

ĐẶC TÍNH ĐẤT PHÈN NHIỄM MẶN VÀ CÁC GIẢI PHÁP CẢI TẠO TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

Nguyễn Tân Xuân Tuyền^{1,2}, Nguyễn Thanh Bình^{1,*}, Thái Vũ Bình²

TÓM TẮT

Hiện nay, hai vấn đề mang tính toàn cầu đang được quan tâm hàng đầu là biến đổi khí hậu và an ninh lương thực. Biến đổi khí hậu làm tăng quá trình xâm nhập mặn từ đó làm mặn hóa đất sản xuất nông nghiệp, làm giảm năng suất cây trồng và ảnh hưởng đến tình hình an ninh lương thực toàn cầu. Đất phèn nhiễm mặn là một nhóm đất có diện tích khá lớn trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Do ảnh hưởng của quá trình phèn hóa và mặn hóa, nhóm đất này có nhiều đặc tính làm hạn chế sinh trưởng và phát triển của thực vật, do đó cần phải được nghiên cứu và cải thiện. Mục tiêu của nghiên cứu này là tổng quan các kết quả nghiên cứu mới nhất về các tính chất vật lý và hóa học cũng như hiệu quả của các giải pháp cải tạo đất phèn nhiễm mặn trên thế giới và ở Việt Nam. Kết quả cho thấy, đây là loại đất phèn bị nhiễm mặn do sự xâm nhập của nước biển. Do đó đất có chứa hàm lượng axit cao (tính phèn) và hàm lượng muối lớn (tính mặn). Điều này dẫn đến các đặc tính thứ cấp là đất có độ dẫn điện (EC) cao, nồng độ Na^+ và Cl^- cao (tính mặn) và nồng độ H^+ lớn, hàm lượng các độc chất Al, Fe cao và thiếu photpho dễ tiêu (tính phèn). Có nhiều giải pháp cải tạo đất phèn nhiễm mặn và than sinh học là một trong số các vật liệu hữu cơ thân thiện môi trường có tiềm năng cải tạo tốt. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nhằm nâng cao sức sản xuất của đất phèn nhiễm mặn, việc ứng dụng các loại vật liệu thân thiện môi trường như than sinh học, vôi, phân hữu cơ và một số giải pháp cải tạo khác là cần thiết để khắc phục được những hạn chế trên của đất phèn nhiễm mặn.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu toàn cầu, đất phèn nhiễm mặn, giải pháp cải tạo.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu là tình trạng thay đổi các thông số khí hậu như nhiệt độ diễn ra trong khoảng thời gian dài [1]. Biến đổi khí hậu xảy ra do sự tích lũy nồng độ khí CO_2 và các khí gây hiệu ứng nhà kính trong khí quyển. Hàm lượng các khí có gốc C như CO_2 và methane trong khí quyển và hàm lượng carbon hữu cơ trong đất (Soil organic carbon - SOC) có mối quan hệ chặt chẽ với nhau. Khi hàm lượng SOC trong đất tăng lên thì nồng độ khí có gốc carbon trong khí quyển có thể sẽ giảm xuống thông qua quá trình tách carbon (carbon sequestration). Carbon hữu cơ trong đất ảnh hưởng đến độ phì nhiêu của đất và sản xuất nông nghiệp và việc lưu trữ SOC cũng có thể giảm thiểu

sự gia tăng CO_2 trong khí quyển. Mặt khác, biến đổi khí hậu còn có thể làm tăng cường độ xâm nhập mặn từ đó mặn hóa các vùng đất canh tác nông nghiệp và ảnh hưởng đến năng suất cây trồng và an ninh lương thực toàn cầu.

Đến năm 2021 có khoảng 50% đất phèn phân bố rộng rãi ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới và chiếm phần lớn diện tích đất canh tác trên thế giới [2]. Tính đến năm 2016, tổng diện tích đất thế giới bị ảnh hưởng bởi quá trình nhiễm mặn khoảng 1 tỷ ha, bao gồm hơn 20% diện tích đất canh tác được tưới tiêu, với xu hướng gia tăng qua từng năm [3]. Tính đến năm 2021, con số này ước tính là 424 triệu ha đất mặt (0-30 cm) và 833 triệu ha đất ở tầng sâu hơn (30-100 cm) [4]. Sự xâm nhập mặn kéo theo ảnh hưởng kép, làm tăng diện tích đất phèn nhiễm mặn trên thế giới [5]. Đất nhiễm mặn làm mất đi 0,3-1,5 triệu ha đất nông nghiệp hàng năm trên toàn cầu và làm giảm năng suất của 20-46 triệu ha [6].

¹ Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý môi trường, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh

² Trung tâm Quản lý nước và Biến đổi khí hậu, Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

* Email: nguyenthanhb@iuh.edu.vn

Việt Nam có 1,8 triệu ha đất nhiễm phèn, chiếm 5,5% diện tích đất đai toàn quốc và các tỉnh vùng đồng bằng sông Cửu Long chiếm 1,6 triệu ha [7]. Trong khi đó, đất mặn và nhiễm mặn có khoảng 0,74 triệu ha, chiếm khoảng 19% tổng diện tích đất đồng bằng sông Cửu Long [7].

Hiện nay, dưới tác động của biến đổi khí hậu làm tăng quá trình xâm nhập mặn cùng với các giải pháp cải tạo đất chưa thực sự hiệu quả đã làm gia tăng diện tích đất bị nhiễm phèn, nhiễm mặn trên thế giới và ở Việt Nam, đặc biệt là các khu vực ven biển. Các đặc tính của loại đất này có thể thay đổi phức tạp theo thời gian và không gian làm hạn chế hiệu quả của các giải pháp cải tạo. Do đó, nhóm đất phèn nhiễm mặn có nhiều đặc tính gây bất lợi cho quá trình phát triển của thực vật. Nghiên cứu này tổng quan các kết quả nghiên cứu mới nhất về các tính chất vật lý và hóa học cũng như hiệu quả của các giải pháp cải tạo đất phèn nhiễm mặn trên thế giới và ở Việt Nam. Từ đó đề xuất các giải pháp về quản lý nhóm đất này cũng như thảo luận các hướng nghiên cứu tiếp theo phục vụ cải tạo, nâng cao sức sản xuất của nhóm đất phèn nhiễm mặn ở Việt Nam.

2. SỰ HÌNH THÀNH ĐẤT PHÈN NHIỄM MẶN TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

Biến đổi khí hậu làm thay đổi chế độ mưa, chế độ dòng chảy của các sông gây ngập lụt và xâm nhập mặn sâu vào đất liền. Tình trạng xâm nhập mặn ở khu vực ven biển cũng sẽ làm thu hẹp diện tích đất nông nghiệp. Xâm nhập mặn làm cho diện tích đất canh tác giảm, từ đó hệ số sử dụng đất có thể giảm từ 3-4 lần/năm xuống còn 1-1,5 lần/năm. Nếu nước biển dâng cao thêm 1 m thì khoảng 1,77 triệu ha đất sẽ bị nhiễm mặn, chiếm 45% diện tích đất ở đồng bằng sông Cửu Long và ước tính rằng, có khoảng 85% người dân ở vùng đồng bằng sông Cửu Long cần được hỗ trợ về nông nghiệp [1]. Do đó, loại đất phèn nhiễm mặn là loại đất với bản chất là đã có tính phèn và bị nhiễm mặn do sự xâm nhập của nước biển, lúc này đất vừa có tính chất phèn (tính axit cao, pH thấp) vừa có tính mặn (EC cao). Đất phèn được hình thành khi các lớp đất sulfidic tiếp xúc với điều kiện hiếu khí, các sulfua bị oxy hóa, dẫn đến sự hình thành axit sulfuric và do đó đất bị axit hóa nghiêm trọng (pH 2,5-4,5).

Độ chua làm tăng tính di động và rửa trôi kim loại từ các khoáng chất trong đất [8]. Đất phèn có thể bị mặn hóa và hình thành loại đất phèn nhiễm mặn bởi các nguyên nhân khác nhau, bao gồm sự gia tăng của nước ngầm bị nhiễm mặn, tưới tiêu nước mặn, bón phân và phong hóa đá chứa muối [9, 10].

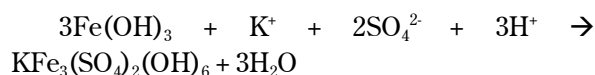
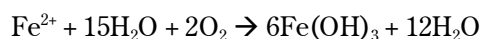
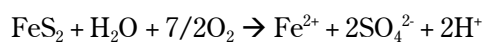
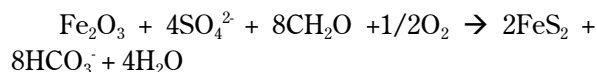
Hiện nay, dưới tác động của biến đổi khí hậu cộng với các giải pháp cải tạo đất kém hiệu quả đã và đang làm gia tăng diện tích đất phèn bị nhiễm mặn. Đây được xem là vấn đề khó khăn nhất trong sản xuất nông nghiệp nói chung và sản xuất lúa nói riêng. Quá trình mặn hóa những năm gần đây khi phong trào nuôi tôm trở nên phổ biến, người dân phá đê ngăn mặn để đưa nước mặn vào nuôi tôm khiến đất bị nhiễm mặn trong suốt thời vụ nuôi. Đất phèn tại các tỉnh ven biển khu vực đồng bằng sông Cửu Long (Tiền Giang, Bến Tre, Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau, Kiên Giang) còn có thể bị mặn hóa do điều kiện địa lý phần lớn là vùng bán đảo, ven biển, chịu ảnh hưởng thường xuyên của triều cường xâm nhập vào đất liền (sự xâm nhập mặn ở mỗi vùng là khác nhau). Bên cạnh đó, chế độ mưa cũng ảnh hưởng đáng kể đến quá trình mặn hóa đất phèn. Vào mùa khô, việc xâm nhập mặn xảy ra mạnh hơn do thiếu lượng nước ngọt từ thượng nguồn đổ xuống để đẩy nước mặn từ biển xâm nhập vào.

3. TÍNH CHẤT ĐẤT PHÈN NHIỄM MẶN

3.1. Tính phèn

Tính phèn có trong đất phèn nhiễm mặn thể hiện ở độ chua của đất, chủ yếu là do tiến trình hình thành đã sản sinh ra lượng axit sulfuric. Ngoài ra, tính phèn trong đất phèn nhiễm mặn còn thể hiện ở hàm lượng lưu huỳnh lớn, lượng sắt và nhôm cao, hàm lượng CaCO_3 thấp, nghèo phospho dễ tiêu. Một số tính chất khác của đất phèn bao gồm vi sinh vật hoạt động khó khăn, quá trình phân huỷ chất hữu cơ gặp trở ngại, hạn chế giải phóng chất dinh dưỡng trong đất, cây trồng sinh trưởng kém và thường đạt năng suất thấp. Lượng S trong xác thực vật trong điều kiện yếm khí và sự hiện diện của Fe sẽ phản ứng và hình thành FeS_2 (Pyrite). Quá trình oxy hóa FeS_2 tạo ra một lượng axit lớn, từ đó làm cho đất chua, có giá trị pH thấp. Ngoài ra, quá trình này đồng thời giải phóng ra

một lượng nhôm (Al^{3+}) và sắt (Fe^{2+}) gây độc hại cho cây trồng. Quá trình hình thành phèn trong đất phèn nhiễm mặn:



Các quá trình trên xảy ra khi có sự tham gia của các vi khuẩn khử sulfate và vi khuẩn Thiobacillus Ferrooxydans. Theo thời gian, do quá trình trầm tích phù sa, cốt đất ngập mặn phèn tiềm tàng mỗi ngày một cao dần, ảnh hưởng ngập nước triều ngày một giảm đi. Quá trình khử oxy trong đất ngày càng yếu và quá trình oxy hóa trong đất ngày càng mạnh, đất phèn tiềm tàng mặn chuyển thành đất phèn hoạt động mặn [11].

3.2. Tính mặn

Tính mặn có trong đất phèn nhiễm mặn là trong đất có tồn tại các loại muối hòa tan ở một nồng độ cao hơn mức bình thường, gây ảnh hưởng xấu đến sự sinh trưởng và phát triển của cây trồng [12]. Đại lượng EC (dS/m) là độ dẫn điện dùng để đánh giá độ mặn của đất. Clorua, natri và magie là các loại ion muối hòa tan phổ biến nhất xuất hiện trong đất phèn nhiễm mặn. Natri và clorua là các ion chiếm tỉ lệ nhiều nhất trong đất phèn nhiễm mặn. Ngoài ra, có một số loại muối tan thường gặp là NaCl , Na_2SO_4 , CaCl_2 , CaSO_4 , MgCl_2 , NaHCO_3 ... Các loại muối này có nguồn gốc khác nhau (lục địa, biển, sinh vật...), nhưng nguồn gốc nguyên thủy của chúng là từ các thành phần khoáng của đá núi lửa. Ở nước ta, sự có mặt của tính mặn có trong đất phèn nhiễm mặn chủ yếu là do tình trạng xâm nhập mặn từ biển, nước biển theo các đường sông, nước ngầm và hệ thống cống rãnh vào sâu trong nội địa. Hiện tượng trương và co lại của đất phèn nhiễm mặn là do sự xuất hiện của ion Na^+ dẫn tới khả năng tán keo trong đất của ion Na^+ và pH có khuynh hướng hơi kiềm (do chứa nhiều ion kiềm Na^+), đồng thời áp suất thẩm thấu của dung dịch cao, gây cản trở cho sự hấp thụ

nước và dinh dưỡng của cây trồng [13]. Bên cạnh đó, do tổng số muối tan tỷ lệ thuận với áp suất thẩm thấu trong dung dịch đất nên độ mặn càng lớn áp suất thẩm thấu càng mạnh dẫn đến sự hấp thụ nước của cây trồng bị ảnh hưởng nặng và là nguyên nhân phần lớn cây trồng thường không sinh trưởng và phát triển được ở những nơi đất có độ mặn cao [9].

3.3. Tính phèn mặn

Tính phèn mặn có trong đất phèn nhiễm mặn được định nghĩa là đất vừa có tính chất phèn (tính axit cao, pH thấp) vừa có tính mặn (EC cao) [14]. Quá trình oxy hóa các sulfua tồn tại trong lớp sulfidic có thể tạo thành axit sulfuric, làm giảm giá trị pH của đất. Ngoài ra, sự hình thành axit sulfuric có thể hòa tan sắt (Fe), nhôm (Al) và một số kim loại khác [15], làm cho đất có chứa các nguyên tố gây độc cho thực vật. Căn cứ độ sâu xuất hiện tầng phèn (Jarosite) và sinh phèn (Pyrite), có thể chia ra hai nhóm đất có tính phèn mặn với mức độ hạn chế khác nhau. Các kết quả nghiên cứu về tính chất đất được trình bày trong bảng 1, 2, 3 và 4 [11].

Đất phèn hoạt động mặn: là loại đất của vùng ẩm ướt, thoát nước kém đến tốt, có tầng đất thay đổi theo mùa, bị mất Fe, Al và bazơ nhưng vẫn còn khoáng phong hóa. Hệ thống canh tác trên nền đất này thông thường là hệ thống canh tác nông nghiệp, cụ thể là trồng trọt: lúa, hoa màu (chuyên canh hoặc luân canh lúa - màu). Tiêu chuẩn phân loại là không có vật liệu sulfidic trong vòng 50 cm đất mặt, pH đất thấp (thường nhỏ hơn 3 hoặc 4). Các đặc tính bất lợi của đất phèn hoạt động mặn phải kể đến như pH thấp gây hại trực tiếp cho cây và ảnh hưởng gián tiếp đến sự hòa tan của Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} và độ hữu dụng của lân. Triệu chứng ngộ độc do Al^{3+} biểu hiện qua lá có màu vàng cam ở đầu các lá rìa, sau đó xuất hiện các đốm nâu, dẫn đến sự thiếu lân trầm trọng. Nồng độ Fe^{2+} hòa tan vượt quá 300-400 ppm gây độc cho lúa. Bảng 1, 2 trình bày tính chất vật lý và tính chất hóa học của đất phèn hoạt động mặn; thời điểm lấy mẫu phân tích vào mùa mưa trong tình trạng ngập.

Bảng 1. Tính chất vật lý của đất phèn hoạt động mặn [11]

Độ sâu (cm)	Dung trọng (g/cm ³)	Tỷ trọng (g/cm ³)	Độ xốp (%)	Thành phần cấp hạt (%)			
				2,0 - 0,2 mm	0,2 - 0,02 mm	0,02 - 0,002 mm	< 0,002 mm
0-18	0,64	2,33	72,53	2,1	14,1	35,2	48,6
18-35	1,14	2,55	55,29	1,1	14,2	28,8	55,9
35-70	1,06	2,59	59,07	4,8	19,6	17,8	57,8
70-94	0,73	2,46	70,33	0,6	16,9	24,4	58,1
95-125	0,78	2,45	68,16	4,5	18,6	32,0	44,9

Dung trọng, tỷ trọng tăng dần ở độ sâu từ tầng mặt 0-70 cm sau đó giảm xuống (Bảng 1). Độ xốp của đất phèn hoạt động mặn thấp nhất ở 2 tầng, từ

18-35 cm và từ 35-70 cm. Thành phần cấp hạt của đất phèn hoạt động mặn ở mức ổn định, đặc biệt là từ 0,2-0,02 mm.

Bảng 2. Tính chất hóa học của đất phèn hoạt động mặn [11]

Độ sâu (cm)	P dễ tiêu (mg/100 g đất)	Độ chua (cmol(+)/kg)	pH		EC (dS/m)	Cation trao đổi (cmol(+)/kg đất)			CEC (cmol(+)/kg)	SO ₄ ²⁻ (%)
	P ₂ O ₅	Trao đổi	H ₂ O	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
0-18	8,57	7,72	4,2	3,8	0,55	2,24	1,10	0,20	16,08	0,06
18-35	0,88	13,31	3,7	3,4	0,25	1,74	1,42	0,22	9,80	0,07
35-70	0,21	15,05	3,4	3,2	0,23	1,01	1,16	0,26	18,56	0,25
70-95	0,44	17,05	3,4	3,2	0,35	1,37	1,63	0,37	13,68	0,28
95-125	1,34	153,6	2,4	2,3	4,20	1,16	1,47	0,09	10,96	0,24

Chỉ số độ chua trao đổi và độ chua tiềm tàng trong đất phèn hoạt động mặn cao dần theo chiều sâu của phẫu diện (Bảng 2). Đối với pH_{KCl} và pH_{H2O} thấp 2,3 và 2,4 ở độ sâu từ 95-125 cm tương ứng. Độ mặn của đất phèn hoạt động mặn được đánh giá là mặn trung bình (4,20 dS/m) ở độ sâu từ 95-125 cm, điều này cho thấy đất phèn ở tầng càng sâu thì nhiễm mặn càng cao, đặc biệt là đất phèn ở dọc ven các bờ biển.

Hàm lượng Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ không chênh lệch lớn ở các tầng ở độ sâu từ 0-125 cm. CEC (tỷ lệ các cation trao đổi) trong đất cao nhất 18,56 cmol(+)/kg ở độ sâu 35-70 cm và thấp nhất 9,80 cmol(+)/kg ở độ sâu 18-35 cm. Thông số SO₄²⁻ có xu hướng tăng dần theo chiều sâu ở các tầng đất của đất phèn hoạt động mặn.

Bảng 3. Tính chất vật lý của đất phèn tiềm tàng mặn [11]

Độ sâu (cm)	Dung trọng (g/cm ³)	Tỷ trọng (g/cm ³)	Độ xốp (%)	Thành phần cấp hạt (%)			
				2,0 - 0,2 mm	0,2 - 0,02 mm	0,02 - 0,002 mm	< 0,002 mm
0-20	0,64	2,40	73,33	0,4	35,6	12,4	51,6
25-35	0,59	2,44	75,82	2,4	13,5	30,7	53,4
35-65	0,71	2,49	71,49	2,3	11,2	34,3	52,2
65-90	0,20	1,81	88,95	10,8	23,7	20,1	45,4
90-125	1,00	2,57	61,09	0,2	8,8	28,3	62,7

- *Đất phèn tiềm tàng mặn*: Đất được tạo thành chủ yếu do sự hiện diện của vật liệu Pyrite (FeS_2), chất khoáng này thường chiếm 2-10% trong đất. Phần lớn đất phèn tiềm tàng mặn được phân bố dọc bờ biển, các vấn đề trở ngại chủ yếu là độ mặn cao; khi nước biển ít xâm nhập mặn, đất bị oxy hóa rất mạnh và gây chua; đất không có cấu trúc; khả năng thấm rút cao; khó giữ nước từ thủy triều; đất phèn tiềm tàng mặn chứa tỷ lệ sét lớn khoảng 60%; đất phèn tiềm tàng mặn thường dày các chất hữu

cơ nhưng chứa nhiều độc tố như Cl^- , SO_4^{2-} , Al^{3+} . Bảng 3 và 4 trình bày tính chất vật lý và tính chất hóa học của đất phèn tiềm tàng mặn.

Dung trọng, tỷ trọng có xu hướng tăng theo chiều sâu của phẫu diện từ tầng mặt đến độ sâu 125 cm (Bảng 3). Độ xốp và độ ẩm của đất phèn tiềm tàng mặn cao nhất là 88,95% và 82,3% tương ứng ở độ sâu 65-95 cm. Thành phần cấp hạt của đất phèn tiềm tàng mặn ở mức ổn định đặc biệt là từ $< 0,0002$ mm.

Bảng 4. Tính chất hóa học của đất phèn tiềm tàng mặn [11]

Độ sâu (cm)	P dễ tiêu (mg/100 g đất)	Độ chua (cmol(+)/kg)	pH		EC (dS/m)	Cation trao đổi (cmol(+)/kg đất)			CEC (cmol(+)/kg)	SO_4^{2-} (%)
	P_2O_5	Trao đổi	H_2O	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		
0-20	5,22	0,32	6,1	5,7	4,4	1,08	3,01	8,24	23,12	0,18
25-35	6,21	8,42	5,4	4,9	4,3	1,22	3,55	7,12	22,80	1,01
35-65	7,60	22,65	3,1	2,8	4,4	1,01	4,85	7,25	17,12	1,30
65-90	1,80	14,34	3,4	3,1	6,9	1,68	4,66	6,68	16,23	2,83
90-125	8,08	6,18	4,2	3,7	3,4	1,26	2,96	7,22	19,36	0,58

Hàm lượng P dễ tiêu (P_2O_5) của đất phèn tiềm tàng mặn biến thiên từ 1,8-8,08 ở các tầng phẫu diện (Bảng 4). Chỉ số độ chua trao đổi trong đất phèn tiềm tàng mặn lần lượt là 22,64 cmol(+)/kg ở độ sâu 35-65 cm. Đối với $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ cao nhất là 6,1 ở độ sâu từ 0-20 cm và thấp nhất là 3,1 ở độ sâu 35-65 cm. Theo kết quả phân tích cho thấy, có thể ở độ sâu này phèn hoạt động mặn hoặc bán hoạt động mặn chiếm ưu thế hơn là phèn tiềm tàng mặn. Điều này cho thấy, ở độ chua của đất phèn tiềm tàng mặn là không đáng kể. Độ mặn của đất phèn hoạt động mặn được đánh giá là mặn trung bình (6,9 dS/m) ở độ sâu từ 65-90 cm, điều này cho thấy đất phèn ở tầng càng sâu thì nhiễm mặn càng cao, đặc biệt là đất phèn ở dọc ven các bờ biển.

Hàm lượng Na^+ cao nhất là 8,24 cmol(+)/kg ở tầng mặt (0 - 20 cm) và thấp nhất là 6,68 cmol(+)/kg ở độ sâu 65 - 90 cm. CEC (tỷ lệ các cation trao đổi) trong đất có xu hướng giảm từ 23,12 - 16,23 ở độ sâu 0 - 90 cm và tăng trở lại (19,36) ở độ sâu 90 - 125 cm. Thông số SO_4^{2-} của đất phèn tiềm tàng mặn cao nhất (2,83%) và thấp nhất (0,58%) ở độ sâu 65 - 90 cm và 90 - 125 cm tương ứng.

4. ẢNH HƯỞNG CỦA ĐẤT PHÈN NHIỄM MẶN ĐẾN NĂNG SUẤT VÀ SINH TRƯỞNG CÁC LOẠI CÂY TRỒNG

Đất phèn nhiễm mặn có thể làm thay đổi carbon (C) trong đất, chu trình dinh dưỡng và gây bất lợi cho sự phát triển của hệ sinh vật, thực vật trong đất và đe dọa các chức năng của hệ sinh thái trên cạn như sản lượng sơ cấp thuần và sự phong phú của loài [16]. Bón vôi với các vật liệu giàu Ca^{2+} và Mg^{2+} là phương pháp cải tạo đất phổ biến trên toàn thế giới [17]. Nhiều đất canh tác bị mất đi do quá trình công nghiệp hóa hoặc bị mất tác dụng do ô nhiễm hoặc do thâm canh. Do đó, điều này nhấn mạnh rõ ràng tầm quan trọng của sức khỏe và độ phì nhiêu của đất để đạt được tính bền vững trong sản xuất cây trồng [2].

Đất phèn nhiễm mặn có hàm lượng lưu huỳnh tổng số rất cao (0,18-2,83%), dẫn đến độ chua rất thấp, SO_4^{2-} hòa tan, Al^{3+} và Fe^{3+} khá cao, đặc biệt trong tầng đất có chứa vật liệu sinh phèn hay tầng phèn [18, 19]. Trong thực tế, sự oxy hóa và khử luân phiên theo mùa càng thúc đẩy quá trình hóa chua, khi đất phèn nhiễm mặn tiềm tàng bị khai thác và xới xáo sẽ làm chuyển hóa và phát sinh

lượng Fe^{3+} lớn, khi đó đất phèn nhiễm mặn tiềm tàng nhanh chóng chuyển hóa thành đất phèn nhiễm mặn hoạt động. Độ mặn trong đất phèn nhiễm mặn tiềm tàng ở rừng ngập mặn khá cao ở những phẫu diện đất phèn nhiễm mặn hoạt động, hàm lượng Cl^- có trị số cao (0,2-0,28%) ở tầng đất mặt [19]. Về các chỉ tiêu độ phì của đất phèn nhiễm mặn thường không cân đối, hàm lượng chất hữu cơ rất cao so với các loại đất khác, nhất là đất phèn nhiễm mặn tiềm tàng (9-10% OM) tầng mặt [11]. Hàm lượng đạm tổng số ở các tầng mặt vào loại giàu (0,15-0,25%) [11]. Hàm lượng lân tổng số ngược lại chỉ có giá trị từ nghèo đến rất nghèo (0,049%) [11]. Tình trạng trên dẫn đến sự thiếu hụt nghiêm trọng lân dễ tiêu trong đất. Vì vậy, cây trồng trên nền đất này thường còi cọc, tốc độ sinh trưởng và phát triển chậm, dễ chết nếu độ mặn quá cao.

Tầng sinh phèn và tầng phèn rất nông chỉ cách mặt đất vài chục cm (30-50 cm), nhiều nơi phát hiện ngay ở tầng mặt, hàm lượng lưu huỳnh (vật liệu sinh phèn) và độc tố Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al^{3+} rất cao [13]. Đặc biệt, cần lưu ý đối với khai thác nguồn tài nguyên hệ thực vật đa dạng như hệ thực vật rừng tự nhiên (Chà là, Ráng, Giá, Mắm, Dà vôi...) tất cả đều sống trên vùng đất ít ngập nước và hệ thực vật rừng trồng (Chà là và Ráng, Dừa lá) trồng ở vùng đất phèn mặn và nước lợ [7, 20]. Ngoài ra, hàm lượng muối cao trong đất phèn nhiễm mặn càng làm cho đất trở nên phức tạp và diễn biến rất nhanh chóng theo chiều hướng bất lợi cho sản xuất, cũng như môi trường khi điều kiện tự nhiên thay đổi [19]. Các vấn đề trên cho thấy, các yếu tố hóa học trong đất phèn nhiễm mặn là mối nguy tiềm tàng làm cho hệ thực vật sinh trưởng và phát triển kém dần dẫn đến sự mất đa dạng của hệ thực vật. Vì vậy, cần có các nghiên cứu và cải tạo các thành phần hóa học của đất phèn nhiễm mặn giúp cải thiện sự sinh trưởng của thực vật đồng thời đề xuất được các hướng sử dụng đất phèn nhiễm mặn một cách hiệu quả nhất.

5. CÁC GIẢI PHÁP CẢI TẠO

- Rửa đất [7]

Rửa đất là cho nước vào ngập đất và sau đó cho mức nước hạ dần xuống, nước chảy ra khỏi

đất sẽ mang theo các chất muối và các độc tố như Al và Fe cũng như lượng H^+ , SO_4^{2-} . Kết quả của việc rửa đất là lượng muối và các độc tố sẽ giảm xuống. Rửa đất có kết hợp đào mương, lên liếp sẽ cho hiệu quả tốt hơn, tuy nhiên độ sâu và độ dày của tầng phèn là hai yếu tố tiên quyết để quyết định có hay không thực hiện giải pháp này. Nhược điểm của giải pháp này là làm cho đất mất dinh dưỡng. Hiệu quả của tiến trình rửa đất phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố và cần thời gian dài. Tuy nhiên, đây là một biện pháp có hiệu quả để cải tạo đất phèn nhiễm mặn.

- Quản lý mực thủy cấp [7]

Ở vùng ngập theo triều trong mùa khô, giải pháp này là việc duy trì chế độ nước tự nhiên của vùng. Chế độ nước ngọt trong mùa mưa và nước mặn trong mùa khô sẽ gây cản trở sự chua hóa do quá trình oxy hóa trong mùa khô trên đất hoặc ngăn cản sự oxy hóa Pyrite trên đất phèn tiềm tàng mặn. Vì vậy, luôn giữ mực nước trên bề mặt đất để hạn chế sự xuất hiện oxy và oxy hóa Pyrite để chuyển đất phèn tiềm tàng lên đất phèn hoạt động.

- Bón vôi [21-23]

Khi bón vôi vào đất tạo thuận lợi cho việc loại bỏ yếu tố mặn, đệm độ pH trong đất, tháo nước ngọt vào để rửa mặn, bổ sung chất hữu cơ. Sau khi bón vôi cho đất nên bón thêm phân xanh, phân hữu cơ có tác dụng làm tăng lượng mùn cho đất, giúp vi sinh vật phát triển, giúp đất tươi xốp, giảm tỉ lệ sét, tăng tỷ lệ hạt limon, hạt keo. Tuy nhiên, vôi có thể trung hòa đất axit, độ axit trong sulfidic và pha loãng độ axit, kim loại và phi kim loại.

- Bố trí cây trồng thích hợp [24, 25]

Bố trí cơ cấu cây trồng thích hợp là một biện pháp nhằm khai thác và sử dụng đất phèn nhiễm mặn một cách hiệu quả nhất. Trên cơ sở các đặc tính chất lượng đất đai ảnh hưởng đến các kiểu sử dụng đất đã được thực hiện và việc trồng rừng trên vùng đất ngập mặn thường xuyên vẫn là biện pháp tốt nhất cho việc bảo vệ môi trường và tài nguyên thiên nhiên vùng biển.

- Giảm thiểu sự xáo trộn hoặc thoát nước [18]

Ngăn ngừa quá trình oxy hóa sulfidic của đất phèn nhiễm mặn bao gồm thiết kế các hoạt động

để giảm thiểu nhu cầu khai thác hoặc xáo trộn đất bằng cách đào xới nông để thực hiện các biện pháp thoát nước hoặc nền móng và tránh hạ độ sâu nước ngầm có thể dẫn đến tiếp xúc với đất. Ngoài ra, để giảm nguy cơ xáo trộn cần cách nhiệt oxy nhằm ngăn chặn quá trình oxy hóa sulfidic bằng cách phủ một lớp không thấm nước (ví dụ như đất sét).

- Ứng dụng tách cơ học [18]

Giải pháp này dựa trên nguyên lý dùng hydrocyclone để tách khoáng chất sulfua khỏi vật liệu sulfidic, tiếp theo là xử lý khoáng chất sulfua trong môi trường yếm khí nhằm giảm thiểu số lượng, diện tích bề mặt có thể bị oxy hóa, sự xâm nhập của mưa, các biện pháp kiểm soát nước mưa, kiểm soát xói mòn và xử lý dòng chảy (lọc). Ngoài ra, cần chọn giống thực vật có khả năng chịu phèn và mặn, áp dụng thêm các biện pháp ngăn ngừa sự mao dẫn phèn mặn, các kỹ thuật canh tác đặc biệt... nhằm tăng cường khả năng thoát nước ở tầng đất dưới.

- Cải tạo bằng than sinh học

Than sinh học là một chất rắn, giàu carbon hữu cơ, có thể tồn tại trong đất hàng nghìn năm và được sử dụng như một chất cải tạo đất. Than sinh học có thể được sản xuất từ các phụ phẩm nông nghiệp, từ các chất thải hữu cơ. Than sinh học có hàm lượng carbon cao và đặc tính xốp giúp đất giữ nước, dưỡng chất và bảo vệ vi khuẩn có lợi cho đất. Than sinh học có sự kết hợp chặt chẽ giữa các nguyên tố H, N, O, P, S trong các vòng thơm, chính điều này tạo ra ái lực điện tử của than, ảnh hưởng đến khả năng trao đổi cation (CEC) [26]. Diện tích bề mặt của than quyết định bản chất của sự tương tác giữa than sinh học với các hạt đất, chất hữu cơ hòa tan, khí, vi sinh vật và nước trong đất [27]. Than sinh học như một chất hấp phụ có nhiều ưu điểm, chẳng hạn như thân thiện với môi trường, chi phí thấp và dễ sử dụng; các loại tiền chất khác nhau có sẵn rất nhiều để được chuyển đổi thành than sinh học, nó cũng có tiềm năng tái chế và khả năng hấp phụ cao hơn so với các loại thông thường khác chất hấp phụ.

Khi bón vào đất, than sinh học làm thay đổi môi trường lý, hóa tính của đất, ảnh hưởng tới các

tính chất cũng như sự tồn tại, phát triển của vi sinh vật trong đất [28]. Mức độ hóa mùn của phân hữu cơ đạt kết quả cao hơn khi than sinh học được bón cùng. Sự phát triển hệ vi sinh vật hữu ích khu trú trên than sinh học, góp phần cải thiện cân bằng vi sinh học đất theo hướng có lợi, quyết định đến năng suất cây trồng và hệ sinh thái đồng ruộng [29]. Mức giảm đo được trong EC của đất mặn 84%, 83% và 82%, tương ứng là than sinh học, phân trộn chất rắn sinh học và chất thải xanh phân trộn so với đất đối chứng (không thêm hàm lượng than sinh học) đã chứng minh độ dẫn thủy lực của đất tạo điều kiện thuận lợi cho việc rửa mặn [30]. Ngoài ra, than sinh học còn làm thay đổi các thành phần hấp phụ ion, lưu giữ các muối trên bề mặt than sinh học và chứa muối trong các lỗ xốp mịn làm giảm nồng độ muối trong dung dịch đất, giảm lượng than sinh học gây ra sự di chuyển lên của dung dịch muối, vỏ than sinh học làm giảm lượng bốc hơi dẫn đến giảm tích tụ muối trong đất bề mặt [31]. Sự gia tăng độ pH của đất do ứng dụng than sinh học được thực hiện trên đất có độ pH thấp hơn ($pH < 5,5$) so với độ pH của chất bổ sung than sinh học ($pH = 7,0$) [32]. Bên cạnh đó, than sinh học có tác động tốt đến việc giảm tỷ lệ hấp phụ Na (SAR - Sodium Adsorption Ratio) của đất mặn và đất chua, giảm SAR do sử dụng than sinh học liên quan đến các cơ chế khác nhau tùy thuộc vào đất, cây và các đặc tính của than sinh học [33].

Với những đặc tính trên, than sinh học có thể được thêm vào đất phèn nhiễm mặn để làm giảm độ mặn, phèn và cải thiện thực vật phát triển trực tiếp thông qua cơ chế hấp phụ Na lên bề mặt trong các lỗ xốp mịn [34, 35]. Hơn nữa, tăng cường khả năng cung cấp nước và chất dinh dưỡng với ứng dụng than sinh học trong điều kiện mặn cải thiện khả năng nảy mầm của hạt [36]. Tác động của than sinh học đến sự phát triển của cây trồng trong đất bị nhiễm mặn phụ thuộc vào loài thực vật [26]. Tóm lại, than sinh học là một chất tiềm năng trong việc cải thiện một số tính chất của đất phèn nhiễm mặn. Tuy nhiên, các nghiên cứu cho đến thời điểm hiện tại vẫn còn chưa đầy đủ và cần có nhiều các nghiên cứu tiếp theo trong việc ứng dụng than sinh học cải thiện đất phèn nhiễm mặn phục vụ phát triển bền vững.

6. KẾT LUẬN

Đất phèn nhiễm mặn có các hạn chế như độ chua cao, thiếu P trầm trọng, các yếu tố gây độc (Al, Fe) cao, EC cao dẫn đến độ mặn cao (Na^+ và Cl) dẫn đến thực vật khó sinh trưởng và phát triển tốt trên loại đất này. Hiện nay đã có rất nhiều nghiên cứu ứng dụng nhiều giải pháp khác nhau để cải thiện chất lượng đất phèn nhiễm mặn như rửa đất, quản lý mực thủy cấp trong ruộng, bón vôi, bố trí cây trồng thích hợp, giảm thiểu sự xáo trộn hoặc thoát nước. Tuy nhiên các phương pháp này có các ưu và nhược điểm riêng và hiệu quả cải tạo vẫn còn thấp. Gần đây than sinh học đã được áp dụng nghiên cứu nhằm cải tạo đất phèn nhiễm mặn. Mặc dù có những kết quả khả quan, việc sử dụng than sinh học hoặc các vật liệu thân thiện môi trường nhằm cải tạo đất phèn nhiễm mặn cần có thêm các nghiên cứu chuyên sâu khác. Các nghiên cứu cần tập trung vừa cải thiện được độ phèn vừa giảm được độ mặn là các tính chất hóa học đặc trưng của loại đất này. Nghiên cứu cân bằng dinh dưỡng và làm giảm độ độc do hàm lượng Fe và Al gây ra cũng cần được chú trọng. Việc nghiên cứu khoanh vùng các nhóm đất có các tính chất khác nhau dựa vào mức độ nhiễm phèn và mức độ nhiễm mặn cũng nên được thực hiện. Các nghiên cứu này sẽ phục vụ cho việc quy hoạch sử dụng đất, phát triển kinh tế, an sinh xã hội bền vững đồng thời bảo vệ môi trường trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016). *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*. Nxb Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
2. R. Shetty, C. S.-N. Vidya, N. B. Prakash, A. Lux and M. Vaculik (2021). Aluminum toxicity in plants and its possible mitigation in acid soils by biochar: A review. *Science of the Total Environment*, vol. 765, p. 142744.
3. K. Ivushkin, H. Bartholomeus, A. K. Bregt, A. Pulatov, B. Kempen and L. De Sousa (2019). Global mapping of soil salinity change. *Remote sensing of environment*, vol. 231, p. 111260.
4. K. Negacz, Ž. Malek, A. de Vos and P. Vellinga (2022). Saline soils worldwide: Identifying the most promising areas for saline agriculture. *Journal of Arid Environments*, vol. 203, p. 104775.
5. S. Thiam, G. B. Villamor, N. Kyei-Baffour and F. Matty (2019). Soil salinity assessment and coping strategies in the coastal agricultural landscape in Djilor district, Senegal. *Land Use Policy*, vol. 88, p. 104191.
6. P. M. Kopittke, N. W. Menzies, P. Wang, B. A. McKenna and E. Lombi (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment international*, vol. 132, p. 105078.
7. Võ Quang Minh, Phạm Thanh Vũ (2015). *Sử dụng có hiệu quả đất phèn, mặn ở đồng bằng sông Cửu Long*. Hội thảo Quốc gia đất Việt Nam: Hiện trạng sử dụng và thách thức. Kỷ yếu hội nghị trong nước. Nxb Nông nghiệp, 167 - 174.
8. T. Saarinen, S. Mohämmädighävam, H. Marttila and B. Kløve, (2013). Impact of peatland forestry on runoff water quality in areas with sulphide-bearing sediments; how to prevent acid surges. *Forest Ecology and Management*, vol. 293, pp. 17-28.
9. P. Rengasamy (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*, vol. 37, no. 7, pp. 613-620.
10. P. Shrivastava and R. Kumar (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*, vol. 22, no. 2, pp. 123-131.
11. Nguyễn Thị Linh Phương (2020). Đánh giá đặc điểm và đề xuất phương hướng sử dụng hợp lý tài nguyên đất huyện Cần Giò, thành phố Hồ Chí Minh. Luận văn Thạc sĩ ngành Quản lý tài nguyên và môi trường. Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh.
12. S. Arora (2017). Diagnostic properties and constraints of salt-affected soils in *Bioremediation of salt affected soils: an Indian perspective*. Springer, pp. 41-52.

13. R. Singh, M. S. Mavi and O. P. Choudhary (2001). Saline Soils Can Be Ameliorated by Adding Biochar Generated From Rice-Residue Waste. *CLEAN-Soil, Air, Water*, vol. 47, no. 2, p. 1700656.
14. FAO (2001). *The State of Food and Agriculture*. Food & Agriculture Org (no. 33).
15. K. Ljung, F. Maley and A. Cook (2010). Canal estate development in an acid sulfate soil - Implications for human metal exposure. *Landscape and urban planning*, vol. 97, no. 2, pp. 123-131.
16. C. Meng, D. Tian, H. Zeng, Z. Li, C. Yi and S. Niu (2019). Global soil acidification impacts on belowground processes. *Environmental Research Letters*, vol. 14, no. 7, p. 074003.
17. Y. Wang (2021). Potential benefits of liming to acid soils on climate change mitigation and food security. *Global Change Biology*, vol. 27, no. 12, pp. 2807-2821.
18. J. T. Jennings (2009). *Natural history of the Riverland and Murraylands*. Royal Society of South Australia Adelaide.
19. E. Stavridou, A. Hastings, R. J. Webster and P. R. Robson (2017). The impact of soil salinity on the yield, composition and physiology of the bioenergy grass *Miscanthus × giganteus*. *Gcb Bioenergy*, vol. 9, no. 1, pp. 92-104.
20. V. N. Nam, L. Sinh, T. Miyagi, S. Baba and H. Chan (2014). An overview of Can Gio district and mangrove biosphere reserve. *Studies in Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, Ho Chi Minh city, Vietnam Mangrove Ecosystems Technical Reports*, vol. 6, pp. 1-7.
21. B. P. F. d. A. Gomes, C. C. R. Ferraz, M. E. Vianna, P. L. Rosalen, A. A. Zaia, F. B. Teixeira and F. J. d. Souza-Filho (2002). *In vitro* antimicrobial activity of calcium hydroxide pastes and their vehicles against selected microorganisms. *Brazilian Dental Journal*, vol. 13, no. 9, pp. 155-161.
22. X. Wang, Tang, C., Baldock, J. A., Butterly, C. R. & Gazey, C. (2016). Long-term effect of lime application on the chemical composition of soil organic carbon in acid soils varying in texture and liming history. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 52, pp. 295-306.
23. Y. X. Shangguan, Qin, Y., Yu, H., Chen, K., Wei, Y., Zeng, X.... & He, S (2019). Lime application affects soil cadmium availability and microbial community composition in different soils. *CLEAN - Soil, Air, Water*, vol. 47, no. 6, pp. 1-14.
24. H. Hongqian, Xiumei, L., & Guangrong, L. (2011). Effect of long-term located organic-inorganic fertilizer application on rice yield and soil fertility in red soil area of China. *Scientia Agricultura Sicina*, vol. 44, no. 43, pp. 516-523.
25. S. Arora & M. Vanza (2017). Bio-amelioration of salt-affected soils through halophyte plant species in *Bioremediation of salt affected soils: an Indian perspective*. Springer, pp. 71-85.
26. M. Ahmad (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. *Chemosphere*, vol. 99, pp. 19-33.
27. A. Tomczyk, Z. Sokołowska and P. Boguta (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 19, no. 1, pp. 191-215.
28. Y. Wang, X. Xiao and B. Chen (2018). Biochar impacts on soil silicon dissolution kinetics and their interaction mechanisms. *Scientific reports*, vol. 8, no. 1, pp. 1-11.
29. Y. Zhang, Z. Zhang and Y. Chen (2021). Biochar mitigates n₂o emission of microbial denitrification through modulating carbon metabolism and allocation of reducing power, *Environmental Science & Technology*, vol. 55, no. 12, pp. 8068-8078.
30. N. T. K. Phuong (2020). Influence of rice husk biochar and compost amendments on salt contents and hydraulic properties of soil and rice yield in salt-affected fields. *Agronomy*, vol. 10, no. 8, p. 1101.
31. W. Cheng (2018). Selective removal of divalent cations by polyelectrolyte multilayer nanofiltration membrane: Role of polyelectrolyte

charge, ion size, and ionic strength. *Journal of membrane science*, vol. 559, pp. 98-106.

32. N. T. Q. Hung, L. K. Thong, M. K. Nguyen and L. T. N. Han (2018). Potential of biochar production from agriculture residues at household scale: A case study in Go Cong Tay District, Tien Giang province, Vietnam. *Environment and Natural Resources Journal*, vol. 16, no. 2, pp. 68-78.

33. L. Wang (2020). Biochar aging: mechanisms, physicochemical changes, assessment and implications for field applications. *Environmental Science & Technology*, vol. 54, no. 23, pp. 14797-14814.

34. H. J. K. D. C. and L. M. S. J. R. W. D. T. Britto (2013). Sodium as nutrient and toxicant. *Plant and Soil*, vol. 369, pp. 1-23.

35. S. Awan, J. A. Ippolito, J. Ullman, K. Ansari, L. Cui and A. Siyal (2021). Biochars reduce irrigation water sodium adsorption ratio. *Biochar*, vol. 3, no. 1, pp. 77-87.

36. L. X. Nguyen, P. T. M. Do, C. H. Nguyen, R. Kose, T. Okayama, T. N. Pham, P. D. Nguyen and T. Miyanishi (2018). Properties of biochars prepared from local biomass in the Mekong Delta, Vietnam. *Bioresources*, vol. 13, no. 4, pp. 7325-7344.

CHARACTERISTICS AND MANAGEMENT OF SALINE ACID SULFATE SOIL IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE

Nguyen Tan Xuan Tung^{1,2}, Nguyen Thanh Binh¹, Thai Vu Binh²

¹*Institute of Environmental Science, Engineering and Management,
Industrial University of Ho Chi Minh city*

²*Center of Water Management and Climate Change, Institute for Environment and Resources,
Vietnam National University - Ho Chi Minh city (VNU - HCM)*

Summary

Climate change and food security are currently the two most concerning global issues. Climate change may increase saltwater intrusion, which salinizes agricultural land and reduces crop yield, adversely influencing global food security. Saline acid sulfate soil occupies large areas in Vietnam and many countries all over the world. Due to the influence of acidification and salinization, this soil group has many unfavorable characteristics that may limit the growth and yield of plants. Therefore, the soil should be remediated to improve its quality for better productivity. The objective of this study is to review the latest research findings on the physical and chemical properties as well as the effectiveness of solutions to remediate saline acid sulfate soil in Vietnam. The results show that saline acid sulfate soil is derived from acid sulfate soil contaminated with salt due to the intrusion of seawater. Therefore, the soil contains a high acidity content (alum) and a large salt content (salinity). Those lead to the secondary features of the soil with high electrical conductivity (EC), high Na⁺ and Cl⁻ concentrations (salinity) and high H⁺ concentrations, high concentrations of Al and Fe, and phosphorus deficiency. There are many solutions to improve saline acid sulfate soil and biochar is one of the eco-friendly organic materials with great potential for application. In the context of climate change and in order to improve the quality of saline acid sulfate soils, the application of environmentally friendly materials such as biochar, lime, organic fertilizers, and other solutions is necessary to overcome the above limitations of this problematic soil.

Keywords: *Global climate change, acid sulfate soil, remediation.*

Người phản biện: PGS.TS. Châu Minh Khởi

Ngày nhận bài: 3/3/2023

Ngày thông qua phản biện: 23/5/2023

Ngày duyệt đăng: 14/7/2023