

ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG VÀ HÀM LƯỢNG SELEN TRONG ĐẤT NÔNG NGHIỆP TẠI THÀNH PHỐ LONG KHÁNH, TỈNH ĐỒNG NAI

Nguyễn Thành Hưng^{1*}, Trần Thị Anh Thu², Huỳnh Thị Mỹ Duyên¹

¹Khoa Công nghệ Sinh học trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh;

²Trường Đại học Thủ Dầu Một.

*Tác giả liên hệ: hung.ngt@ou.edu.vn

Nhận bài: 12/02/2025 Hoàn thành phản biện: 19/04/2025 Chấp nhận bài: 21/04/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện với mục đích đánh giá tính chất lý hoá, hàm lượng selen và một số kim loại nặng trong đất nông nghiệp. Bằng phương pháp phân tích các thông số đất theo các phương pháp phổ biến hiện nay kết hợp so sánh với các tiêu chuẩn Việt Nam và Tổ chức Y tế Thế giới WHO, 2009. Kết quả nghiên cứu cho thấy, đất tại địa điểm nghiên cứu có tính axit cao, pH_{H_2O} : $4,60 \pm 0,58$ và pH_{KCl} : $4,35 \pm 0,86$, $P_2O_{5(dt)}$: $12,07 \pm 5,49$, $K_2O_{(dt)}$: $14,84 \pm 4,95$, OC: $2,45 \pm 0,69$, $N_{(ts)}$: $0,13 \pm 0,02$, $P_2O_{5(ts)}$: $12,07 \pm 5,49$, $K_2O_{(ts)}$: $0,17 \pm 0,05$. Hàm lượng vi lượng Se trung bình bằng $1,04 \pm 0,23$ mg/kg đất khô, so với qui định của WHO, 2009, đất tại khu vực nghiên cứu có hàm lượng Se thấp hơn. Do vậy, cần thực hiện các biện pháp bổ sung Se để đảm bảo cây trồng có đủ dinh dưỡng cần thiết. Tại thời điểm nghiên cứu, đất chưa bị ô nhiễm kim loại nặng As, Pb, Cd, Hg, Cu và Zn, riêng hàm lượng Cr, Ni so với QCVN 03: 2023/BTNMT, đất đã bị ô nhiễm Cr nặng, cần có những giải pháp xử lý phù hợp.

Từ khoá: Se, Cr, Cu, Zn, Ni, Long Khánh

ASSESSMENT OF CURRENT STATUS AND THE AMOUNT OF SELEN IN AGRICULTURAL SOIL IN LONG KHANH CITY, DONG NAI PROVINCE

Nguyen Thanh Hung^{1*}, Tran Thi Anh Thu², Huynh Thi My Duyen¹

¹Faculty of Biotechnology, Ho Chi Minh City Open University;

²Thu Dau Mot University.

*Corresponding author: hung.ngt@ou.edu.vn

Received: 12/02/2025

Revised: 19/04/2025

Accepted: 21/04/2025

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the physical and chemical properties, selenium and certain heavy metals content in agricultural soil. Soil parameters were analyzed using widely accepted methods and compared with Vietnamese standards and those established by the World Health Organization WHO, 2009. The research results indicated that the soil at the study site was highly acidic, with pH_{H_2O} at 4.60 ± 0.58 and pH_{KCl} at 4.35 ± 0.86 . Other parameters included: $P_2O_{5(dt)}$ at 12.07 ± 5.49 mg/kg, available potassium $K_2O_{(dt)}$ at 14.84 ± 4.95 mg/kg, organic carbon (OC) at $2.45 \pm 0.69\%$, total nitrogen $N_{(ts)}$ at $0.13 \pm 0.02\%$, total phosphorus $P_2O_{5(ts)}$ at 12.07 ± 5.49 mg/kg, and total potassium $K_2O_{(ts)}$ at 0.17 ± 0.05 mg/kg. The average selenium content was 1.04 ± 0.23 mg/kg dry soil, which is lower than the WHO guidelines, 2009. Therefore, it is necessary to implement measures to supplement selenium to ensure that crops receive adequate nutrients. At the time of the study, the soil showed no contamination with heavy metals such as copper (Cu, As, Pb, Cd, Hg) and zinc (Zn). However, the Cr and Ni content was measured at 273,17 and 196,90 mg/kg dry soil. This level exceeds the thresholds established in QCVN 03: 2015/BTNMT, indicating significant contamination with Cr and Ni, necessitating appropriate remediation strategies.

Keywords: Se, Cr, Cu, Zn, Ni, Long Khanh

1. MỞ ĐẦU

Thành phố Long Khánh, tỉnh Đồng Nai nằm trong vùng kinh tế trọng điểm phía Nam là vùng đệm, đô thị vệ tinh của Cảng hàng không quốc tế Long Thành và Thành phố Hồ Chí Minh. Thành phố có diện tích đất đai màu mỡ thuận lợi cho phát triển các loại cây nông nghiệp có khả năng xuất khẩu như: cao su, cà phê, chôm chôm, sầu riêng. Trong đó, chôm chôm Long Khánh đã được khẳng định về chất lượng và giá trị thương hiệu gắn liền với điều kiện thổ nhưỡng đặc thù. Nghiên cứu của Lê Minh Châu và Nguyễn Bích (2016) đã làm rõ mối quan hệ giữa các đặc tính hóa học của đất (pH, hàm lượng hữu cơ, CEC, dinh dưỡng khoáng...) với hương vị và chất lượng đặc trưng của chôm chôm tại địa phương, qua đó khẳng định vai trò của đất đai trong việc hình thành giá trị nông sản vùng. Tuy nhiên, bên cạnh các nguyên tố đa lượng và trung lượng truyền thống thường được khảo sát như N, P, K, Ca, Mg, thì vai trò của các nguyên tố vi lượng, đặc biệt là selen (Se), vẫn chưa được quan tâm đúng mức trong các nghiên cứu đất nông nghiệp tại Long Khánh cũng như nhiều vùng khác trong cả nước.

Se là một nguyên tố vi lượng cần thiết cho sức khỏe của con người và động vật trong phạm vi phù hợp về mặt sinh lý bởi vì sự thừa hoặc thiếu hụt đều dẫn đến các tác động có hại cho con người và động thực vật. Một lượng Se vừa phải theo chuỗi và lưới thức ăn vào cơ thể con người có thể cải thiện khả năng chống virus, là nguyên tố vi lượng thiết yếu cần thiết cho hoạt động của enzyme chống oxy hóa, chuyển hóa hormone tuyến giáp và chức năng miễn dịch (Arthur John và cs., 2003; Zeng và cs., 2005).

Ở con người, thiếu Se có thể gây ra nhiều bệnh như bệnh cơ tim, bệnh vông mạc do tuổi già, đục thủy tinh thể và bệnh xơ cứng mạch máu não. Ở một số nước trên thế giới, như ở Trung Quốc, Ai Cập và Thái Lan nồng độ Se vốn có trong đất khá thấp, gây ra sự thiếu hụt Se trong chế độ ăn của con người. Ví dụ, ở Trung Quốc khoảng 72% các quận, tình trạng thiếu Se đã được báo

cáo, nơi mà lượng Se trung bình hàng ngày của người lớn chỉ là 26 - 32 μg , ít hơn nhiều so với khuyến cáo lượng Se hàng ngày từ 50 - 200 μg (Gailer, 2009).

Ở những vùng đất thiếu Se, việc bổ sung Se vào đất có thể giúp tăng cường hàm lượng Se trong thực phẩm, từ đó giảm nguy cơ thiếu hụt Se ở người và động vật tiêu thụ thực phẩm đó. Điều này đặc biệt quan trọng ở các khu vực có mức Se thấp trong đất, nơi các bệnh liên quan đến thiếu Se có thể xảy ra. Trong khi có những vùng lại thừa Se trong đất do các hoạt động tự nhiên và nhân tạo, cả hai vấn đề thừa hay thiếu Se đều có hại cho con người và động vật. Do đó, việc đánh giá hiện trạng hàm lượng Se trong đất nông nghiệp là bước quan trọng nhằm định hướng sản xuất nông nghiệp bền vững, gắn với dinh dưỡng cộng đồng.

Trên thế giới, nhiều quốc gia đã nghiên cứu và chủ động bổ sung Se vào chuỗi thực phẩm thông qua canh tác. Trong khi đó, ở Việt Nam, các nghiên cứu về Se trong đất còn rất hạn chế, chủ yếu tập trung tại các vùng đặc thù như đất phèn, đất nhiễm mặn hoặc các khu vực có nguy cơ ô nhiễm. Riêng tại Long Khánh - một vùng có giá trị nông sản cao - vẫn chưa có công trình nào đánh giá cụ thể về hiện trạng Se trong đất.

Chính vì vậy, việc nghiên cứu đánh giá hiện trạng và hàm lượng Se trong đất nông nghiệp tại thành phố Long Khánh, tỉnh Đồng Nai” được thực hiện nhằm cung cấp cơ sở dữ liệu khoa học về phân bố Se trong đất tại địa phương, từ đó bổ sung góc nhìn mới về chất lượng đất nông nghiệp và tiềm năng cải thiện giá trị dinh dưỡng nông sản. Đồng thời, đề tài cũng góp phần bổ sung và mở rộng hướng nghiên cứu trước đây của Lê Minh Châu và Nguyễn Bích (2016), chuyển từ việc đánh giá chất lượng đất phục vụ hương vị trái cây sang đánh giá yếu tố vi lượng ảnh hưởng đến sức khỏe và dinh dưỡng con người.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Hoá chất HNO_3 và HClO_4 , HF, vật liệu tiêu chuẩn GBW- 08.303, ống phân huỷ

PTFE 25ml, ống nhựa 10ml, Lò nung mẫu, máy phổ nguyên tử AAS (AAS - 400, PerkinElmer, Mỹ), máy đo pH Metrohm 7753-713, bộ dụng cụ thu mẫu đất AMS 402.24, bộ cất đạm Kjeldahl, dụng cụ nghiền mẫu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp lấy mẫu đất

Mẫu đất lấy theo TCVN 7538-4:2007, tại tầng đất mặt 0-20cm, theo phân bố số ngẫu nhiên, tránh các nơi có xác chết, bờ ruộng, các vùng có đập nước và các địa điểm khác mà hoàn toàn không đại diện cho mẫu trung bình, khối lượng 1-2 kg đất/mẫu,

ghi ký hiệu mẫu như Bảng 1. Đất sau khi lấy được vận chuyển về cơ sở 5 Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh để làm thí nghiệm. Đất được phơi khô trong môi trường tự nhiên, đập nhỏ và loại bỏ một số tạp chất để đồng nhất về kích thước hạt, tính chất hóa lý và sinh học, mẫu được sàng qua rây có kích thước 5 mm để đồng nhất mẫu. Sau đó, tiến hành phân tích các chỉ tiêu đầu vào của đất (thành phần cấp hạt, CEC, Mn, Fe, Cu, Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg, pH, OC (%), $P_2O_5(ts)$ (%), $N_{(ts)}$ (%), $K_2O_{(ts)}$) như trong Bảng 2 với 3 lần lặp lại.

Bảng 1. Vị trí thu mẫu đất tại điểm nghiên cứu

Vị trí thu mẫu	Ký hiệu mẫu	Hiện trạng trồng cây	Vị trí thu mẫu	Ký hiệu mẫu	Hiện trạng trồng cây	Loại đất và thời tiết lúc thu mẫu
10.98216°B, 107,23615°Đ	T1	Cây măng cụt	11.00015°B, 107,23820°Đ	T16	Cây dừa	Đất nông nghiệp. Trời không mưa, nhiệt độ trung bình 26°C
10.98207°B, 107,23608°Đ	T2	Cây bưởi	11.00035°B, 107,23809°Đ	T17	Cây cà pháo	
10.98207°B, 107,23637°Đ	T3	Cây chôm chôm	11.00024°B, 107,23809°Đ	T18	Cây trà	
10.98229°B, 107,23633°Đ	T4	Cây dừa	11.00020°B, 107,23820°Đ	T19	Cây dừa	
10.98175°B, 107,23615°Đ	T5	Cây chuối	11.00025°B, 107,23813°Đ	T20	Cây ổi	
10.98217°B, 107,23636°Đ	T6	Cây khế	11.00031°B, 107,23819°Đ	T21	Cây nhàu	
11.00028°B, 107,23808°Đ	T7	Cây mít	11.00025°B, 107,23813°Đ	T22	Cây tiêu	
11.00030°B, 107,23806°Đ	T8	Cây chanh	11.00038°B, 107,23827°Đ	T23	Cây mía	
11.00021°B, 107,23784°Đ	T9	Cây dâu da	11.00065°B, 107,23820°Đ	T24	Cây mận	
11.00014°B, 107,23815°Đ	T10	Cây sầu riêng	11.00069°B, 107,23831°Đ	T25	Cây xoài	
11.00020°B, 107,23808°Đ	T11	Cây samboche	10.94705°B, 107,23750°Đ	T26	Cây cao su	
11.00015°B, 107,23812°Đ	T12	Cây sơ ri	10.94716°B, 107,23745°Đ	T27	Cây trà	
11.00033°B, 107,23814°Đ	T13	Cây đu đủ	11.00023°B, 107,23785°Đ	T28	Cây dâu da	
11.00037°B, 107,23810°Đ	T14	Rau ăn lá	11.00014°B, 107,23816°Đ	T29	Cây sầu riêng	
11.00032°B, 107,23815°Đ	T15	Cây xả	11.00022°B, 107,23809°Đ	T30	Cây samboche	

2.2.2. Phương pháp phân tích các thông số cơ bản hoá lý đất

Phương pháp phân tích các thông số lý hoá của đất thực hiện như trong Bảng 2.

Bảng 2. Phương pháp phân tích các thông số lý hoá

Thông số	Phương pháp phân tích	Thiết bị
Thành phần cấp hạt	TCVN 8567: 2010	Máy khuấy mẫu. Bộ sàng tiêu chuẩn. Tỷ trọng kế
CEC	TCVN 8568: 2010	Hệ thống phân tích đạm Kjeldahl (chưng cất – chuẩn độ). Máy AAS
Mn, Fe, Cu	TCVN 8246: 2009), (TCVN 7131: 2002)	Máy quang phổ hấp thụ nguyên tử (AAS)
Al ³⁺ , Ca ²⁺ , Mg	TCVN 8569: 2010	Máy quang phổ hấp thụ nguyên tử (AAS)
pH	Đo bằng máy đo pH Metrohm 7753- 713	Máy chuẩn độ tự động
OC (%)	Theo Walkley- Black	Máy đo pH đất (pH meter có đầu dò chuyên dụng cho đất)
P ₂ O ₅ (_{ts}) (%)	TCVN 4052: 1985	Bộ cất hồi lưu (Reflux setup). Máy đo hấp thụ UV-Vis
N(_{ts}) (%)	Xác định theo phương pháp Kjeldahl, TCVN 6498: 1995	Lò nung/microwave digester. Máy đo quang phổ UV-Vis
K ₂ O(_{ts})	TCVN 8660: 2011	Hệ thống phân tích đạm Kjeldahl (chưng cất – chuẩn độ)
		Hệ thống phá mẫu axit. Máy quang phổ hấp thụ nguyên tử (AAS)

Độ ẩm của đất được tính bằng tỷ lệ phần trăm của khối lượng nước trong đất so với khối lượng khô của đất.

$$\text{Độ ẩm (\%)} = \frac{\text{Khối lượng nước}}{\text{Khối lượng đất khô}} \times 100\%$$

Trong đó, độ ẩm thấp bằng 0% - 20%, độ ẩm trung bình bằng 20% - 40%, độ ẩm cao bằng 40% - 60%.

Độ no bazơ của đất là tỷ lệ phần trăm các cation kiềm, kiềm thổ chiếm trong tổng số cation hấp phụ, ký hiệu là BS (Base saturation), đơn vị % và được tính theo công thức: $BS (\%) = (S \times 100) / CEC = (S \times 100) / (S + H)$.

Trong đó, S: tổng số cation bazơ trao đổi, H: độ chua thủy phân, CEC: dung tích trao đổi cation của đất, cả ba đại lượng này đều tính bằng $ldl/100g$ đất. BS có giá trị càng lớn thì đất càng bão hoà bazơ. Người

ta đánh giá như sau: Đất đôi bazơ có $BS < 50\%$, đất có độ no bazơ trung bình có $BS = 50-75\%$, đất no bazơ có $BS > 75\%$.

2.2.3. Phương pháp phân tích và đánh giá hiện trạng Se trong đất

Phân tích Se trong đất; cân 0,20-0,25g mẫu cho vào ống phân huỷ PTFE 25ml, thêm 9 ml HNO₃ và 3 ml HClO₄, cho vào tủ sấy ở 130°C để phân huỷ. Sau khi đun sôi trong 1 giờ, thêm 5 ml dung dịch HF, tiếp tục phân huỷ cho đến khi trong ống xuất hiện dung dịch màu vàng hoặc không màu. Dùng nước cất 2 lần chuyển toàn bộ dung dịch trong ống PTFE 25ml sang ống nhựa 10ml, lắc đều. Hàm lượng Se được xác định bằng phổ nguyên tử (AA- 400, PerkinElmer, Mỹ). Để kiểm soát chất lượng, vật liệu tiêu chuẩn GBW- 08.303 được mua từ Trung tâm Nghiên cứu vật liệu tiêu chuẩn, Bắc Kinh, Trung Quốc.

Ngoài ra, để tăng tính khách quan độ chính xác của kết quả phân tích Se. Chúng

tôi gửi những mẫu đất này đến Trung tâm Kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3 để phân tích. Sau khi có kết quả, chúng tôi so sánh với qui chuẩn WHO về giới hạn Se trong đất nông nghiệp để đánh giá hiện trạng Se trong đất (theo WHO, 2009. Se trong đất 2 mg/kg đất khô).

2.2.4. Xử lý số liệu

Dữ liệu được đánh giá theo giá trị trung bình, sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các nhóm được đánh giá bằng phân

tích phương sai (ANOVA) dựa trên sự khác biệt bình phương nhỏ nhất (LSD) với độ tin cậy $p < 0,05$ (thử nghiệm của Duncan). Các mối tương quan Pearson được tính toán để kiểm tra các mối quan hệ với khoảng tin cậy 95%, sử dụng phần mềm IBM SPSS 20.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính chất hoá lý và hàm lượng một số kim loại nặng trong đất tại thành phố Long Khánh, tỉnh Đồng Nai

Bảng 3. Tính chất hoá lý đất tại địa điểm nghiên cứu

Đặc tính lý hoá đất		Đơn vị	Giao động	Trung bình
Độ ẩm		%	20,73-26,71	22,93±3,29
Tỷ trọng		g/cm ³	2,41-2,59	2,48±0,10
Thành phần cấp hạt	Cát	(%)	6,09-13,92	9,58±3,98
	Thịt	(%)	29,97-37,21	32,43±4,14
	Sét	(%)	50,84-61,78	56,01±5,50
pH _{H2O} (1:2:5)			3,98-5,12	4,60±0,58
pH _{KCL} (1:2:5)			3,38-5,02	4,35±0,86
Al ³⁺		meq/100g	1,09-2,97	1,95±0,95
Ca ²⁺		meq/100g	1,12-3,83	2,36±1,37
Mg ²⁺		meq/100g	2,55-5,31	3,85±1,39
CEC		meq/100g	12,30-16,89	14,33±2,34
P ₂ O ₅ (dt)		mg/100g	7,68-18,22	12,07±5,49
K ₂ O (dt)		mg/100g	9,36-18,97	14,84±4,95
BS		%	37,89-41,10	44,33±4,83
OC		%	1,79-3,17	2,45±0,69
N _{ts}		%	0,11-0,15	0,13±0,02
P ₂ O ₅ (ts)		%	0,12-0,19	0,15±0,04
K ₂ O (ts)		%	0,11-0,21	0,17±0,05
Fe		%	12,59-18,44	14,64±3,29

Bảng 3 cho thấy, độ ẩm của đất dao động từ 20,73 - 26,71% trung bình 22,93 ± 3,29% ở mức trung bình, đây là mức độ ẩm lý tưởng cho nhiều loại cây trồng. Tỷ trọng của đất dao động từ 2,41 - 2,59 g/cm³ trung bình 2,48 ± 0,10g/cm³. Căn cứ theo thang đánh giá của Katrinski có thể sơ bộ kết luận được đất gần như không có khoảng không giữa các hạt, hơi khó thấm nước (Trần Văn Chính, 2000; Lê Văn Khoa và cs., 2009).

Thành phần cấp hạt của đất đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định các tính chất vật lý và hóa học của đất có ý nghĩa rất quan trọng đối với dinh dưỡng cây trồng. Thành phần cấp hạt trong các mẫu đất phân tích như sau: cát dao động từ 6,09 - 13,92%

trung bình 9,58 ± 3,98%, thịt dao động từ 29,97 - 37,21% trung bình 32,43 ± 4,14% và sét dao động từ 50,84 - 61,78% trung bình 56,01 ± 5,50%, thành phần chủ yếu là sét và thịt pha sét. Loại đất này có tính chất cân bằng, giữ nước và dinh dưỡng tốt, nhưng không gây ra các vấn đề ngập úng nghiêm trọng như đất sét thuần. Loại đất này thích hợp cho nhiều loại cây trồng, từ cây ngắn ngày như rau, củ quả đến cây lâu năm (Trần Văn Chính, 2000; Lê Văn Khoa và cs., 2009).

Giá trị pH_{H2O} dao động từ 3,98 - 5,12 trung bình 4,60 ± 0,58 và pH_{KCL} dao động từ 3,38 - 5,02 trung bình 4,35 ± 0,86. Đất này có tính axit cao, ảnh hưởng tiêu cực đến

sự phát triển của nhiều loại cây trồng do khả năng hấp thụ dinh dưỡng bị hạn chế. Nhiều chất dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng như nitơ, photpho, và kali trở nên khó hấp thụ. Các nguyên tố vi lượng như sắt, nhôm và mangan có thể trở nên quá mức, gây ngộ độc cho cây. Ở độ pH này, hạn chế sự phát triển và hoạt động của nhiều loại vi sinh vật có lợi, đặc biệt là những loại liên quan đến quá trình phân hủy chất hữu cơ và cố định nitơ từ không khí. Do vậy, trong quá trình canh tác nông nghiệp, để nâng cao pH của đất cần bón vôi $\text{Ca}(\text{OH})_2$, hoặc vôi sống (CaO) để tăng độ pH, làm cho đất ít chua hơn. Đồng thời, bổ sung chất hữu cơ như phân chuồng, hoặc phân xanh giúp cải thiện cấu trúc đất, tăng cường khả năng giữ nước và dinh dưỡng, cũng như cung cấp một số chất kiềm tự nhiên để trung hòa độ chua (Trần Văn Chính, 2000; Lê Văn Khoa và cs., 2009).

Bảng 3 cho thấy Al^{3+} dao động từ 1,09- 2,97 meq/100g, trung bình $1,95 \pm 0,95$ meq/100g, ở mức trung bình. Ở mức Al^{3+} này có thể gây ra các vấn đề đối với cây trồng (đặc biệt là đất có pH < 5,5). Cây trồng có thể bắt đầu xuất hiện các dấu hiệu của sự ngộ độc Al^{3+} như rễ bị còi cọc, hạn chế sự phát triển và hấp thụ dinh dưỡng, dễ dẫn đến tình trạng ngộ độc rễ cây, làm rễ bị bó và chùn lại không thể phát triển được. Cây trồng khó hấp thụ các vi chất như K, Ca, Mg, ... dẫn đến tình trạng thiếu hụt các dưỡng chất này. Theo Trần Đăng Khoa và cs. (2009), Al^{3+} thường không phải là một chất dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng, mà ngược lại, nồng độ Al^{3+} cao trong đất có thể gây độc cho cây, ảnh hưởng đến sự phát triển của rễ và khả năng hấp thụ các chất dinh dưỡng khác.

Hàm lượng Ca^{2+} và Mg^{2+} là hai cation quan trọng trong đất, đóng vai trò thiết yếu trong việc duy trì cấu trúc đất và cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng. Bảng 2 cho thấy Ca^{2+} trao đổi ở mức thấp, dao động trong khoảng 1,12 - 3,83 meq/100g, trung bình $2,36 \pm 1,37$ meq/100g, mức này có thể đủ cho một số cây trồng, nhưng vẫn có nguy cơ thiếu canxi nếu đất có tính axit hoặc nếu có

sự cạnh tranh với các cation khác như Mg^{2+} hoặc K^+ . Còn đối với hàm lượng Mg^{2+} trao đổi giao động 2,55 - 5,31 meq/100g, trung bình bằng $3,85 \pm 1,39$ meq/100g, ở mức cao. Ở mức này Mg^{2+} trao đổi có lợi cho cây trồng, nhưng quá cao có thể gây mất cân bằng với các chất dinh dưỡng khác như canxi và kali. Tỷ lệ Ca trong đất thường được khuyến nghị nằm trong khoảng 3:1 đến 7:1 (tức là canxi gấp từ 3 đến 7 lần magie) (Trần Văn Chính, 2000; Lê Văn Khoa và cs., 2009).

Khả năng trao đổi cation (CEC) của đất, là một chỉ số quan trọng để đánh giá độ màu mỡ và khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng mà đất có thể giữ lại và trao đổi với rễ cây. Bảng 2 cho thấy, giá trị CEC của các mẫu đất nghiên cứu dao động trong khoảng 15,3 - 20 meq/100g, trung bình $14,33 \pm 2,34$ meq/100g đều ở mức trung bình, đây là mức CEC lý tưởng cho nhiều loại cây trồng, cung cấp khả năng giữ dinh dưỡng tốt và hỗ trợ sự phát triển của cây (Trần Văn Chính, 2000; Lê Văn Khoa và cs., 2009).

Độ no bazơ (BS) cho biết mức độ “bão hòa” của đất với các cation bazơ. Độ no bazơ cao cho thấy đất có khả năng cung cấp tốt các chất dinh dưỡng cơ bản cho cây trồng. Kết quả phân tích cho thấy giá trị BS tại thời điểm nghiên cứu dao động từ 33,89 - 51,10% trung bình $44,33 \pm 8,73\% < 50\%$, đất đói bazơ. Theo Trần Văn Chính (2000), đất có độ no bazơ cao giúp cây trồng phát triển khỏe mạnh hơn, vì các cation bazơ như canxi, magie là những yếu tố dinh dưỡng thiết yếu cho sự phát triển của cây. Độ no bazơ có liên quan đến pH của đất. Đất có độ no bazơ cao thường có pH cao hơn, trong khi đất có độ no bazơ thấp thường có pH thấp hơn. Nhận xét này hoàn toàn phù hợp với kết quả nghiên cứu của chúng tôi. Tại thời điểm nghiên cứu, đất có độ pH < 5. Vì vậy, trong canh tác việc bón vôi kết hợp với bón phân cho những đất này là cần thiết (Trần Văn Chính, 2000).

Điểm đặc trưng đất nông nghiệp tại thành phố Long Khánh, hàm lượng sắt (Fe_2O_3) cao, dao động từ 12,59 - 18,44%,

trung bình $14,64 \pm 3,29\%$. Chủ yếu là loại đất đỏ và đất đen. Chúng phân bố ở địa hình cao, cách mặt nước biển từ 32 - 100 m và được hình thành từ nguồn gốc đá bazan cổ có hàm lượng sắt cao. Khi so sánh kết quả nghiên cứu của chúng tôi với nhóm tác giả Lê Minh Châu và cs. (2016), về tính chất hoá lý tại địa điểm nghiên cứu là tương đối phù hợp (Lê Minh Châu và Nguyễn Bích, 2016).

Bảng 3 cho thấy, hàm lượng cac bon hữu cơ tổng số (OC): Các mẫu đất nghiên cứu có hàm lượng OC dao động trong khoảng 1,79 - 3,17% trung bình $2,45 \pm 0,69\%$, đất có hàm lượng OC ở mức giàu (Trần Văn Chính, 2000). Tuy nhiên vẫn cần phải có những biện pháp duy trì và bổ sung thêm chất hữu cơ (phân chuồng, phân rác, phân bắc, nước giải, phân gia cầm, bùn ao, các loại phân chôn khác) cho đất để tạo nguồn dự trữ dinh dưỡng lâu dài cho cây trồng. Bón phân hữu cơ, đặc biệt là phân chuồng không những tăng chất lượng hữu cơ cho đất, nguồn thức ăn đầy đủ các chất, mà còn cung cấp cho đất một lượng vi sinh vật phong phú. Hàm lượng hữu cơ trong đất không chỉ ảnh hưởng tới tính chất hóa lý của đất mà còn quyết định đến dạng tồn tại của một số kim loại nặng trong đất (Trần Văn Chính, 2000; Lê Văn Khoa và cs., 2009).

Hàm lượng nitơ tổng số trong các mẫu đất dao động trong khoảng 0,11 - 0,15% trung bình $0,13 \pm 0,02\%$, đất có hàm lượng nitơ tổng số ở mức trung bình. Ở mức này, cây trồng có đủ nitơ để phát triển mà không gặp vấn đề về dư hay thừa nitơ, vì hàm lượng nitơ trong đất cao, cây phát triển lá quá mức mà không tăng cường hệ thống rễ, làm tăng nguy cơ bị bệnh hoặc sâu bệnh. Dư thừa nitơ có thể gây ô nhiễm nước do chất dinh dưỡng rửa trôi vào các hệ thống thủy sinh.

Hàm lượng photpho tổng số của các mẫu đất dao động từ 0,12 - 0,19% trung

bình $0,15 \pm 0,04\%$, đất có hàm lượng photpho ở mức giàu (Trần Văn Chính, 2000). Theo kết quả điều tra nông hộ tại địa điểm nghiên cứu của chúng tôi, trong quá trình canh tác người nông dân đều bổ sung thêm photpho cho đất bằng cách bón một lượng khá lớn phân lân. Đất có hàm lượng photpho cao cần được quản lý cẩn thận để tránh dư thừa và nguy cơ ô nhiễm. Do vậy, cần điều chỉnh lượng phân bón và theo dõi để duy trì sự cân bằng dinh dưỡng trong đất.

Hàm lượng kali tổng số trong các mẫu đất dao động trong khoảng 0,11 - 0,21% trung bình $0,17 \pm 0,05\%$ và được xếp ở mức trung bình (Trần Văn Chính, 2000). Trong điều kiện đất có pH trung bình thấp như tại Long Khánh ($\sim 4,6$), quá trình phong hóa khoáng sét cung cấp K diễn ra chậm, và một phần K tổng số bị giữ chặt trong mạng tinh thể khoáng, khó chuyển hóa thành dạng dễ tiêu. Theo đó, cây trồng - đặc biệt là các loại cây ăn trái chủ lực địa phương như sầu riêng, chôm chôm, bưởi da xanh - có nhu cầu kali cao để tăng khả năng vận chuyển đường, tích lũy chất khô và nâng cao chất lượng quả (Nguyễn Văn Bộ, 2003; FAO, 2005).

Theo kết quả điều tra nông hộ trong quá trình canh tác, người nông dân ít chú trọng đến việc bón bổ sung thêm phân kali cho đất. Do vậy, trong quá trình canh tác, cần thiết phải cung cấp thêm kali cho đất thông qua bón phân hữu cơ, phân xanh, tro bếp hoặc bón thêm phân kali. Theo khuyến cáo chung của FAO (2005), lượng kali cần bón cho cây ăn quả có thể dao động từ 150 - 250 kg K_2O /ha/năm, tương đương $0,015 - 0,025$ kg/m², chia làm nhiều đợt trong năm. Nên ưu tiên sử dụng kali sunphat (K_2SO_4) thay vì kali clorua (KCl) để hạn chế dư lượng clo bất lợi cho cây trồng mẫn cảm như sầu riêng.

Bảng 4. Hàm lượng một số kim loại nặng trong đất nông nghiệp tại thành phố Long Khánh tỉnh Đồng Nai

Vị trí lấy mẫu	Hàm lượng kim loại nặng trong đất (mg/kg)							
	As	Pb	Cd	Ni	Hg	Cu	Zn	Cr
10.98229°B, 107,23633°Đ	1,90	11,20	<0,05	195,00	<0,20	80,70	135,00	246,00
11.00030°B, 107,23806°Đ	1,82	10,50	<0,05	213,00	<0,20	79,60	110,00	275,00
11.00032°B, 107,23815°Đ	1,83	12,00	<0,05	197,00	<0,20	81,20	125,00	249,00
11.00015°B, 107,23820°Đ	1,87	11,00	<0,05	185,00	<0,20	80,50	123,33	256,67
11.00025°B, 107,23813°Đ	1,81	12,00	<0,05	212,00	<0,20	79,50	124,00	257,00
10.94716°B, 107,23745°Đ	1,79	13,00	<0,05	165,00	<0,20	79,20	125,00	259,00
11.00014°B, 107,23816°Đ	1,87	10,80	<0,05	216,00	<0,20	80,10	133,00	300,00
11.00022°B, 107,23809°Đ	1,85	11,30	<0,05	215,00	<0,20	80,30	132,00	297,00
10.98217°B, 107,23636°Đ	1,88	11,50	<0,05	196,00	<0,20	80,20	136,00	298,00
11.00035°B, 107,23809°Đ	1,84	12,30	<0,05	175,00	<0,20	80,70	138,00	294,00
Trung bình	1,85 ±0,03	11,56 ±0,76		196,90±17,71		80,20 ±0,62	128,13±8,39	273,17±22,11
QCVN 03:2023/BTNMT	25	200	4	100	12	150	300	150

Bảng 4 cho thấy, hàm lượng một số kim loại nặng As, Pb, Cd, Hg, Cu và Zn trong đất tại thời điểm nghiên cứu so với QCVN 03:2023/BTNMT chưa bị ô nhiễm. Riêng hàm lượng kim loại nặng Cr và Ni đã có hiện tượng ô nhiễm nặng, cần có những giải pháp xử lý phù hợp bằng phương pháp sinh học vì đây là vùng đất nông nghiệp lâu năm, có nhiều loại cây trồng được công nhận thương hiệu địa lý hoặc có chỉ dẫn địa lý (chôm chôm, được Cục Sở hữu trí tuệ, Bộ Khoa học và Công nghệ cấp giấy chứng nhận chỉ dẫn địa lý vào năm 2010), góp phần tạo uy tín trên thị trường trong và ngoài nước.

Nguyên nhân gây tích lũy Cr và Ni trong đất tại địa phương này có thể xuất phát từ cả yếu tố tự nhiên và nhân tạo. Trước hết, về mặt địa chất, Long Khánh nằm trên nền đá bazan có nguồn gốc từ hoạt động núi lửa cổ. Đây là loại đất thường chứa hàm lượng khoáng vật mafic như olivin, pyroxen – vốn giàu Cr và Ni trong thành phần tự nhiên (Kabata-Pendias và Pendias, 2001). Tuy nhiên, yếu tố nhân tạo cũng được xem là

nguyên nhân dẫn đến sự gia tăng hàm lượng Cr và Ni trong đất nông nghiệp tại khu vực này. Cụ thể, việc sử dụng phân bón vô cơ không kiểm soát - đặc biệt là NPK, DAP có chứa tạp chất kim loại nặng - có thể là nguồn đầu vào quan trọng. Một số nghiên cứu tại Việt Nam chỉ ra rằng phân bón hóa học phổ biến có thể chứa Cr, Ni vượt ngưỡng cho phép nếu không được sản xuất hoặc kiểm nghiệm theo tiêu chuẩn chất lượng nghiêm ngặt (Nguyễn Văn Khải và cs., 2018). Bên cạnh đó, việc sử dụng phân hữu cơ chưa qua xử lý - như phân chuồng, nước thải sinh hoạt hoặc compost tự chế - cũng tiềm ẩn nguy cơ mang theo Cr và Ni từ nguồn gốc thức ăn chăn nuôi hoặc chất thải sinh hoạt, đặc biệt khi nguồn phân được lấy từ khu vực có yếu tố đô thị hoặc công nghiệp lân cận. Ngoài ra, sự tích lũy lâu dài do hoạt động canh tác liên tục, không luân canh và không cải tạo hữu cơ đất, cũng góp phần làm gia tăng mức độ ô nhiễm Cr và Ni trong tầng đất mặt. Cr và Ni vốn có khả năng bám dính vào keo đất và chất hữu cơ, khiến chúng tích tụ dần theo

thời gian mà khó bị rửa trôi nếu không có biện pháp cải tạo đất phù hợp (Alloway, 2013). Qua phỏng vấn người dân sống trong các khu vực nghiên cứu, trong nhiều năm qua khu vực này chủ yếu là làm nông nghiệp, không có các nhà máy, xí nghiệp thuộc các ngành công nghiệp thuộc da, mạ Cr, bảo quản gỗ, công nghiệp nhuộm và chất màu, các nhà máy sản xuất các sản phẩm sinh hoạt hàng ngày, lò gạch, các hợp chất có chứa Cr và Ni. Do vậy, nguyên nhân gây ô nhiễm Cr và Ni trong đất do các nguồn sản xuất công nghiệp tạm được loại trừ.

3.2. Hàm lượng vi lượng Se trong đất nông nghiệp tại thành phố Long Khánh, tỉnh Đồng Nai

Nguyên tố vi lượng Se có vai trò quan trọng trong đất nông nghiệp, đặc biệt là đối với sức khỏe của cây trồng và động vật. Se tăng cường khả năng chống oxy hóa, là một thành phần của enzyme glutathione peroxidase, giúp bảo vệ tế bào khỏi tổn thương do quá trình oxy hóa. Khi cây trồng hấp thụ đủ Se, chúng có khả năng chống lại các tác nhân gây stress từ môi trường tốt hơn, bao gồm stress do nhiệt độ, hạn hán, và các chất gây ô nhiễm. Đặc biệt, Se đã được chứng minh là có thể cải thiện hàm lượng protein trong ngũ cốc, đồng thời tăng cường khả năng chống chịu của cây đối với các bệnh nấm và côn trùng (Hartikainen, 2005; Proietti và cs., 2013).

Bảng 5. Hàm lượng Se trong đất nông nghiệp tại khu vực nghiên cứu

Điểm thu mẫu	Ký hiệu mẫu	Kết quả (mg/kg)	
		Giao động	Trung bình
10.98216°B, 107,23615°Đ	T1	0,6-1,3	1,00±0,36
10.98207°B, 107,23608°Đ	T2	0,9-1,3	1,07±0,21
10.98207°B, 107,23637°Đ	T3	0,9-1,2	1,07±0,15
10.98229°B, 107,23633°Đ	T4	1,1-1,3	1,23±0,12
10.98175°B, 107,23615°Đ	T5	0,9-1,3	1,17±0,23
10.98217°B, 107,23636°Đ	T6	0,9-1,3	1,03±0,23
11.00028°B, 107,23808°Đ	T7	1,2-1,3	1,23±0,06
11.00030°B, 107,23806°Đ	T8	0,9-1,1	1,03±0,12
11.00021°B, 107,23784°Đ	T9	0,6-1,3	1,03±0,38
11.00014°B, 107,23815°Đ	T10	0,9-1,3	1,10±0,20
11.00020°B, 107,23808°Đ	T11	0,9-1,3	1,13±0,21
11.00015°B, 107,23812°Đ	T12	0,9-1,2	1,07±0,15
11.00033°B, 107,23814°Đ	T13	0,7-1,3	1,00±0,30
11.00037°B, 107,23810°Đ	T14	0,9-1,1	1,00±0,10
11.00032°B, 107,23815°Đ	T15	1,1-1,2	1,17±0,06
11.00015°B, 107,23820°Đ	T16	0,6-1,3	1,00±0,36
11.00035°B, 107,23809°Đ	T17	1,0-1,3	1,10±0,17
11.00024°B, 107,23809°Đ	T18	0,9-1,1	1,03±0,12
11.00020°B, 107,23820°Đ	T19	0,7-1,2	1,00±0,26
11.00025°B, 107,23813°Đ	T20	1,1-1,3	1,23±0,12
11.00031°B, 107,23819°Đ	T21	0,9-1,3	1,03±0,23
11.00025°B, 107,23813°Đ	T22	0,9-1,2	1,07±0,15
11.00038°B, 107,23827°Đ	T23	1,1-1,3	1,20±0,10
11.00065°B, 107,23820°Đ	T24	0,8-1,3	1,00±0,26
11.00069°B, 107,23831°Đ	T25	0,9-1,2	1,03±0,15
10.94705°B, 107,23750°Đ	T26	1,1-1,2	1,13±0,06
10.94716°B, 107,23745°Đ	T27	0,7-1,1	0,87±0,21
11.00023°B, 107,23785°Đ	T28	0,8-1,3	1,03±0,25
11.00014°B, 107,23816°Đ	T29	0,9-1,2	1,07±0,15
11.00022°B, 107,23809°Đ	T30	0,7-1,3	1,03±0,31

Bảng 5 cho thấy, hàm lượng Se trong đất tại khu vực nghiên cứu dao động 0,6 - 1,3 mg/kg, trung bình $1,04 \pm 0,23$ mg/kg đất khô. Theo báo cáo của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) năm 2009, giới hạn của nồng độ Se trong đất nông nghiệp bằng 2 mg/kg đất khô. So với qui định này, thì đất tại khu vực nghiên cứu có hàm lượng Se dưới mức qui định. Do vậy, cần thực hiện các biện pháp bổ sung Se để đảm bảo cây trồng có đủ dinh dưỡng cần thiết, đồng thời bảo vệ sức khỏe của động vật và con người thông qua việc bón phân vi lượng chứa Se (như sodium selenate hoặc sodium selenite), một số loại phân hữu cơ có thể chứa Se tự nhiên để trực tiếp bổ sung Se cho đất.

Giới hạn hàm lượng Se trong đất thường phụ thuộc vào điều kiện địa phương, loại cây trồng, và các quy định của từng quốc gia. Tại Hoa Kỳ, giới hạn tối đa đối với Se trong đất là 100 $\mu\text{g/kg}$ đối với khu dân cư và 200 $\mu\text{g/kg}$ đối với khu vực nông nghiệp và công nghiệp, do Cơ quan Bảo vệ Môi trường (EPA) quy định. Tại Liên minh Châu Âu, giới hạn tối đa đối với Se trong đất do các quốc gia thành viên quy định và có thể khác nhau giữa các quốc gia. Ví dụ, ở Đức, giới hạn tối đa đối với Se trong đất nông nghiệp là 1500 $\mu\text{g/kg}$. Theo WHO (2009), giới hạn hàm lượng Se trong đất nông nghiệp bằng 2 mg/kg đất khô, ở mức này, Se có lợi cho cây trồng mà không gây độc hại. Khi hàm lượng Se trong đất vượt quá 5 mg/kg đất khô, cây trồng có thể bắt đầu hấp thụ lượng Se vượt mức cần thiết, gây độc cho cây và động vật ăn cây. Mức này cũng có thể dẫn đến ngộ độc Se (selenosis) ở người nếu tiêu thụ sản phẩm từ cây trồng hoặc động vật nhiễm Se. Nếu hàm lượng Se trong đất quá thấp, dưới 0,1 mg/kg đất khô, có thể không đủ cung cấp Se cho cây trồng, động vật và con người. Điều này có thể dẫn đến tình trạng thiếu Se, ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe của các sinh vật trong chuỗi thức ăn.

Bảng 5 cho thấy hàm lượng Se trong đất dao động từ 0,6 - 1,3 mg/kg. Theo Tổ chức Y tế Thế giới (WHO, 2009), ngưỡng giới hạn Se an toàn trong đất là 2,0 mg/kg

đất khô. Trong điều kiện đất có pH thấp như ở Long Khánh (pH = 4,6), Se tồn tại chủ yếu ở dạng selenite (Se^{4+}), dễ bị hấp phụ mạnh vào keo đất, làm giảm khả năng hấp thu của cây trồng (Zhu và cs., 2009). Do đó, liều lượng bổ sung nên được điều chỉnh hợp lý, tránh thất thoát hoặc tích lũy quá mức. Dạng Se khuyến nghị là selenite (Na_2SeO_3) hoặc kết hợp bón qua lá ở liều thấp để tăng hiệu quả sinh học.

Với mục tiêu nâng cao hàm lượng Se trong cây trồng nhưng vẫn đảm bảo an toàn môi trường, liều lượng tối ưu khuyến nghị tại Long Khánh là khoảng 0,3-0,5 mg/kg đất, tương đương khoảng 3-5 g Se nguyên chất/ha, giúp nâng tổng hàm lượng Se đạt mức 1,6-1,8 mg/kg, nằm trong giới hạn cho phép của WHO và có khả năng cải thiện dinh dưỡng thực vật mà không gây nguy cơ độc hại sinh học.

Trong quá trình bổ sung Se vào đất, phải thường xuyên phân tích đất để kiểm tra hàm lượng Se và điều chỉnh biện pháp bổ sung phù hợp để đảm bảo rằng Se được duy trì ở mức tối ưu mà không gây ngộ độc cho cây trồng. Việc bổ sung Se cần được thực hiện cẩn thận và có sự giám sát để tránh tình trạng dư thừa Se, có thể dẫn đến ngộ độc cho cây trồng, động vật và con người.

4. KẾT LUẬN

Thành phần đất tại thành phố Long Khánh, tỉnh Đồng Nai chủ yếu là sét và thịt pha sét, thích hợp cho nhiều loại cây trồng, từ cây ngắn ngày như rau, củ quả đến cây lâu năm.

Đất có tính axit cao, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ bằng $4,60 \pm 0,58$ và pH_{KCL} bằng $4,35 \pm 0,86$. Hàm lượng các bon hữu cơ tổng số và phot pho tổng số bằng $2,45 \pm 0,69\%$ và $0,15 \pm 0,04\%$ ở mức giàu. Nito tổng số và kali tổng số bằng $0,13 \pm 0,02\%$ và $0,17 \pm 0,05\%$ ở mức trung bình.

Hàm lượng Se trung bình bằng $1,04 \pm 0,23$ mg/kg đất khô, đất tại khu vực nghiên cứu có hàm lượng Se thấp hơn qui định. Khuyến nghị liều lượng bổ sung Se vào đất trong khoảng 0,3-0,5 mg/kg đất, tương đương khoảng 3-5 g Se nguyên chất/ha.

Hàm lượng kim loại nặng As, Pb, Cd, Hg, Cu và Zn trong đất tại thời điểm nghiên cứu chưa bị ô nhiễm. Riêng hàm lượng kim loại nặng Cr và Ni đã có hiện tượng ô nhiễm nặng, cần có những giải pháp xử lý bằng phương pháp sinh học phù hợp.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được Bộ Giáo dục và Đào tạo tài trợ trong đề tài mã số B2024-MBS-05. Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tham khảo tiếng Việt

- Lê Minh Châu và Nguyễn Bích. (2016). Phân tích đặc tính hóa học đất ảnh hưởng đến tính đặc thù chất lượng chôm chôm “Long Khánh”, tỉnh Đồng Nai. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, (62), 35-40.
- Lê Văn Khoa, Nguyễn Xuân Cự, Bùi Thị Ngọc Dung, Lê Đức, Trần Khắc Hiệp và Cái Văn Tranh. (2001). *Phương pháp phân tích đất, nước, phân bón, cây trồng*. Hà Nội, Việt Nam: Nhà xuất bản Giáo dục.
- Lê Văn Khoa, Trần Thiện Cường và Lê Văn Thiện. (2009). *Dinh dưỡng khoáng thực vật*. Hà Nội, Việt Nam: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Nguyễn Văn Bộ. (2003). *Dinh dưỡng cây trồng*. NXB Nông nghiệp.
- Nguyễn Văn Khải. (2018). Khảo sát hàm lượng kim loại nặng trong một số loại phân bón và đất canh tác tại miền Đông Nam bộ. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 68, 21–27.
- Trần Văn Chính. (2000). *Giáo trình Thổ nhưỡng học*. Hà Nội, Việt Nam: Nhà xuất bản Đại học Nông Nghiệp 1.

2. Tài liệu tiếng nước ngoài

- Alloway, B. J. (2013). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. Springer
- Arthur, J. R., McKenzie, R. C., & Beckett, G. J. (2003). Selenium in the immune system. *The*

- Journal of Nutrition*, 133(5), 1457S-1459S. DOI:10.1093/jn/133.5.1457S
- FAO. (2005). *Fertilizer use by crop in Vietnam*. FAO Soils Bulletin
- Gailer, J. (2009). Chronic toxicity of AsIII in mammals: The role of (GS)2AsSe-. *Biochimie*, 91(10), 1268-1272. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19539009/>
- Hartikainen, H. (2005). Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18(4), 309-318. DOI:10.1016/j.jtemb.2005.02.009
- Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2001). *Trace Elements in Soils and Plants* (3rd ed.). CRC Press.
- Li, J., Yang, W., Guo, A., Qi, Z., Chen, J., Huang, T., Yang, Z., Gao, Z., Sun, M., & Wang, J. (2021). Combined foliar and soil selenium fertilizer increased the grain yield, quality, total Se, and organic Se content in naked oats. *Journal of Cereal Science*, 100, 103265. DOI:10.1016/j.jcs.2021.103265
- Proietti, P., Nasini, L., Del Buono, D., D'Amato, R., Tedeschini, E., & Businelli, D. (2013). Selenium protects olive (*Olea europaea* L.) from drought stress. *Scientia Horticulturae*, 164, 165-171. DOI:10.1016/j.scienta.2013.09.034
- WHO. (2009). *Chemicals of Public Health Concern: Selenium in Drinking Water and Soil*.
- Zeng, H., Uthus, E. O., & Combs, G. F., Jr. (2005). Mechanistic aspects of the interaction between selenium and arsenic. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 99(6), 1269-1274. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15917080/>
- Zhu, Y. G., Pilon-Smits, E. A., Zhao, F. J., & Williams, P. N. (2009). Selenium in higher plants: understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation. *Trends in Plant Science*, 14(8), 436-442