



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



Study on topsoil chemical characteristics in Bao Thang district, Lao Cai province for agricultural development



Lien Thi Nguyen, Dung Thi Pham*, Anh Tuan Tran, Qua Xuan Nguyen, Dang Thanh Pham, Tra Thu Thi Doan, Tuan Minh Dang, Hien Trong Tran

Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:
Received 24th Jan. 2024
Revised 27th Apr. 2024
Accepted 21st May 2024

Keywords:

Bao Thang,
Geochemistry,
Lao Cai,
Major elements,
Topsoil,
Trace elements.

ABSTRACT

Researching some chemical characteristics of topsoil in Bao Thang district, Lao Cai province to serve the management, planning, and reasonable use of agricultural land resources is very necessary, especially for identifying areas for growing specialty crops to convert crop purposes and improving local people's lives. Result analysis of pH_{soil}, organic carbon (OC), organic matter (OM), major elements and trace elements from 49 topsoil samples taken at depths from 0÷20 cm on different formations in Bao Thang district, Lao Cai province shows that topsoil in Bao Thang district has pH in the slightly acidic to neutral soil group, OM and OC in moderate concentrations. The chemical composition of soil samples shows a relationship with bedrock. The geochemical characteristics of topsoils are high Fe₂O₃, poor to rich K₂O and rich P₂O₅. Some trace elements in the topsoil of different formations have lower or equivalent concentrations with those in the world's soil and are consistent with the safety threshold of National technical regulation on soil quality (QCVN 03:2023/BTNMT), except Cr and Zn. This issue needs to be paid attention to during cultivation and agricultural production.

Copyright © 2024 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: ptdung@igs.vn

DOI: 10.46326/JMES.2024.65(3).03



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Nghiên cứu một số tính chất hóa học đất tầng mặt khu vực huyện Bảo Thắng, Tỉnh Lào Cai phục vụ canh tác đất nông nghiệp

Nguyễn Thị Liên, Phạm Thị Dung*, Trần Tuấn Anh, Nguyễn Xuân Quả, Phạm Thanh Đăng, Đoàn Thị Thu Trà, Đặng Minh Tuấn, Trần Trọng Hiển

Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 24/01/2024

Sửa xong 27/4/2024

Chấp nhận đăng 21/5/2024

Từ khóa:

Bảo Thắng,

Đất tầng mặt,

Địa hóa,

Lào Cai,

Nguyên tố chính,

Nguyên tố vết.

TÓM TẮT

Nghiên cứu một số tính chất hóa học của đất tầng mặt khu vực huyện Bảo Thắng tỉnh Lào Cai để phục vụ cho việc quản lý, quy hoạch và sử dụng hợp lý tài nguyên đất nông nghiệp là rất cần thiết, đặc biệt đối với việc xác định các vùng trồng cây đặc sản nhằm chuyển đổi cơ cấu cây trồng và nâng cao đời sống người dân tại địa phương. Kết quả phân tích các chỉ tiêu $pH_{đất}$, cacbon hữu cơ (OC), chất mùn hữu cơ (OM), các nguyên tố chính và một số nguyên tố vi lượng từ 49 mẫu đất tầng mặt được lấy ở độ sâu từ 0÷20 cm trên các thành tạo địa chất khác nhau thuộc huyện Bảo Thắng, tỉnh Lào Cai cho thấy, đất tầng mặt ở huyện Bảo Thắng có độ $pH_{đất}$ thuộc nhóm đất ít chua đến trung tính, OM, OC ở mức trung bình. Thành phần hóa học của các mẫu đất tầng mặt cho thấy mối liên quan với đá mẹ. Đất tầng mặt có hàm lượng Fe_2O_3 cao, hàm lượng K_2O biến thiên lớn từ mức nghèo đến giàu và có hàm lượng lân tổng số thuộc loại giàu. Một số nguyên tố vi lượng trong đất tầng mặt trên các thành tạo địa chất khác nhau ở khu vực nhìn chung có hàm lượng đều thấp hơn hoặc tương đương với chúng trong đất của thế giới và phù hợp với QCVN 03:2023/BTNMT, ngoại trừ hai nguyên tố Cr và Zn. Vấn đề này cần được lưu ý trong quá trình canh tác và sản xuất nông nghiệp.

© 2024 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E - mail: ptdung@igs.vn

DOI: 10.46326/JMES.2024.65(3).03

1. Mở đầu

Thành phần các nguyên tố hóa học giữa mỗi nhóm đá không giống nhau và thay đổi tương đối trong quá trình phong hóa và tạo đất. Việc nghiên cứu đặc điểm địa hóa đất gắn liền với đá mẹ thuộc các thành tạo địa chất khác nhau sẽ góp phần quan trọng để đánh giá đúng khả năng dư thừa hoặc thiếu hụt các nguyên tố hóa học trước khi có các tác động của hoạt động kỹ thuật trong tăng năng suất và chất lượng cây trồng. Bên cạnh đó, việc nghiên cứu đặc điểm địa hóa đất còn có ý nghĩa rất lớn đối với việc quản lý tài nguyên đất giúp khoanh vùng đất thích hợp với cây trồng nhất là cây đặc sản. Hướng nghiên cứu này đã được thực hiện từ rất lâu và phát triển mạnh trên thế giới cũng như ở Việt Nam và được thể hiện qua nhiều công trình nghiên cứu và công bố (Abou El-Anwar và nnk., 2019; Gao và nnk., 2021; Govil và nnk., 2020; N'egrel và nnk., 2021; Trần, 2002; Nguyễn và nnk., 2021).

Huyện Bảo Thắng là một trong những vùng trọng điểm canh tác nông nghiệp của tỉnh Lào Cai với nhiều vùng sản xuất tập trung được biết đến như chè (xã Phú Nhuận), dứa (ở các xã Bản Phiệt, Bản Cầm, Thái Niên), quế và quế hữu cơ (ở các xã Phú Nhuận, Sơn Hải, Sơn Hà, Phong Hải, Phong Niên), chuối ngự An Tiến (xã Sơn Hải) và vùng trồng chuyên canh rau màu (ở các xã Gia Phú, Thái Niên và Sơn Hải). Tuy nhiên, đến nay, các công bố về một số thông số đất cũng như tính chất hóa học của đất (ví dụ độ pH_{đất}, hàm lượng chất mùn hữu cơ (OM), carbon hữu cơ (OC), hàm lượng của các nguyên tố chính và một số nguyên tố vết trong đất tầng mặt ở khu vực) vẫn là khoảng trống lớn. Các nghiên cứu hiện có về đất trong khu vực chủ yếu là xây dựng các bản đồ đất (Viện Quy hoạch và thiết kế nông nghiệp, 2005) hoặc chỉ mới đề cập đến đặc điểm phân bố các loại đất, nguồn gốc và bề dày vỏ phong hóa (Lê, 2014). Việc nghiên cứu, xác định độ pH_{đất}, hàm lượng OM, OC, hàm lượng của các nguyên tố chính và một số nguyên tố vết (Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Pb, Cd, As, B, Mo) trong đất tầng mặt trên các thành tạo địa chất khác nhau ở khu vực huyện Bảo Thắng sẽ rất có ý nghĩa đối với công tác quy hoạch và phát triển sản xuất nông nghiệp của huyện, như việc xác định khoanh vùng trồng cây đặc sản phù hợp với tính chất đất của địa phương, là cơ sở cho việc bổ sung vi lượng đối với đất nông nghiệp trong quá trình canh tác sản xuất

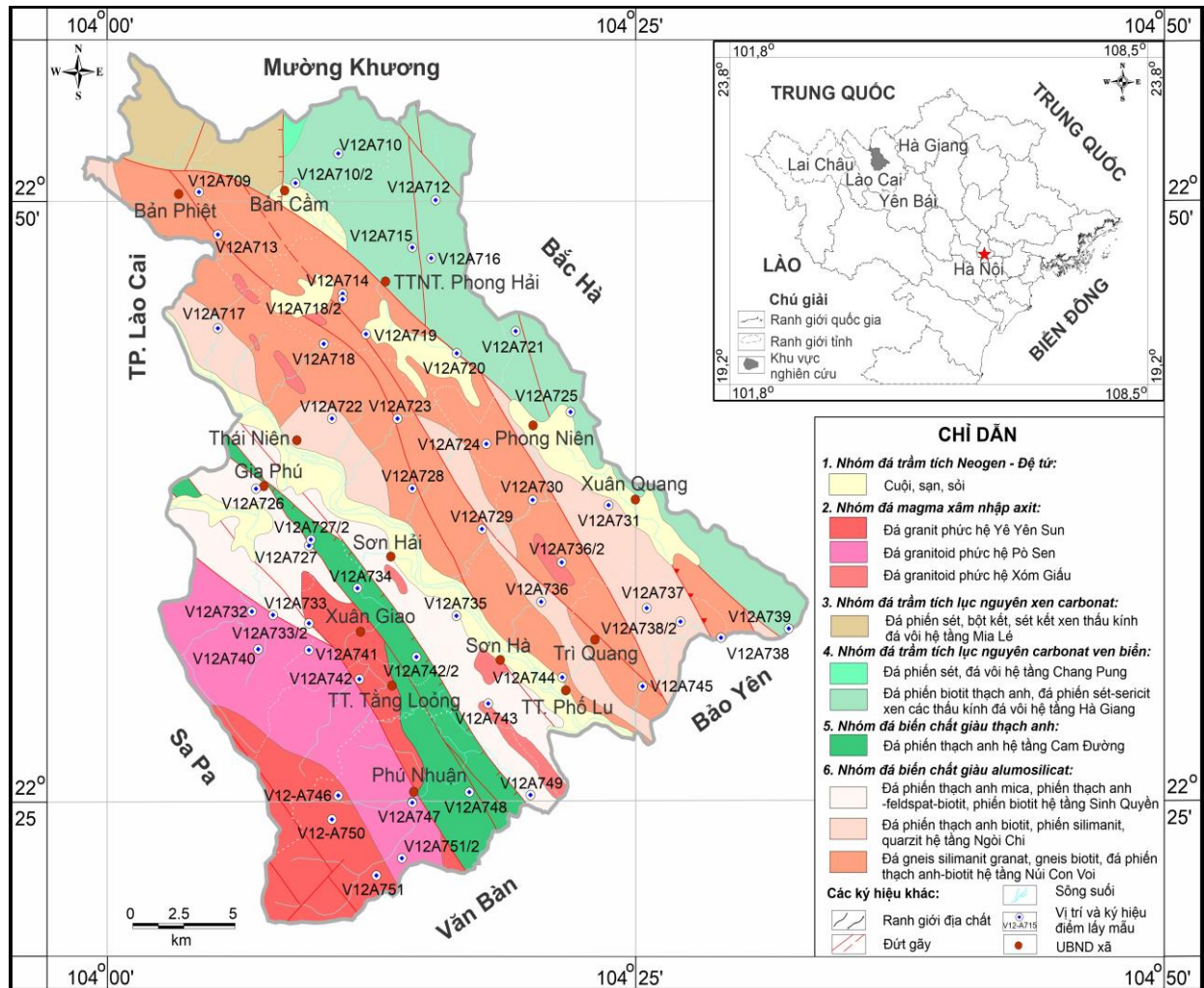
nông nghiệp.

2. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu huyện Bảo Thắng là huyện biên giới của tỉnh Lào Cai, phía bắc giáp với huyện Hà Khẩu (tỉnh Vân Nam, Trung Quốc), phía nam giáp huyện Bảo Yên, Văn Bàn, phía đông giáp huyện Bắc Hà, Mường Khương, phía tây giáp huyện Sa Pa, thành phố Lào Cai và thành phố Cam Đường (Hình 1). Huyện Bảo Thắng có địa hình là một dải thung lũng hẹp chạy dọc ven sông Hồng và phân chia huyện thành hai bên tả ngạn và hữu ngạn với diện tích khoảng 690 km². Bảo Thắng có khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm. Nhiệt độ trung bình hàng năm từ 22÷24°C, nhiệt độ thấp nhất đến 10°C, nhiệt độ cao nhất > 40°C. Huyện có lượng mưa thuộc loại trung bình (trung bình từ 1.600÷1.800 mm/năm).

Về địa chất, huyện Bảo Thắng nằm trong phạm vi ba đới cấu trúc kiến tạo là Sông Chảy, Sông Hồng và Phan Si Pan thuộc Tây Bắc Việt Nam và bao gồm các nhóm đá sau (xem Hình 1): (1) Nhóm đá trầm tích Neogen-Đệ tứ với thành phần chính là cuội, sạn, sỏi; (2) Nhóm đá magma xâm nhập axit với thành phần chính là các đá granitoid thuộc các phức hệ Yên Yên Sun, Pò Sen, Xóm Giấu; (3) Nhóm đá trầm tích lục nguyên xen carbonat với thành phần chính là đá phiến sét, bột kết, sét kết xen thấu kính đá vôi hệ tầng Mia Lé (D_{1 ml}); (4) Nhóm đá trầm tích lục nguyên carbonat ven biển với thành phần chủ yếu là đá phiến sét, phiến biotit thạch anh, phiến sét-sericit xen thấu kính đá vôi hệ tầng Chang Pung (E_{3 cp}) và Hà Giang (E_{2 hg}); (5) Nhóm đá biến chất giàu thạch anh với thành phần chủ yếu là đá phiến thạch anh hệ tầng Cam Đường (E_{1 cd}); (6) Nhóm đá biến chất giàu alumosilicat với thành phần chủ yếu là đá phiến thạch anh mica, phiến thạch anh-felspat-biotit, phiến biotit, silimanit, gneiss biotit thuộc các hệ tầng Sin Quyền (PR_{1-2 sq}), Ngòi Chi (PR_{1 nc}), Núi Con Voi (PR_{1 nv}).

Theo kết quả điều tra, thành lập bản đồ đất tỉnh Lào Cai tỷ lệ 1: 100.000 của Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp (Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp, 2005): đất ở huyện Bảo Thắng chủ yếu là đất vàng đỏ trên đá magma axit và đất đỏ vàng trên đá sét và biến chất thuộc nhóm đất đỏ vàng và loại đất mùn vàng đỏ trên đá magma axit thuộc nhóm đất mùn vàng đỏ trên núi.



Hình 1. Sơ đồ địa chất thạch học và vị trí lấy mẫu đất tầng mặt khu vực huyện Bảo Thắng, tỉnh Lào Cai (thành lập từ bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000 từ Bắc Quang do Trần Xuyên (chủ biên), 1988; Đinh Công Hùng, Phạm Văn Mẫn (hiệu đính), 1994).

3. Mẫu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Mẫu nghiên cứu

Theo sơ đồ cấu tạo mặt cắt phẫu diện đất (Mai, 2001), mẫu nghiên cứu là các mẫu đất tầng mặt (đất tầng A) được lấy ở các độ sâu từ 0÷20 cm tại huyện Bảo Thắng của tỉnh Lào Cai. Các mẫu được lấy theo diện với mạng lưới mẫu thu thập là 4x4 km. Tổng số mẫu đất nghiên cứu thu thập được là 49 mẫu đất tầng mặt (đất tầng A). Vị trí các mẫu thu thập cho nghiên cứu được thể hiện trên Hình 1.

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Mẫu đất được khảo sát và thu thập theo quy định kỹ thuật điều tra, đánh giá đất đai kết hợp phương pháp mô tả phẫu diện đất (thông tư 60/2015/TT-BTNMT ngày 15/12/2015 của Bộ Tài nguyên và Môi trường) và Tiêu chuẩn Việt Nam 4046:1985 (mẫu đất thổ nhưỡng).

Đo độ pH_{đất} bằng mẫu sệt được thực hiện bằng cách hòa tan mẫu với nước cất theo tỷ lệ đất và nước là 1:5, sau 30 phút để cho lắng rồi chắt lấy nước và thực hiện phép đo pH với mẫu nước thu bằng máy đo đa chỉ tiêu cầm tay HI9829.

Phân tích các mẫu đất theo Tiêu chuẩn Quốc gia (TCVN). % OC phân tích theo TCVN 11399-2016 tại viện Thổ nhưỡng Nông hóa. OM được tính theo công thức: OM (%) = OC (%) x 1,724. Thành phần các nguyên tố chính được xác định

bằng phương pháp XRF trên máy Bruker S4 Pioneer tại viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, chi tiết quy trình phân tích xem tại công trình Dung và nnk., (2023). Hàm lượng các nguyên tố vi lượng trong mẫu đất (Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Pb, Cd, As, B, Mo) được xác định bằng phương pháp ICP-MS trên thiết bị Agilent 7900 ở Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Chi tiết phương pháp phân tích xem tại công trình Duong và nnk (2022).

Xử lý số liệu phân tích bằng phần mềm Statistica, Microsoft Excel và Grapher.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Độ pH_{đất} và hàm lượng mùn trong đất

Độ pH_{đất} là một trong những nhân tố có ảnh hưởng tới việc cung cấp và hấp thụ các chất dinh dưỡng bao gồm nguyên tố đa lượng và vi lượng của cây trồng. Độ axit của đất giảm (pH tăng) thì khả năng hòa tan và hấp thụ của các nguyên tố như Al, Co, Cu, Fe, Ni, Sn, Zn, Mn giảm, riêng Mo và S thì tăng. Khả năng cây trồng hấp thụ và sử dụng các nguyên tố vi lượng cũng giảm khi pH > 6,5 (Sillanpaa, 1979).

Kết quả phân tích và kết quả thống kê các giá trị pH_{đất}, OC, OM và thành phần các nguyên tố chính trong các mẫu đất mặt ở huyện Bảo Thắng được thể hiện trong Bảng 1 và 2. Qua đó cho thấy độ pH_{đất} trung bình của đất tầng mặt trên phần lớn các thành tạo địa chất ở khu vực đều thuộc loại đất ít chua với pH > 5,0 ÷ 6,0 (Cấm nang sử dụng đất), cụ thể: đất phát triển từ các thành tạo thuộc phức hệ Po Sen có pH = 5,81, hệ tầng Sin Quyền-pH = 5,60, hệ tầng Ngòi Chi-pH = 5,23, và hệ tầng Núi Con Voi-pH = 5,47. Ngoài ra, một số đất phát triển trên các thành tạo thuộc hệ tầng Cam Đường (pH = 6,13), Hà Giang (pH = 6,75), Yên Yên Sun (pH = 6,68) có pH trung tính (pH > 6,0 ÷ 7,0) (Cấm nang sử dụng đất)

Giá trị % OC trung bình trong các mẫu đất tầng mặt trên các thành tạo địa chất khác nhau ở huyện Bảo Thắng như sau: hệ tầng Hà Giang (% OC = 1,75), đất thuộc phức hệ Yên Yên Sun (% OC = 1,74), hệ tầng Sin Quyền (% OC = 1,74), phức hệ Po Sen (% OC = 1,60), hệ tầng Núi Con Voi (% OC = 1,60), hệ tầng Ngòi Chi (% OC = 1,54), hệ tầng Cam Đường (% OC = 1,17). Tương ứng với các giá trị % OC trung bình, %OM trung bình trên các

thành tạo địa chất là: hệ tầng Hà Giang (%OM = 3,01), đất thuộc phức hệ Yên Yên Sun (%OM = 3,00), hệ tầng Sin Quyền (%OM = 3,00), phức hệ Po Sen (%OM = 2,77), hệ tầng Núi Con Voi (%OM = 2,77), hệ tầng Ngòi Chi (%OM = 2,66), hệ tầng Cam Đường (%OM = 2,02).

Một trong những tiêu chí để đánh giá độ phì nhiêu của đất là giá trị OC và OM trong đất. Đất có OC, OM càng cao thì đất càng tốt. Ở nước ta, giá trị OM trong đất đối với đất đồi núi được đánh giá phân cấp như trong Bảng 3 và giá trị OC trong đất được đánh giá theo tiêu chuẩn như trong Bảng 4. Dựa vào chỉ tiêu đánh giá trong Bảng 3 và 4 các mẫu đất tầng mặt ở huyện Bảo Thắng đều có OM và OC ở mức trung bình.

4.2. Hàm lượng các nguyên tố chính trong đất

Đất hình thành từ các kiểu đá mẹ khác nhau sẽ có thành phần khoáng vật và hóa học là khác nhau. Trong các nguyên tố chính của đất chỉ có một số nguyên tố có ý nghĩa quan trọng đối với sự hình thành đất và cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng như: Al, Si, Fe, Mg, P, N, K, Ca, S.

Kết quả thống kê hàm lượng trung bình (TB) của các nguyên tố chính thể hiện ở Bảng 2. Qua Bảng 2 cho thấy, đất tầng mặt khu vực nghiên cứu có hàm lượng SiO₂ TB dao động từ 41,67 ÷ 51,22% (Bảng 2). Hàm lượng SiO₂ trong đất dao động khá cao có thể do khoáng vật thạch anh khá phổ biến, điều này được minh chứng qua tương quan âm giữa TiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, với SiO₂ (Bảng 5). Biểu đồ tương quan SiO₂/Al₂O₃ với Fe₂O₃/K₂O và Na₂O/K₂O (Hình 2, 3) cũng thể hiện nhận định này. Các biểu đồ này thường dùng cho xác định thành phần khoáng vật nguyên thủy, chỉ số ổn định khoáng vật và chỉ số phân dị hóa học. Các mẫu khu vực nghiên cứu chủ yếu nằm trong trường cát kết litharenit, graywack (bùn-cát và sét), cát kết arko chứng tỏ các mẫu nghiên cứu phổ biến các khoáng vật như feldspar, thạch anh, mica. Trên biểu đồ tỷ lệ SiO₂/Al₂O₃ với Fe₂O₃/K₂O, các mẫu đất khu vực nghiên cứu nằm trong trường đá phiến sét giàu Fe (Hình 3). Hàm lượng TB của Fe₂O₃ trong các mẫu khu vực nghiên cứu thuộc các phân vị địa chất khác nhau dao động từ 7,55 ÷ 14% (Bảng 2) và cao hơn hàm lượng Fe₂O₃ TB của vỏ lục địa trên -UCC (Fe₂O₃ = 5,04%) (Rudnick và Gao, 2003).

Bảng 1. Kết quả xác định pH_{đất}, OC, OM và thành phần các nguyên tố chính trong các mẫu đất tầng mặt ở huyện Bảo Thắng.

Ký hiệu mẫu	Đất trên các thành tạo địa chất	pH	OM (%)	OC (%)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	MKN	CIA
1. Đất thành tạo từ nhóm đá magma xâm nhập axit:																	
V12A732	Phức hệ Po Sen	6,51	1,170	0,679	42,56	1,13	29,30	9,63	0,06	0,96	0,17	0,005	1,07	0,06	0,05	14,35	96,13
V12A733		6,46	1,920	1,114	48,77	1,29	25,39	8,05	0,05	2,77	1,00	0,220	1,72	0,07	0,05	14,85	90,61
V12A740		6,09	2,610	1,514	37,95	1,32	27,85	9,85	0,09	2,99	1,01	0,16	1,00	0,10	0,05	9,16	94,44
V12A741		5,6	3,220	1,868	42,51	1,36	27,56	9,42	0,05	1,64	0,42	0,060	1,13	0,11	0,07	17,52	95,04
V12A747		4,51	4,190	2,430	34,65	1,68	29,94	13,21	0,02	0,89	0,13	0,005	0,48	0,13	0,08	10,08	98,24
V12A751/2		5,72	3,500	2,030	43,63	1,66	25,56	11,21	0,10	1,28	0,17	0,040	0,79	0,19	0,13	16,54	96,23
V12A733/2	Phức hệ Yên Sun	6,63	1,300	0,754	45,48	1,50	25,23	9,42	0,09	3,66	1,41	0,370	1,72	0,10	0,05	10,44	88,90
V12A742		6,89	3,020	1,752	43,45	1,62	27,90	9,75	0,03	1,17	0,35	0,080	0,69	0,11	0,1	15,52	96,45
V12-A746		7,3	2,458	1,426	48,04	1,42	22,61	11,40	0,27	1,26	0,47	1,320	2,58	0,16	0,09	10,78	80,60
V12-A750		6,6	4,143	2,403	46,95	1,31	23,28	11,98	0,26	1,09	0,32	1,200	2,38	0,14	0,08	12,78	82,87
V12A751		6,02	4,120	2,390	39,47	1,44	28,74	10,88	0,02	0,97	0,04	0,004	1,49	0,16	0,09	10,40	94,65
2. Đất thành tạo từ nhóm đá trầm tích lục nguyên carbonat ven biển:																	
V12A710	Hệ tầng Hà Giang	7,43	5,030	2,918	43,16	0,73	12,87	5,11	0,13	2,65	13,60	0,004	3,81	0,24	0,05	12,99	75,60
V12A710/2		8,13	2,410	1,398	58,63	0,99	16,04	5,96	0,12	2,50	1,92	0,007	2,65	0,08	0,14	17,47	84,70
V12A712		6,24	3,100	1,798	52,71	0,97	22,66	6,97	0,04	1,87	0,14	0,080	4,78	0,13	0,05	10,84	80,55
V12A715		7,15	2,210	1,282	56,89	1,14	20,16	7,12	0,10	2,09	0,22	0,040	3,39	0,11	0,06	11,29	84,10
V12A716		5,58	4,000	2,320	47,45	0,97	22,88	10,47	0,07	1,70	0,36	0,060	3,49	0,18	0,07	8,56	85,13
V12A721		7,32	2,210	1,282	51,12	1,15	21,32	7,69	0,22	4,07	0,76	0,16	4,20	0,16	0,05	7,65	80,65
V12A725		7,56	2,140	1,241	48,58	0,94	20,72	9,52	0,35	3,69	0,66	0,005	4,96	0,13	0,09	18,04	79,34
3. Đất thành tạo từ nhóm đá biến chất giàu thạch anh:																	
V12A727/2	Hệ tầng Cam Đường	6,01	1,650	0,957	51,87	1,47	24,01	9,85	0,02	0,87	0,17	0,08	2,00	0,19	0,1	14,1	90,73
V12A734		5,34	2,540	1,473	50,68	3,75	17,58	16,02	0,02	0,28	0,04	0,004	0,35	0,22	0,05	10,32	97,78
V12A739		6,44	2,470	1,433	62,11	0,99	16,41	6,34	0,15	1,33	0,38	0,050	2,76	0,12	0,06	13,75	83,82
V12A742/2		5,8	1,240	0,719	33,59	2,66	24,50	24,92	0,05	0,17	0,01	0,002	0,22	0,22	0,07	14,7	98,99
V12A748	Hệ tầng Cam Đường	7,07	2,200	1,276	52,00	2,14	28,44	12,86	0,02	0,12	0,06	0,005	0,12	0,15	0,11	18,65	99,49
4. Đất thành tạo từ nhóm đá biến chất giàu alumosilicat:																	
V12A727	Hệ tầng Sin Quyền	5,63	3,430	1,990	44,57	1,33	27,22	10,38	0,08	1,03	0,08	0,005	0,89	0,09	0,05	10,17	96,52
V12A735		5,67	3,290	1,908	45,86	1,03	25,80	11,49	0,02	0,49	0,03	0,004	1,16	0,07	0,08	10,83	95,30
V12A743		5,62	2,810	1,630	51,31	1,28	22,51	9,93	0,02	0,73	0,09	0,040	1,73	0,11	0,17	13,47	91,79
V12A749		5,5	2,470	1,433	46,90	1,78	24,69	11,00	0,01	0,63	0,02	0,005	1,78	0,16	0,07	14,18	92,69
V12A717	Hệ tầng Ngòi Chi	4,77	2,900	1,682	43,18	1,47	26,64	13,24	0,11	0,29	0,03	0,005	0,88	0,13	0,07	12,17	96,49
V12A722		4,57	2,970	1,723	51,06	1,34	25,13	9,06	0,04	0,42	0,02	0,005	1,18	0,09	0,06	8,91	95,09
V12A731		6,69	2,400	1,392	40,00	1,94	24,48	17,26	0,15	0,68	0,22	0,007	0,54	0,09	0,09	14,93	97,58
V12A736		5,61	2,47	1,433	40,79	1,63	28,11	14,96	0,02	0,11	0,009	0,004	0,32	0,09	0,08	13,85	98,73
V12A737		4,67	2,740	1,589	37,95	1,32	27,85	9,85	0,09	2,99	1,01	0,160	1,00	0,10	0,11	16,91	94,44
V12A738/2		5,06	2,470	1,433	45,86	1,78	24,22	12,45	0,11	0,64	0,08	0,005	0,77	0,10	0,08	13,64	96,61
V12A709		5,65	2,280	1,323	49,63	1,30	24,36	10,21	0,14	0,48	0,04	0,008	1,31	0,11	0,09	12,19	94,39
V12A713		6,35	2,340	1,357	58,15	1,39	21,72	7,61	0,19	0,50	0,12	0,006	0,83	0,13	0,07	9,47	95,94
V12A714	6	1,790	1,038	52,01	1,82	23,97	9,35	0,09	0,55	0,03	0,004	0,49	0,14	0,07	9,10	97,78	
V12A718	Hệ tầng Núi Con Voi	6,57	1,720	0,998	51,57	1,61	25,31	9,83	0,03	0,20	0,11	0,005	0,26	0,12	0,09	13,78	98,83
V12A718/2		6,81	2,550	1,479	47,46	1,29	27,93	9,01	0,01	0,25	0,01	0,005	0,39	0,07	0,06	10,25	98,43
V12A719		6,72	3,310	1,920	45,00	1,55	26,59	12,48	0,04	0,15	0,04	0,005	0,16	0,09	0,07	13,35	99,27
V12A720		4,59	1,590	0,922	66,92	0,93	13,08	8,94	0,12	0,67	0,08	0,04	1,33	0,07	0,09	13,64	89,21
V12A723		5,39	3,030	1,758	54,53	1,16	25,40	6,45	0,01	0,27	0,03	0,005	0,45	0,09	0,08	11,41	98,03
V12A724		5,68	3,860	2,239	39,20	1,27	26,04	13,56	0,14	0,50	0,07	0,005	0,80	0,09	0,09	11,38	96,71
V12A728		5,49	5,350	3,103	52,63	0,95	25,52	5,99	0,01	0,23	0,03	0,003	0,61	0,09	0,05	9,25	97,42
V12A729		4,68	2,060	1,195	55,15	1,10	24,24	8,15	0,03	0,89	0,03	0,004	1,77	0,09	0,11	13,75	92,61
V12A730	Hệ tầng Núi Con Voi	4,46	3,020	1,752	44,77	1,27	27,32	10,54	0,05	0,28	0,06	0,004	0,45	0,10	0,06	8,34	98,21
V12A736/2		5,76	1,850	1,073	37,33	1,54	30,03	13,66	0,00	0,10	0,009	0,004	0,15	0,08	<0,01	13,8	99,43
V12A738		5,03	3,570	2,071	44,83	1,81	25,04	13,17	0,14	0,36	0,04	0,006	0,59	0,14	0,07	17,52	97,43
V12A744		3,95	2,740	1,589	56,34	0,99	20,39	8,05	0,00	0,51	0,01	0,120	1,87	0,07	0,1	11,99	90,77
V12A745		4,45	3,220	1,868	52,27	1,63	24,67	9,44	0,04	0,23	0,04	0,003	0,53	0,13	0,06	11,57	97,67

Bảng 2. Bảng thống kê giá trị trung bình của pH_{đất}, OC, OM và thành phần nguyên tố chính trong đất tầng mặt của khu vực nghiên cứu.

Thành tạo địa chất đá mẹ	Tham số thống kê	pH	% OM	% OC	Hàm lượng trung bình các nguyên tố chính (%)									
					SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
1. Đất thành tạo từ nhóm đá magma xâm nhập axit:														
Đất thuộc phức hệ Po Sen (n = 6)	Min	4,51	1,17	0,68	34,64	1,13	25,39	8,05	0,016	0,89	0,134	0,005	0,48	0,055
	Max	6,51	4,19	2,43	48,78	1,68	29,94	13,21	0,103	2,99	1,012	0,22	1,72	0,187
	Mean	5,81	2,77	1,60	41,67	1,41	27,6	10,23	0,06	1,75	0,48	0,08	1,03	0,106
	Std.Dev	0,74	1,10	0,64	4,87	0,22	1,87	1,78	0,03	0,91	0,42	0,09	0,41	0,047
Đất thuộc phức hệ Yê Yên Sun (n = 5)	Min	6,02	1,30	0,75	39,47	1,31	22,6	9,42	0,02	0,97	0,04	0,004	0,69	0,09
	Max	7,30	4,14	2,40	48,04	1,62	28,74	11,98	0,27	3,66	1,41	1,32	2,58	0,16
	Mean	6,68	3,0	1,74	44,68	1,46	25,55	10,68	0,133	0,63	0,52	0,59	1,77	0,134
	Std.Dev	0,46	1,20	0,69	3,38	0,11	2,72	1,08	0,12	1,14	0,52	0,62	0,75	0,03
2. Đất thành tạo từ nhóm đá trầm tích lục nguyên carbonat ven biển:														
Đất thuộc hệ tầng Hà Giang (n = 7)	Min	5,58	2,14	1,24	43,15	0,73	12,87	5,11	0,04	1,70	0,14	0,004	2,65	0,076
	Max	8,13	5,03	2,92	58,63	1,15	22,88	10,47	0,35	4,07	13,6	0,16	4,96	0,235
	Mean	6,75	3,01	1,75	51,22	0,98	19,52	7,55	0,15	2,65	2,52	0,05	3,90	0,147
	Std.Dev	0,86	1,11	0,65	5,41	0,14	3,71	1,89	0,1	0,91	4,92	0,05	0,81	0,05
3. Đất thành tạo từ nhóm đá biến chất giàu thạch anh:														
Đất thuộc hệ tầng Cam Đường (n = 5)	Min	5,34	1,24	0,72	33,59	0,99	16,4	6,34	0,015	0,12	0,006	0,002	0,12	0,12
	Max	7,07	2,54	1,47	62,10	3,74	28,43	24,92	0,15	1,33	0,38	0,08	2,76	0,22
	Mean	6,13	2,02	1,17	50,05	2,2	22,19	14	0,05	0,56	0,13	0,028	1,09	0,18
	Std.Dev	0,66	0,56	0,32	10,29	1,07	5,05	7,08	0,057	0,53	0,15	0,035	1,21	0,04
4. Đất thành tạo từ nhóm đá biến chất giàu alumosilicat:														
Đất thuộc hệ tầng Sin Quyền (n = 4)	Min	5,5	2,47	1,43	44,57	1,03	22,51	9,93	0,014	0,49	0,022	0,004	0,89	0,067
	Max	5,67	3,43	1,99	51,3	1,78	27,22	11,49	0,075	1,03	0,092	0,04	1,78	0,155
	Mean	5,6	3,0	1,74	47,16	1,35	20,05	10,7	0,03	0,72	0,056	0,013	1,39	0,107
	Std.Dev	0,07	0,44	0,25	2,92	0,31	1,99	0,68	0,03	0,23	0,035	0,02	0,43	0,04
Đất thuộc hệ tầng Ngòi Chi (n = 6)	Min	4,57	2,4	1,39	37,95	1,32	24,22	9,06	0,015	0,11	0,009	0,004	0,32	0,09
	Max	6,69	2,97	1,72	51,06	1,94	28,11	17,26	0,15	2,99	1,01	0,16	1,18	0,13
	Mean	5,23	2,66	1,54	43,14	1,58	26,07	12,8	0,086	0,85	0,23	0,03	0,78	0,1
	Std.Dev	0,8	0,24	0,14	4,74	0,25	1,70	3,08	0,05	1,06	0,39	0,06	0,31	0,01
Đất thuộc hệ tầng Núi Con Voi (n = 16)	Min	3,95	1,59	0,92	37,33	0,93	13,08	5,99	0,002	0,10	0,008	0,003	0,15	0,07
	Max	6,81	5,35	3,1	66,91	1,82	30,02	13,66	0,185	0,89	0,12	0,12	1,87	0,14
	Mean	5,47	2,77	1,60	50,48	1,35	24,47	9,78	0,065	0,38	0,047	0,014	0,75	0,10
	Std.Dev	0,9	0,98	0,6	7,38	0,29	3,79	2,40	0,06	0,21	0,03	0,03	0,54	0,02

Bảng 3. Chỉ tiêu đánh giá hàm lượng mùn trong đất (Nguồn Cẩm nang sử dụng đất).

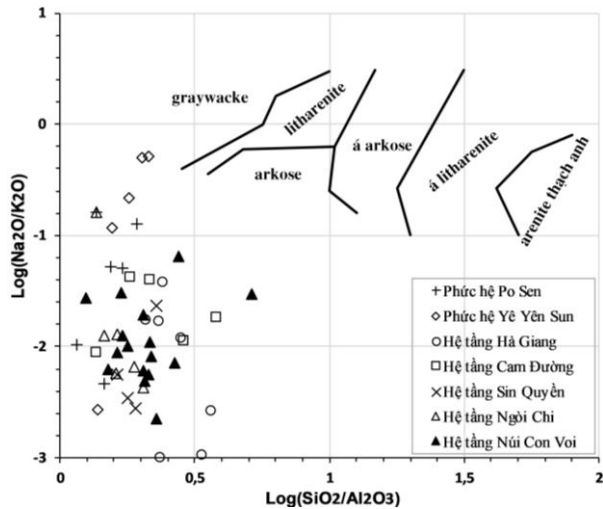
Mức độ	OM (%)
Cao	> 4,0
Trung bình	2,0÷4,0
Thấp	< 2,0

Bảng 4. Chỉ tiêu đánh giá hàm lượng cacbon hữu cơ trong đất.

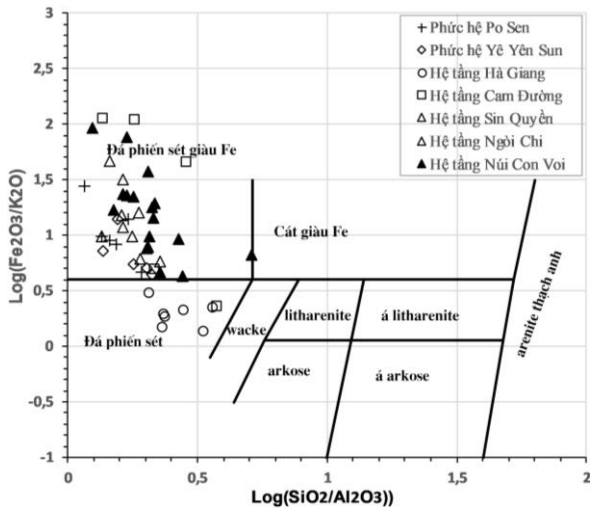
Mức độ	OC (%)
Rất cao	> 5,0
Cao	2,0÷5,0
Trung bình	1,0÷1,9
Thấp	0,5÷0,9
Rất thấp	< 0,4

Bảng 5. Ma trận tương quan giữa các nguyên tố trong mẫu đất tầng mặt khu vực nghiên cứu.

	pH	% OC	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MKN
pH	1,00												
% OC	-0,15	1,00											
SiO ₂	0,07	-0,20	1,00										
TiO ₂	-0,12	-0,23	-0,29	1,00									
Al ₂ O ₃	-0,22	0,03	-0,65	0,16	1,00								
Fe ₂ O ₃	-0,17	-0,18	-0,60	0,72	0,33	1,00							
MnO	0,43	-0,03	0,11	-0,21	-0,39	-0,06	1,00						
MgO	0,46	-0,08	-0,01	-0,36	-0,27	-0,39	0,47	1,00					
CaO	0,32	0,32	-0,09	-0,25	-0,45	-0,29	0,16	0,37	1,00				
Na ₂ O	0,25	0,04	-0,01	-0,06	-0,07	0,01	0,49	0,20	0,00	1,00			
K ₂ O	0,43	0,06	0,31	-0,51	-0,55	-0,47	0,51	0,69	0,35	0,24	1,00		
P ₂ O ₅	0,17	0,17	-0,13	0,44	-0,30	0,28	0,17	0,08	0,36	0,12	0,25	1,00	
MKN	-0,17	0,45	-0,82	0,10	0,55	0,32	-0,26	-0,11	0,22	-0,22	-0,42	-0,02	1,00



Hình 2. Biểu đồ tỷ lệ SiO_2/Al_2O_3 với Na_2O/K_2O (Pettjohn và nnk, 1972).



Hình 3. Biểu đồ tỷ lệ SiO_2/Al_2O_3 với Fe_2O_3/K_2O (Herron, 1988).

Như vậy, hàm lượng Fe trong mẫu đất khu vực nghiên cứu thuộc loại giàu có thể liên quan với đá gốc thuộc các phân vị địa chất khác nhau. Thực tế cho thấy, khu vực nghiên cứu chủ yếu có đất màu nâu vàng, vàng đỏ phong hóa từ các đá granit, trầm tích biến chất hoặc trầm tích lục nguyên carbonat. Điều này cũng trùng với kết quả điều tra, thành lập bản đồ đất tỉnh Lào Cai tỷ lệ 1: 100.000 của Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp (Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp, 2005): đất ở huyện Bảo Thắng chủ yếu là đất vàng đỏ, đất mùn vàng đỏ trên đá magma axit và nhóm đất đỏ vàng trên đá sét và biến chất.

Đất mặt ở khu vực có hàm lượng K_2O biến thiên lớn từ mức nghèo - hàm lượng TB là 0,75%

đối với các mẫu đất mặt trên thành tạo địa chất thuộc hệ tầng Núi Con Voi đến mức giàu - hàm lượng TB là 3,9% đối với các mẫu đất thuộc hệ tầng Hà Giang (Cấm nang sử dụng đất).

Đất khu vực nghiên cứu có sự hiện diện khá phong phú các khoáng vật chứa titan, điều này được thể hiện thông qua hàm lượng TiO_2 cao hơn hẳn so với đất của thế giới (0,55%) và tương quan dương giữa TiO_2 với Fe_2O_3 ($r = 0,72$) và Al_2O_3 ($r = 0,16$) (Bảng 5). Hàm lượng P_2O_5 tổng số thuộc loại giàu (dao động trong khoảng từ 0,10÷0,18%) (Bảng 2) (Cấm nang sử dụng đất). Các giá trị này khá phù hợp với đất nâu vàng, đỏ vàng trên đá trầm tích, biến chất đã được báo cáo (Thái và Nguyễn, 2002).

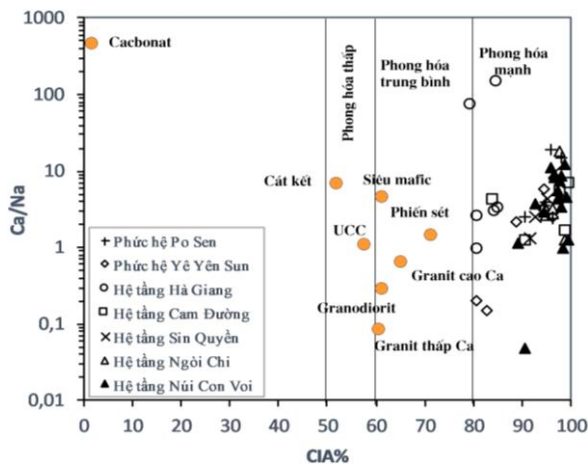
Để đánh giá mức độ phong hóa hóa học của đá mẹ (chủ yếu là đá silicat) hình thành nên đất, nghiên cứu sử dụng chỉ số hóa học CIA (Chemical Index of Alteration). Chỉ số CIA được đề xuất và sử dụng đầu tiên bởi Nesbitt và Young (1982) và đã được sử dụng trong nhiều nghiên cứu (McLennan, 1993; Shao và Yang, 2012; Xu và nnk., 2020; Lan và nnk., 2021; N'egrel và nnk., 2023). Giá trị CIA được đề xuất như sau:

$$CIA = 100 \frac{Al_2O_3}{(Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)} \quad (1)$$

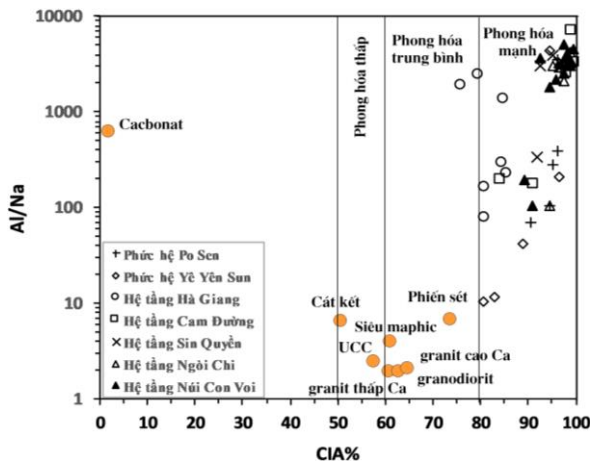
CaO^* tính theo phương pháp hiệu chỉnh của McLennan (1993). Mức độ phong hóa mạnh hơn được biểu thị bằng giá trị CIA cao hơn, cho biết mức độ biến đổi của các khoáng vật plagiocla và feldspar thành các khoáng vật sét như kaolinit và việc loại bỏ phần lớn các nguyên tố linh động (Ca, Na, K) so với các nguyên tố bền vững với phong hóa (ví dụ như Al và Ti). Theo Nesbitt và Young (1982) và Fedo và nnk. (1995), dựa trên chỉ số CIA, mức độ phong hóa hóa học được phân ra thành các mức sau: (1) chỉ số CIA từ 50÷60 là phong hóa thấp; (2) chỉ số CIA từ 60÷80 là phong hóa trung bình; (3) chỉ số CIA > 80 là phong hóa cao (Nesbitt và Young, 1982; Fedo và nnk., 1995).

Kết quả tính toán chỉ số CIA (Bảng 1) cho thấy các mẫu đất mặt ở khu vực nghiên cứu với giá trị TB của các nhóm đá được đưa ra bởi Parker (Parker, 1967) và của vỏ lục địa trên (UCC) theo Rudnick và Gao (Rudnick và Gao, 2003), hầu hết các mẫu nằm trong trường phong hóa mạnh (Hình 4, 5). Điều này phản ánh đất ở khu vực được hình thành bởi phong hóa hóa học mạnh mẽ của vật

liệu đá mẹ. Trên biểu đồ Hình 4, 5 còn thấy, các mẫu nghiên cứu có xu hướng tách ra khỏi hướng chung so với các nhóm đá so sánh, điều này có lẽ là do trong vật liệu đá mẹ có các loại đá phiến sét, đá phiến. Xu hướng tương quan giữa chỉ số CIA với các tỷ lệ Ca/Na và Al/Na phản ánh tỷ lệ giữa các khoáng vật mang Ca-Na sơ cấp và thứ cấp (như plagioclase và các sản phẩm phong hóa của chúng) và cho thấy sự trưởng thành của các mẫu đất có nguồn gốc từ các vật liệu ban đầu là các đá phiến thuộc các thành tạo trầm tích biến chất hệ tầng Núi Con Voi, Ngòi Chi, Sinh Quyền và Cam Đường hơn so với các đá granit, diorit, granodiorit của phức hệ Po Sen và granit phức hệ Yên Yên Sun. Sự gia tăng giá trị CIA-Al/Na đối với các mẫu đất có nguồn gốc từ đá mẹ là đá phiến và đá phiến sét có thể được giải thích bằng sự hình thành của các aluminosilicat như khoáng vật sét.



Hình 4. Biểu đồ tỷ lệ Ca/Na với chỉ số CIA của các mẫu đất khu vực huyện Bảo Thắng.



Hình 5. Biểu đồ tỷ lệ Al/Na với chỉ số CIA của các mẫu đất khu vực huyện Bảo Thắng.

4.3. Hàm lượng các nguyên tố vi lượng trong đất

Kết quả phân tích thống kê hàm lượng TB của một số nguyên tố vi lượng trong đất tầng mặt thuộc các thành tạo địa chất khác nhau ở vùng nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 6.

Kết quả cho thấy, hàm lượng TB của Cr trong mẫu đất dao động từ 35,87 ppm (đất thuộc phức hệ Yên Yên Sun) đến 183,37 ppm (đất thuộc hệ tầng Núi Con Voi) và hàm lượng TB của Zn dao động từ 62,57 (đất thuộc hệ tầng Núi Con Voi) đến 82,16 ppm (đất thuộc hệ tầng Ngòi Chi), đều cao hơn so với hàm lượng TB của chúng trong đất của thế giới (Cr = 54 ppm, Zn = 63 ppm), đặc biệt là các mẫu đất trên hệ tầng Núi Con Voi (Cr = 183,37 ppm), hệ tầng Ngòi Chi (Cr = 177,37 ppm) có hàm lượng Cr rất cao, cao gấp 3 lần so với hàm lượng TB trong đất của thế giới. Các nguyên tố còn lại như As, Cd, Co, Cu, Ni, Pb nhìn chung đa số các mẫu đất trên các thành tạo địa chất đều có hàm lượng TB thấp hơn hoặc tương đương với hàm lượng TB trong đất của thế giới. Ngoại trừ một số trường hợp như hàm lượng TB của As trong mẫu đất của hệ tầng Cam Đường (As = 13,1 ppm), hệ tầng Hà Giang (As = 19,79 ppm) và hệ tầng Sinh Quyền (As = 7,79 ppm); hàm lượng TB của Co trong mẫu đất thuộc hệ tầng Ngòi Chi (Co = 9,02 ppm); hàm lượng TB của Cu trong các mẫu đất hệ tầng Cam Đường (Cu = 20,02 ppm), hệ tầng Ngòi Chi (Cu = 36,94 ppm); hàm lượng TB của Ni trong các mẫu đất hệ tầng Ngòi Chi (Ni = 46,36 ppm), hệ tầng Núi Con Voi (Ni = 39,24 ppm) và hàm lượng TB của Pb trong các mẫu đất hệ tầng Cam Đường (Pb = 40,25 ppm) cao hơn so với hàm lượng TB trong đất của thế giới (As = 5 ppm, Co = 7,9 ppm, Cu = 20 ppm, Ni = 22 ppm và Pb = 25 ppm).

Các nguyên tố vi lượng trong đất mặc dù chiếm tỷ trọng rất nhỏ nhưng lại có vai trò quan trọng đối với cây trồng bởi chúng tham gia vào hầu hết các hoạt động sinh trưởng, phát triển và khả năng chống chịu bệnh tật của cây trồng nên có vai trò quyết định trong việc hình thành năng suất và chất lượng sản phẩm cây trồng. Sự thiếu hay thừa các nguyên tố vi lượng trong đất có thể gây ra các tác hại không tốt cho cây trồng (Bảng 7), thậm chí còn ảnh hưởng gián tiếp đến sức khỏe con người, vật nuôi.

Bên cạnh đó, mỗi loài thực vật sẽ có các ngưỡng sinh địa hóa khác nhau do vậy nhu cầu về vi chất dinh dưỡng sẽ khác nhau giữa các loài

(Bảng 8). Việc xác định được hàm lượng của một số các nguyên tố vi lượng trong đất kết hợp với các tiêu chí về loại đất, tính chất của đất như độ pH_{đất}, hàm lượng OC, OM, hàm lượng các nguyên tố đa, trung, vi lượng trong đất sẽ rất có ích trong việc

xác định khoanh vùng đất thích hợp trồng cây đặc sản phù hợp với tính chất đất địa phương hoặc chỉ đơn giản giúp ích cho việc bổ sung phân vi lượng trong quá trình canh tác sản xuất nông nghiệp.

Bảng 6. Hàm lượng trung bình của một số nguyên tố vi lượng trong đất của khu vực nghiên cứu.

Nguyên tố (mg/kg)	Đất thành tạo từ nhóm đá magma xâm nhập axit		Đất thành tạo từ nhóm đá biến chất giàu thạch anh (hệ tầng Cam Đường) (n = 5)	Đất thành tạo từ nhóm đá trầm tích lục nguyên carbonat ven biển (hệ tầng Hà Giang) (n = 7)	Đất thành tạo từ nhóm đá biến chất giàu aluminosilicat			Đất của thế giới*	QCVN 03:2023
	Đất thuộc phức hệ Po Sen (n = 6)	Đất thuộc phức hệ Yê Yên Sun (n = 5)			Đất thuộc hệ tầng Sin Quyền (n = 4)	Đất thuộc hệ tầng Ngòi Chi (n = 6)	Đất thuộc hệ tầng Núi Con Voi (n = 16)		
As	2,08	2,25	13,1	19,79	7,96	3,56	5,58	5	25
B	0,89	1,47	0,72	0,34	0,89	0,35	0,46		
Cd	0,23	0,17	0,15	0,11	0,11	0,04	0,09	0,5	4
Co	4,54	5,56	3,21	4,48	2,57	9,02	4,63	7,9	
Cr	79,73	35,87	77,25	64,25	90,23	177,37	183,37	54	150
Cu	11,02	11,94	44	6,64	20,02	36,94	19,46	20	150
Mo	0,59	0,52	1,60	0,47	1,25	0,46	1,06		
Ni	8,88	10,16	10,63	20,35	11,21	46,36	39,24	22	100
Pb	10,14	10,45	40,25	21,24	15,07	11,94	16,66	25	200
Zn	65,97	82,16	78,78	69,52	72,89	67,1	62,57	63	300

*Hàm lượng TB của một số nguyên tố vi lượng trong đất của thế giới (Kabata và Mukherjee, 2007).

Bảng 7. Mức giới hạn tập trung các nguyên tố hóa học trong đất và khả năng phản ứng của thực vật (Trần và Nguyễn, 2023).

Nguyên tố	Giới hạn hàm lượng các nguyên tố (ppm)		
	Mức thiếu hụt	Bình thường	Mức dư thừa
Co	3÷7: Bệnh thiếu Co	7÷30	> 30: Có thể gây ức chế tổng hợp vitamin B12
Cu	< 6÷15: Giống cây hòa thảo bị đổ và không kết hạt, cây ăn quả khô ngon	15÷60	> 60: Bệnh vàng lá cây
Mn	< 400: Bệnh đốm bạc lá, chết hoa ở củ cải đường	400÷3000	> 3000: Môi trường đất chua có thể gây độc cho thực vật
Zn	< 30: Bệnh sùng hóa ở lợn, Bệnh úa vàng, lá ít phát triển ở thực vật	30÷70	> 70: Ức chế quá trình oxy hóa
Mo	< 1,5: Gây bệnh cho thực vật (thấy ở hòa thảo)	1,5÷4	> 4: Gây bệnh ở thực vật
B	< 3÷6: Bệnh ở thực vật: mất sự tăng trưởng thân và rễ, thối lõi củ cải đường, đốm lá bắp cải	6÷30	> 30: Gây bệnh ở thực vật

Bảng 8. Nhu cầu về dinh dưỡng đa trung vi lượng của cà chua, dưa chuột (<http://chungfarm.com/tim-hieu-nhu-cau-vi-luong-cho-tung-loai-cay-trong/>).

Nguyên tố	Cà chua	Dưa chuột
N	4,8%	5,0÷7,0%
P	0,5%	0,8÷1,5%
K	5,5%	5,5÷7,0%
Mg	0,5%	0,5÷0,9%
Ca	2,5%	1,2÷2,0%
Fe	90 ppm	150÷250 ppm
Mn	350 ppm	40÷120 ppm
Zn	80 ppm	40÷80 ppm
Cu	15 ppm	10÷18 ppm
B	35 ppm	30÷60 ppm
Mo	0,5 ppm	1÷5 ppm

Đối sánh kết quả phân tích hàm lượng TB của một số nguyên tố vi lượng trong đất tầng mặt trên

các thành tạo địa chất khác nhau ở khu vực nghiên cứu với các mức giới hạn trong Bảng 7 có thể thấy đất tầng mặt ở khu vực nghiên cứu bị thiếu các nguyên tố vi lượng như Co, Mo, và B đối với hầu hết các mẫu đất trên các thành tạo địa chất. Đất tầng mặt trên các thành tạo địa chất thuộc phức hệ Po Sen (Cu = 11,02 ppm), phức hệ Yê Yên Sun (Cu = 11,94 ppm) và hệ tầng Hà Giang (Cu = 6,64 ppm) bị thiếu Cu (mức giới hạn bình thường Cu = 15÷60 ppm) và đất tầng mặt trên các thành tạo địa chất thuộc phức hệ Yê Yên Sun (Zn = 82,16 ppm), hệ tầng Cam Đường (Zn = 78,78 ppm) và hệ tầng Sin Quyền (Zn = 72,89 ppm) bị dư thừa Zn (mức giới hạn bình thường Zn = 30÷70 ppm). Vấn đề này cần được lưu ý trong quá trình canh tác sản xuất nông nghiệp để bổ sung phân bón vi lượng cho cây

trồng cũng như lựa chọn cây trồng hợp lý phù hợp với đặc điểm địa hóa đất khu vực.

Quá trình phong hóa tạo đất, một số nguyên tố được tích lũy, một số khác bị rửa trôi và mất đi. Ngoài ra, nguyên tố vi lượng có thể được tích lũy trong đất thông qua các hoạt động sản xuất như việc sử dụng phân bón hóa học và hóa chất bảo vệ thực vật và việc dư thừa các nguyên tố vi lượng có tính độc hại như As, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Pb và Zn trong đất cũng sẽ gây ảnh hưởng đến sức khỏe của con người thông qua chuỗi thức ăn khi vượt quá mức giới hạn quy chuẩn cho phép. Đối sánh kết quả phân tích thống kê hàm lượng TB của một số nguyên tố vi lượng ở đất tầng mặt trên các phân vị địa chất khác nhau ở khu vực nghiên cứu với QCVN 03:2023/BTNMT (Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng đất Việt Nam) (Bảng 6) cho thấy hầu hết các nguyên tố đều nằm trong giới hạn cho phép đối với đất nông nghiệp, ngoại trừ Cr. Hàm lượng TB của Cr trong các mẫu đất mặt thuộc hệ tầng Ngòi Chi (Cr = 177,37 ppm) và hệ tầng Núi Con Voi (Cr = 184,37 ppm) cao hơn so với quy chuẩn cho phép của Cr trong đất QCVN 03:2023/BTNMT (Cr = 150 ppm). Hàm lượng Cr cao có thể do liên quan đến các khoáng vật nhóm mafic bởi các đá mẹ chủ yếu ở hai hệ tầng Ngòi Chi và Núi Con Voi là các đá phiến amphibolit, phiến biotit và plagiogneis. Điều này còn được thể hiện qua mối tương quan dương cao giữa Cr-Ni ($r = 0,89$) (Bảng 9). Vấn đề này cần được lưu ý trong quá trình canh tác và sản xuất nông nghiệp.

4.4. Chất lượng đất trồng ở khu vực với mức độ phù hợp của cây chè và dứa

Để đánh giá mức độ thích hợp của một loại cây trồng đối với một khu vực, ngoài việc xem xét các yếu tố về địa hình, khí hậu thì việc đánh giá chất lượng đất trồng là một việc làm hết sức cần

thiết. Chè xanh và dứa hiện đang là các sản phẩm nông nghiệp của huyện Bảo Thắng được biết đến với những vùng sản xuất chuyên canh như vùng chè xã Phú Nhuận và dứa ở các xã Bản Phiệt, Bản Cầm, Thái Niên. Việc xác định các yêu cầu về đặc điểm đất trồng chè và dứa là một trong những tiêu chí để đánh giá mức độ phù hợp của cây chè và dứa với đất ở khu vực nhằm mục đích phát triển mở rộng các vùng sản xuất, bởi mỗi loại cây trồng sẽ có những yêu cầu về đặc điểm đất và dinh dưỡng khác nhau. Đất trồng chè phải là đất chua nhẹ, $pH_{\text{đất}}$ tốt nhất là $5,0 \div 5,5$; độ dày tầng đất ít nhất phải > 60 cm; đất nhiều mùn và khả năng thoát nước và giữ ẩm tốt. Cây chè là một loại cây kỵ vôi, đất trồng chè chỉ có một lượng vôi rất ít, khoảng 0,2% $CaCO_3$ đã làm cây chè bị hại (Dương và nnk., 2022). Kinh nghiệm trồng chè ở nhiều nơi trên thế giới như ở Trung Quốc, Ấn Độ, Nhật Bản cho thấy, chè sinh trưởng trên các loại đất pha cát, nhiều mùn có phẩm chất tốt. Loại đất và các tính chất của đất ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và chất lượng của chè (Ye và nnk., 2021; Zhang và nnk., 2021). Ngoài các đặc tính của đất, các yếu tố môi trường khác như nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, lượng mưa và độ cao cũng có mối quan hệ chặt chẽ với nhau, liên quan đến sinh trưởng và phát triển của cây chè cũng như chất lượng chè. (Shen và nnk., 2019; Wang và nnk., 2022a). Chè trồng trên núi cao có hương thơm và mùi vị tốt hơn chè trồng ở vùng thấp và đồng bằng (Wang và nnk., 2022b; Liu và nnk., 2015). Dứa cũng là loại cây thích hợp với đất chua nhẹ, $pH_{\text{đất}}$ từ $4,5 \div 5,5 =$ với giống dứa Queen) và $pH_{\text{đất}}$ từ $5,0 \div 6,0 =$ với giống dứa Cayen).

Đất trồng dứa phải có độ dày tầng đất ít nhất > 40 cm, đất tầng mặt xốp, nhiều mùn và chất dinh dưỡng, đồng thời thoát nước tốt trong mùa mưa (Sổ tay hướng dẫn kỹ thuật canh tác cây dứa theo VIETGAP).

Bảng 9. Hệ số tương quan của các nguyên tố trong đất tầng mặt ($n = 49$).

Nguyên tố	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn
As	1,00									
B	-0,08	1,00								
Cd	-0,08	0,04	1,00							
Co	-0,10	-0,03	-0,06	1,00						
Cr	-0,18	-0,22	-0,13	0,10	1,00					
Cu	0,11	-0,08	-0,22	0,40	0,15	1,00				
Mo	0,46	0,02	0,13	-0,02	-0,01	0,13	1,00			
Ni	-0,13	-0,22	-0,16	0,49	0,82	0,28	-0,08	1,00		
Pb	0,55	-0,14	-0,08	-0,11	-0,05	0,40	0,20	-0,07	1,00	
Zn	0,33	0,08	0,11	0,37	-0,12	0,33	0,31	0,01	0,52	1,00

Tổng hợp một số chỉ tiêu về chất lượng đất trồng của các mẫu đất ở huyện Bảo Thắng theo các phân vị địa chất khác nhau và yêu cầu sử dụng đất của chè và dứa được thể hiện trong Bảng 10.

Trên cơ sở đối sánh giữa các yêu cầu về sử dụng đất của cây chè và dứa với các chỉ tiêu của đất trên các phân vị địa chất khác nhau ở huyện Bảo Thắng cho thấy hầu hết các diện tích đất ở khu vực đều có khả năng trồng chè và dứa. Dựa vào các chỉ tiêu như pH_{đất}, OM, hàm lượng một số nguyên tố đa lượng, vi lượng có thể đánh giá mức độ phù hợp của cây chè và cây dứa với các loại đất hình thành trên các phân vị địa chất theo thứ tự ưu tiên như trong Bảng 11. Kết quả đánh giá này cũng phù hợp với thực tế canh tác tại khu vực đó là các vùng chuyên canh sản xuất như đất trồng chè xã Phú Nhuận nằm trên các thành tạo đá magma xâm

nhập axit (bao gồm các phức hệ Po Sen và Yê Yên Sun), vùng đất sản xuất tập trung dứa ở các xã Bản Phiệt, Bản Cầm, Thái Niên nằm trên đất thuộc các thành tạo đá biến chất giàu aluminosilicat (bao gồm các hệ tầng Ngòi Chi, Núi Con Voi). Kết quả này góp phần định hướng phát triển mở rộng quy mô các vùng sản xuất nông nghiệp tập trung có tiếng của huyện.

5. Kết luận

Trên cơ sở các kết quả phân tích về độ pH_{đất}, OC, OM, hàm lượng của các nguyên tố chính và một số nguyên tố vi lượng (Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Pb, Cd, As, B, Mo) trong đất tầng mặt trên các thành tạo địa chất khác nhau ở khu vực huyện Bảo Thắng, nghiên cứu đưa ra một số kết luận sau:

Bảng 10. Bảng tổng hợp một số chỉ tiêu chất lượng đất theo các phân vị địa chất của các mẫu đất ở huyện Bảo Thắng và yêu cầu sử dụng đất của cây chè và dứa.

Các chỉ tiêu	Đất thành tạo từ nhóm đá magma xâm nhập axit		Đất thành tạo từ nhóm đá biến chất giàu thạch anh (hệ tầng Cam Đường) (n = 5)	Đất thành tạo từ nhóm đá trầm tích lục nguyên carbonat ven biển (hệ tầng Hà Giang) (n = 7)	Đất thành tạo từ nhóm đá biến chất giàu aluminosilicat			Chè	Dứa
	Đất thuộc phức hệ Po Sen (n = 6)	Đất thuộc phức hệ Yê Yên Sun (n = 5)			Đất thuộc hệ tầng Sin Quyền (n = 4)	Đất thuộc hệ tầng Ngòi Chi (n = 6)	Đất thuộc hệ tầng Núi Con Voi (n = 16)		
pH _{đất}	5,81	6,68	6,13	6,75	5,6	5,23	5,47	4,5÷6 (Tốt nhất 5÷5,5)	4,5÷6,5 (Tốt nhất 4,5÷5,5)
%OM	2,77	3,0	2,02	3,01	3,0	2,66	2,77	> 2	> 2
%N	0,193	0,2	0,23	0,22	0,192	0,177	0,184	1,69÷5,95%	
%P	0,047	0,06	0,08	0,064	0,047	0,044	0,044	0,09÷0,61%	
%K	0,86	1,47	0,9	3,24	1,15	0,65	0,62	0,02÷2,64%	
%Mg	1,05	0,98	0,33	1,59	0,43	0,51	0,23	0,07÷1,40%	
%Ca	0,345	0,37	0,094	1,80	0,04	0,16	0,034	0,06÷2,42%	
Fe (ppm)	71600	74800	97990	52840	74900	89630	68440	8÷3700 ppm	
Mn (ppm)	480	1030	400	1150	250	670	510		
Zn (ppm)	65,97	82,16	78,78	69,52	72,89	67,1	62,57		
Cu (ppm)	11,02	11,94	44	6,64	20,02	36,94	19,46		
B (ppm)	0,89	1,47	0,72	0,34	0,89	0,35	0,46		
Mo (ppm)	0,59	0,52	1,60	0,47	1,25	0,46	1,06		

Nguồn: Bonheure và Willson (1992); Dương (2022) và Sổ tay hướng dẫn kỹ thuật canh tác cây dứa theo VIETGAP (2022).

Bảng 11. Bảng phân cấp mức độ phù hợp của đất trồng trên các thành tạo địa chất khác nhau ở khu vực huyện Bảo Thắng với cây chè và dứa.

Thứ tự ưu tiên	Mức độ thích hợp với cây trồng	
	Chè	Dứa
1	Đất trên các thành tạo magma xâm nhập axit (phức hệ Po Sen và Yê Yên Sun)	Đất trên các thành tạo các đá trầm tích lục nguyên - cacbonat ven biển (hệ tầng Hà Giang)
2	Đất trên các thành tạo đá biến chất giàu aluminosilicat (hệ tầng Núi Con Voi, Ngòi Chi, Sin Quyền)	Đất trên các thành tạo đá biến chất giàu aluminosilicat (hệ tầng Núi Con Voi, Ngòi Chi, Sin Quyền)
3	Đất trên các thành tạo đá biến chất giàu thạch anh (hệ tầng Cam Đường)	Đất trên các thành tạo đá biến chất giàu thạch anh (hệ tầng Cam Đường)
4		Đất trên các thành tạo magma xâm nhập axit (phức hệ Po Sen và Yê Yên Sun)

Đất tầng mặt ở huyện Bảo Thắng nhìn chung có pH_{đất} thuộc nhóm đất ít chua đến trung tính (pH_{đất} = 5,23÷6,75). Các mẫu đất mặt trên các thành tạo địa chất đều có giá trị OC và OM ở mức trung bình.

Thành phần hóa học của các mẫu đất tầng mặt cho thấy sự phổ biến của khoáng vật thạch anh, feldspar và mica từ vật liệu đá mẹ. Đất mặt ở khu vực nghiên cứu có hàm lượng Fe₂O₃ cao, K₂O biến thiên lớn từ mức nghèo đến mức giàu. Hàm lượng TB lân tổng số (P₂O₅) thuộc loại giàu.

Hàm lượng TB của một số nguyên tố vi lượng trong đất tầng mặt trên các thành tạo địa chất khác nhau ở khu vực huyện Bảo Thắng nhìn chung đều thấp hơn hoặc tương đương với hàm lượng TB trong đất của thế giới và đều nằm trong ngưỡng an toàn được quy định đối với đất nông nghiệp (QCVN 03:2023/BTNMT); ngoại trừ nguyên tố Cr, Zn. Vấn đề này cần được lưu ý trong quá trình canh tác và sản xuất nông nghiệp.

Hầu hết các loại đất hình thành trên các thành tạo địa chất khác nhau ở khu vực huyện Bảo Thắng về cơ bản đều khá phù hợp với cây trồng chè và dứa. Tuy nhiên trong quá trình canh tác cần lưu ý đến vấn đề cải tạo độ pH của đất trên một số diện tích đất thuộc các thành tạo địa chất như phức hệ Yên Sun và hệ tầng Hà Giang.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí từ dự án KHCN trọng điểm cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam với các mã số hợp phần là TĐĐHQG.02/21-23, TĐĐHQG.01/21-23. Các tác giả chân thành cảm ơn Cù Sỹ Thắng (Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học Công nghệ Việt Nam), Dương Thị Lịm (Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học Công nghệ Việt Nam), Viện Thổ nhưỡng Nông hóa đã giúp đỡ phân tích hóa học các mẫu đất. Vũ Đình Hải, Trần Quốc Công, Phạm Thị Phương Liên, Đông Thu Vân, Nguyễn Thị Thu, Nguyễn Thị Phương Dung, Đỗ Thị Thu đã giúp khảo sát thực địa thu thập mẫu đất và gia công, chuẩn bị mẫu cho các dạng phân tích.

Đóng góp của tác giả

Nguyễn Thị Liên, Phạm Thị Dung, Trần Tuấn Anh - chuẩn bị bản thảo bài báo; Nguyễn Xuân Quả, Đặng Minh Tuấn, Trần Trọng Hiến - khảo sát

thực địa, thu thập mẫu; Phạm Thanh Đăng, Đoàn Thị Thu Trà - chuẩn bị mẫu và phân tích mẫu.

Tài liệu tham khảo

- Abou El-Anwar, E. A., Mekky, H. S., Abdel Wahab, W., Asmoay, A. S., Elnazer, A. A., & Salman, S. A. (2019). Geochemical characteristics of agricultural soils, Assiut governorate, Egypt. *Bulletin of the National Research Centre*, 43:41. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0080-3>
- Bonheure, D., & Willson, K. C. (1992). Mineral nutrition and fertilizers. In *Tea: Cultivation to consumption* (pp. 269-329). *Dordrecht: Springer Netherlands*.
- Dung, P. T., Usuki, T., Tran, H. T., Hoang, N., Usuki, M., Minh, P., Nong, A. T. Q., Nguyen, Y. V., Hieu, P. T. (2023). Emplacement ages, geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic characteristics of Cenozoic granites in the Phan Si Pan uplift, Northwestern Vietnam: petrogenesis and tectonic implication for the adjacent structure of the Red River shear zone. *International Journal of Earth Sciences* 112, 1475-1497.
- Duong, L. T., Nguyen, B. Q., Dao, C. D., Dao, N. N., Nguyen, H. L. T., Nguyen, T. H. T., Nguyen, C. H. T., Duong, D. C., Pham, N. N. (2022). Heavy metals in surface sediments of the intertidal Thai Binh Coast, Gulf of Tonkin, East Sea, Vietnam: distribution, accumulation, and contamination assessment. *Environmental Science and Pollution Research* 29, 41261-41271.
- Dương, T. D. (chủ biên) (2022). Giáo trình cây chè. *Nhà xuất bản Đại học Thái Nguyên*. 260 tr.
- Đình Công Hùng, Phạm Văn Mẫn (hiệu đính) (1994). Bản đồ địa chất khoáng sản Việt Nam tỷ lệ 1:200.000 tờ Bắc Quang. *Cục Địa chất và Khoáng sản xuất bản*.
- Fedo, C. M., Nesbitt, H. W., Young, G. M. (1995). Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology* 23 (10), 921-924. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1995\)023<0921:UTEOPM>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1995)023<0921:UTEOPM>2.3.CO;2).

- Gao, Z., Dong, H., Wang, S., Zhang, Y., Zhang, H., Jiang, B., Liu, Y. (2021). Geochemical Characteristics and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Soil of Gaomi City. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 8329. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168329>
- Govil, P. K., Keshav Krishna, A., & Dimri, V. P. (2020). Global geochemical baseline mapping in India for environmental management using topsoil. *Journal of the Geological Society of India*, 95, 9-16.
- Herron, M. M. (1988). Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*, 58, 820-829.
- Kabata-Pendias, A., & Mukherjee, A. B. (2007). Trace elements from soils to human. *Springer Berlin Heidelberg*, New York, p550)
- Lan, T., Hao, L., Lu, J., Yin, Y., Chen, X., Fan, Y., Zhao, W., Hou, Y. (2021). Geochemical Behavior of Different Chemical Elements during Weathering of the Basalts in Changbai Mountain, Northeast China. *Sustainability* 2021, 13, 12796. <https://doi.org/10.3390/su13221279>
- Lê, Q. H. (2014). Báo cáo: Điều tra và thành lập bản đồ hiện trạng trượt lở đất đá tỷ lệ 1:50,000 khu vực miền núi Lào Cai, *Lưu trữ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản*, Hà Nội, 2014.
- Liu, T. F., Tian, L. L., Yao, Y. T., Jia, H. Z., Song, L. B. (2015). Study on the correlation between quality formation of Taishan green tea and unique climatic characteristics. *Fujian Tea* 37, 7-9. Chinese with English abstract.
- Mai, T. N. (chủ biên). (2001). Địa hóa môi trường. *Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội*, 341 tr.
- McLennan, S. M. (1993). Weathering and Global Denudation. *The Journal of Geology*, vol. 101, no. 2, 1993, pp. 295-303. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/30081153>. Accessed 17 Oct. 2023.
- N'egrel, Ph., Ladenberger, A., Reimann, C., Demetriades, A., Birke, M., Sadeghi, M., The GEMAS Project Team, (2021). GEMAS: Geochemical distribution of Mg in agricultural soil of Europe. *Journal of Geochemical Exploration*, 221, 106706.
- N'egrel, Ph., Ladenberger, A., Reimann, C., Demetriades, A., Birke, M., Sadeghi, M., The GEMAS Project Team, (2023). GEMAS: Chemical weathering of silicate parent materials revealed by agricultural soil of Europe. *Chemical Geology*, 639, 121732.
- Nesbitt, H. W., Young, G. M. (1982). Early Proterozoic climates and plate motion inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299, 715-717.
- Nguyễn, V. N., Bùì, H. V., Đổ, Đ. N., Phạm, H. T., Nguyễn, P. H. V., Dương, C. H., Dương, V. P. (2021). Địa hóa môi trường đất khu vực ngoại ô thành phố Hà Nội (tỉnh Hà Tây cũ). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế*, tập 18, số 2.
- Parker, R. L. (1967). *Composition of the Earth's crust* (No. 440-D).
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., Siever, R. (1972), Sand and Sandstones: New York, *Springer-Verlag*, 618 pp.
- Rudnick, R. L., Gao, S. (2003). Composition of the Continental Crust. Chapter 3.01, vol. 3 The Crust. In: Holland, H. D., Turekian, K. K., Rudnick, R. L. (Eds.), *Treatise on Geochemistry. Elsevier-Pergamon*, Oxford, pp. 1-64. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/03016-4>.
- Shao, J. Q., Yang, S. Y. (2012). Does chemical index of alteration (CIA) reflect silicate weathering and monsoonal climate in the Changjiang River basin. *Chin Sci Bull*, 2012, 57: 1178-1187, doi: 10.1007/s11434-011-4954-5.
- Shen, J. Z., Zhang, D., Zhou, L., Zhang, X., Liao, J., Duan, Y., Wen, B., Ma, Y., Wang, Y., Fang, W., Zhu, X. (2019). Transcriptomic and metabolomic profiling of *Camellia sinensis* L. cv. 'Suchazao' exposed to temperature stresses reveals modification in protein synthesis and photosynthetic and anthocyanin biosynthetic pathways. *Tree Physiol.* 39, 1583-1599.
- Sillanpaa, M. (1979). Trace elements in soils and argiculture. Food and argiculture organization of the United Nations. Rome.

- Sổ tay hướng dẫn kỹ thuật canh tác cây dứa theo VIETGAP, (2022). Cục trồng trọt, Bộ Nông nghiệp & phát triển nông thôn.
- Thái, P., Nguyễn, T. S. (2002). Sử dụng bền vững đất miền núi và vùng cao ở Việt Nam, *Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội*.
- Trần, A. T., Nguyễn, V. N. (2023), Dinh dưỡng vi lượng ở cây trồng quan hệ với môi trường địa hóa và định hướng ứng dụng trong nông nghiệp. *Kỷ yếu Hội nghị khoa học toàn quốc: Địa hóa môi trường và phát triển bền vững*.
- Trần, T. H. (2002). Nghiên cứu địa hóa vỏ phong hóa và thổ nhưỡng làm cơ sở khoa học xác định cơ cấu cây trồng thích hợp các vùng sinh thái nông - lâm nghiệp Kim Bôi - Lạc Thủy, tỉnh Hòa Bình. *Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp tỉnh*.
- Trần Xuyên (chủ biên) (1988). Bản đồ địa chất khoáng sản tỷ lệ 1:200.000 từ Bắc Quang. *Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam xuất bản*.
- Viện Quy hoạch và Thiết kế nông nghiệp, (2005). Báo cáo thuyết minh bản đồ đất tỉnh Lào Cai.
- Wang, L., Di, T., Peng, J., Li, Y., Li, N., Hao, X., Ding, C., Huang, J., Zeng, J., Yang, Y., Wang, X. (2022a). Comparative metabolomic analysis reveals the involvement of catechins in adaptation mechanism to cold stress in tea plant (*Camellia sinensis* var. *sinensis*). *Environ. Exp. Bot.* 201, 104978.
- Wang, M., Li, J. L., Liu, X. H., Liu, C. S., Qian, J. J., Yang, J., Zhou, X. C., Jia, Y. X., Tang, J. C., Zeng, L. T. (2022b). Characterization of key odorants in Lingtou Dancong oolong tea and their differences induced by environmental conditions from different altitudes. *Metabolites* 12, 1063.
- Xu, X. T., Shao, L. Y., Lan, B., Wang, S., Hilton, J., Qin, J. Y., Hou, H. H., Zhao, J. (2020). Continental chemical weathering during the Early Cretaceous Oceanic Anoxic Event (OAE1b): a case study from the Fuxin fluvio-lacustrine basin, Liaoning Province, NE China. *Journal of Palaeogeography*. 9, 12. [https://doi.org/ 10.1186/s42501-020-00056-y](https://doi.org/10.1186/s42501-020-00056-y).
- Ye, J. H., Chen, X. T., Liu, G. Y., Jia, X. L., Zhang, Q., Zhu, C. L., Wang, Y. H., Jia, M., Wang, H. B. (2021). Effect of tea soil acidification on the diversity and function of fungi community. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 94, 199-205.
- Zhang, J., Yang, R., Li, Y. C., Ni, X. (2021). The role of soil mineral multi-elements in improving the geographical origin discrimination of tea (*Camellia sinensis*). *Biol. Trace Elem. Res.* 199, 4330-4341.