

ĐẶC TÍNH HÓA HỌC ĐẤT PHÈN TRỒNG KHÓM (*Ananas comosus*) VỤ TÔ TẠI XÃ TÂN TIẾN, THÀNH PHỐ VỊ THANH, TỈNH HẬU GIANG

Nguyễn Quốc Khương¹, Châu Hoàng Trọng¹, Lê Vĩnh Thúc¹, Trần Ngọc Hữu¹,
Lý Ngọc Thanh Xuân^{2*}

¹Trường Đại học Cần Thơ;

²Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

*Tác giả liên hệ: lntxuan@agu.edu.vn

Nhận bài: 26/04/2021 Hoàn thành phản biện: 11/06/2021 Chấp nhận bài: 07/10/2021

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu là xác định đặc tính hóa học đất phèn trồng khóm tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh, tỉnh Hậu Giang nhằm đề xuất yếu tố trở ngại về đất cho canh tác khóm. Tổng số 15 mẫu đất được thu ở tầng 0-20 cm từ 15 vườn trồng khóm. Kết quả phân tích cho thấy đất trồng khóm ở ngưỡng rất chua. Ngoài ra, hàm lượng Al^{3+} và Fe^{2+} lên đến 20,4 meq $Al^{3+}/100$ g và 787,8 mg/kg. Hàm lượng đạm tổng số được đánh giá ở mức trung bình, và lượng đạm hữu dụng được xác định ở dạng NH_4^+ là 40,4 - 227,4 mg/kg và NO_3^- có giá trị 13,1 - 96,3 mg/kg. Hàm lượng lân tổng số thuộc nhóm giàu lân, nhưng hàm lượng lân dễ tiêu ở ngưỡng trung bình. Bên cạnh đó, hàm lượng lân khó tiêu Al-P, Fe-P và Ca-P đạt giá trị trung bình lần lượt là 42,9, 202,3 và 20,6 mg/kg. Hàm lượng cation được đánh giá ở ngưỡng trung bình. Hàm lượng chất hữu cơ được xác định ở mức cao. Nhìn chung, đất canh tác khóm có độ phì nhiêu ở mức trung bình. Cần bón lân từ sản phẩm sinh học để hạn chế lân bị cố định bởi nhôm và sắt.

Từ khóa: Đất phèn, Đặc tính đất, Độ phì nhiêu đất, Khóm

CHEMICAL PROPERTY OF ACID SULFATE SOIL CULTIVATED PINEAPPLE IN TAN TIEN COMMUNE, VI THANH CITY, HAU GIANG PROVINCE

Nguyen Quoc Khuong¹, Chau Hoang Trong¹, Le Vinh Thuc¹, Tran Ngoc Huu¹,
Ly Ngoc Thanh Xuan^{2*}

¹Can Tho University;

²An Giang University, Vietnam National University Ho Chi Minh City.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the property of acid sulfate soil cultivated pineapple to find out the obstacles of soil properties for pineapple cultivation. A total of 15 soil samples were collected in depth of 0 - 20 cm from 15 pineapple fields in Tan Tien commune, Vi Thanh city, Hau Giang province. Results showed that soil was classified at strong acidity. Total nitrogen content was classified at medium threshold, and available nitrogen concentration were detected 40.4 - 227.4 mg NH_4^+ kg^{-1} and 13.1 - 96.3 mg NO_3^- kg^{-1} . Total phosphorus content was categorized at high level but available phosphorus content was evaluated at medium threshold. The mean concentration of insoluble phosphorus fractions including Al-P, Fe-P and Ca-P were 42.9, 202.3 and 19.6 mg kg^{-1} , respectively. The maximum concentration of exchangeable aluminum was 20.4 meq Al^{3+} 100 g^{-1} , and ferrous content was 787.8 mg Fe^{2+} kg^{-1} . Besides, the cation exchangeable capacity was assessed at medium level and the organic matter content was determined at high concentration. Generally, soil fertility of pineapple cultivation is medium. Phosphorus should be applied from bio-products to minimize the fixed P by aluminum and iron.

Keywords: Acid sulfate soil, Pineapple, Soil fertility, Soil property

1. MỞ ĐẦU

Khóm (hay còn gọi là dứa) có tên khoa học (*Ananas comosus*), được trồng phổ biến trên nền đất phèn ở nhiều tỉnh của Đồng bằng sông Cửu Long như Long An, Tiền Giang, Kiên Giang, Hậu Giang. Khóm là cây trồng chủ lực thứ hai sau cây lúa ở Hậu Giang, tập trung chủ yếu trên đất phèn. Ở thành phố Vị Thanh diện tích khóm chiếm khoảng 13,9% (1.280 ha) trong tổng diện tích đất sản xuất nông nghiệp, trong đó xã Tân Tiến có 229 ha. Cây khóm ở vùng Vị Thanh đạt năng suất trung bình 13,9 tấn/ha (Lê Hồng Việt, 2019). Tuy nhiên, đất phèn là một trong những nhóm đất gây trở ngại cho canh tác nông nghiệp, vì trong đất phèn có sự hiện diện với nồng độ cao của một số độc chất như Al^{3+} , Fe^{2+} và Mn^{2+} (Jones và cs., 2016; Johnston và cs., 2016; Shabalala và cs., 2017). Các độc chất này hạn chế hiệu quả sử dụng của phân bón. Chẳng hạn như độc chất Al^{3+} , Fe^{2+} kết hợp với lân, dẫn đến lân hiện diện ở dạng không hữu dụng cho cây trồng (Margenot và cs., 2017). Vì vậy, dưỡng chất lân có thể không cung cấp đủ cho cây khóm. Bên cạnh đó, đặc tính hóa, lý đất canh tác khóm ở vùng Vị Thanh đã được xác định, nhưng các đặc tính chỉ được khảo sát dưới dạng phẫu diện đất; nghĩa là đặc tính đất cho một địa điểm cụ thể (Nguyễn Quốc Khương và cs., 2020). Hiện nay, nhiều biện pháp như bón vôi hay sử dụng hệ thống thủy lợi phục vụ tưới tiêu được thực hiện phổ biến để giảm độ chua và độc chất trong đất phèn. Ngoài ra, một số lượng rất nhỏ các hộ canh tác khóm sử dụng biện pháp sinh học như bón chế phẩm vi sinh hay phân hữu cơ vi sinh để giải quyết các trở ngại trên đất phèn. Do đó, các biện pháp này có thể làm thay đổi đặc tính về hình thái và hóa lý đất. Vì vậy, xác định được độ phì nhiêu về mặt hóa học là cơ sở để việc cung cấp dưỡng chất một cách hiệu quả cho cây khóm.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Vật liệu

Mẫu đất phèn được thu từ 15 vườn trồng khóm từ chồi cuống ở giai đoạn 7 tháng tuổi tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh, tỉnh Hậu Giang vào thời điểm tháng 2 năm 2020.

Các chỉ tiêu phân tích được thực hiện tại Bộ môn Khoa học Cây trồng, Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ.

2.2 Phương pháp

Thu mẫu đất: Thu ngẫu nhiên 15 mẫu đất phèn của 15 hộ trồng khóm, ở độ sâu 0 - 20 cm. Đất đang trồng khóm từ chồi cuống (8 tháng), cách thời điểm bón phân 20 ngày. Mẫu được thu theo đường chéo góc, mỗi vườn thu 5 khoan để trộn lại với nhau, khoảng 0,5 kg, mang về phòng thí nghiệm. Đất được phơi khô tự nhiên và loại bỏ thực vật trước khi nghiền qua rây có kích thước 0,5 và 2,0 mm.

Phương pháp phân tích: Tất cả các phương pháp phân tích các chỉ tiêu hóa học đất trong nghiên cứu này được tổng hợp bởi Sparks và cs. (1996), được tóm tắt như sau: pH_{H_2O} hoặc pH_{KCl} được trích tỷ lệ đất: nước (1:5) hoặc đất: KCl 1 M (1:5), đo bằng pH kế. Axit tổng của đất được xác định bằng phương pháp trích đất với KCl 1 N, chuẩn độ với NaOH 0,01 N. Dung dịch trích pH bằng nước được sử dụng để đo EC bằng EC kế. Độ ẩm tổng số được vô cơ hóa bằng hỗn hợp H_2SO_4 đậm đặc-CuSO₄-Se, tỉ lệ:100-10-1 và xác định bằng phương pháp chung cất Kjeldahl. Độ ẩm hữu dụng được trích bằng KCl 2 M, độ ẩm dạng NH_4^+ được xác định bằng phương pháp blue phenol ở bước sóng 640 nm. Tương tự, độ ẩm dạng NO_3^- được hiện màu bằng HCl 0,5 M, vanadi (III) clorit, sulfanilamide, N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride, đo trên máy so màu ở bước sóng 540 nm. Lân tổng

số được chuyển sang dạng vô cơ bằng hợp chất H_2SO_4 đậm đặc - $HClO_4$, để hiện màu axit ascobic ở bước sóng 880 nm. Thành phần lân khó tan gồm lân sắt, lân nhôm và lân can xi được trích bằng các dung dịch trích theo thứ tự $NaOH$ 0,1 M, NH_4F 0,5 M và H_2SO_4 0,25 M. Lân dễ tiêu được xác định bằng phương pháp trích đất với 0,1 N HCl + 0,03 N NH_4F , tỉ lệ đất:nước là 1:7. Để xác định nhôm trao đổi, đất được trích bằng KCl 1 N, chuẩn độ với $NaOH$ 0,01 N, tạo phức với NaF , chuẩn độ với H_2SO_4 0,01 N. Hàm lượng Fe^{2+} được xác định bằng phương pháp so màu. Chất hữu cơ được đo theo phương pháp Walkley-Black, oxy hoá bằng H_2SO_4 đậm đặc - $K_2Cr_2O_7$ trước khi chuẩn độ bằng $FeSO_4$. Khả năng trao đổi cation (CEC) được trích bằng $BaCl_2$ 0,1 M, chuẩn độ với $EDTA$ 0,01 M. Hàm lượng K^+ , Na^+ , Ca^{2+} và Mg^{2+} từ dung dịch trích CEC được sử dụng để đo trên máy hấp thụ nguyên tử.

Xử lý số liệu: Số liệu được nhập và tính các giá trị trung bình của các chỉ tiêu khảo sát bằng phần mềm Microsoft Excel 13.0.

Bảng 1. Giá trị pH_{KCl} , pH_{H_2O} , EC, hàm lượng acid tổng và chất hữu cơ của đất phèn trồng khóm tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh

Giá trị	pH_{KCl}	pH_{H_2O}	Acid tổng (meq H^+ 100 g^{-1})	EC ($mS\ cm^{-1}$)	Chất hữu cơ (%C)
Cao nhất	3,66	3,54	78,5	8,13	30,9
Thấp nhất	2,19	2,47	23,9	1,21	8,62
Trung bình	2,74	3,09	34,2	3,96	19,6
Trung vị	2,71	3,09	26,5	4,26	16,9
Độ lệch chuẩn	0,36	0,35	14,3	2,34	6,71

3.2. Hàm lượng đạm và lân trong đất phèn trồng khóm tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh

Bảng 2 cho thấy hàm lượng đạm tổng số trong đất trồng khóm có giá trị 0,21 - 0,39%. Theo thang đánh giá Metson (1961) đạm tổng số trong khoảng từ 0,2 - 0,5% được đánh giá ở mức trung bình, điều này cho thấy hàm lượng đạm tổng số trong đất trồng khóm của vùng nghiên cứu ở mức

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Giá trị pH, độ dẫn điện, hàm lượng acid tổng và chất hữu cơ trong đất phèn trồng khóm tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh

Giá trị pH_{KCl} được xác định 2,19 - 3,66, với giá trị trung bình 2,74. Tương tự, giá trị pH_{H_2O} được ghi nhận 2,47 - 3,54, với giá trị trung bình 3,09. Bên cạnh đó, hàm lượng acid tổng được ghi nhận từ 23,9 đến 78,5 meq H^+ 100/ g. Ngoài ra, đất có giá trị EC dao động từ 1,21 đến 8,13 mS/cm , với trung bình 3,96 mS/cm (Bảng 1). Theo thang đánh giá của Horneck và cs. (2011), giá trị pH_{KCl} nhỏ hơn 4,5 được xếp vào mức rất chua và pH_{H_2O} nhỏ hơn 5,0 là ở ngưỡng thấp. Mức độ EC trong đất khá cao có thể ảnh hưởng và làm giảm năng suất một số loại cây trồng. Chất hữu cơ trong mẫu đất dao động 8,62 - 30,9% C, với giá trị trung bình là 19,6 (Bảng 1). Theo thang đánh giá của Metson (1961), hàm lượng C hữu cơ ở ngưỡng 10 - 20% C được đánh giá ở ngưỡng cao. Do đó, chất hữu cơ trong đất trồng được đánh giá ở ngưỡng cao dựa trên hàm lượng cacbon.

trung bình. Trong đó, hàm lượng đạm hữu dụng NH_4^+ được xác định 40,4 - 227,4 mg/kg và NO_3^- có giá trị 13,1 - 96,3 mg/kg.

Hàm lượng lân tổng số của vùng nghiên cứu có giá trị 0,06 - 0,17% (Bảng 2). Theo Nguyễn Xuân Cự (2000), hàm lượng lân 0,06 - 0,17% được đánh giá là trung bình và lớn hơn 0,10% là giàu lân, kết quả này cho thấy được vùng nghiên cứu là giàu lân. Lượng lân dễ tiêu trong đất 20,1 - 55,1

mg/kg (Bảng 2), theo thang đánh giá Horneck và cs. (2011) cho thấy lân dễ tiêu được xếp vào ngưỡng trung bình. Hàm lượng lân nhôm trong đất 34,3 - 53,3 mg/kg, trung bình là 42,9 mg/kg. Tương tự, hàm

lượng lân sắt ghi nhận là 138,1 - 292,6 mg/kg, trung bình 202,3 mg/kg. Đối với lân canxi có hàm lượng 7,5 - 38,7 mg/kg và trung bình là 20,6 mg/kg (Bảng 2).

Bảng 2. Hàm lượng dưỡng chất đạm và lân của đất phèn trồng khóm tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh

Giá trị	N tổng số (%)	N hữu dụng (mg NH ₄ ⁺ /kg)	N hữu dụng (mg NO ₃ ⁻ /kg)	P tổng số (%)	P dễ tiêu (mg/kg)	Al-P (mg/kg)	Fe-P (mg/kg)	Ca-P (mg/kg)
Cao nhất	0,39	227,4	96,3	0,17	55,1	53,3	292,6	38,7
Thấp nhất	0,21	40,4	13,1	0,06	20,1	34,3	138,1	7,5
Trung bình	0,29	140,2	49,8	0,10	36,4	42,9	202,3	20,6
Trung vị	0,29	131,3	37,8	0,09	34,9	41,9	192,9	19,6
Độ lệch chuẩn	0,05	57,8	27,1	0,03	9,31	5,8	53,0	8,2

3.3. Hàm lượng nhôm và sắt trong đất phèn trồng khóm tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh

Hàm lượng nhôm trong đất được ghi nhận 7,38 - 20,4 meq Al³⁺/100 g. Đối với hàm lượng sắt ở vùng nghiên cứu, hàm lượng Fe²⁺ được xác định 27,6 - 787,8 mg/kg. Hàm lượng Fe₂O₃ dao động 1,14 - 4,29%, với trung bình 2,38%. Tương tự,

hàm lượng Fe hòa tan có giá trị 31,9 - 804,9 mg/kg. Theo thang đánh giá hàm lượng Fe₂O₃ tự do lớn hơn 1,6% được đánh giá ở ngưỡng rất cao. Dựa trên giá trị trung bình của Fe₂O₃ 2,38%, cho thấy hàm lượng sắt trong đất vùng nghiên cứu cao. Hàm lượng Mn tổng số được xác định với giá trị 1,55 - 3,28 mg/kg, với giá trị trung bình là 2,36 mg/kg (Bảng 3).

Bảng 3. Hàm lượng nhôm và sắt của đất phèn trồng khóm tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh

Giá trị	Al ³⁺ (meq Al ³⁺ /100 g)	Fe ₂ O ₃ (%)	Fe hòa tan (mg/kg)	Fe ²⁺ (mg/kg)	Mn tổng số (mg/kg)
Cao nhất	20,4	4,29	804,9	787,8	3,28
Thấp nhất	7,38	1,14	31,9	27,6	1,55
Trung bình	11,2	2,38	300,0	274,7	2,36
Trung vị	10,4	2,15	177,9	156,8	2,41
Độ lệch chuẩn	3,26	0,74	253,6	251,9	0,56

3.4. Khả năng trao đổi cation và hàm lượng các cations trao đổi trong đất phèn trồng khóm tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh

Bảng 4 cho thấy khả năng trao đổi cation dao động 4,27 - 18,8 meq/100 g, với giá trị trung bình 12,6 meq/100 g. Giá trị này cho thấy đất có CEC ở ngưỡng trung bình theo thang đánh giá của Landon (1984). Tương tự, hàm lượng kali dao động

0,11 - 0,59 meq K⁺/100 g và trung bình là 0,22 meq K⁺/100 g. Theo Horneck và cs, (2011), hàm lượng K ở ngưỡng 0,4 meq K⁺/100 g được đánh giá ở mức thấp. Hàm lượng natri trao đổi dao động 0,06 - 1,48 meq K⁺/100 g. Theo kết quả Bảng 4 hàm lượng magie trao đổi trung bình là 0,20 meq Mg²⁺/100 g được đánh giá mức thấp vì theo thang đánh giá của Horneck và cs. (2011), magie nhỏ hơn 0,50 meq Mg²⁺/100 g được

phân loại ở ngưỡng thấp. Hàm lượng magie dao động 0,21 - 0,44 meq $Mg^{2+}/100$ g trong đất canh tác khóm. Đối với hàm lượng Ca^{2+} dao động 0,17 - 2,77 meq $Ca^{2+}/100$ g và trung bình 0,73 meq $Ca^{2+}/100$ g. Giá trị

trung bình nhỏ hơn 5 meq $Ca^{2+}/100$ g nên hàm lượng Ca^{2+} được đánh giá ở ngưỡng thấp theo thang đánh giá của Marx và cs. (1999).

Bảng 4. Khả năng trao đổi cation và hàm lượng các cation trao đổi của đất phèn trồng khóm tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh

Giá trị	CEC (meq/100 g)	Hàm lượng K^+ (meq $K^+/100$ g)	Hàm lượng Na^+ (meq $K^+/100$ g)	Hàm lượng Ca^{2+} (meq $Ca^{2+}/100$ g)	Hàm lượng Mg^{2+} (meq $Mg^{2+}/100$ g)
Cao nhất	18,8	0,59	1,48	2,77	0,44
Thấp nhất	4,27	0,11	0,06	0,17	0,21
Trung bình	12,6	0,22	0,87	0,73	0,20
Trung vị	12,9	0,18	1,01	0,17	0,16
Độ lệch chuẩn	4,46	0,12	0,55	0,81	0,11

Đất canh tác khóm có pH thấp và nồng độ độc chất Al^{3+} và Fe^{2+} cao, nhưng khóm là cây có khả năng thích nghi với điều kiện bất lợi này. Tuy nhiên, cần xác định hiệu quả của canh tác khóm kết hợp các biện pháp bón vôi để cải thiện pH đất. Ngoài ra, hàm lượng đạm được đánh giá ở ngưỡng trung bình, cần kết hợp các biện pháp sinh học để cung cấp dưỡng chất đạm cho cây khóm. Bên cạnh đó, độc chất nhôm, sắt cao (Bảng 3) dẫn đến hàm lượng lân bị cố định cao (Bảng 2). Chính vì vậy, nguồn phân lân hóa học cần được thay thế bằng nguồn lân khác để giảm sự cố định lân.

3. KẾT LUẬN

Đặc tính đất của vùng trồng khóm tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh rất chua. Hàm lượng Al^{3+} và Fe^{2+} lên đến 20,4 meq $Al^{3+}/100$ g và 787,8 mg/kg. Hàm lượng đạm tổng số được đánh giá ở trung bình, nhưng hàm lượng đạm hữu dụng ở dạng NH_4^+ được xác định 40,4 - 227,4 mg/kg và NO_3^- được ghi nhận 13,1 - 96,3 mg/kg. Hàm lượng lân tổng số thuộc nhóm giàu lân, nhưng lân dễ tiêu ở ngưỡng trung bình. Hàm lượng lân khó tiêu P-Al, P-Fe và P-Ca đạt giá trị trung bình lần lượt là 42,9, 202,3 và 20,6 mg/kg. Khả năng trao đổi cation được đánh giá ở ngưỡng

trung bình và hàm lượng chất hữu cơ được xác định ở mức cao.

Cần bón lân từ sản phẩm sinh học để hạn chế lân bị cố định bởi độc chất nhôm, sắt trên đất phèn tại xã Tân Tiến, thành phố Vị Thanh để giảm yếu tố gây trở ngại đến năng suất.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Hậu Giang đã tài trợ kinh phí để nghiên cứu này được thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

- Lê Hồng Việt. (2019). *Xây dựng mô hình canh tác thích ứng điều kiện xâm nhập mặn trên nền đất lúa*. Luận án tiến sĩ ngành khoa học đất. Trường Đại học Cần Thơ.
- Nguyễn Quốc Khương, Lê Lý Vũ Vi, Trần Bá Linh, Lê Vĩnh Thúc, Lê Phước Toàn, Phan Chí Nguyên, Trần Chí Nhân và Lý Ngọc Thanh Xuân. (2020). Đặc tính hình thái và hóa lý của phẫu diện đất phèn canh tác khóm tại thành phố Vị Thanh, tỉnh Hậu Giang. *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ*, Số chuyên đề Khoa học đất (56), 88-97.
- Nguyễn Xuân Cự. (2000). *Đánh giá khả năng cung cấp và xác định nhu cầu dinh dưỡng phốt pho 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, 162 - 170.

2. Tài liệu tiếng nước ngoài

- 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.
- Johnston, S. G., Morgan, B., & Burton, E. D. (2016). Legacy impacts of acid sulfate soil runoff on mangrove sediments: Reactive iron accumulation, altered sulfur cycling and trace metal enrichment. *Chemical Geology*, 427, 43-53.
- Jones, A. M., Xue, Y., Kinsela, A. S., Wilcken, K. M., & Collins, R. N. (2016). Donnan membrane speciation of Al, Fe, trace metals and REEs in coastal lowland acid sulfate soil-impacted drainage waters. *Science of the Total Environment*, 547, 104-113.
- Landon, J. R. (1984). Booker tropical soil manual. *Longman Inc.:* New York.
- Margenot, A. J., Sommer, R., Mukalama, J., & Parikh, S. J. (2017). Biological P cycling is influenced by the form of P fertilizer in an Oxisol. *Biology and Fertility of Soils*, 53(8), 899-909.
- Marx, E. S., Hart, J. M., & Stevens, R. G. (1996). Soil test interpretation guide.
- Metson A. J. (1961). Methods of chemical analysis of soil survey samples. *Govt. Printers, Wellington, New Zealand*.
- Shabalala, A. N., Ekolu, S. O., Diop, S., & Solomon, F. (2017). Pervious concrete reactive barrier for removal of heavy metals from acid mine drainage - column study. *Journal of Hazardous materials*, 323, 641-653.
- Sparks, D. L., Page, A. L., P. A., Helmke, R. H. Loeppert, P. N., Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T., & Johnston, M. E. S. (1996) (Eds.). Methods of soil analysis. *Part 3-Chemical methods. SSSA Book Ser. 5.3.* SSSA, ASA, Madison, WI.