

Đánh giá một số tính chất hoá học và nguy cơ suy thoái đất dưới một số loại hình sử dụng đất dốc tại khu vực Thuận Châu, tỉnh Sơn La

Nguyễn Thị Bích Phương^{1*}, Lục Hồng Đăng¹, Bùi Mạnh Hưng¹, Lê Văn Thành², Tạ Văn Hân², Vũ Quý Đông²

¹Trường Đại học Lâm nghiệp

²Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

Assessment of selected soil chemical properties and soil degradation risk under different land-use types on sloping land in Thuan Chau, Son La province, Vietnam

Nguyen Thi Bich Phuong^{1*}, Luc Hong Dang¹, Bui Manh Hung¹, Le Van Thanh², Ta Van Han², Vu Quy Dong²

¹Vietnam National University of Forestry

²Research Institute for Forest Ecology and Environment, Vietnam Academy of Forest Sciences

*Corresponding author: phuongntb@vnuf.edu.vn

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.15.8.2026.078-086>

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá đồng thời các tính chất hóa học, chỉ số chất lượng hóa học đất (CSQI) và nguy cơ suy thoái dưới các loại hình sử dụng đất dốc tại Chiềng Bôm, Phổng Lái và Phổng Lãng, khu vực Thuận Châu, tỉnh Sơn La. Mẫu đất tầng 0 - 50 cm được thu thập dưới bốn loại hình sử dụng đất gồm đất trồng ngô, đất trồng sắn, đất bỏ hoang và rừng tự nhiên. Kết quả nghiên cứu cho thấy đất có phản ứng từ rất chua đến ít chua, với pH_{KCl} dao động 3,70 - 6,17; CEC đạt 13,94 - 21,15 lđl/100 g đất, chủ yếu ở mức trung bình. Hàm lượng đạm, lân và kali tổng số lần lượt đạt 0,19 - 0,27%, 0,21 - 0,41% và 0,59 - 1,46%; hàm lượng mùn dao động 2,66 - 3,58% và cao nhất dưới rừng tự nhiên. CSQI chủ yếu ở mức trung bình, chiếm 95,6% tổng số mẫu và chưa có mẫu đạt mức cao. Độ chua và kali tổng số là các yếu tố hạn chế phổ biến; đất bỏ hoang và đất trồng sắn có nguy cơ suy thoái hóa học cao hơn đất trồng ngô và rừng tự nhiên. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở định lượng để nhận diện các yếu tố hạn chế và loại hình sử dụng đất cần ưu tiên quản lý. Từ đó, kết quả nghiên cứu cũng đề xuất lựa chọn các biện pháp duy trì lớp phủ, bổ sung chất hữu cơ, điều chỉnh độ chua, bón cân đối kali và hạn chế xói mòn nhằm bảo vệ độ phì và sử dụng bền vững đất dốc tại Thuận Châu.

ABSTRACT

This study simultaneously assessed soil chemical properties, the Chemical Soil Quality Index (CSQI) and soil degradation risk under different sloping land-use types in Chieng Bom, Phong Lai and Phong Lang in Thuan Chau, Son La Province, Vietnam. Soil samples were collected from the 0 - 50 cm soil layer under four land-use types, including maize cultivation, cassava cultivation, fallow land and natural forest. The results showed that soil reaction ranged from strongly acidic to slightly acidic with pH_{KCl} values of 3.70 - 6.17, while cation exchange capacity (CEC) ranged from 13.94 to 21.15 meq/kg, predominantly corresponding to a moderate level. Total nitrogen, phosphorus and potassium contents ranged from 0.19 - 0.27%, 0.21 - 0.41%, and 0.59 - 1.46%, respectively. Soil organic matter content ranged from 2.66% to 3.58%, with the highest value recorded under natural forest. The CSQI was predominantly classified as moderate, accounting for 95.6% of the total samples and no sample was classified as having high chemical soil quality. Soil acidity and total potassium were identified as the most common limiting factors while fallow land and cassava cultivation exhibited a higher risk of chemical soil degradation than maize cultivation and natural forest. The findings provide a quantitative basis for identifying major soil-quality constraints and land-use types requiring priority management. Accordingly, maintaining vegetation cover, increasing organic matter inputs, ameliorating soil acidity, applying balanced potassium fertilization and implementing appropriate erosion-control measures are recommended to conserve soil fertility and promote the sustainable management and use of sloping lands in Thuan Chau.

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 23/07/2026

Ngày phản biện: 24/08/2026

Ngày quyết định đăng: 22/09/2026

Từ khóa:

Chỉ tiêu chất lượng hóa học đất, đánh giá chất lượng đất, suy thoái đất, sử dụng đất dốc, Thuận Châu.

Keywords:

Sloping land use, soil chemical quality index (CSQI), soil degradation, soil quality assessment, Thuan Chau.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Suy thoái đất là một trong những thách thức lớn đối với sản xuất nông, lâm nghiệp ở vùng đồi núi Việt Nam. Địa hình dốc, lượng mưa lớn và tập trung theo mùa, đồng thời với quá trình canh tác thiếu biện pháp bảo vệ đất, đã làm gia tăng xói mòn, rửa trôi dinh dưỡng, chua hóa và suy giảm độ phì đất. Các quá trình này làm thay đổi tính chất hóa học của đất, ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất cây trồng và tính bền vững của hệ thống sử dụng đất [1].

Tại tỉnh Sơn La, suy thoái đất diễn ra trên diện rộng, trong đó xói mòn do mưa và suy giảm độ phì là những dạng phổ biến. Các nghiên cứu trước đây cho thấy diện tích đất bị thoái hóa là 777.688 ha, chiếm 61,52% diện tích điều tra ở tỉnh Sơn La, riêng khu vực Thuận Châu có 41.311 ha đất thoái hóa nặng [2]. Đây là khu vực có địa hình chủ yếu là đồi núi, hoạt động sản xuất nông, lâm nghiệp phụ thuộc nhiều vào đất dốc và có nhiều loại hình sử dụng đất với phương thức quản lý khác nhau.

Sự khác biệt về cây trồng, độ che phủ và phương thức canh tác làm biến đổi các chỉ tiêu hóa học quan trọng như pH, hàm lượng mùn, đạm, lân, kali và khả năng trao đổi cation của đất, qua đó gây ra mức độ suy thoái khác nhau giữa các loại hình sử dụng đất. Các chỉ tiêu hóa học của đất là cơ sở quan trọng để phản ánh độ phì, khả năng cung cấp dinh dưỡng của đất đối với cây trồng. Trong đó, pH, hàm lượng mùn, đạm, lân, kali và khả năng trao đổi cation thường được sử dụng để đánh giá chất lượng đất, nhận diện những biến đổi do sử dụng và quản lý đất gây ra [3]. Đối với đất dốc, việc theo dõi đồng thời các chỉ tiêu này còn giúp phát hiện sớm xu hướng chua hóa, suy giảm hàm lượng mùn và mất cân đối dinh dưỡng, qua đó làm cơ sở đề xuất biện pháp bảo vệ đất và sử dụng đất bền vững. Tuy nhiên, các nghiên cứu đánh giá đồng thời tính chất hóa học và nguy cơ suy thoái đất dưới các loại hình sử dụng đất dốc tại khu vực Thuận Châu còn hạn chế.

Vì vậy, bài báo góp phần làm rõ hiện trạng các chỉ tiêu hóa học gồm: (i) phản ứng đất và tổng cation trao đổi trong đất; (ii) hàm lượng các nguyên tố đa lượng tổng số; (iii) hàm lượng mùn trong đất; (iv) chỉ số chất lượng

hóa học đất và đánh giá nguy cơ suy thoái đất dưới các loại hình sử dụng đất dốc tại khu vực Thuận Châu. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học để đề xuất các giải pháp quản lý, bảo vệ độ phì và sử dụng bền vững tài nguyên đất dốc tại khu vực nghiên cứu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực và đối tượng nghiên cứu

2.1.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu bao gồm ba xã: Phổng Lãng, Chiềng Bôm và Phổng Lái thuộc huyện Thuận Châu, tỉnh Sơn La (trước khi điều chỉnh đơn vị hành chính, sau đây gọi là vị trí nghiên cứu). Đây là khu vực miền núi thuộc vùng Tây Bắc Việt Nam, có địa hình chủ yếu là đồi núi, độ dốc khá cao và bề mặt địa hình bị chia cắt mạnh [4].

Khu vực nghiên cứu nằm trong vùng núi Tây Bắc Việt Nam, có khí hậu nhiệt đới gió mùa với sự phân hóa rõ giữa mùa mưa và mùa khô. Lượng mưa tập trung theo mùa, kết hợp với địa hình dốc và hoạt động canh tác trên đất dốc, tạo điều kiện gia tăng dòng chảy bề mặt và rửa trôi đất, qua đó thúc đẩy quá trình suy thoái đất tại khu vực nghiên cứu [5]. Đất trong khu vực chủ yếu thuộc nhóm đất đỏ vàng phát triển trên đá mẹ axit (Acrisols, Ferralsols) và đất biến đổi hoặc đất dốc tụ (Cambisols, Leptosols) [6]. Trong đó, Acrisols và Ferralsols thường có phản ứng chua, mức độ phong hóa và rửa trôi mạnh, khả năng lưu giữ dinh dưỡng thấp; dưới tác động canh tác trên đất dốc, đất có nguy cơ tiếp tục suy giảm chất hữu cơ, dinh dưỡng và độ phì [2, 6].

Thảm thực vật tự nhiên chủ yếu là rừng nhiệt đới thường xanh trên núi thấp và rừng thứ sinh bị tác động bởi hoạt động của con người. Hiện nay, khu vực nghiên cứu đã được chuyển đổi sang nhiều loại hình sử dụng đất khác nhau, bao gồm đất rừng trồng, đất nương rẫy trồng ngô, sắn, lúa và một phần đất bỏ hóa, phản ánh rõ mức độ tác động của con người lên hệ sinh thái đất.

2.1.2. Đối tượng nghiên cứu

Các mẫu đất được thu thập ở độ sâu 0 – 50 cm thuộc địa bàn 03 vị trí đại diện cho khu vực đất dốc (25-35°). Các mẫu đất được thu thập dưới các loại hình sử dụng đất: (i) đất nông nghiệp canh tác sắn, ngô; (ii) đất lâm nghiệp là rừng tự nhiên; (iii) đất bỏ hoang.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Điều tra ngoại nghiệp**a) Thiết lập hệ thống ô tiêu chuẩn điều tra**

Hai tuyến điều tra điển hình được thiết lập, đi qua ba vị trí đại diện cho các loại hình sử dụng đất dốc tại khu vực nghiên cứu. Trên các tuyến điều tra, bố trí tổng số 45 ô tiêu chuẩn (OTC), mỗi vị trí gồm 15 OTC. Vị trí các OTC được lựa chọn theo phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên, bảo đảm đại diện cho từng loại hình sử dụng đất, điều kiện địa hình và hiện trạng canh tác của khu vực nghiên cứu.

Mỗi OTC có diện tích 500 m², kích thước 20 m × 25 m. Các OTC được bố trí trên bốn loại hình sử dụng đất gồm: đất trồng ngô, đất trồng sắn, đất rừng tự nhiên và đất bỏ hoang. Việc lựa chọn vị trí và bố trí các điểm điều tra được thực hiện theo nguyên tắc mẫu đất phải mang tính đại diện cho khu vực nghiên cứu và phù hợp với mục tiêu phân tích, đánh giá chất lượng đất (TCVN 4046:1985; TCVN 7538-4:2007). Số lượng OTC được bố trí tại các vị trí nghiên cứu như Bảng 1.

Bảng 1. Phân bố số lượng OTC nghiên cứu ở các loại hình sử dụng đất

Vị trí	Loại hình sử dụng đất				Tổng
	Đất bỏ hoang	Ngô	Sắn	RTN	
Chiềng Bôm	7	0	3	5	15
Phổng Lái	2	5	3	5	15
Phổng Lăng	4	3	3	5	15
Tổng	13	8	9	15	45

b) Thu thập mẫu đất phân tích

Tại mỗi OTC, đào một phẫu diện đất có độ sâu 50 cm tại vị trí trung tâm ô. Mẫu đất dùng để phân tích các tính chất hóa học được lấy ở tầng 0-50 cm theo phương pháp mẫu gộp. Các mẫu được ghi nhãn đầy đủ, bao gồm mã số mẫu, loại hình sử dụng đất, vị trí và thời gian lấy mẫu; sau đó bảo quản trong túi kín và vận chuyển về phòng thí nghiệm.

2.2.2. Phương pháp phân tích đất trong phòng thí nghiệm

Mẫu đất sau khi thu thập được hong khô trong điều kiện không khí, loại bỏ đá, rễ cây và tàn dư thực vật có kích thước lớn, sau đó nghiền và rây qua rây có kích thước mắt lưới 2 mm. Các chỉ tiêu hóa học của đất được phân tích tại Phòng Thí nghiệm Đất, Môi trường và Vi sinh, Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.

Các chỉ tiêu được xác định gồm: Mùn tổng số theo TCVN 8941:2011; pH_{KCl} theo TCVN 5979:2021; Đạm tổng số theo TCVN 5255:1999; Lân tổng số theo TCVN 8940:2011; Kali tổng số theo TCVN 8660:2011; và Dung tích hấp thu CEC theo TCVN 8568:2010.

Mỗi chỉ tiêu được phân tích một lần cho từng mẫu theo các tiêu chuẩn tương ứng. Quá trình kiểm soát chất lượng được thực hiện thông qua việc tuân thủ thống nhất quy trình chuẩn bị mẫu và phương pháp phân tích. Đối với các kết quả có giá trị bất thường, mẫu được phân tích lặp lại 3 lần để đảm bảo kết quả

chính xác.

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu

- Phương pháp thống kê: Tổng hợp, thống kê số liệu, vẽ biểu đồ từ kết quả phân tích các chỉ tiêu hóa học đất bằng phần mềm Microsoft Excel.

- Kiểm tra sự khác biệt các chỉ tiêu hóa học đất giữa các loại hình sử dụng đất bằng mô hình tuyến tính hỗn hợp (Linear Mixed Model) trên SPSS ver.20. Trong đó, loại hình sử dụng đất là yếu tố cố định và vị trí nghiên cứu là yếu tố ngẫu nhiên. Mô hình giả định các sai số độc lập, có phân phối gần chuẩn và phương sai đồng nhất. Ảnh hưởng của loại hình sử dụng đất được kiểm định bằng F-test; khi có sự khác biệt, so sánh cặp được thực hiện bằng phương pháp Bonferroni với mức ý nghĩa $p < 0,05$.

- Phương pháp xác định chỉ số chất lượng hóa học đất (Chemical soil quality index - CSQI)

Chỉ số chất lượng hóa học đất được xây dựng theo cách tiếp cận đánh giá chất lượng đất gồm ba bước: (i) lựa chọn chỉ tiêu; (ii) quy đổi giá trị chỉ tiêu thành điểm đánh giá; (iii) tích hợp các điểm thành chỉ số tổng hợp [7, 8]. Sáu chỉ tiêu được sử dụng gồm pH_{KCl}, CEC, OM, N tổng số, P₂O₅ tổng số và K₂O tổng số. Giá trị phân tích của từng chỉ tiêu được quy đổi theo thang điểm 40 - 70 - 100, tương ứng với mức thấp, trung bình và cao dựa vào hướng dẫn ở Bảng 13, 15 và 16, Phụ lục II của Thông tư số 11/2024/TT-BTNMT, áp dụng

ngưỡng đối với vùng trung du, miền núi [9].

Trong đó, điểm dinh dưỡng tổng số của mẫu đất i được tính từ bốn chỉ tiêu OM, N, P và K:

$$DD_i = \frac{S_{OM} + S_N + S_P + S_K}{4}$$

Trong đó:

S_{OM} , S_N , S_P , S_K là điểm của các chỉ tiêu OM, N, P, K. Giá trị DD_i được quy đổi thành 40 điểm khi $DD_i \leq 55$, 70 điểm khi $55 < DD_i \leq 85$ và 100 điểm khi $DD_i > 85$. Chỉ số chất lượng hóa học đất được tính:

$$CSQI_i = \frac{S_{pH} + S_{CEC} + S_{DD}}{3}$$

$CSQI$ được phân chia thành 3 mức: thấp khi $CSQI \leq 55$, trung bình khi $55 < CSQI \leq 85$ và cao khi $CSQI > 85$. Các ngưỡng này phản ánh chất lượng hóa học đất ở thời điểm lấy mẫu [9].

Mức cảnh báo nguy cơ suy thoái hóa học đất được đề xuất bằng cách kết hợp mức $CSQI$ với tỷ lệ mẫu có đồng thời từ hai chỉ tiêu thành phần ở mức thấp. Loại hình sử dụng đất có $CSQI$ thấp hoặc có $CSQI$ trung bình nhưng tỷ lệ mẫu mang từ hai chỉ tiêu đạt mức thấp được đề xuất xếp cảnh báo cao; loại hình có $CSQI$ trung bình được đề xuất xếp cảnh báo trung bình; loại hình có $CSQI$ cao được đề xuất xếp cảnh báo thấp. Đất rừng tự nhiên được sử dụng làm cơ sở tham chiếu và không phân cấp cảnh báo như đất canh tác.

Việc phân cấp nguy cơ suy thoái hóa học đất trong nghiên cứu này là quy ước do nhóm tác giả đề xuất nhằm phục vụ so sánh giữa các

loại hình sử dụng đất trong phạm vi nghiên cứu, không phải là tiêu chuẩn hoặc quy chuẩn phân cấp chính thức.

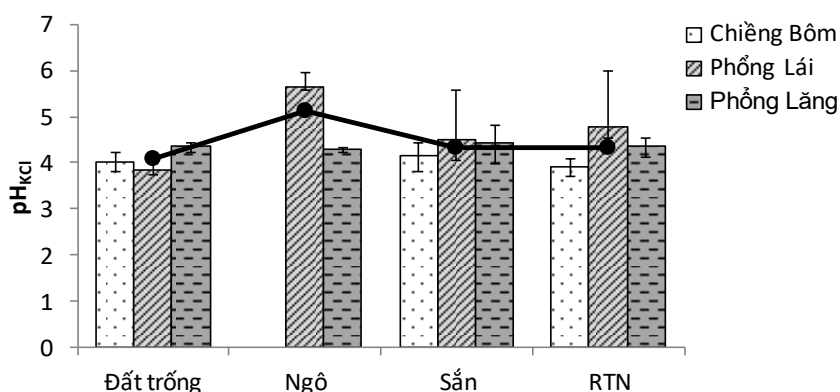
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phản ứng đất, dung tích trao đổi cation trong đất dưới các loại hình sử dụng đất

Phản ứng đất (pH_{KCl}) và dung tích trao đổi cation tổng số (CEC) ở độ sâu tầng đất 0 - 50 cm là hai chỉ tiêu hóa học quan trọng phản ánh trực tiếp trạng thái độ phì và khả năng cung cấp dinh dưỡng của đất. Việc đánh giá hai chỉ tiêu này ở tầng 0 - 50 cm có ý nghĩa quan trọng vì đây là tầng đất chịu tác động mạnh của canh tác, bón phân, rửa trôi, tích lũy vật chất hữu cơ và hoạt động của hệ rễ cây. Dưới các loại hình sử dụng đất khác nhau, sự biến động của pH và CEC cho phép nhận diện mức độ suy giảm chất lượng đất [10].

3.1.1. Phản ứng đất (pH_{KCl})

Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị pH_{KCl} tầng đất 0 - 50 cm dao động từ 3,7 đến 6,17, phản ánh đất ở các loại hình sử dụng đất đều có phản ứng rất chua đến ít chua [11]. Trong đó, đất trồng Ngô có phản ứng chua thấp nhất, tiếp đến là đất trồng Sắn và rừng tự nhiên ($4,33 \pm 0,77$), thấp nhất ở đất bỏ hoang. Trong đó, giá trị pH_{KCl} ở đất trồng Ngô có sự khác biệt rõ rệt với đất bỏ hoang (Sig = 0,004) và rừng tự nhiên (Sig = 0,035). Trong khi đó, không có sự khác biệt về giá trị pH_{KCl} giữa đất trồng sắn và ngô (Sig = 0,082), Sắn và đất bỏ hoang (Sig = 1,000). Kết quả được thể hiện ở Hình 1.



Hình 1. Giá trị pH_{KCl} ở đất dưới các loại hình sử dụng đất khác nhau

Sự khác biệt này cho thấy loại hình sử dụng đất có ảnh hưởng nhất định đến phản ứng đất. Trong đó, đất bỏ hoang có xu hướng phản ứng chua hơn, có thể liên quan đến sự suy

giảm lớp phủ thực vật, rửa trôi các cation kiềm ở điều kiện đất dốc và hạn chế nguồn bổ sung vật chất hữu cơ. Sự khác biệt về quá trình bón phân và bổ sung tàn dư thực vật ở

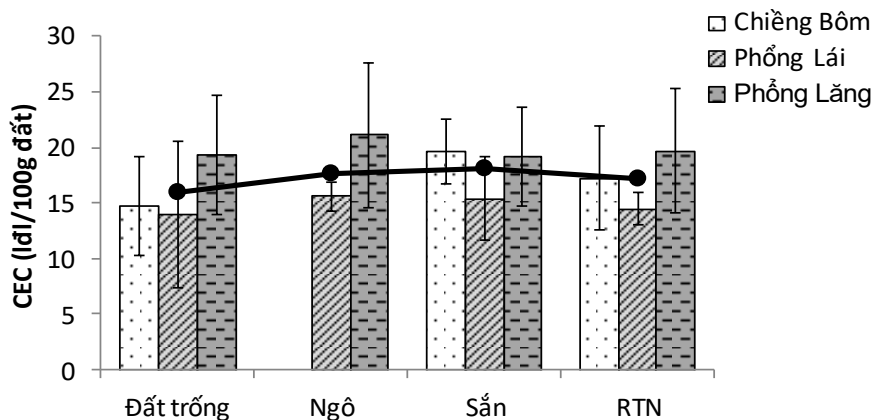
đất trồng Ngô là nguyên nhân chính gây ra giá trị pH_{KCl} cao hơn. Trong quá trình canh tác, bón vôi làm tăng pH đất, tăng cation kiềm trao đổi từ đó làm giảm phản ứng chua của đất [12]. Trong khi đó, sự tương đồng về pH_{KCl} giữa đất trồng Sắn và rừng tự nhiên cho thấy hai loại hình này có mức độ chua tương đối bằng nhau trong tầng đất nghiên cứu do ảnh hưởng của quá trình tích lũy và phân giải chất hữu cơ từ vật rơi rụng. Kết quả này phù hợp với nhận định của Tellen và Yerima (2018) là các hình thức sử dụng và quản lý sử dụng đất có thể làm thay đổi rõ rệt các tính chất hóa học đất, trong đó có pH và khả năng giữ cation dinh dưỡng [10].

3.1.2. Khả năng trao đổi cation trong đất (CEC)

Đây là một trong những chỉ tiêu quan trọng phản ánh khả năng đất giữ lại các ion dinh dưỡng như Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ và NH_4^+ và từ đó

ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng.

Kết quả nghiên cứu ở các loại hình sử dụng đất cho thấy giá trị CEC tầng đất 0 - 50 cm dao động từ 13,94 đến 21,15 $lđl/100\text{ g}$, nằm ở mức trung bình về khả năng giữ và trao đổi các cation dinh dưỡng [11]. Trong đó, giá trị CEC trung bình tăng theo thứ tự đất bỏ hoang (16,02 $lđl/100\text{ gđ}$), rừng tự nhiên (17,12 $lđl/100\text{ gđ}$), trồng ngô (17,70 $lđl/100\text{ gđ}$) và trồng sắn (18,07 $lđl/100\text{ gđ}$). Chênh lệch giữa các loại hình không lớn ($Sig > 0,05$), cho thấy: CEC chịu ảnh hưởng bởi pH, hàm lượng chất hữu cơ và tỷ lệ sét, vì các thành phần này quyết định khả năng hấp phụ, giữ và trao đổi cation dinh dưỡng của đất [13]. Kết quả nghiên cứu hàm lượng CEC trong đất ở các loại hình sử dụng đất khác nhau được thể hiện ở Hình 2.



Hình 2. Hàm lượng CEC trong đất ở các loại hình sử dụng đất khác nhau

Xét theo vị trí, đất tại Phổng Lăng có CEC cao và tương đối ổn định ở tất cả các loại hình, dao động từ 19,17 đến 21,15 $lđl/100\text{ gđ}$; trong khi ở Phổng Lái có giá trị thấp hơn, từ 13,94 đến 15,64 $lđl/100\text{ gđ}$. Tại Chiềng Bôm, CEC dao động từ 14,73 đến 19,62 $lđl/100\text{ gđ}$, cao nhất dưới đất trồng sắn. Kết quả này cho thấy sự khác biệt về CEC giữa các vị trí rõ hơn so với giữa các loại hình sử dụng đất. Nguyên nhân có thể liên quan đến sự khác nhau về đá mẹ, thành phần cơ giới, hàm lượng chất hữu cơ và phản ứng đất. Bên cạnh đó, quá trình canh tác và rửa trôi có thể làm suy giảm chất hữu cơ và các cation bazơ trao đổi, qua đó làm giảm CEC của đất [14]. Nhìn chung, đất tại Phổng Lăng có khả năng lưu giữ dinh dưỡng tốt hơn, trong khi đất bỏ hoang và các loại hình sử dụng đất tại Phổng Lái có CEC thấp

hơn, cần ưu tiên bổ sung vật liệu hữu cơ và áp dụng biện pháp hạn chế xói mòn, rửa trôi.

3.2. Hàm lượng dinh dưỡng đa lượng tổng số trong đất ở các loại hình sử dụng đất

Hàm lượng N, P và K tổng số phản ánh nguồn dự trữ các nguyên tố dinh dưỡng trong đất, nhưng không đồng nghĩa hoàn toàn với lượng dinh dưỡng cây trồng có thể hấp thu. Sự tích lũy và biến động của các nguyên tố này chịu ảnh hưởng của chất hữu cơ, thành phần khoáng vật, mức độ phong hóa, quá trình rửa trôi, xói mòn và biện pháp quản lý đất [15]. Dưới các loại hình sử dụng đất khác nhau, sự khác biệt về lớp phủ thực vật, lượng tàn dư hữu cơ, mức độ canh tác, bón phân và lượng dinh dưỡng lấy đi qua thu hoạch có thể làm biến động hàm lượng dinh dưỡng đa lượng trong đất [10]. Đặc biệt, trên đất dốc, xói mòn

và rửa trôi làm mất lớp đất mặt giàu chất hữu cơ và các nguyên tố dinh dưỡng, từ đó làm suy giảm độ phì và nguồn dự trữ dinh dưỡng

của đất [16]. Kết quả nghiên cứu hàm lượng dinh dưỡng đa lượng ở các loại hình sử dụng đất tại các vị trí được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Hàm lượng dinh dưỡng đa lượng ở các loại hình sử dụng đất tại các vị trí nghiên cứu

Dinh dưỡng đa lượng	Loại hình sử dụng đất	Vị trí			Trung bình
		Chiềng Bôm	Phổng Lái	Phổng Lãng	
Đạm tổng số	Đất bỏ hoang	0,21 ± 0,06	0,22 ± 0,08	0,15 ± 0,04	0,19
	Ngô	-	0,34 ± 0,05	0,16 ± 0,02	0,27
	Sắn	0,22 ± 0,06	0,22 ± 0,08	0,19 ± 0,01	0,21
	Rừng tự nhiên	0,23 ± 0,07	0,32 ± 0,09	0,24 ± 0,02	0,26
Lân tổng số	Đất bỏ hoang	0,11 ± 0,04	0,04 ± 0,01	0,45 ± 0,09	0,21
	Ngô	-	0,44 ± 0,08	0,36 ± 0,04	0,41
	Sắn	0,14 ± 0,04	0,18 ± 0,09	0,49 ± 0,04	0,27
	Rừng tự nhiên	0,09 ± 0,03	0,26 ± 0,08	0,44 ± 0,08	0,26
Kali tổng số	Đất bỏ hoang	2,24 ± 0,18	0,47 ± 0,03	0,15 ± 0,08	1,33
	Ngô	-	0,83 ± 0,12	0,19 ± 0,08	0,59
	Sắn	2,55 ± 0,19	1,68 ± 0,09	0,15 ± 0,09	1,46
	Rừng tự nhiên	2,13 ± 0,17	1,35 ± 0,14	0,26 ± 0,03	1,25

Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng các nguyên tố dinh dưỡng đa lượng có sự khác biệt rõ giữa các loại hình sử dụng đất và vị trí nghiên cứu.

3.2.1. Hàm lượng đạm tổng số

Hàm lượng đạm tổng số trung bình ở các loại hình sử dụng đất thuộc mức giàu [11], dao động từ 0,19 đến 0,27%, cao nhất ở đất trồng ngô, tiếp đến là rừng tự nhiên, đất trồng sắn và thấp nhất ở đất bỏ hoang. Sự khác biệt về hàm lượng đạm tổng số không rõ rệt giữa các loại hình sử dụng đất (Sig > 0,05). Hàm lượng đạm cao hơn dưới rừng tự nhiên có thể liên quan đến nguồn vật rơi rụng và quá trình tích lũy chất hữu cơ; trong khi đất bỏ hoang thiếu lớp phủ, dễ bị xói mòn và thất thoát tầng đất mặt giàu dinh dưỡng. Việc sử dụng đất và mức độ hoàn trả tàn dư thực vật có ảnh hưởng trực tiếp đến dự trữ cacbon hữu cơ và đạm trong đất [17]. Xét theo vị trí, Phổng Lái có hàm lượng đạm cao hơn ở đất trồng ngô và rừng tự nhiên, trong khi Phổng Lãng có giá trị tương đối ổn định giữa các loại hình sử dụng đất.

3.2.2. Hàm lượng lân tổng số

Hàm lượng lân tổng số trung bình cao nhất ở đất trồng Ngô (0,41%), tiếp theo là đất trồng Sắn (0,27%), rừng tự nhiên (0,26%) và đất bỏ hoang (0,21%), đều thuộc mức giàu [11]. Giữa các loại hình sử dụng đất, không thấy có sự khác biệt rõ rệt về hàm lượng lân tổng số (Sig

> 0,05). Hàm lượng lân cao ở đất canh tác có thể phản ánh ảnh hưởng của quá trình bón phân và sự tích lũy lân trong đất, do phosphate dễ bị hấp phụ trên khoáng sét và các oxit Fe, Al nên có tính di động thấp [18]. Theo không gian, Phổng Lãng có hàm lượng lân cao ở hầu hết các loại hình, đặc biệt trên đất bỏ hoang, đất trồng sắn và rừng tự nhiên; ngược lại Chiềng Bôm có hàm lượng lân thấp hơn. Điều này cho thấy sự phân bố chất dinh dưỡng lân có thể chịu tác động đồng thời của chế độ canh tác, đá mẹ và đặc tính hấp phụ của đất ở từng vị trí.

3.2.3. Hàm lượng kali tổng số

Hàm lượng kali tổng số ở các loại hình sử dụng đất đều thuộc mức giàu [11]. Hàm lượng kali tổng số trung bình cao nhất ở đất trồng sắn (1,46%), tiếp đến là đất bỏ hoang (1,33%), rừng tự nhiên (1,25%) và thấp nhất ở đất trồng ngô (0,59%). Sự khác biệt về hàm lượng kali tổng số không rõ rệt giữa các loại hình sử dụng đất (Sig > 0,05). Khác với sự dao động hàm lượng đạm và lân tổng số, sự khác biệt của hàm lượng kali tổng số thể hiện rõ hơn theo vị trí: Chiềng Bôm có hàm lượng cao nhất, Phổng Lái ở mức trung gian và Phổng Lãng thấp nhất. Xu hướng này cho thấy kali tổng số không chỉ chịu tác động của loại hình sử dụng đất mà còn phụ thuộc mạnh vào đặc điểm tự nhiên của từng khu vực. Do hàm lượng kali tổng số trong đất phụ thuộc chủ

yếu vào thành phần khoáng cấu tạo đá mẹ và mức độ phong hóa. Bên cạnh đó, rửa trôi, xói mòn và việc lấy đi sinh khối qua thu hoạch có thể làm suy giảm nguồn kali trong đất [16].

Nhìn chung, hàm lượng đạm và lân tổng số có xu hướng chịu ảnh hưởng rõ của loại hình sử dụng đất, trong khi kali tổng số bị chi phối mạnh hơn bởi đặc điểm hình thành đất của từng vị trí nghiên cứu. Kết quả này cho thấy các biện pháp quản lý dinh dưỡng cần được đề xuất và xây dựng riêng cho từng loại hình sử dụng đất và điều kiện đất đai của từng khu vực sẽ mang lại hiệu quả cao và bền vững.

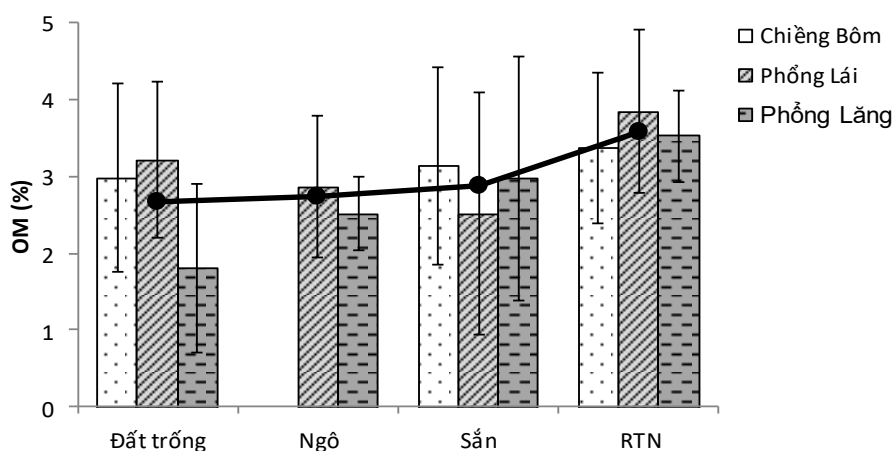
3.3. Hàm lượng chất hữu cơ trong đất ở các loại hình sử dụng đất

Chất hữu cơ trong đất (OM) là chỉ tiêu quan trọng phản ánh độ phì, khả năng duy trì dinh dưỡng, cải thiện kết cấu đất và các chức năng sinh thái của đất [15]. Sự biến động chất hữu cơ thường chịu ảnh hưởng lớn bởi mức độ che phủ thực vật, lượng vật chất hữu cơ hoàn trả cho đất và cường độ canh tác. Do đó, chỉ tiêu này có thể được sử dụng để đánh giá tác

động của các loại hình sử dụng đất đến chất lượng đất.

Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng mùn trung bình có xu hướng tăng từ đất bỏ hoang (2,66%), đất trồng ngô (2,73%), đất trồng sắn (2,88%) đến rừng tự nhiên (3,58%) (Hình 3). Hàm lượng mùn trong đất ở loại hình đất bỏ hoang, đất trồng ngô và đất trồng sắn ở mức nghèo, trong khi đất rừng tự nhiên đạt mức trung bình [11].

Hàm lượng mùn cao hơn dưới rừng tự nhiên có thể liên quan đến độ che phủ lớn, lượng vật rơi rụng và rễ cây được bổ sung thường xuyên, đồng thời đất ít bị xáo trộn nên thuận lợi cho quá trình tích lũy chất hữu cơ. Ngược lại, đất bỏ hoang và đất canh tác có lượng vật chất hữu cơ hoàn trả thấp hơn, đồng thời dễ bị xói mòn và mất tầng đất mặt trên địa hình dốc. Các nghiên cứu cũng cho thấy thảm thực vật tự nhiên và quá trình phục hồi thảm phủ thường làm tăng hàm lượng cacbon hữu cơ so với đất canh tác [17].



Hình 3. Hàm lượng CHC trong đất ở các loại hình sử dụng đất khác nhau

Xét theo vị trí, Phồng Lái có hàm lượng mùn cao nhất ở phần lớn loại hình sử dụng đất, dao động từ 2,52 đến 3,85%; tiếp đến là Chiềng Bôm, từ 2,98 đến 3,37%; Phồng Lãng có giá trị thấp hơn, từ 1,81 đến 3,53%. Sự khác biệt này cho thấy hàm lượng mùn không chỉ phụ thuộc vào loại hình sử dụng đất mà còn chịu tác động của điều kiện địa hình, độ che phủ, mức độ xói mòn và lịch sử canh tác tại từng khu vực. Đáng chú ý, đất bỏ hoang tại Phồng Lãng chỉ đạt 1,81%, thuộc mức nghèo mùn, trong khi rừng tự nhiên tại Phồng Lái và Phồng Lãng

đạt trên 3,5%, phản ánh vai trò tích cực của thảm rừng đối với khả năng duy trì chất hữu cơ trong đất.

Nhìn chung, rừng tự nhiên có khả năng duy trì và tích lũy mùn tốt nhất, còn đất bỏ hoang có nguy cơ suy giảm chất hữu cơ cao hơn.

3.4. Đánh giá nguy cơ suy thoái đất dưới các loại hình sử dụng đất

Các chỉ tiêu về phản ứng đất, khả năng trao đổi cation, hàm lượng mùn và các nguyên tố dinh dưỡng phản ánh khả năng giữ, cung cấp dinh dưỡng của đất và có quan hệ chặt chẽ với

chất lượng đất cũng như năng suất cây trồng; vì vậy, pH, OM, N, P, K và CEC thường được lựa chọn làm các chỉ tiêu quan trọng trong đánh giá chất lượng hóa học đất [19]. Việc tích hợp các chỉ tiêu này thành chỉ số chất lượng hóa học đất (CSQI) cho phép đánh giá tổng hợp trạng thái hóa học và dinh dưỡng của đất

dưới các loại hình sử dụng khác nhau trên địa hình dốc. Kết quả CSQI là cơ sở nhận diện các yếu tố hạn chế và đánh giá nguy cơ suy thoái, từ đó đề xuất các biện pháp quản lý, cải tạo và bảo vệ đất theo hướng bền vững. Bảng 3 thể hiện chỉ số chất lượng hóa học đất theo loại hình sử dụng.

Bảng 3. Chỉ số chất lượng hóa học đất theo loại hình sử dụng đất

Loại hình sử dụng đất	CSQI trung bình (điểm)	Phân cấp chất lượng hóa học đất	Tỷ lệ mẫu có ≥ 2 chỉ tiêu ở mức thấp (%)	Chỉ tiêu bị hạn chế
Đất bỏ hoang	66,92	Trung bình	38,5	pH _{KCl} , OM, P ₂ O ₅ ts, K ₂ Ots
Ngô	72,50	Trung bình	0,0	K ₂ Ots
Sắn	66,67	Trung bình	33,3	pH _{KCl} , OM, K ₂ Ots
Rừng tự nhiên	69,33	Trung bình	13,3	pH _{KCl} , K ₂ Ots

Kết quả đánh giá cho thấy chất lượng hóa học của đất nghiên cứu chủ yếu ở mức trung bình, chiếm 95,6% tổng số mẫu; chỉ 4,4% số mẫu ở mức thấp và không có mẫu đạt mức cao.

CSQI trung bình dao động từ 66,67 đến 72,50 điểm giữa các loại hình sử dụng đất và chưa có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (Sig > 0,05). Tuy nhiên, sự phân bố các chỉ tiêu hạn chế không đồng nhất giữa các loại hình. Kali tổng số là yếu tố hạn chế phổ biến nhất, với 48,9% số mẫu ở mức thấp, tiếp theo là độ chua đất với 31,1%. Đất bỏ hoang và đất trồng sắn có tỷ lệ mẫu đồng thời xuất hiện từ hai chỉ tiêu thấp trở lên lần lượt là 38,5% và 33,3%, cao hơn rõ rệt so với đất trồng ngô. Do đó, đất dưới loại hình đất bỏ hoang và trồng sắn được xác định là các loại hình có nguy cơ suy thoái chất lượng hóa học đất cao. Đất trồng ngô có CSQI cao hơn và chủ yếu bị hạn chế bởi hàm lượng K tổng số, nên được đánh giá ở mức nguy cơ trung bình. Trong khi đó, rừng tự nhiên được xem là điểm tham chiếu và có nguy cơ suy thoái hóa học thấp hơn so với các loại hình sử dụng đất còn lại.

Nhìn chung, kết quả phân tích bộ chỉ số hóa học đất dưới các loại hình sử dụng đất ở cả ba vị trí nghiên cứu cho thấy việc giảm độ che phủ hoặc duy trì canh tác cây nông nghiệp trên đất dốc có thể làm gia tăng sự mất cân đối dinh dưỡng và giảm khả năng duy trì độ phì của đất. Do đó, đất bỏ hoang và đất trồng sắn cần được ưu tiên áp dụng các biện pháp che phủ bề mặt, bổ sung vật liệu hữu cơ, bón cân đối kali, điều chỉnh độ chua và hạn chế xói

mòn; đây là những giải pháp quan trọng nhằm ngăn ngừa quá trình suy thoái tiếp diễn và duy trì sử dụng đất dốc theo hướng bền vững.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy đất ở tầng 0 - 50 cm tại khu vực Thuận Châu có phản ứng từ rất chua đến ít chua, với pH_{KCl} dao động 3,70 - 6,17; dung tích trao đổi cation đạt 13,94 - 21,15 đl/100 g đất, chủ yếu ở mức trung bình. Trong đó, CEC cao nhất tại Phổng Lãng, thấp nhất tại Phổng Lái và dao động trung gian tại Chiềng Bôm. Hàm lượng N tổng số đạt 0,19 - 0,27%, thuộc mức khá đến giàu; P tổng số đạt 0,21 - 0,41% và K tổng số đạt 0,59 - 1,46%, thuộc mức giàu. Phổng Lái có hàm lượng N cao hơn, Phổng Lãng nổi bật về P tổng số, trong khi Chiềng Bôm có hàm lượng K tổng số cao nhất. Hàm lượng mùn trung bình là 2,66 - 3,58%, từ mức nghèo đến giàu; Phổng Lái có hàm lượng mùn cao ở phần lớn loại hình sử dụng đất, trong khi đất bỏ hoang tại Phổng Lãng nghèo mùn nhất.

Kết quả đánh giá tổng hợp các chỉ tiêu hóa học giúp nhận diện đồng thời chất lượng đất, các yếu tố hạn chế và mức độ ưu tiên quản lý giữa các loại hình sử dụng đất dốc tại Thuận Châu. CSQI chủ yếu ở mức trung bình, chiếm 95,6% tổng số mẫu và chưa có mẫu đạt mức cao; độ chua và kali tổng số là các yếu tố hạn chế phổ biến. Đất bỏ hoang và đất trồng sắn có tỷ lệ xuất hiện đồng thời nhiều chỉ tiêu hạn chế cao hơn, qua đó được xác định là các loại hình cần ưu tiên trong quản lý và phục hồi chất lượng đất. Kết quả cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn các giải pháp quản lý theo loại hình sử dụng đất, trong đó cần ưu

tiên duy trì và tăng độ che phủ bề mặt, bổ sung vật liệu hữu cơ, cải thiện độ chua, bón kali cân đối và áp dụng các biện pháp hạn chế xói mòn nhằm duy trì độ phì và sử dụng bền vững đất dốc tại khu vực nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyen Hai (2017). Application of Geography Information Systems (GIS) in Building Soil Degradation Map in Da River Basin Segments through Lai Chau, Dien Bien and Son La provinces. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*. 33(15): 185-195.
- [2]. Khương Mạnh Hà, Xuân Thị Thu Thảo, Đinh Thị Thu Trang, Trần Thị Hiền & Trần Mạnh Công (2020). Đánh giá thực trạng các loại hình thoái hóa đất tại tỉnh Sơn La. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*. (2): 119–129.
- [3]. Else K Bunemann, Giulia Bongiorno, ZG Bai, Rachel Creamer, GB De Deyn, RGM de Goede, Luuk Fleskens, Violette Geissen, TWM Kuiper & Paul Mäder (2018). Soil quality-A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*. 120: 105-125.
- [4]. UBND tỉnh Sơn La (2022). Điều kiện tự nhiên – Địa hình. Cổng thông tin điện tử tỉnh Sơn La. Truy cập từ: <https://sonla.gov.vn/dieu-kien-tu-nhien/dia-hinh-627863>.
- [5]. XH Nguyen & AH Pham (2018). Assessing soil erosion by agricultural and forestry production and proposing solutions to mitigate: A case study in Son La province, Vietnam. *Applied and Environmental Soil Science*. 2018(1): 2397265.
- [6]. WRB IUSS Working Group (2015). World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports*. 106.
- [7]. Susan S Andrews, DL Karlen & JP Mitchell (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, ecosystems & environment*. 90(1): 25-45.
- [8]. Susan S Andrews, Douglas L Karlen & Cynthia A Cambardella (2004). The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of America Journal*. 68(6): 1945-1962.
- [9]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2024). Quy định kỹ thuật điều tra, đánh giá đất đai; kỹ thuật bảo vệ, cải tạo, phục hồi đất. Thông tư số 11/2024/TT-BTNMT ngày 31 tháng 7 năm 2024.
- [10]. Valentine Asong Tellen & Bernard PK Yerima (2018). Effects of land use change on soil physicochemical properties in selected areas in the North West region of Cameroon. *Environmental systems research*. 7(1): 1-29.
- [11]. Đỗ Đình Sâm, Ngô Đình Quế, Nguyễn Tử Siêm & Nguyễn Ngọc Bình (2006). Đất và dinh dưỡng đất. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn.
- [12]. Muhammad Qaswar, Li Dongchu, Huang Jing, Han Tianfu, Waqas Ahmed, Muhammad Abbas, Zhang Lu, Du Jiangxue, Zulqarnain Haider Khan & Sami Ullah (2020). Interaction of liming and long-term fertilization increased crop yield and phosphorus use efficiency (PUE) through mediating exchangeable cations in acidic soil under wheat–maize cropping system. *Scientific Reports*. 10(1): 19828.
- [13]. Gaurav Mishra, Magboul M Sulieman, Fuat Kaya, Rosa Francaviglia, Ali Keshavarzi, Esmaeil Bakhshandeh, Macoumba Loum, Abhishek Jangir, Ibrahim Ahmed & Abdelmagid Elmobarak (2022). Machine learning for cation exchange capacity prediction in different land uses. *Catena*. 216: 106404.
- [14]. Fantaw Yimer, Stig Ledin & Abdu Abdelkadir (2008). Concentrations of exchangeable bases and cation exchange capacity in soils of cropland, grazing and forest in the Bale Mountains, Ethiopia. *Forest Ecology and Management*. 256(6): 1298-1302.
- [15]. Nyle C Brady, Ray R Weil & Ray R Weil (2008). The nature and properties of soils. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- [16]. RATTAN Lal (2001). Soil degradation by erosion. *Land degradation & development*. 12(6): 519-539.
- [17]. Zhijing Xue & Shaoshan An (2018). Changes in soil organic carbon and total nitrogen at a small watershed scale as the result of land use conversion on the loess plateau. *Sustainability*. 10(12): 4757.
- [18]. Frédéric Gérard (2016). Clay minerals, iron/aluminum oxides, and their contribution to phosphate sorption in soils—A myth revisited. *Geoderma*. 262: 213-226.
- [19]. Tommy D'Hose, Mathias Coughnon, Alex De Vlieghe, Bart Vandecasteele, Nicole Viaene, Wim Cornelis, Erik Van Bockstaele & Dirk Reheul (2014). The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. *Applied Soil Ecology*. 75: 189-198.