát nước tốt
- Điều kiện ẩm độ của phẫu diện: trên 50cm tầng mặt ẩm dưới 50 cm trở xuống dưới ướt
- Độ sâu mực thủy cấp: 60cm tại thời điểm mô tả
- Tác động của con người: đất bỏ hoang

III. BẢNG MÔ TẢ PHẪU DIỆN

Có màu nâu xám tại 10cm và màu đen sậm bên dưới ở 10-30cm, tầng phèn (sulfuric) với đốm Jarosite tại độ sâu từ 50-115cm, đất sét đến sét nặng, cấu trúc phát triển trung bình ở tầng B. Rễ thực vật tươi tập trung nhiều trong khoảng 30 cm tầng mặt.

IV. MÔ TẢ PHẪU DIỆN

Bảng 8: Đặc tính hình thái phẫu diện đất Tân Thạnh – Long An năm 1992

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Ap	0-15cm	Đất có màu xám hơi đỏ (2.5YR 5/2) sét; ẩm; đốm rỉ phổ biến màu nâu sẫm vàng (10YR 4/6), khuếch tán vào nền đất; chặt; không cấu trúc; nhiều rễ thực vật lớn và trung bình; chuyên tầng đột ngột, gợn sóng xuống tầng
Ah	15-30cm	Đất có màu nâu xám xám (10YR 3/2) thịt pha sét; ẩm; chặt; cấu trúc yếu, khối góc cạnh; ít tế khổng, ống, mở, liên tục; ít rễ thực vật có kích cỡ trung bình; chuyên tầng đột ngột, phẳng xuống tầng.

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Bg	30-50cm	Đất có màu xám nâu sáng (10YR 6/2) sét; âm; xuất hiện nhiều đốm ri màu olive nâu sáng (2.5 Y 5/4), rỗ; hoi dính, hoi dẻo; cấu trúc yếu, khối góc cạnh; tế khổng phổ biến, ống, mở, liên tục; ít rễ thực vật có kích cỡ trung bình; chuyển tầng từ từ, phẳng xuống tầng.
Bgj	50-80cm	Đất có màu nâu hơi xám (10YR 5/2) sét nặng; ướt; nhiều đốm màu vàng olive (2.5Y 6/8), rỗ và ít đốm Jarosite màu vàng rom (2.5Y 8/6), khuếch tán vào bề mặt đất; dính, dẻo; cấu trúc trung bình, hình lăng trụ đến khối góc cạnh; nhiều tế khổng, ống, mở, liên tục; đốm ri kết von, mềm, màu nâu đen xám (10YR 2/2), oxit mangan; chuyển tầng từ từ, phẳng xuống tầng.
Cgj	80-115cm	Đất có màu nâu hơi xám (10YR 5/2) sét nặng; ướt; một ít đốm màu vàng olive (2.5Y 6/8), rỗ và đốm Jarosite màu vàng rom (2.5Y 8/6), khuếch tán vào nền đất; dính, dẻo; cấu trúc yếu, hình lăng trụ đến khối góc cạnh; dẻo dính khi ướt, nhiều tế khổng, ống, mở, liên tục; một ít đốm ri kết von, mềm, màu nâu đen xám (10YR 2/2), oxit mangan; chuyển tầng đột ngột, phẳng xuống tầng.
Cr	>115cm	Đất có màu xám đen (10YR 4/1) sét; ướt; dính, dẻo; nhiều tế khổng, ống, mở, liên tục.

☞ **Phẫu diện đất Thạnh Hóa – Long An năm 1992**

I. THÔNG TIN NƠI PHẪU DIỆN

- Tên phẫu diện: TTH3
- Tên đất: Phèn hoạt động nông (Thionic Fluvisol)
- Ngày mô tả: 2/3/1992
- Nhóm tác giả mô tả: Lê Quang Trí, Trần Kim Tính, Lê Văn Khoa
- Vị trí: Xã Thủy Đông, huyện Thạnh Hóa, tỉnh Long An. Phẫu diện cách cầu Bến Kè khoảng 500m, cùng hướng tuyến đường nối từ Thị Trấn Tân An và huyện Tân Thạnh
- Cao độ: 1 m so mực nước biển
- Địa hình: vị trí địa lý: đồng bằng
Địa hình bằng phẳng
- Độ dốc: 0-2%
- Thực vật, hiện trạng: Cỏ năng, tràm chiếm đa số trên vùng đất tự nhiên. khoai lang, khoai mì, mía là cơ cấu cây trồng chính của vùng
- Khí hậu: gió mùa

II. THÔNG TIN CHUNG CỦA ĐẤT

- Mẫu chất: Trầm tích lợ
- Thoát nước: Không thoát nước tốt
- Điều kiện ẩm độ của phẫu diện: ẩm ướt quanh năm
- Độ sâu mực thủy cấp: 30cm tại thời điểm mô tả
- Tác động của con người: Có sự cải tạo của con người

III. BẢNG MÔ TẢ PHẪU DIỆN

Phẫu diện có tầng đất mặt rất sậm, chứa nhiều vật liệu hữu cơ bán phân hủy. Tầng Sulfuric bao gồm 2 phần: phần phèn hoạt động (Jarosite) có đốm màu vàng rom nằm bên trên, phần không có (Jarosite) nằm bên dưới của tầng B. Cấu trúc của đất là sét, sự phát triển cấu trúc đất của tầng B yếu, rễ thực vật tươi tập trung đa số trong vòng 25cm trở lên.

IV. MÔ TẢ PHẪU DIỆN

Bảng 9: Đặc tính hình thái phẫu diện đất Hồng Dân – Bạc Liêu năm 1992

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
----------	-------------	-------

Ah	0-15cm	Đất có màu xám rất xậm (10YR 3/1); sét; ướt; dính, dẻo; không cấu trúc; rễ thực vật lớn phổ biến, chuyển tầng đột ngột, phẳng xuống tầng
Bg	15-25cm	Đất có màu xám nâu sáng (10YR 6/2) sét; ướt; nhiều đốm màu vàng nâu (10YR 6/8) khuếch tán vào nền đất; dính, dẻo; cấu trúc yếu, khối góc cạnh; ít tế không, ống, mở, liên tục; đốm kết von màu đen mềm (7.5YR 4/2), oxit mangan; rễ thực vật trung bình phổ biến; chuyển tầng rõ, khuếch tán xuống tầng
Bgj	25-45cm	Đất có màu nâu xám (5YR 4/2) sét; ướt; một ít đốm rỉ vàng nâu (10YR 6/8), khuếch tán vào nền đất, phổ biến đốm Jarosite màu vàng rom (2.5 YR 6/8), rõ; dính, dẻo; cấu trúc yếu, lắng trụ thô đến khối góc cạnh; ít tế không, ống, mở, liên tục; ít đốm kết von màu đen mềm (7.5YR 4/2), oxit mangan; phổ biến rễ thực vật, chuyển tầng từ từ, phẳng xuống tầng
BC	45-75cm	Đất có màu nâu (7.5YR 4/2) sét; ướt; dính, dẻo; ; ít tế không, ống, mở, liên tục; rễ thực vật ít; chuyển tầng đột ngột, phẳng xuống tầng
Cr	> 75cm	Đất có màu xám đen (10YR 4/1) sét; ướt; dính, dẻo; ít tế không, ống, mở, liên tục; một ít rễ thực vật lớn.

↪ **Phẫu diện đất Tân Phước – Tiền Giang năm 1992**

I. Thông tin vị trí mô tả

1. Số phẫu diện: TL

2. Tên đất: Đất phèn nặng

FAO: Thionic Fluvisoil

USDA: Typic Sulfaquepts

3. Ngày mô tả: ngày 1 tháng 3 năm 1991

4. Người mô tả: Trần Kim Tính, Lê Quang Trí, Lê Văn Khoa

5. Vị trí

Nông trường khóm Tân Lập thuộc Huyện Châu Thành tỉnh Tiền Giang (nay thuộc huyện Tân Phước, tỉnh Tiền Giang). Phẫu diện tọa lạc tại vị trí cách 1km về hướng đông của nông trường, cách khoảng 200m tính từ con đường nối giữa nông trại và quốc lộ 1

6. Cao độ

- Có cao độ khoảng 1m so mực nước biển

7. Dáng đất

- Vị trí địa chất: đồng bằng

- Địa hình xung quanh: bằng phẳng

- Vi địa hình: đất liếp

8. Độ dốc tại phẫu diện: phẳng

9. Thực vật hay sử dụng đất

Cây trồng đang cách tác là khóm (giống Queen) 3 năm tuổi. Đang được triển khai trồng thử nghiệm ngoài đồng. Hiện tại, giống này đang được trồng thử nghiệm ngoài đồng. Những thí nghiệm này đang thử nghiệm về giống, liều lượng phân bón và cách quản lý đất. Trước đây, các nông trường sử dụng từ 3-4 g urê trên mỗi cây và một số lượng nhiều về phân lân và kali. Huy vọng thông qua các thí nghiệm có thể biết được liều lượng bón phân hợp lý. Năng suất khóm thu được trung bình khoảng 18-20 tấn/ha.

10. Khí hậu: gió mùa

II. THÔNG TIN CHUNG VỀ ĐẤT

1. Mẫu chất:

2. Thoát nước tốt

3. Điều kiện ẩm độ của phẫu diện: - 50-0cm khô, 0-33cm ẩm và sâu hơn 55cm ướt

4. Mực thủy cấp: 110cm

5. Sự hiện diện của đá bề mặt, lộ đá: không

6. Chứng cứ xói mòn: không

7. Sự hiện diện của muối hay kiềm: không

8. Tác động của con người: Đất đã được lên liếp năm 1989

III. BẢNG MÔ TẢ PHẪU DIỆN

Tầng trên 50cm là tầng đất liếp. Nó đã được đào xới, thoát nước tốt, màu nâu khi khô và sậm màu khi ướt. Tầng mặt gốc có màu xám đen; tầng B có màu xám và trở nên xám hơn ở sâu xuống bên dưới phẫu diện; màu xám rất xậm ở tầng C. Trên tầng đất liếp là hỗn hợp nhiều cục đất vừa và lớn; đất có cấu trúc phát triển yếu; Các hạt đất mịn xuất hiện ở độ sâu từ 30-50cm và những hạt lớn hơn được tìm thấy sâu hơn trong phẫu diện từ 55-90cm và trở nên nhỏ hơn xuống sâu bên dưới phẫu diện. Chỉ hiện diện một ít lỗ hổng có kích cỡ vừa đến lớn ở tầng đất mặt. Có rất nhiều tế khổng nhỏ đến vừa xuất hiện ở độ sâu từ 33-90cm nhưng giảm dần ở tầng sâu bên dưới. Tầng B rất xốp bởi chứa nhiều đốm đỏ và vàng nhưng các đốm này giảm dần theo chiều sâu của phẫu diện; Jarosite xuất hiện ở vị trí độ sâu khoảng 70cm; không thấy sự hình thành cutan; không có rễ thực vật sống trong phẫu diện ngoại trừ tầng đất liếp; không tìm thấy hoạt động sống của động vật.

IV. MÔ TẢ PHẪU DIỆN

Bảng 10: Đặc tính hình thái phẫu diện đất Tân Phước – Tiền Giang năm 1992

Tầng đất	Độ sâu (cm)	Mô tả
Ah	0-30cm	Đất có màu đen (7.5YR 2/1) sét đến sét nặng; ẩm; chặt; bán thuần thực, r; không cấu trúc; tế khổng trung bình, ống, mở liên tục; nhiều rễ thực vật lớn phổ biến; chuyển tầng dần dần, gợn sóng xuống tầng.
AB	30-45cm	Đất có màu xám nâu sáng (10YR 6/2) sét đến sét nặng; ẩm; chặt; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển yếu khối góc cạnh; tế khổng trung bình, ống, mở liên tục; ít rễ thực vật có kích cỡ lớn, chuyển tầng từ từ, gợn sóng xuống tầng.
Bg	45-70cm	Đất có màu đen (7.5YR 2/1) sét nặng; ẩm; rỗ, ít đốm ri màu đỏ sẫm (10R 3/4) phân bố trong nền đất, nhiều đốm màu vàng nâu, rỗ nổi bật và một ít đốm màu vàng olive (2.5 Y 8/6) khuếch tán vào nền đất; chặt; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển trung bình khối góc cạnh; tế khổng trung bình, ống, mở liên tục; một ít kết von đốm ri mềm, màu nâu đen (10R 2.5/1); chuyển tầng đột ngột, phẳng xuống tầng.
Bgj	70-90cm	Đất có màu nâu (7.5YR 4/2) sét nặng; ẩm; trung bình đốm ri màu nâu vàng (10YR 6/8) và một ít jarosite màu vàng rom (2.5Y 6/8), rỗ; dính, dẻo; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển yếu, khối góc cạnh; tế khổng trung bình, ống, mở liên tục; một ít kết von, mềm, màu nâu đen (10R 2.5/1); chuyển tầng từ từ, phẳng xuống tầng.
Bj	90-130cm	Đất có màu nâu (7.5YR 4/2) sét nặng; ướt; phổ biến đốm jarosite màu vàng rom (2.5Y 6/8), rỗ; dính, dẻo; bán thuần thực, r; cấu trúc phát triển yếu, khối góc cạnh; tế khổng trung bình, ống, mở liên tục; rất ít kết von, mềm, màu nâu đen (10R 2.5/1); chuyển tầng từ từ, phẳng xuống tầng.
Cr	>130cm	Đất có màu xám rất xậm (10YR 3/1) thịt pha sét; ướt; rất dính, rất dẻo; bán thuần thực, r; không cấu trúc; tế khổng trung bình, ống, mở liên tục;

Phụ lục 4: Tính chất lý-hóa học của đất ở 05 địa điểm khảo sát đất phèn phục vụ cho Hội thảo đất phèn thế giới lần 4, tổ chức tại TP. Hồ Chí Minh, tháng 03-năm 1992) (The Fourth International Symposium on Acid Sulfate Soils in Ho Chi Minh city, 1992) (4th_ISSASS)

STT	Địa điểm	Tên tầng	Độ sâu (cm)	pH-H ₂ O	EC (mS/cm)	OM (%)	P-Bray2 (mg P ₂ O ₅ /kg)	Al ³⁺	Acid tổng	Fe ₂ O ₃ %	Cation trao đổi (cmol kg ⁻¹)			Thành phần cấp hạt (%)			Phân loại WRB
											K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	cát	thịt	sét	
1	Hồng Dân	Af	0-10														Thionic Fluvisols
		Ah	10-25	4.82	3.30	10.57	2.40	2.75	5.62	0.85	1.04	1.52	22.58	1.31	48.96	49.72	
		AB	25-50	3.65	3.00	3.91	1.90	5.00	7.87	0.57	0.28	0.67	9.95	4.12	52.58	43.29	
		Bgj	50-80	3.50	3.20	2.52	2.00	8.00	11.02	0.54	0.19	0.76	3.33	4.23	51.35	43.41	
		Bj	80-110	3.50	3.30	1.69	3.70	7.75	9.90	0.28	0.10	0.84	13.08	1.65	53.74	44.61	
		Cj	110-140	3.48	3.60	2.32	4.10	12.25	17.10	0.70	0.06	1.30	14.12	1.20	39.96	58.83	
		Cr	>140	4.18	3.00	3.14	2.50	0.00	0.00	0.69	0.08	1.85	26.29	1.43	40.84	57.72	
2	Phụng Hiệp	Ah	0-20	4.18	1.50	12.92	1.60	9.75	10.81	0.55	0.27	0.67	3.14	1.04	53.48	45.49	Thionic Fluvisols
		AB	20-38	4.03	0.90	7.8	1.60	12.50	14.33	0.24	0.21	0.53	0.94	1.05	59.75	39.2	
		Bgj1	38-45	3.81	0.93	1.68	4.10	12.25	13.86	0.90	0.28	0.59	0.93	2.95	59.65	37.38	
		Bgj2	45-90	3.51	1.28	0.91	2.5	10.75	13.63	0.11	0.21	0.56	9.25	1.88	37.08	61.05	
		Cgj	90-125	3.74	1.76	1.32	6.10	10.25	11.28	1.05	0.2	0.75	2.8	1.24	36.53	62.24	
		Cr	>125	3.47	2.90	2.64	4.60	12.25	14.57	1.04	0.05	1.02	1.25	2.31	72.28	25.4	
3	Tân Thạnh	A	0-30	3.87	0.90	7.48	5.00	14.00	14.57	0.29	0.16	0.42	0.32	2.06	57.23	40.72	Thionic Fluvisols
		Bg	30-50	3.86	0.71	0.92	4.40	11.50	13.16	0.55	0.26	0.51	0.27	1.69	36.06	62.25	
		Bgj	50-80	3.45	0.87	1.27	2.00	11.75	14.57	0.95	0.27	0.58	0.3	4.86	34.71	60.4	
		Cgj	80-115	3.61	1.05	1.89	5.10	14.00	14.80	0.36	0.35	0.65	0.28	1.63	36.08	62.29	
		Cr	>115	2.95	4.00	6.32	0.70	30.00	47.47	1.74	0.01	0.71	0.08	0.76	67.92	31.31	

STT	Địa điểm	Tên tầng	Độ sâu (cm)	pH-H ₂ O	EC (mS/cm)	OM (%)	P-Bray2 (mg P ₂ O ₅ /kg)	Al ³⁺	Acid tổng	Fe ₂ O ₃ %	Cation trao đổi (cmol kg ⁻¹)			Thành phần cấp hạt (%)			Phân loại WRB
											K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	cát	thịt	sét	
4	Thanh Hóa	Ah	0-15	3.95	0.85	9.78	4.9	8.50	9.40	1.61	0.32	0.52	1.86	7.32	65.24	27.43	Thionic Fluvisols
		Bg	15-25	3.77	0.52	2.21	1.50	8.50	9.40	0.80	0.69	0.39	0.70	9.78	35.28	54.95	
		Bgj	25-45	3.84	0.50	4.37	4.20	9.50	11.80	0.77	0.38	0.44	3.60	6.12	57.79	37.10	
		BC	45-75	4.02	0.60	11.27	3.60	11.30	13.60	0.26	0.31	0.52	0.95	4.12	45.43	50.44	
		Cr	>75	2.67	7.20	20.91	1.50	35.80	78.50	2.26	0.03	0.60	0.16	0.71	60.82	34.48	
5	Tân Phước	Ah	0-30	3.51	1.27	6.05	4.8	20.00	22.09	0.48	0.14	0.17	3.14	1.71	55.64	42.63	Thionic Fluvisols
		AB	30-45	3.51	1.27	6.05	4.8	20.00	22.09	0.48	0.14	0.17	3.14	1.71	55.64	42.63	
		Bg	45-70	3.26	1.05	0.59	1.30	13.25	14.57	1.08	0.18	0.10	0.94	18.41	28.35	53.25	
		Bgj	70-90	3.27	1.03	1.32	1.00	11.00	14.10	1.09	0.14	0.10	5.13	6.32	43.40	50.28	
		Bj	90-130	3.40	1.00	5.05	5.30	12.00	14.57	0.85	0.24	0.19	1.18	4.45	61.93	33.59	
		Cr	>130	2.73	4.50	14.19	1.60	24.00	42.30	1.50	0.04	0.07	1.01	9.73	55.24	35.01	

Phụ lục 5: Số liệu thống kê ảnh hưởng phân N, P và K đến thành phần năng suất và năng suất lúa vụ HT trên đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Nghiệm thức	Chiều cao (cm)	Số bông m ²	Số hạt bông ⁻¹	Tỉ lệ hạt chắc (%)	Trọng lượng 1000 hạt (g)	Năng suất thực tế (tấn ha ⁻¹)
Hòn Đất	NPK	79,7a	527,7a	57,4a	81,2a	25,7a	4,28a
	NP	75,4a	521,7a	52,1a	78,9a	25,1a	4,15a
	NK	75,9a	484,3a	49,1a	78,3a	23,6b	3,92a
	PK	68,9b	410,0b	32,2b	70,3ab	23,7b	2,95b
	FFP	78,8a	520,0a	49,8a	65,6b	25,8a	4,20a
Phụng Hiệp	NPK	89,6a	459,3a	85,2a	64,0	25,6a	3,60a
	NP	89,1a	464,7a	73,8ab	65,5	25,8a	3,57a
	NK	94,9a	407,0b	86,9a	62,4	24,4b	3,45a
	PK	81,1b	390,3b	63,9b	63,3	24,1b	2,28b
	FFP	87,8ab	455,3a	82,4a	68,9	25,5a	3,72a
Hồng Dân	NPK	84,6a	637,0a	69,7a	82,5ab	25,3	5,52a
	NP	89,1a	593,7a	72,4a	83,2ab	25,7	5,46a
	NK	86,3a	593,0a	64,3a	81,6ab	24,4	5,48a
	PK	77,1b	515,3b	53,0b	85,5a	25,4	3,60b
	FFP	90,3a	625,3a	69,6a	78,0b	25,5	5,19a
Tháp Mười	NPK	85,5ab	656,0a	102,0a	86,5	26,5	5,98a
	NP	88,3a	459,2b	93,4ab	80,5	25,8	5,27a
	NK	79,7b	496,1b	72,1bc	77,9	25,7	5,17a
	PK	72,7c	426,4b	56,3c	81,7	26,5	3,55b
	FFP	80,3b	469,5b	78,2abc	76,4	26,3	4,79ab
CV _{Hòn Đất} (%)		4,12	6,87	12,31	4,66	3,21	10,45
CV _{Phụng Hiệp} (%)		4,29	3,08	10,12	8,96	6,67	5,87
CV _{Hồng Dân} (%)		3,63	3,82	9,12	7,71	3,40	7,37
CV _{Tháp Mười} (%)		3,94	10,48	17,53	13,71	8,14	13,87
F _{Hòn Đất}		*	**	**	*	**	*
F _{Phụng Hiệp}		*	**	*	ns	*	*
F _{Hồng Dân}		**	**	*	*	ns	*
F _{Tháp Mười}		**	**	*	ns	ns	*

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (***) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê

Phụ lục 6: Số liệu thống kê ảnh hưởng phân N, P và K đến thành phần năng suất và năng suất lúa vụ ĐX trên đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Nghiệm thức	Chiều cao (cm)	Số bông m ²	Số hạt bông ⁻¹	Tỉ lệ hạt chắc (%)	Trọng lượng 1000 hạt (g)	Năng suất thực tế (tấn ha-1)
Hòn Đất	NPK	80,0a	617,7a	58,0a	91,2a	26,7	7,51a
	NP	80,2a	583,8a	60,2a	90,0ab	25,6	7,35a
	NK	82,6a	596,9a	61,6a	84,8b	26,1	7,30a
	PK	70,2b	506,6b	47,0b	85,0b	25,2	5,31b
	FFP	82,2a	603,2a	62,4a	88,6ab	26,3	7,36a
Phụng Hiệp	NPK	91,5a	517,4a	77,6a	80,5	26,0	7,36a
	NP	89,3a	504,8a	78,8a	83,3	25,6	7,23a
	NK	89,8a	505,5a	71,0a	80,2	25,6	7,26a
	PK	78,4b	431,2b	57,8b	81,2	25,7	5,14b
	FFP	91,7a	528,0a	82,2a	80,4	26,2	7,35a
Hồng Dân	NPK	94,2a	694,1a	88,9a	88,7	29,1	8,88a
	NP	92,8a	656,1a	84,4ab	86,0	28,6	8,50a
	NK	91,8a	654,4a	84,2ab	85,3	28,1	8,54a
	PK	80,2b	561,0b	72,8b	84,0	29,3	6,65b
	FFP	92,3a	679,1a	86,2a	85,6	29,3	8,87a
Tháp Mười	NPK	99,0a	777,3a	127,8a	85,5	29,0	8,07a
	NP	93,8ab	696,0ab	99,6b	89,5	27,8	7,20a
	NK	88,1b	726,7a	72,0c	81,8	27,5	7,67a
	PK	84,8b	586,7b	65,5c	84,6	27,6	5,51b
	FFP	86,7b	686,7ab	83,8bc	81,4	28,7	7,14a
CV _{Hòn Đất} (%)		5,10	3,94	4,66	3,21	5,44	4,61
CV _{Phụng Hiệp} (%)		4,16	5,10	8,96	6,67	9,43	4,20
CV _{Hồng Dân} (%)		5,87	3,46	7,71	3,40	8,45	5,20
CV _{Tháp Mười} (%)		5,36	8,16	13,71	8,14	4,16	6,88
F _{Hòn Đất}		*	**	**	*	ns	**
F _{Phụng Hiệp}		*	**	*	ns	ns	**
F _{Hồng Dân}		*	**	*	ns	ns	**
F _{Tháp Mười}		**	*	**	ns	ns	**

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (***) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê

Phụ lục 7: Số liệu thống kê Ảnh hưởng bón lân phối trộn Avail đến thành phần năng suất và năng suất lúa vụ HT trên đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Nghiệm thức	Chiều cao (cm)	Số bông m ²	Số hạt bông ⁻¹	Tỉ lệ hạt chắc (%)	Trọng lượng 1000 hạt (g)	Năng suất thực tế (tấn ha ⁻¹)
Hòn Đất	0P	79,5	481,7b	36,2	80,6	25,8	3,91
	30P	75,0	527,3ab	34,7	75,0	25,8	3,93
	60P	77,4	608,7a	34,7	81,5	25,7	3,9
	30P+Avail	74,4	619,0a	37,4	81,0	25,7	4,26
Phụng Hiệp	0P	74,7b	405,7b	74,0b	63,7	25,7	3,03 ^b
	30P	78,1b	414,7b	72,7b	62,2	25,7	3,02 ^b
	60P	89,3a	463,0ab	85,9a	62,7	25,7	3,61 ^{ab}
	30P+Avail	87,9a	545,7a	82,3a	62,2	25,7	3,9 ^a
Hồng Dân	0P	89,0	599,7	75,2	85,2	25,8	5,52
	30P	88,3	496,7	76,2	86,3	25,7	5,64
	60P	85,5	634,3	72,0	85,9	25,7	5,58
	30P+Avail	88,3	603,3	76,5	85,1	25,7	5,61
Tháp Mười	0P	80,3	546,7 ^b	60,2 ^c	77,4	26,1	3,9 ^b
	30P	82,0	690,7 ^a	92,0 ^{ab}	81,5	26,1	4,4 ^a
	60P	81,5	693,3 ^a	70,2 ^{bc}	81,1	26,5	4,3 ^a
	30P+Avail	79,8	685,3 ^a	97,6 ^a	85,9	25,9	4,4 ^a
CV _{Hòn Đất} (%)		4,30	8,8	15,8	3,6	1,3	12,13
CV _{Phụng Hiệp} (%)		4,36	9,8	4,6	4,7	1,3	10,08
CV _{Hồng Dân} (%)		4,91	20,7	4,52	4,9	4,2	7,36
CV _{Tháp Mười} (%)		6,0	6,5	13,7	8,9	4,1	3,92
F _{Hòn Đất}		ns	*	ns	ns	ns	ns
F _{Phụng Hiệp}		**	*	*	ns	ns	*
F _{Hồng Dân}		ns	ns	ns	ns	ns	ns
F _{Tháp Mười}		ns	*	*	ns	ns	*

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (**) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê.

Phụ lục 8: Số liệu thống kê ảnh hưởng bón lân phối trộn Avail đến thành phần năng suất và năng suất lúa vụ ĐX trên đất phèn ĐBSCL

Địa điểm	Nghiệm thức	Chiều cao (cm)	Số bông m ²	Số hạt bông ⁻¹	Tỉ lệ hạt chắc (%)	Trọng lượng 1000 hạt (g)	Năng suất thực tế (tấn ha ⁻¹)
Hòn Đất	0P	79,0	580,3 ^b	51,8 ^b	88,0	26,4	7,73
	30P	75,7	669,9 ^a	60,1 ^{ab}	86,7	26,4	7,50
	60P	79,0	632,5 ^{ab}	66,6 ^a	88,4	25,6	7,99
	30P+Avail	77,3	628,3 ^{ab}	60,6 ^{ab}	88,7	25,9	7,21
Phụng Hiệp	0P	80,1	489,3	73,2 ^b	79,1	24,5	7,31
	30P	84,0	478,7	87,1 ^a	82,0	25,0	7,12
	60P	95,6	506,7	87,9 ^a	81,3	24,4	7,21
	30P+Avail	93,2	513,3	78,7 ^b	81,5	24,8	7,36
Hồng Dân	0P	90,1	393,3 ^b	97,6	87,9	29,7	8,22
	30P	90,3	522,7 ^{ab}	127,7	88,2	27,9	8,18
	60P	87,3	650,7 ^a	93,3	85,1	27,9	9,00
	30P+Avail	86,7	649,3 ^a	102,8	88,5	29,6	8,31
Tháp Mười	0P	90,0	575,3	77,5 ^b	82,7	31,1	7,59
	30P	100,3	616,0	105,4 ^a	81,7	28,6	7,76
	60P	96,4	590,0	105,5 ^a	83,7	27,6	7,92
	30P+Avail	101,9	584,0	107,4 ^a	92,2	28,2	8,48
CV _{Hòn Đất} (%)		3,35	6,51	10,60	4,39	4,96	6,20
CV _{Phụng Hiệp} (%)		16,58	11,26	9,95	4,95	5,30	7,16
CV _{Hồng Dân} (%)		2,84	15,43	10,54	5,57	5,40	8,28
CV _{Tháp Mười} (%)		5,87	10,70	9,65	11,65	4,47	8,16
F _{Hòn Đất}		ns	*	*	ns	ns	ns
F _{Phụng Hiệp}		ns	ns	*	ns	ns	ns
F _{Hồng Dân}		ns	*	ns	ns	ns	ns
F _{Tháp Mười}		ns	ns	*	ns	ns	*

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (***) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê.

Phụ lục 9: Số liệu thống kê ảnh hưởng bón NPK đến sinh khối khô các bộ phận cây lúa vụ HT và ĐX trên đất phèn ĐBSCL

+ Vụ HT

Nghiệ m thức	Hòn Đất		Phụng Hiệp		Hồng Dân		Tháp Mười	
	Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt
	(tấn ha ⁻¹)							
NPK	4,58 ^{ab}	3,63 ^a	4,32 ^a	3,05 ^{ab}	6,64 ^a	4,67 ^a	6,40 ^a	5,10 ^a
NP	5,03 ^a	3,55 ^a	4,33 ^a	3,05 ^{ab}	6,61 ^a	4,66 ^a	6,38 ^a	4,53 ^a
NK	4,61 ^{ab}	3,28 ^a	4,05 ^{ab}	2,88 ^b	6,44 ^a	4,58 ^a	6,08 ^a	4,36 ^a
PK	3,47 ^c	2,53 ^b	2,68 ^c	1,95 ^c	4,23 ^b	3,10 ^b	4,18 ^b	3,06 ^b
FFP	4,28 ^b	3,61 ^a	3,79 ^b	3,20 ^a	6,52 ^a	4,48 ^a	4,88 ^{ab}	4,15 ^{ab}
CV (%)	6,8	7,5	5,8	4,5	5,5	7,0	15,0	14,7
F	**	**	**	**	**	**	*	*

+ Vụ ĐX

Nghiệ m thức	Hòn Đất		Phụng Hiệp		Hồng Dân		Tháp Mười	
	Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt
	(tấn ha ⁻¹)							
NPK	4,58 ^{ab}	3,63 ^a	4,32 ^a	3,05 ^{ab}	6,64 ^a	4,67 ^a	6,40 ^a	5,10 ^a
NP	5,03 ^a	3,55 ^a	4,33 ^a	3,05 ^{ab}	6,61 ^a	4,66 ^a	6,38 ^a	4,53 ^a
NK	4,61 ^{ab}	3,28 ^a	4,05 ^{ab}	2,88 ^b	6,44 ^a	4,58 ^a	6,08 ^a	4,36 ^a
PK	3,47 ^c	2,53 ^b	2,68 ^c	1,95 ^c	4,23 ^b	3,10 ^b	4,18 ^b	3,06 ^b
FFP	4,28 ^b	3,61 ^a	3,79 ^b	3,20 ^a	6,52 ^a	4,48 ^a	4,88 ^{ab}	4,15 ^{ab}
CV (%)	6,8	7,5	5,8	4,5	5,5	7,0	15,0	14,7
F	**	**	**	**	**	**	*	*

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (***) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê.

Phụ lục 10: Số liệu thống kê ảnh hưởng bón lân phối trộn Avail đến sinh khối khô các bộ phận cây lúa vụ HT và ĐX trên đất phèn ĐBSCL

Vùng phèn	Nghiệm thức	Sinh khối khô vụ HT (tấn ha-1)		Sinh khối khô vụ ĐX (tấn ha-1)	
		Thân, lá	Hạt	Thân, lá	Hạt
Hòn Đất	0P	4,16	3,40	6,73	7,06
	30P	4,24	3,48	6,58	6,93
	60P	4,05	3,34	6,88	7,07
	30P+Avail	4,43	3,64	6,32	6,52
Phụng Hiệp	0P	3,23b	2,66b	6,26	6,52
	30P	3,15b	2,59b	6,23	6,44
	60P	3,75ab	3,13ab	6,28	6,40
	30P+Avail	4,06a	3,34a	6,46	6,67
Hồng Dân	0P	5,66	4,66	6,97	7,60
	30P	6,03	4,95	7,19	7,64
	60P	5,76	4,74	7,92	8,26
	30P+Avail	5,98	4,94	7,23	7,60
Tháp Mười	0P	6,08	5,00	6,68	7,18
	30	5,98	4,92	6,86	7,24
	60	6,37	5,26	6,73	7,11
	30P+Avail	6,17	5,07	7,46	7,77
CV _{Hòn Đất} (%)		12,10	11,90	6,5	6,4
CV _{Phụng Hiệp} (%)		10,20	9,70	7,0	8,8
CV _{Hồng Dân} (%)		7,40	7,40	6,9	7,7
CV _{Tháp Mười} (%)		4,20	4,00	9,6	10,3
F _{Hòn Đất}		ns	ns	ns	ns
F _{Phụng Hiệp}		*	*	ns	ns
F _{Hồng Dân}		ns	ns	ns	ns
F _{Tháp Mười}		ns	ns	ns	*

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% (***) và 5% (*); ns: không có khác biệt ý nghĩa thống kê.

Phụ lục 10. Một số hoạt động khảo sát đất và thí nghiệm lúa



