



Original Article

Assessment of the Current State and Soil Quality for Early Lychee Cultivation in Phuc Hoa Commune, Tan Yen District, Bac Giang Province

Luong Nguyen Ngoc Mai, Nguyen Thi Huyen Trang*,
Nguyen Dinh Thai, Tran Thi Thanh Nhan

VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

Received 1st August 2025

Revised 28th December 2025; Accepted 8th April 2026

Abstract: Phuc Hoa Commune, Tan Yen District, Bac Giang Province (now merged with Hop Duc and Lien Chung to form Phuc Hoa Commune, Bac Ninh Province) is a key area for early-ripening lychee production with high economic value and strong domestic and export demand. This study assesses the current status and quality of lychee-growing soils through the analysis of eight representative samples. Key physical and chemical parameters, including pH, electrical conductivity (EC), moisture content, water retention capacity, soil texture, NPK content, organic matter, and bulk density, were analyzed to determine their influence on yield and fruit quality. Results indicate that the soils are mainly sandy loam and clay loam; sandy soils often exhibit low moisture, low EC, and poor water retention. Soils under long-term cultivation (over 20 years), those managed according to GlobalGAP standards, and those intercropped with vegetables (PH02, PH07, PH08) exhibit better quality, characterized by stable pH, high organic matter, and abundant nutrient content. In contrast, sample PH05 shows acidic pH and low nutrient levels, indicating the need for improvement. Nitrogen and phosphorus contents range from medium to high, while potassium is deficient and requires supplementation. Principal Component Analysis (PCA) identified three key indicators for constructing the Soil Quality Index (SQI): sand percentage, available phosphorus, and natural bulk density. The SQI results are consistent with individual soil property evaluations but provide a clearer quantitative assessment. The highest SQI values were found in PH02, PH06, and PH07, indicating favorable conditions for crop growth, whereas the lowest value in PH05 highlights the need for soil rehabilitation. The SQI approach offers a practical tool for quantifying, comparing, and monitoring soil quality, supporting effective soil management and improvement in agricultural production.

Keywords: Phuc Hoa lychee, Soil quality index (SQI), Soil physico-chemical indicators, Principal Component Analysis (PCA).

* Corresponding author.

E-mail address: nguyentrang181@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuces.5349>

Đánh giá hiện trạng và chất lượng đất trồng vải sớm tại xã Phúc Hòa, huyện Tân Yên, tỉnh Bắc Giang

Lương Nguyễn Ngọc Mai, Nguyễn Thị Huyền Trang*,
Nguyễn Đình Thái, Trần Thị Thanh Nhân

*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 01 tháng 8 năm 2025

Chỉnh sửa ngày 28 tháng 12 năm 2025; Chấp nhận đăng ngày 8 tháng 4 năm 2026

Tóm tắt: Xã Phúc Hòa, huyện Tân Yên, tỉnh Bắc Giang (nay sáp nhập với Hợp Đức và Liên Chung thành xã Phúc Hòa, tỉnh Bắc Ninh) là vùng trọng điểm trồng vải thiều chín sớm có giá trị kinh tế cao, tiêu thụ mạnh trong và ngoài nước. Nghiên cứu đánh giá hiện trạng và chất lượng đất trồng vải thông qua phân tích 8 mẫu đất đại diện. Các chỉ tiêu lý – hóa học gồm pH, EC, độ ẩm, khả năng giữ nước, thành phần cơ giới, hàm lượng NPK, chất hữu cơ và dung trọng được xem xét nhằm xác định ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng quả. Kết quả cho thấy đất chủ yếu là thịt pha cát và thịt pha sét; đất giàu cát thường có độ ẩm và EC thấp, khả năng giữ nước kém. Các mẫu đất trồng vải trên 20 năm, sản xuất theo tiêu chuẩn GlobalGAP hoặc kết hợp rau màu (PH02, PH07, PH08) có chất lượng tốt với pH ổn định, giàu hữu cơ và dinh dưỡng. Ngược lại, mẫu PH05 có pH chua, nghèo dinh dưỡng, cần cải tạo. Hàm lượng N và P dao động từ trung bình đến giàu, trong khi K thấp, cần bổ sung. Phân tích thành phần chính (PCA) xác định ba chỉ tiêu chính để xây dựng chỉ số chất lượng đất (SQI) gồm: % cát, P dễ tiêu và dung trọng tự nhiên. Kết quả SQI phản ánh rõ sự khác biệt chất lượng đất giữa các mẫu, phù hợp với đánh giá riêng lẻ. SQI cao nhất ở PH02, PH06, PH07 cho thấy điều kiện thuận lợi cho cây phát triển, trong khi thấp nhất ở PH05, cần cải tạo. Việc xây dựng SQI giúp lượng hóa, so sánh chất lượng đất và hỗ trợ quản lý, giám sát, cải tạo đất nông nghiệp hiệu quả hơn.

Từ khóa: Vải Phúc Hoà, Chất lượng đất (SQI), Chỉ tiêu vật lý – hoá học đất, phân tích thành phần chính (PCA).

1. Mở đầu

Vải thiều có nguồn gốc từ miền nam Trung Quốc và miền bắc Việt Nam, hiện phân bố rộng rãi ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới trên thế giới. Trung Quốc là quốc gia sản xuất vải lớn nhất, với hơn 400 giống, sản lượng tăng mạnh trong khi diện tích canh tác giảm nhờ áp dụng tiến bộ kỹ thuật. Các nước sản xuất lớn khác như Ấn Độ, Thái Lan, Úc và Nam Phi cũng đóng góp

đáng kể vào tổng sản lượng toàn cầu từ 2,6 đến 2,8 triệu tấn mỗi năm [1]. Tại Việt Nam, tỉnh Bắc Giang là địa phương có diện tích và sản lượng vải thiều lớn nhất cả nước, chiếm gần 50% tổng sản lượng, với các vùng sản xuất đạt chuẩn VietGAP, GlobalGAP và có mã số vùng trồng phục vụ xuất khẩu, đặc biệt nổi bật với vải thiều chín sớm. Năm 2018, diện tích vải chín sớm ở Bắc Giang đạt khoảng 5.000 ha, chiếm gần 18% tổng diện tích vải toàn tỉnh, góp phần quan trọng

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: nguyentrang181@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5349>

vào việc rải vụ thu hoạch, giảm áp lực tiêu thụ và nâng cao giá trị sản phẩm. Với năng suất cao (7,5-8,5 tấn/ha), vải chín sớm mang lại lợi ích kinh tế lớn, là cây trồng chủ lực giúp thúc đẩy phát triển nông nghiệp bền vững tại địa phương [2].

Xã Phúc Hòa, huyện Tân Yên, tỉnh Bắc Giang (nay đã được sáp nhập với các xã Hợp Đức và Liên Chung để thành lập xã Phúc Hòa mới, tỉnh Bắc Ninh) là vùng trọng điểm trồng vải thiều chín sớm, có diện tích canh tác trên 720 ha, trong đó hơn 330 ha đạt tiêu chuẩn VietGAP và 35 ha đạt GlobalGAP. Đây là một trong ba địa phương toàn quốc được lựa chọn thí điểm mô hình xã nông nghiệp thương mại điện tử, mở ra nhiều cơ hội nâng cao chuỗi giá trị sản phẩm nông nghiệp. Năm 2012, nhãn hiệu hàng hóa “Vải sớm Phúc Hòa” được công nhận và từ đó đến nay, Phúc Hòa liên tục mở rộng quy mô, nâng cao chất lượng sản phẩm, đóng góp đáng kể vào kim ngạch xuất khẩu của tỉnh [2].

Tuy nhiên, sự phát triển nhanh chóng và thâm canh kéo dài đã đặt ra nhiều vấn đề về chất lượng đất và tính bền vững của hệ thống sản xuất. Một số khu vực trồng vải sớm ở Phúc Hòa ghi nhận hiện tượng thoái hóa đất, suy giảm độ phì, mất cân bằng dinh dưỡng và gia tăng chi phí đầu vào để duy trì năng suất. Bên cạnh đó, các yếu tố như biến đổi khí hậu, nước tưới không ổn định, sử dụng phân bón hóa học kéo dài và thiếu quy hoạch sử dụng đất hợp lý cũng là nguyên nhân chính ảnh hưởng đến hiệu quả sản xuất [3].

Chất lượng đất là yếu tố then chốt quyết định năng suất và tính bền vững của hệ thống canh tác nông nghiệp, đặc biệt tại các vùng chuyên canh cây ăn quả lâu năm như vải thiều. Trên thế giới, chỉ số chất lượng đất (Soil Quality Index – SQI) đã được sử dụng rộng rãi như một công cụ tích hợp để đánh giá tổng hợp các chỉ tiêu lý – hóa học – sinh học có ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe đất và hiệu quả sử dụng đất [4-13]. Trong đó, chỉ số hóa học được sử dụng phổ biến nhất là hàm lượng chất hữu cơ/tổng carbon hữu cơ, pH, và các chất dinh dưỡng như lân dễ tiêu và kali dễ tiêu. Các chỉ số vật lý như dung trọng, thành phần cơ giới và độ ổn định cấu trúc đất cũng được đánh giá cao. Ngược lại, các chỉ số sinh học như sinh khối vi sinh vật, hô hấp đất và giun đất

ít được sử dụng hơn trong các nghiên cứu [5]. Theo Biswas và cộng sự [13], các chỉ tiêu thường sử dụng trong tính toán SQI gồm: kết cấu đất, TOC, pH, nước khả dụng trong đất, CEC, dung trọng (BD), độ xốp, độ dẫn thủy lực bão hòa (Ks), độ mặn của đất, kết cấu, độ dốc và độ sâu đất. Để đơn giản hóa quá trình đánh giá, việc lựa chọn tập dữ liệu tối thiểu (Minimum Dataset – MDS) là cần thiết, giúp giảm chi phí phân tích và tránh trùng lặp thông tin. MDS có thể được xác định thông qua ý kiến chuyên gia hoặc các phương pháp thống kê đa biến như phân tích thành phần chính (PCA), và phân tích tương quan, nhằm chọn ra nhóm 3–8 chỉ tiêu đại diện. Sau khi xác định MDS, các chỉ tiêu được chuẩn hóa theo các đường cong điểm (scoring curves), sau đó cộng dồn có trọng số để tính chỉ số SQI tổng hợp [4-6, 9-12]. Hiệu quả của SQI thường được kiểm định thông qua phân tích tương quan với năng suất cây trồng, với hệ số tương quan từ trung bình đến cao cho thấy tính tin cậy của chỉ số này [4, 7]. Trong nghiên cứu điển hình, Mukherjee và Lal (2014) đã so sánh ba phương pháp tính SQI gồm: cộng đơn giản, cộng có trọng số và PCA. Kết quả cho thấy PCA giúp chọn ra những đặc trưng có khả năng giải thích tốt nhất sự thay đổi của năng suất, nhờ khả năng lựa chọn và xác định trọng số các chỉ tiêu một cách khách quan và tối ưu [14].

Tại Việt Nam, nghiên cứu tại vùng trồng cam huyện Trà Ôn (Vĩnh Long) đã sử dụng phương pháp PCA để lựa chọn các chỉ tiêu đại diện, từ đó xây dựng chỉ số chất lượng đất (SQI) gồm NH_4^+ , pH, dung trọng và thành phần cơ giới [15]. Kết quả SQI cho thấy sự khác biệt đáng kể về chất lượng đất giữa các vị trí có điều kiện canh tác và sử dụng đất khác nhau, cung cấp cơ sở khoa học hỗ trợ những người ra quyết định xây dựng các chương trình quản lý đất hiệu quả. Tương tự, nghiên cứu tại Phú Yên đánh giá đất trồng sen cũng chỉ ra vai trò quan trọng của các yếu tố như độ xốp, pH, magie và hàm lượng hữu cơ trong việc duy trì năng suất, đồng thời đưa ra các khuyến nghị cải thiện tương ứng [16]. Dù đã có một số nghiên cứu bước đầu đánh giá chất lượng đất cho các vùng trồng lúa, cam, sen [13-17], vẫn còn thiếu các nghiên cứu chuyên sâu áp

dụng hệ thống chỉ tiêu lý – hóa học kết hợp phân tích đa biến để đánh giá chất lượng đất trồng vải, đặc biệt tại các vùng chuyên canh đặc thù như Phúc Hòa.

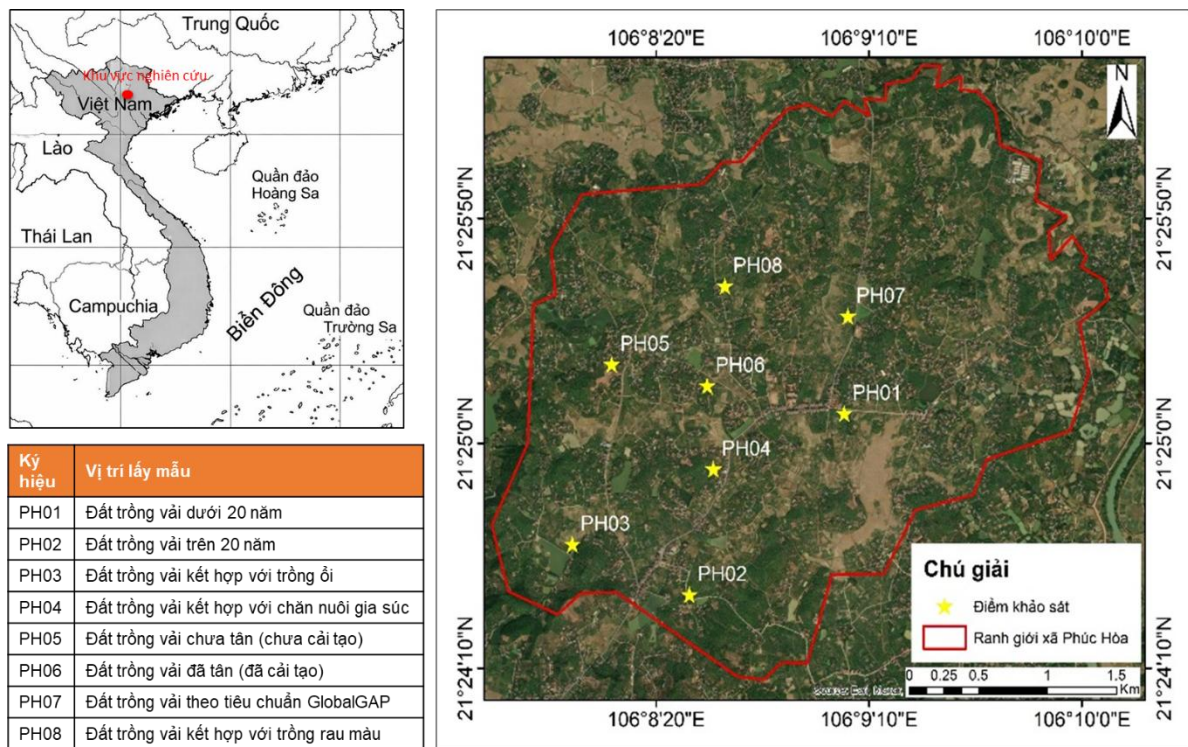
Trước thực tiễn đó, nghiên cứu “Đánh giá hiện trạng và chất lượng đất trồng vải sớm tại xã Phúc Hòa, huyện Tân Yên, tỉnh Bắc Giang” được thực hiện với mục tiêu khảo sát hiện trạng sử dụng đất, phân tích một số chỉ tiêu đất quan trọng (pH, EC, độ ẩm, NPK, chất hữu cơ, dung trọng, thành phần cơ giới,...), kết hợp phân tích PCA để xây dựng chỉ số chất lượng đất SQI. Từ đó, đề xuất các định hướng cải tạo và sử dụng đất phù hợp, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất,

hướng tới phát triển nông nghiệp bền vững tại địa phương.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khảo sát thực địa và lấy mẫu

Phương pháp khảo sát thực địa và lấy mẫu được thực hiện vào tháng 02/2025 nhằm thu thập dữ liệu thực tế về phương thức canh tác và hiệu quả sử dụng đất. Mẫu đất được lấy dựa theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7538 - 2:2005 (ISO 10381 - 2:2002).



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu và vị trí lấy mẫu đất.

Mẫu được chọn lấy tại các vị trí có đặc điểm và thời gian canh tác khác nhau (Hình 1), bao gồm: đất canh tác trên và dưới 20 năm; các mẫu đất xen canh vải với ổi, vải với rau màu; đất trồng vải đã tân và chưa tân; đất trồng vải theo tiêu chuẩn GlobalGAP; đất trồng vải kết hợp với chăn nuôi gia súc. Phần diện đất tại các điểm lấy mẫu được ghi nhận và chụp lại trong quá trình

khảo sát, thể hiện trong Hình 2. Mẫu đất được lấy ở độ sâu từ 0-30 cm [18] tại trung tâm vườn trồng. Sau khi lấy được bảo quản trong túi zip, ghi rõ ký hiệu mẫu rồi bảo quản cẩn thận và sau đó được đưa về phòng thí nghiệm để phân tích các chỉ tiêu hóa lý. Mẫu phân tích dung trọng được lấy nguyên dạng bằng ống nhựa PC.



Hình 2. Các mẫu đất tại một số vị trí lấy mẫu.

2.2. Phương pháp phân tích đất

Nhóm các phương pháp xác định đặc trưng vật lý của đất: Thành phần cơ giới được xác định bằng phương pháp kết hợp rây và pipet theo TCVN 8567:2010 [19]. Độ ẩm đất là lượng nước chứa trong đất ở trạng thái tự nhiên, được tính bằng phần trăm so với khối lượng đất khô. Chỉ tiêu này được xác định theo TCVN 4196:2012 bằng cách sấy mẫu ở nhiệt độ $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ cho đến khi khối lượng không đổi. Khả năng giữ nước (WHC) được xác định bằng phương pháp thấm thấu, đánh giá lượng nước đất giữ lại sau bão hòa. Mẫu dung trọng được lấy nguyên dạng bằng ống nhựa PC tại hiện trường. Khi đưa về phòng thí nghiệm, mẫu được cắt lại bằng dao vòng để xác định thể tích chuẩn, sau đó cân ở trạng thái tự nhiên và sau sấy khô để tính dung trọng tự nhiên và dung trọng khô. Độ dẫn điện (EC) phản ánh lượng muối hòa tan trong đất, đo bằng máy đo đa chỉ tiêu. Các thí nghiệm được tiến hành tại Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên.

Nhóm các phương pháp xác định đặc trưng hoá học của đất: Độ pH đất được xác định theo TCVN 5979:2021 trong huyền phù đất với nước cất ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) và dung dịch KCl 1M (pH_{KCl}) theo tỷ lệ đất/dung dịch (H_2O hoặc KCl) là 1:5. Sau khi lắc đều và để lắng, pH được đo bằng máy đo pH. Hàm lượng chất hữu cơ được xác định theo phương pháp Walkley-Black (TCVN 8941:2011) bằng cách oxy hóa mẫu đất với $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ trong môi trường H_2SO_4 đậm đặc, sau đó chuẩn độ bằng dung dịch sắt (II) sunfat. Dung lượng trao đổi cation (CEC) được xác định theo TCVN 8568:2010 bằng cách chiết mẫu đất với dung dịch $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1M ở pH = 7, sau đó đo tổng hàm lượng các cation trao đổi (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) được chiết ra bằng chuẩn độ hoặc thiết bị chuyên dụng để tính CEC. Nitơ tổng số được xác định bằng phương pháp Kjeldahl (TCVN 6498:1999) thông qua phá mẫu với H_2SO_4 , chưng cất và chuẩn độ bằng HCl, còn nitơ dễ tiêu (NH_4^+ và NO_3^-) được chiết bằng dung dịch HCl 0,05N, sau đó chưng cất và định lượng bằng máy cất đạm, biểu thị bằng mg N/100 g đất. Hàm

lượng P_2O_5 và K_2O tổng số được xác định bằng phương pháp phá mẫu acid ($H_2SO_4 + HClO_4$), đo P_2O_5 tổng số bằng máy quang phổ UV-VIS để xác định tổng lượng Phospho dự trữ trong đất và K_2O tổng số bằng máy quang phổ hấp thụ nguyên tử (AAS) nhằm cho thấy tiềm năng dự trữ kali lâu dài. P dễ tiêu đo bằng phương pháp chiết với H_2SO_4 0,1N, tạo màu xanh với thuốc thử molybdate và đo tại bước sóng 880 nm bằng UV-VIS nhằm xác định lượng Phospho mà cây có thể hấp thụ trực tiếp, đơn vị P dễ tiêu là mg/100 g đất; còn K dễ tiêu chiết bằng CH_3COONH_4 1M và đo bằng AAS tại bước sóng 766,5 nm để phản ánh lượng kali mà cây trồng có thể sử dụng ngay, đơn vị mg/100g đất. Ngoài phương pháp đo pH được tiến hành tại Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên các phương pháp phân tích hóa còn lại được thực hiện tại Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

2.3. Phương pháp đánh giá chất lượng đất

Trong đánh giá chất lượng đất, phương pháp truyền thống chủ yếu dựa trên việc so sánh từng chỉ tiêu riêng lẻ như pH, chất hữu cơ, NPK, CEC,... với các hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật (TCVN, QCVN) hoặc thang đánh giá chuyên ngành trong và ngoài nước. Trong nghiên cứu này, các chỉ tiêu như CEC, hàm lượng NPK tổng số, P dễ tiêu và K dễ tiêu được tác giả đối chiếu theo thang của Hội Khoa học đất Việt Nam [3, 20]; N dễ tiêu theo Tiurin – Cononova [21] và chất hữu cơ theo Siderius (1992) [22]. Tuy nhiên, cách tiếp cận này mang tính rời rạc, chưa phản ánh đầy đủ mối quan hệ giữa các yếu tố đất và khả năng duy trì chức năng đất trong dài hạn.

SQI được phát triển như một công cụ tổng hợp nhằm khắc phục hạn chế trên, đánh giá toàn diện hơn về năng suất, sức khỏe và tính bền vững của đất. Mặc dù chưa có phương pháp chuẩn hóa, SQI thường được xây dựng theo khung ba bước của Andrews và cộng sự [6]: i) Lựa chọn các chỉ tiêu đại diện bằng phân tích thành phần chính (PCA); ii) Chuẩn hóa và chấm điểm theo hàm thích hợp; và iii) Tính chỉ số SQI bằng mô hình

cộng có trọng số. Từ bộ chỉ tiêu hoá lý đã được phân tích ở trên, tác giả tiến hành:

2.3.1. Lựa chọn chỉ tiêu đánh giá

Phân tích thành phần chính (Principal component analysis - PCA) được áp dụng trên bộ dữ liệu chuẩn hóa để chọn ra các chỉ tiêu đất đại diện (MDS). Chỉ giữ lại các thành phần chính (PC) có giá trị riêng >1 và giải thích các trường hợp có độ biến thiên $\geq 5\%$. Các chỉ tiêu có tải trọng lớn trong PC được chọn, và phân tích tương quan Pearson được dùng để loại bỏ các chỉ số dư thừa ($r > 0,6$). Trong trường hợp các biến có tải trọng cao nhưng không tương quan mạnh với nhau, tất cả đều được giữ lại. Điểm của từng biến được tính bằng giá trị chuẩn hóa nhân với trọng số riêng. Tổng trọng số của các biến trong PC được chuẩn hóa về 100% để đảm bảo đóng góp cân bằng vào SQI [4, 6-8, 11-17, 23].

2.3.2. Chấm điểm các chỉ số

Sau khi xác định được các chỉ tiêu trong bộ chỉ số tối thiểu (MDS), mỗi chỉ số được chuẩn hóa về thang điểm từ 0 đến 1 bằng các hàm tính điểm. Các hàm này phản ánh mối quan hệ giữa giá trị chỉ tiêu và chất lượng đất, bao gồm:

Càng nhiều càng tốt: giá trị cao hơn nhận điểm cao hơn, dùng công thức [23]:

$$S_i = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

Càng ít càng tốt: giá trị thấp hơn nhận điểm cao hơn, dùng công thức [23]:

$$S_i = \frac{X_{max} - X}{X_{max} - X_{min}} \quad (2)$$

Trong công thức (1) và (2), X là giá trị quan sát được của từng chỉ tiêu đất, X_{max} và X_{min} là giá trị lớn nhất và nhỏ nhất quan sát được trong tập dữ liệu của chỉ tiêu đất tương ứng.

Phạm vi tối ưu: sử dụng hàm sigmoid phi tuyến tính để đánh giá các chỉ tiêu có giá trị tối ưu nằm trong khoảng xác định.

$$S_i = \frac{1}{1 + e^{-a(X-L)}} \cdot \frac{1}{1 + e^{a(X-U)}} \quad (3)$$

Trong công thức (3), a là hệ số điều chỉnh độ dốc, L là giới hạn dưới tối ưu, U là giới hạn trên tối ưu, X là giá trị quan sát được của chỉ tiêu.

2.3.3. *Tính toán SQI*

Sau khi có điểm số và trọng số của các chỉ tiêu từ PCA, chỉ số SQI tổng hợp được tính bằng mô hình cộng có trọng số [4, 6-8, 11-17, 23]:

$$SQI = \sum_{i=1}^n W_i \times S_i \quad (4)$$

Trong đó: + W_i là trọng số xác định bằng phương pháp PCA theo tỷ lệ đóng góp của các PC; + S_i là điểm chuẩn hóa của từng chỉ tiêu.

3. **Kết quả và thảo luận**

3.1. *Kết quả các chỉ tiêu vật lý*

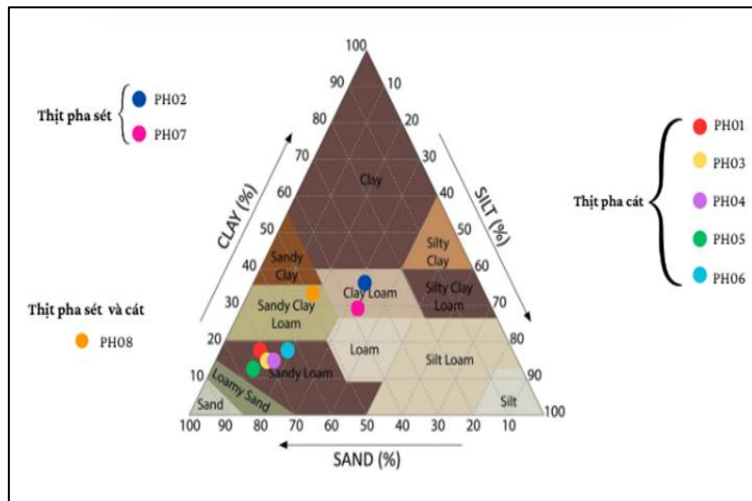
3.1.1. *Thành phần cơ giới của đất*

Kết cấu đất tại các điểm khảo sát chủ yếu là thịt pha cát (PH01, PH03, PH04, PH05, PH06), thuận lợi cho thoát nước nhưng cần bổ sung hữu cơ để giữ ẩm. PH02 và PH07 thuộc nhóm thịt

pha sét, có khả năng giữ nước tốt hơn nhưng dễ bí nước. PH08 có kết cấu cân bằng (thịt pha sét và cát), phù hợp cho nhiều loại cây nếu được quản lý tốt (Bảng 1, Hình 3).

Bảng 1. Kết quả phân tích thành phần cơ giới trong đất trồng tại xã Phúc Hòa

Vị trí	Cát (Sand)	Limon (Silt)	Sét (Clay)
PH01	72,435	12,503	15,062
PH02	32,432	32,085	35,483
PH03	71,021	12,133	16,846
PH04	69,278	18,779	11,943
PH05	76,416	11,107	12,478
PH06	64,126	17,186	18,689
PH07	38,477	31,528	29,995
PH08	49,410	19,203	31,387



Hình 3. Phân loại đất trồng vải tại xã Phúc Hòa theo thành phần cơ giới.

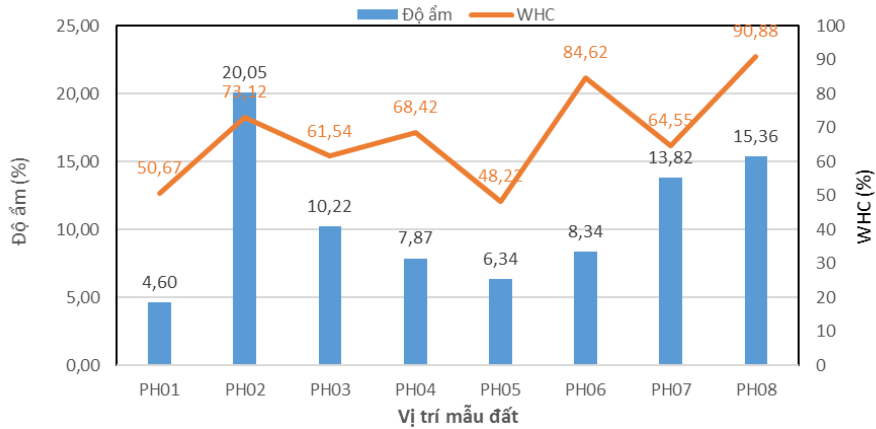
3.1.2. *Độ ẩm và khả năng giữ nước của đất – Water Holding Capacity (WHC)*

Độ ẩm đất tại 8 điểm khảo sát ở xã Phúc Hòa dao động từ 4,6% đến 20,1%, trong đó PH02 ghi nhận giá trị cao nhất (20,1%), còn PH01 thấp nhất (4,6%). Khả năng giữ nước (WHC%) giữa các vị trí có sự khác biệt rõ rệt, từ 48,2% tại PH05 đến 90,9% ở PH08. Đáng chú ý, những điểm có WHC cao như PH02, PH06 và PH08 cũng ghi nhận độ ẩm đất lớn hơn, cho thấy đất

giữ nước tốt thường duy trì lượng ẩm cao tại thời điểm quan trắc. WHC cao ở PH02, PH06 và PH08 chủ yếu do thành phần cơ giới giàu sét và limon, phù hợp cho cây trồng lâu năm (Hình 4). Trường hợp PH07, dù có hàm lượng sét và limon cao nên độ ẩm do được tốt, nhưng sự hiện diện của sạn, sỏi (Hình 2) làm giảm khả năng giữ nước so với nhóm PH02, PH06 và PH08. Ngoài ra, PH02, PH06, PH07 và PH08 đều có hàm lượng hữu cơ trong đất cao (Hình 8), góp phần

tăng khả năng giữ ẩm của đất [24]. Ngược lại, các vị trí có WHC thấp như PH05, PH01 cũng có

độ ẩm thấp hơn, do thành phần cơ giới của đất chứa nhiều cát (>70% cát).

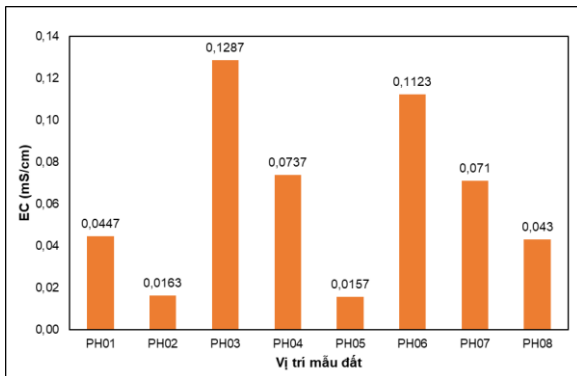


Hình 4. Biểu đồ thể hiện độ ẩm và khả năng giữ nước trong đất trồng tại xã Phúc Hòa.

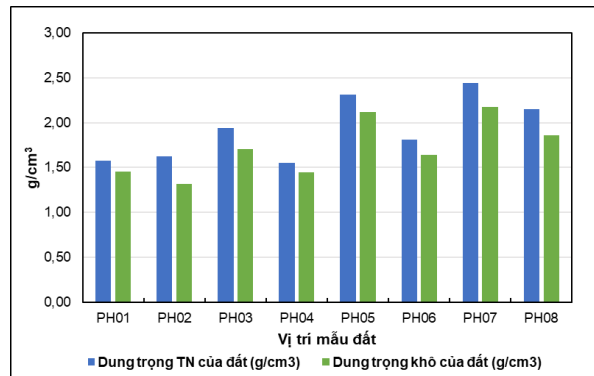
3.1.3. Độ dẫn điện (EC)

EC (Electrical Conductivity – dẫn điện) phản ánh tổng hàm lượng muối hòa tan trong dung dịch đất, vì các ion dẫn điện [25]. Giá trị EC cao cho thấy muối tích lũy nhiều, có thể từ bón phân hoặc hạn chế rửa trôi, trong khi EC thấp phản

ánh đất ít muối và khả năng thoát nước tốt [26]. Giá trị EC khu vực nghiên cứu thấp dao động từ 0,0157 đến 0,1287 mS/cm (Hình 5). Mặc dù đều nằm trong khoảng rất thấp so với ngưỡng mặn của cây trồng ($\ll 20$ mS/cm) [25], sự khác biệt này phản ánh ảnh hưởng của điều kiện canh tác, bón phân, địa hình và khả năng rửa trôi muối [26].



Hình 5. Biểu đồ thể hiện giá trị độ dẫn điện trong đất trồng tại xã Phúc Hòa



Hình 6. Biểu đồ thể hiện dung trọng của đất trồng và đất tại xã Phúc Hòa.

3.1.4. Dung trọng tự nhiên và dung trọng khô của đất

Dung trọng tự nhiên khá cao do đất chứa hàm lượng cát lớn, dao động từ 1,55 g/cm³ (PH04) đến 2,44 g/cm³ (PH07), trong đó PH01, PH02,

PH04 có cấu trúc đất tối xốp hơn. Dung trọng khô cũng có sự phân hóa rõ rệt, từ 1,32 g/cm³ (PH02) đến 2,18 g/cm³ (PH07), phản ánh sự khác biệt về mật độ vật chất rắn và độ chặt của đất giữa các mẫu (Hình 6). Các điểm có dung trọng cao hơn cần chú ý cải tạo để nâng cao độ

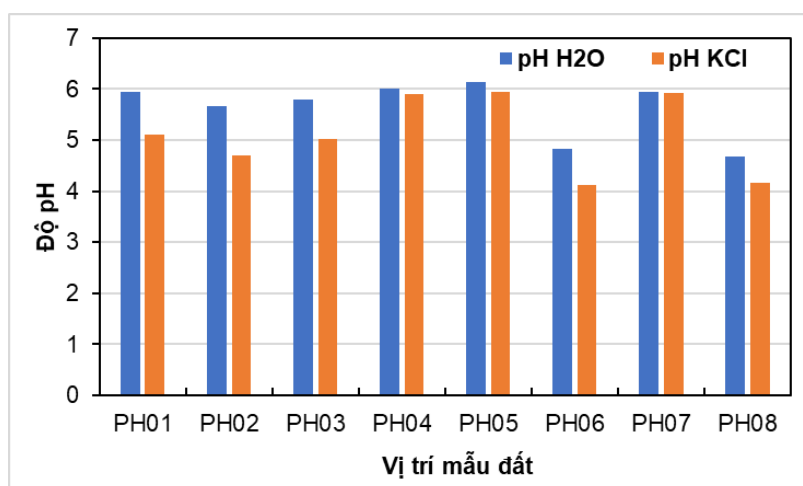
toi xốp và khả năng thấm nước. Đặc biệt, mẫu PH07 có chứa một lượng sạn sỏi đáng kể (Hình 2). Mặc dù điều này làm dung trọng đất tăng cao, nhưng nhờ kết cấu sạn sỏi, đất vẫn duy trì được khả năng toi xốp và thấm nước, nên vẫn thích hợp cho cây trồng.

3.2. Kết quả các chỉ tiêu hoá học

3.2.1. pH_{H_2O} và pH_{KCl}

Theo hướng dẫn của ngành khuyến nông, Vải thiều chín sớm có thể trồng trên nhiều loại đất khác nhau. Tuy nhiên, để đạt năng suất và chất lượng cao, đất trồng vải cần có kết cấu toi xốp, giàu dinh dưỡng, thoát nước tốt, pH đất thích hợp từ 5,5 đến 6,5, giàu hàm lượng chất hữu cơ và không bị nhiễm mặn hay phèn nặng [27].

Kết quả phân tích chất lượng đất tại xã Phúc Hòa cho thấy sự biến động đáng kể giữa các vị trí lấy mẫu, phản ánh tính đa dạng về điều kiện tự nhiên, đặc điểm canh tác và mức độ tác động của con người đến đất đai khu vực. Giá trị pH đất dao động từ 4,7 đến 6,2 (pH_{H_2O}) và từ 4,2 đến 6 (pH_{KCl}), trong đó pH_{H_2O} luôn cao hơn pH_{KCl} (Hình 7). Sự chênh lệch này bắt nguồn từ phương pháp chiết: dung dịch KCl có khả năng giải phóng nhiều ion H^+ và Al^{3+} hấp phụ trên keo đất, làm cho pH_{KCl} phản ánh rõ hơn mức độ chua tiềm tàng của đất so với pH_{H_2O} . Các mẫu PH04, PH05 và PH07 có pH gần trung tính, tạo điều kiện thuận lợi cho cây vải phát triển và hấp thu dinh dưỡng. Ngược lại, các mẫu PH06 và PH08 có pH thấp hơn 5, thể hiện đất chua mạnh, cần được cải tạo bằng vôi hoặc chất điều chỉnh pH nhằm ổn định môi trường đất.



Hình 7. Biểu đồ thể hiện giá trị độ chua trong đất trồng tại xã Phúc Hòa.

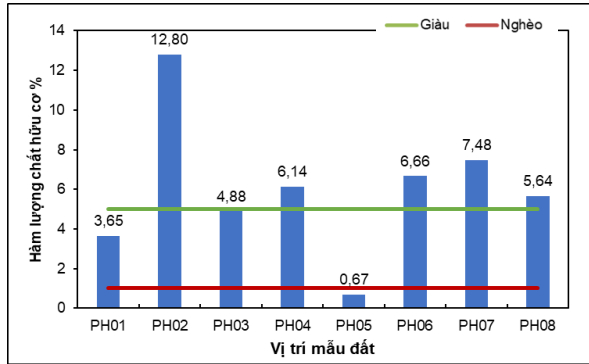
3.2.2. Hàm lượng chất hữu cơ

Hàm lượng chất hữu cơ (CHC) phân bố không đều, biến động từ 0,67% đến 12,8% (Hình 8). Mẫu PH02 có hàm lượng CHC cao nhất, cho thấy đất tại khu vực này được bổ sung tốt vật liệu hữu cơ hoặc có tốc độ phân hủy chậm, góp phần cải thiện cấu trúc và tăng khả năng giữ nước [24]. Trong khi đó, mẫu PH05 chỉ đạt 0,67%, phản ánh đất bị nghèo hữu cơ do canh tác liên tục không có bón phân hữu cơ, làm giảm năng suất lâu dài và độ bền đất.

3.2.3. Dung lượng trao đổi cation (Cation Exchange Capacity – CEC)

Dung lượng trao đổi cation (CEC) – chỉ số quan trọng phản ánh khả năng giữ và cung cấp dinh dưỡng của đất – ở các mẫu dao động đáng kể, từ mức rất thấp đến trên trung bình đối sánh với thang đo của Hội khoa học đất Việt Nam [20] (Hình 9). CEC trung bình thấp được ghi nhận ở mẫu PH02, PH07 và PH08 (trên 8 meq/100g đất), thể hiện khả năng hấp thụ và trao đổi ion tốt hơn nhóm mẫu còn lại, đồng thời phản ánh tiềm

năng dinh dưỡng của đất; trong khi PH05 có CEC rất thấp, cho thấy đất bị suy giảm khả năng hấp thu và trao đổi dinh dưỡng, cần cải tạo bằng phân hữu cơ hoặc chất cải tạo đất. CEC càng cao giúp đất giữ và cung cấp dinh dưỡng đều đặn



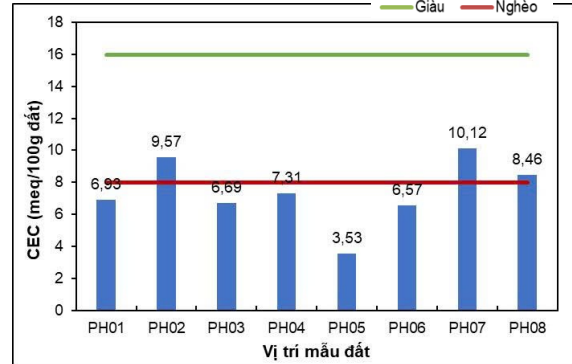
Hình 8. Biểu đồ thể hiện giá trị chất hữu cơ trong đất trồng tại xã Phúc Hòa.

3.2.4. Hàm lượng các chất dinh dưỡng NPK

Kết quả phân tích dinh dưỡng đất tại xã Phúc Hòa cho thấy sự thiếu hụt rõ rệt các nguyên tố đa lượng. Nitơ tổng số rất thấp (0,014–0,111%), chỉ PH02 đạt gần mức trung bình, còn lại đều thuộc nhóm nghèo, PH05 thấp nhất (0,02%). Nitơ dễ tiêu biến động mạnh, từ giàu ở PH03 (>8 mgN/100 g) đến rất nghèo ở PH08 (<1 mgN/100 g), phản ánh sự khác biệt trong canh tác và bón phân. Phospho tổng số dao động rộng (0,0135–0,3657%), trong đó PH06 cao nhất và PH05 thấp nhất. Phospho dễ tiêu cũng phân hóa lớn, từ 58,95 mg/100g (PH03) đến 8,3 mg/100 g (PH05). Kali tổng số ở tất cả mẫu đều dưới ngưỡng nghèo, thấp nhất tại PH01 và cao nhất tại PH02. Ngược lại, kali dễ tiêu lại giàu ở PH03 và PH07 (~28 mg/100 g), trong khi các mẫu như PH01, PH02 và PH05 chỉ đạt mức nghèo (<10 mg/100 g) (Hình 10) [3, 20].

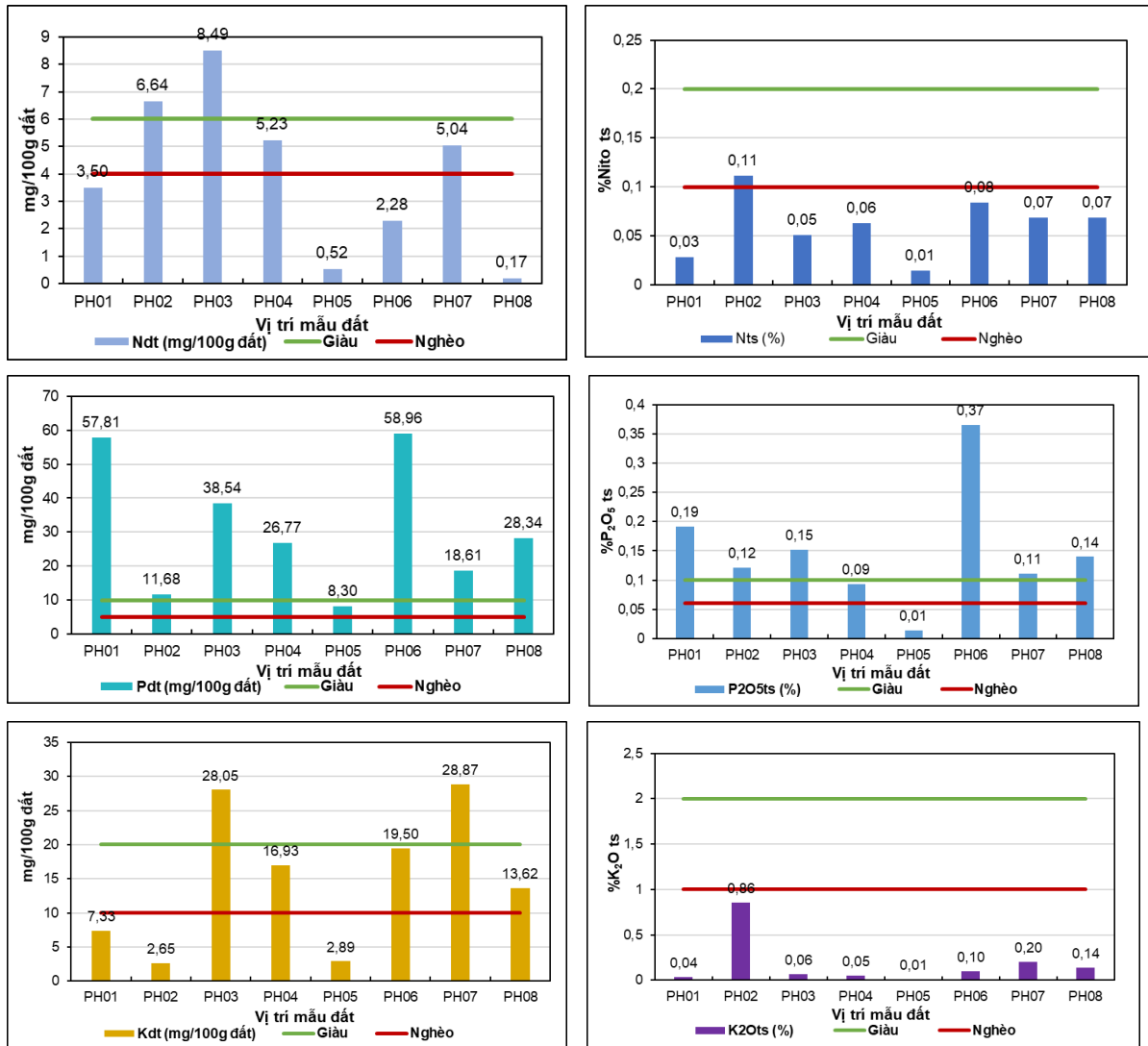
Kết quả phân tích cho thấy có sự chênh lệch rõ rệt giữa hàm lượng tổng số và dạng dễ tiêu của N, P, K. Dù phần lớn mẫu đất có N và K tổng số ở mức thấp đến rất thấp, một số mẫu như PH01, PH02, PH03 (về nitơ dễ tiêu) và PH03, PH07 (về kali dễ tiêu) lại đạt mức giàu ở dạng dễ tiêu (Hình 10). Hiện tượng sai lệch giữa hàm lượng tổng và

hơn, đặc biệt quan trọng trong các giai đoạn mầm cảm như ra hoa, đậu quả và nuôi quả, khi cây cần dòng dinh dưỡng ổn định để đảm bảo năng suất và chất lượng quả [28].



Hình 9. Biểu đồ về dung lượng trao đổi Cation trong đất trồng tại xã Phúc Hòa.

dạng dễ tiêu của N, P, K trong các mẫu đất (với các mẫu dễ tiêu cao mặc dù tổng thấp) có thể được giải thích bởi ảnh hưởng lâu dài của việc bón phân hóa học. Các nghiên cứu cho thấy dùng phân vô cơ lâu dài làm giảm tích lũy cacbon hữu cơ dễ phân hủy và keo đất (qua cấu trúc đất) làm giảm tiềm năng giữ ion bền vững (CEC) [28–30]. Ngoài ra, việc lấy mẫu sau vụ bón phân gần nhất có thể khiến hàm lượng dinh dưỡng dễ tiêu tăng cao tạm thời, trong khi tổng số vẫn duy trì ở mức thấp. Đối với phospho, mặc dù một số mẫu có hàm lượng tổng số cao (PH06), dạng dễ tiêu lại không tương ứng, được nhận định do hiện tượng cố định P trong đất chua bởi ion Fe^{3+} và Al^{3+} khi pH rất thấp (ở PH06, pH = 4,2). Các nghiên cứu hóa học đất cho thấy ở pH thấp, Al^{3+} và Fe^{3+} dễ kết tủa với PO_4^{3-} tạo thành các photphat không tan như $AlPO_4$ và $FePO_4$ [31]. Những kết quả này phản ánh tình trạng mất cân bằng dinh dưỡng trong đất nông nghiệp tại khu vực nghiên cứu, đồng thời cho thấy xu hướng phụ thuộc phân bón vô cơ ngắn hạn mà chưa chú trọng tới việc cải tạo và duy trì độ phì lâu dài của đất. Việc bổ sung phân hữu cơ, điều chỉnh pH và quản lý phân bón hợp lý là các giải pháp cần thiết nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng đất và bền vững trong canh tác.



Hình 10. Hàm lượng dinh dưỡng N, P, K dễ tiêu và tổng số trong đất.

Sự thiếu hụt đồng thời của cả N, P và K, cùng hiện tượng mất cân đối giữa tổng số và dạng dễ tiêu cho thấy đất đang bị thoái hóa về mặt dinh dưỡng. Nguyên nhân hàm lượng các chất dinh dưỡng trong đất trồng vải thiều chín sớm thấp chủ yếu bắt nguồn từ quá trình canh tác kéo dài nhưng thiếu sự bổ sung dinh dưỡng hợp lý và cân đối. Tập quán bón phân theo kinh nghiệm, thiên lệch về phân đạm, trong khi ít chú trọng đến phân lân, kali và phân hữu cơ đã dẫn đến hiện tượng suy kiệt dinh dưỡng trong đất [28]. Bên cạnh đó, đất trồng vải thường là đất đồi dốc, có thành phần

ơ giới nhẹ, tầng canh tác mỏng nên khả năng giữ và trao đổi dinh dưỡng thấp, dễ bị rửa trôi trong điều kiện mưa nhiều, đặc biệt vào mùa hè.

3.3. Đánh giá chỉ số chất lượng đất - Soil Quality Index (SQI)

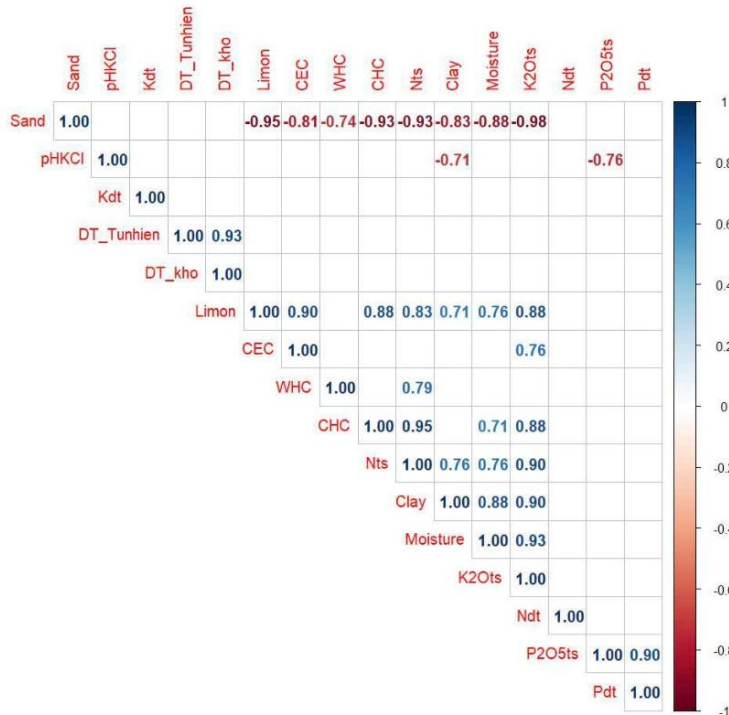
Để đánh giá hiện trạng và tiềm năng sử dụng đất một cách toàn diện, chỉ số chất lượng đất – SQI được sử dụng như một công cụ tổng hợp các thông số sinh – lý – hóa học của đất nhằm phản ánh mức độ thích nghi và khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng. Trong số các chỉ tiêu chất

lượng đất, 16 chỉ tiêu được đưa vào phân tích tương quan và phân tích PCA, đây là những chỉ tiêu phổ biến, đã được nhiều nghiên cứu trên thế

giới sử dụng trong đánh giá chất lượng đất [4-17], nhằm tăng tính phù hợp và độ tin cậy khoa học của chỉ số được xây dựng (Bảng 3).

Bảng 3. Phân tích các thành phần chính với các chỉ số chất lượng đất tương ứng

Vị trí		PH01	PH02	PH03	PH04	PH05	PH06	PH07	PH08
Chỉ tiêu vật lý	Moisture	4,60	20,05	10,22	7,87	6,34	8,34	13,82	15,36
	WHC	50,67	73,12	61,54	68,42	48,22	84,62	64,55	90,88
	DT Tunhien	1,58	1,62	1,94	1,55	2,31	1,81	2,44	2,15
	DT kho	1,45	1,32	1,71	1,45	2,11	1,64	2,18	1,85
	Sand	72,44	32,43	71,02	69,28	76,42	64,13	38,48	49,41
	Limon	12,50	32,08	12,13	18,78	11,11	17,19	31,53	19,20
	Clay	15,06	35,48	16,85	11,94	12,48	18,69	30,00	31,39
Chỉ tiêu hóa học	pH KCl	5,11	4,71	5,02	6,03	5,95	4,12	5,94	4,17
	CHC (%)	3,65	12,80	4,88	6,14	0,67	6,66	7,48	5,64
	CEC (%)	6,93	9,57	6,69	7,31	3,53	6,57	10,12	8,46
	Nts (%)	0,03	0,11	0,05	0,06	0,01	0,08	0,07	0,07
	P ₂ O ₅ ts (%)	0,19	0,12	0,15	0,09	0,01	0,37	0,11	0,14
	K ₂ Ots (%)	0,04	0,86	0,06	0,05	0,01	0,10	0,20	0,14
	Ndt (mg/100 g đất)	3,50	6,64	8,49	5,23	0,52	2,28	5,04	0,17
	Pdt (mg/100 g đất)	57,81	11,68	38,54	26,77	8,30	58,96	18,61	28,34
	Kdt (mg/100 g đất)	7,33	2,65	28,05	16,93	2,89	19,50	28,87	13,62



Hình 11. Môi tương quan các chỉ tiêu lý hóa của đất¹.

¹ Chú thích: dấu ‘.’ trong số liệu thể hiện dấu thập phân (theo định dạng của phần mềm R).

Trước khi tiến hành xây dựng chỉ số SQI, việc phân tích mối tương quan giữa các yếu tố đất là bước cần thiết để chọn lọc những chỉ tiêu quan trọng, tránh trùng lặp thông tin và đảm bảo tính đại diện cho bộ chỉ tiêu tối thiểu (Hình 11).

Dựa trên biểu đồ tương quan (Hình 11), hàm lượng N tổng số (Nts) và CHC thể hiện mối tương quan thuận rất mạnh với hệ số $r = 0,95$, cho thấy chất hữu cơ là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến tính chất lý hóa của đất. Độ ẩm đất (Moisture) có tương quan dương rõ rệt với khả năng giữ nước (WHC) ($r = 0,55$), điều này cho thấy khi đất có độ ẩm cao thì đồng thời khả năng giữ nước cũng tăng, phản ánh vai trò của thành phần hữu cơ và kết cấu đất. Ngoài ra, các thành phần cơ giới của đất thể hiện mối tương quan rõ rệt với nhau và với các chỉ tiêu khác. Đất sét (%Clay) có tương quan âm rất mạnh với cát

(%Sand) ($r = -0,96$) và tương quan dương mạnh với thịt (%Limon) ($r = 0,82$), phản ánh sự phân bố và thay thế lẫn nhau trong thành phần cơ giới đất. Thành phần cát có xu hướng làm giảm khả năng giữ nước và dinh dưỡng, điều này được thể hiện qua tương quan âm giữa %Sand và độ ẩm đất ($r = -0,92$), CHC ($r = -0,83$) và N tổng số ($r = -0,78$). Ngược lại, %Limon và %Clay lại tương quan thuận với các yếu tố này, cho thấy vai trò tích cực của các hạt mịn trong việc giữ nước và dinh dưỡng.

Đối với các nguyên tố dinh dưỡng K_2O tổng số (K_2O_{ts}) có tương quan dương cao với N tổng số (Nts) ($r = 0,77$), phản ánh xu hướng tích lũy đồng thời các nguyên tố này tại những khu vực đất có điều kiện thuận lợi. Điều này có thể được lý giải bởi ảnh hưởng của hàm lượng hữu cơ cao và khả năng trao đổi cation mạnh trong đất mịn.

Bảng 4. Phân tích các thành phần chính với các chỉ số chất lượng đất tương ứng

Principal components	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Eigenvalue	7,429	3,429	2,226	1,684	0,483	0,439	0,309
% variance	46,434	21,433	13,913	10,525	3,020	2,745	1,929
% cumulative variance	46,434	67,867	81,781	92,306	95,326	98,071	100

Bảng 5. Lựa chọn thành phần chính và các biến

Thành phần chính	PC1	PC2	PC3
Eigenvalue	7,429	3,429	2,226
%biến	46,434	21,433	13,913
%tích lũy	46,434	67,867	81,781
Điểm trọng số (wi)	0,57	0,26	0,17
Hệ số tải các biến			
Moisture	0,930	0,244	
WHC	0,602	-0,356	0,542
DT Tunhien	-0,108	0,748	0,625
DT kho	-0,278	0,720	0,610
Sand	-0,941	-0,270	-0,110
Limon	0,891	0,302	
Clay	0,903	0,217	0,231
pH.KCl	-0,381	0,644	-0,428
CHC	0,956	-0,151	-0,197
CEC	0,866		
Nts	0,927	-0,251	
P_2O_{5ts}	0,132	-0,836	0,413
K_2O_{ts}	0,861		-0,382
Ndt	0,336	-0,100	-0,508
Pdt	-0,271	-0,860	0,250
Kdt			0,482

3.3.1. Lựa chọn các chỉ tiêu đánh giá chất lượng đất

Kết quả phân tích PCA được thực hiện trên 8 mẫu đất với 16 chỉ tiêu được trình bày trong Bảng 4. Giá trị riêng giảm dần từ PC1 đến PC7, trong đó ba thành phần chính đầu tiên (PC1, PC2 và PC3) có giá trị riêng lớn hơn 1 và giải thích tích lũy 81,78% tổng phương sai, do đó được lựa chọn để tính toán SQI. Các biến có tải cao trong các thành phần này được xem là những chỉ tiêu đại diện quan trọng và được sử dụng để giải thích ý nghĩa của từng thành phần chính (Bảng 5).

Trong PC1, các biến có hệ số tải cao nổi bật bao gồm Moisture, CHC, K₂O_{ts}, N_{ts}, limon, clay và sand (Bảng 5). Mỗi tương quan tuyến tính giữa các biến có hệ số tải cao thuộc PC1 được trình bày tại Bảng 6. Trong số đó, biến Sand có hệ số tải tuyệt đối cao nhất, dù mang giá trị âm

nhưng có mối tương quan đáng kể với các chỉ số còn lại (Bảng 6). Do đó, Sand được lựa chọn là biến đại diện cho PC1 trong bộ chỉ số MDS.

Ở thành phần chính PC2, biến có hệ số tải cao nhất là P₂O₅_{ts} và P_{dt} (Bảng 5). Tuy nhiên, P₂O₅_{ts} và P_{dt} có hệ số tương quan cao (0,84) (Hình 11), hệ số tải của P_{dt} có giá trị cao hơn (Bảng 5) nên phospho dễ tiêu (P_{dt}) được chọn làm biến đại diện duy nhất cho PC2.

Đối với PC3, DT_{Tunhien} là biến có hệ số tải cao nhất, tiếp theo là DT_{kho} (Bảng 5). Do DT_{Tunhien} và DT_{kho} có mức độ tương quan cao (0,98) (Hình 11) và hệ số tải của DT_{Tunhien} nhỉnh hơn (Bảng 5) nên được ưu tiên lựa chọn làm biến đại diện cho PC3.

Do đó, các biến đại diện được lựa chọn cho bộ chỉ số MDS phục vụ xây dựng chỉ số chất lượng đất (SQI) gồm: Sand, P_{dt} và DT_{Tunhien}.

Bảng 6. Tương quan giữa các chỉ số tại PC1

	Moisture	Limon	Clay	CHC	CEC	N _{ts}	K ₂ O _{ts}	Sand
Moisture	1							
Limon	0,79	1						
Clay	0,95	0,80	1					
CHC	0,81	0,84	0,73	1				
CEC	0,81	0,88	0,82	0,82	1			
N _{ts}	0,74	0,74	0,69	0,96	0,77	1		
K ₂ O _{ts}	0,85	0,75	0,74	0,87	0,58	0,77	1	
%Sand	-0,92	-0,94	-0,96	-0,82	-0,89	-0,75	-0,78	1

3.3.2. Chấm điểm các chỉ số

Do các biến đại diện trong bộ chỉ số MDS có đơn vị và thang đo khác nhau, nên cần được chuẩn hóa về cùng một thang điểm để đảm bảo khả năng so sánh. Cụ thể, hàm lượng % Sand trung bình 59,2% dao động trong khoảng từ 32,43 đến 76,42%; hàm lượng P_{dt} trung bình 31,13 mg/100 g đất dao động từ 8,3 đến 58,96 mg/100g đất; dung trọng tự nhiên trung bình 1,93 g/cm³ dao động trong khoảng từ 1,55 đến 2,44 g/cm³ (Bảng 3). Trong đó, %Sand và dung trọng tự nhiên được chuẩn hóa theo cách tiếp cận "càng ít càng tốt", tức là các giá trị thấp hơn được đánh giá là tốt hơn và nhận điểm số cao hơn. Ngược lại, chỉ tiêu P_{dt} được đánh giá theo phương pháp "phạm vi tối ưu", sử dụng hàm

sigmoid phi tuyến tính để tính điểm (công thức 3). Chất lượng đất đạt cao nhất khi hàm lượng P dễ tiêu nằm trong khoảng tối ưu từ 15 đến 50 mg/100 g đất [13, 21], và giảm dần khi giá trị nằm ngoài khoảng này. Hệ số điều chỉnh góc $\alpha = 0,2$.

3.3.3. Tính toán SQI

Khi tính toán SQI tổng hợp (công thức 4), không chỉ điểm số được xem xét mà trọng số của các chỉ số (Wi) cũng được tính đến. Trọng số của các chỉ số trong bộ chỉ số tối thiểu (MDS) được xác định thông qua phân tích PCA, dựa trên tỷ lệ phần trăm phương sai mà mỗi chỉ tiêu giải thích. Kết quả PCA được trình bày trong Bảng 4 và Bảng 5 cho thấy có ba thành phần chính (PC1, PC2 và PC3) được giữ lại, với giá trị eigenvalue lần lượt là 7,429; 3,429 và 2,226. Các giá trị này

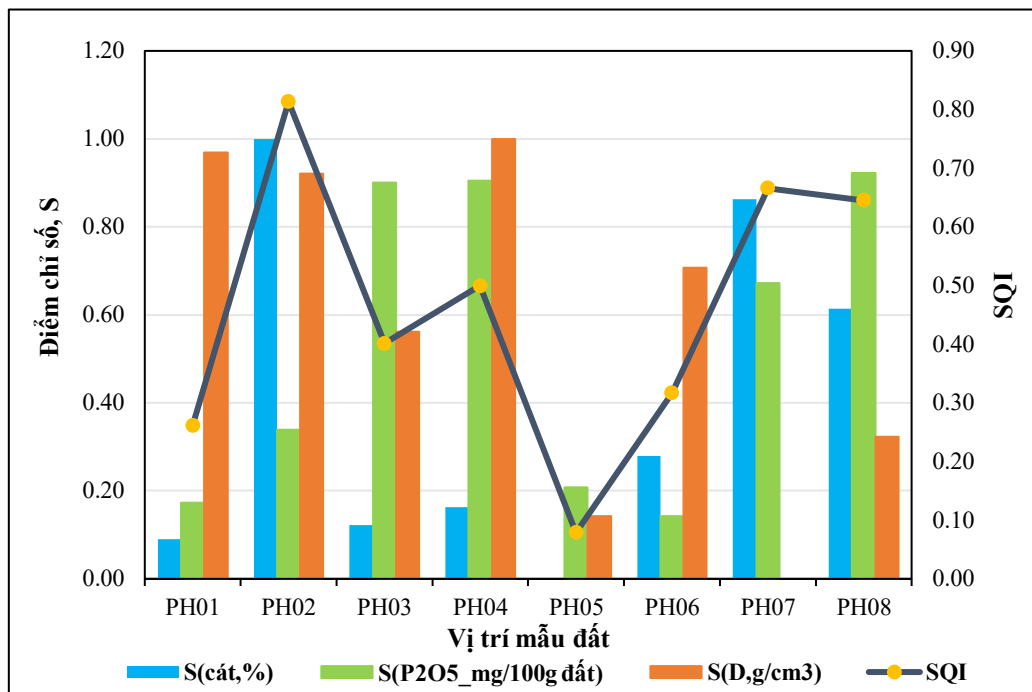
tương ứng với tỷ lệ phương sai được giải thích là 46,434% cho PC1; 21,433% cho PC2; và 13,913% cho PC3 (Bảng 4). Tổng cộng, ba thành phần chính này giải thích được 81,781% phương sai tích lũy trong tập dữ liệu ban đầu, cho thấy mức độ đại diện rất cao và đủ để mô tả toàn bộ biến động trong dữ liệu các chỉ tiêu đất.

Trên cơ sở đó, trọng số của từng chỉ tiêu được xác định theo tỷ lệ phần trăm phương sai mà mỗi thành phần chính đóng góp, được chuẩn hóa để tổng trọng số bằng 1. Cụ thể, PC1 đóng góp lớn nhất với trọng số 0,57, tiếp theo là PC2 với trọng số 0,26, và PC3 là 0,17 (Bảng 5). Những trọng số này sẽ được dùng để tính toán

SQI tổng hợp theo công thức có tính đến cả điểm số (Si) và mức độ ảnh hưởng (Wi) của từng chỉ tiêu. Như vậy, chỉ tiêu nào có ảnh hưởng lớn hơn đến sự biến động tổng thể của dữ liệu sẽ có tác động mạnh hơn đến chỉ số SQI cuối cùng. SQI tổng hợp được tính bằng công thức sau:

$$SQI = 0,57.S_{cát} + 0,26.S_{P_2O_5_dt} + 0,17.S_{DT_tự\ nhiên}$$

Kết quả tính toán SQI cho từng mẫu đất tại xã Phúc Hòa và SQI tổng hợp được trình bày trong Hình 16. Giá trị ước tính chất lượng đất SQI giảm dần theo thứ tự PH02>PH07>PH08>PH04>PH03>PH06>PH01>PH05 (Hình 12).



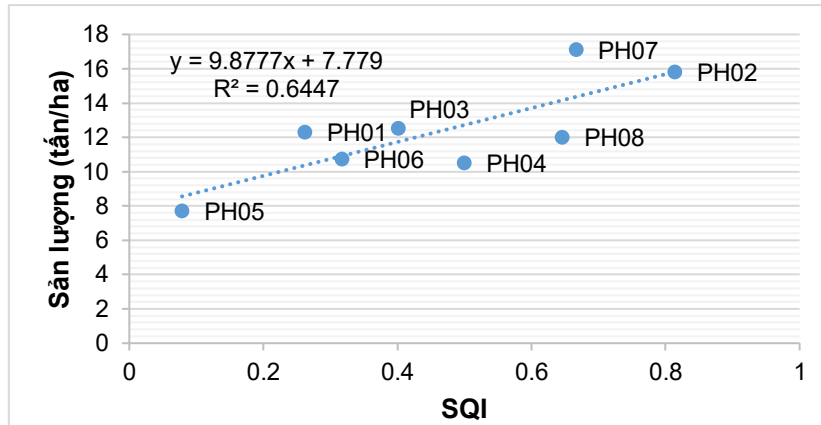
Hình 12. Điểm các chỉ số Si và SQI.

Hai khu vực vườn trồng vải theo tiêu chuẩn GlobalGAP (PH07) và trồng vải kết hợp với trồng rau màu (PH08) có điểm SQI cao (>0,6) chủ yếu nhờ điểm chỉ số cao của tỷ lệ cát và P dễ tiêu (các chỉ tiêu chiếm trọng số lớn trong công thức tính SQI) từ đó nâng tổng điểm chất lượng đất. Khu vực vườn trồng vải trên 20 năm (PH02) có điểm chỉ số cát và dung trọng tự nhiên cao kết hợp với điểm P dễ tiêu ở mức trung bình nên đạt SQI cao nhất. Trong khi đó, chất lượng đất tại

các điểm PH01, PH03, PH05 và PH06 tương ứng với đất trồng vải dưới 20 năm, đất trồng vải kết hợp trồng ôi, đất trồng vải chưa được cải tạo (chưa tân) và đất trồng vải đã tân được đánh giá ở mức dưới trung bình (SQI < 0,5), chủ yếu do điểm chỉ số tỷ lệ cát thấp hoặc bằng 0. Đáng chú ý ở PH05 có chỉ số tổng hợp thấp nhất trong toàn bộ mẫu, do điểm tỷ lệ cát bằng 0, điểm P dễ tiêu và dung trọng tự nhiên đều rất thấp. Mức độ tin cậy của chỉ số SQI được kiểm tra thông qua phân

tích mối tương quan giữa chỉ số SQI và năng suất cây trồng. Kết quả cho thấy hệ số tương quan đạt mức khá với $R^2 = 0,64$ (Hình 13), cho thấy chỉ số SQI phản ánh khá tốt mối quan hệ giữa chất lượng đất và năng suất. Điều này khẳng định tính hiệu quả của bộ chỉ số tối thiểu (MDS) gồm ba thành phần: hàm lượng cát, hàm lượng P dễ tiêu và dung trọng trong việc đánh giá chất lượng đất

canh tác. Tuy nhiên, cần nhấn mạnh rằng chất lượng đất chỉ là yếu tố nền tảng ban đầu; năng suất cây trồng còn chịu tác động đáng kể từ các yếu tố khác như điều kiện tưới tiêu, kỹ thuật canh tác, chế độ bón phân và biện pháp tía canh [33, 34]. Do đó, để nâng cao hiệu quả sản xuất, cần kết hợp giữa cải thiện chất lượng đất và áp dụng đồng bộ các biện pháp kỹ thuật phù hợp.



Hình 13. Mối tương quan giữa chỉ số SQI và năng suất cây vải.

Để cải thiện chất lượng đất trồng vải tại Phúc Hòa, cần tập trung cải tạo các vùng đất kém như PH05 thông qua bón vôi nâng pH, cày xới sâu và trồng xen canh cây họ đậu vào giai đoạn đầu nhằm cải thiện kết cấu và tăng chất hữu cơ. Việc bổ sung dinh dưỡng cần ưu tiên phân kali dễ tiêu và bón phân NPK theo kết quả phân tích đất, đồng thời kết hợp phân hữu cơ và vi sinh để nâng cao hiệu quả hấp thu [35, 36].

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy đất nông nghiệp tại xã Phúc Hòa đóng vai trò thiết yếu trong phát triển kinh tế, đặc biệt là trồng vải thiều chín sớm – cây trồng chủ lực với giá trị kinh tế cao. Qua phân tích 8 mẫu đất đại diện, chất lượng đất có sự khác biệt giữa các vị trí lấy mẫu, đất trồng vải trên 20 năm, đất trồng vải theo tiêu chuẩn GlobalGAP và đất trồng vải kết hợp với rau màu (vị trí mẫu PH02, PH07 và PH08) có điều kiện lý tưởng cho canh tác. Ngược lại, đất trồng vải

chưa tân (PH05) có chất lượng đất kém, cần được cải tạo sớm. Hàm lượng N và P chủ yếu ở mức trung bình đến giàu, trong khi K thường thiếu, đòi hỏi bổ sung kịp thời. Phân tích PCA xác định ba chỉ tiêu chính (% cát, P dễ tiêu, dung trọng tự nhiên) để xây dựng chỉ số SQI, qua đó đánh giá được mức độ phù hợp của đất cho cây vải. Chỉ số chất lượng đất (SQI) cho thấy đất trồng vải trên 20 năm, đất trồng vải theo tiêu chuẩn GlobalGAP, đất trồng vải kết hợp với rau màu và đất trồng vải kết hợp chăn nuôi gia súc (PH02, PH07, PH08 và PH04) có chất lượng đất tốt, phù hợp cho canh tác vải thiều nhờ kết cấu đất tốt, P dễ tiêu cao và dung trọng phù hợp. Ngược lại, đất trồng vải chưa tân (PH05) có SQI thấp nhất do đất chặt, nghèo dinh dưỡng và dung trọng cao, cần được cải tạo để nâng cao hiệu quả canh tác. Các điểm có SQI thấp cần cải tạo đất bằng biện pháp tổng hợp như bón vôi, phân hữu cơ, phân vi sinh và cải thiện kỹ thuật canh tác. Kết quả này khẳng định SQI là công cụ hữu hiệu để phân loại chất lượng đất và đề xuất giải pháp quản lý đất phù hợp theo từng vùng.

Tài liệu tham khảo

- [1] H. B. Chen, X. M. Huang, Overview of Litchi Production in the World With Specific Reference to China, *Acta Horticulturae*, Vol. 1029, 2014, pp. 25-33, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1029.1>
- [2] N. V. Dung, D. Q. Nghi, N. Q. Huy, The Current Status of Lychee (*Litchi Chinensis* Sonn.) Production in Vietnam and Development Orientation in the Coming Years, *Science and Technology, Agriculture and Rural Development*, 2020, pp. 13-18.
- [3] H. T. H. Ngoc, N. M. Ha, V. T. T. Huong, Nutrient Content in Soils for Fruit Trees and Medicinal Plants in the Western Region of Thanh Hoa – Nghe An, *Vietnam Journal of Science and Technology*, Vol. 62, No. 2, 2019.
- [4] D. Vasu, S. K. Singh, S. K. Ray, V. P. Duraisami, P. Tiwary, P. Chandran, A. M. Nimkar, S. G. Anantwar, Soil Quality Index (SQI) as a Tool to Evaluate Crop Productivity in Semi-Arid Deccan Plateau, India, *Geoderma*, Vol. 282, 2016, pp. 70-79, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.07.010>.
- [5] E. K. Bünemann et al., Soil quality – A Critical Review, *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 120, 2018, pp. 105-125, <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>.
- [6] S. S. Andrews, D. L. Karlen, C. A. Cambardella, The Soil Management Assessment Framework: A Quantitative Soil Quality Evaluation Method, *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 68, 2004, pp. 1945-1962.
- [7] N.K. Lenka et al., Comparing Four Indexing Approaches to Define Soil Quality in an Intensively Cropped Region of Northern India, *Frontiers in Environmental Science*, Vol. 10, 2022, pp. 865473, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.865473>.
- [8] D. Vasu, P. Tiwary, P. Chandran, S.K. Singh, Soil Quality for Sustainable Agriculture, in *Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production*, Singapore: Springer, 2020, pp. 42-66.
- [9] M. P. Fernández et al., Developing Scoring Functions to Assess Soil Quality at a Regional Scale in Rangelands of SW Spain, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Vol. 44, 2020, pp. e0200090, <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20200090>.
- [10] F. A. D. Gonzalez et al., Machine Learning and Remote Sensing Techniques Applied to estimate soil indicators – A review, *Ecological Indicators*, Vol. 135, 2022, pp. 108517, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108517>.
- [11] M. Yemefack, V. G. Jetten, D. G. Rossiter, Developing a Minimum Data Set for Characterizing Soil Dynamics in Shifting Cultivation Systems, *Soil & Tillage Research*, Vol. 86, 2006, pp. 84-98.
- [12] S. Kalu, M. Koirala, U. R. Khadka, Soil Quality Assessment for Different Land Use in the Panchase Area of Western Nepal, *International Journal of Environmental Protection*, Vol. 5, No. 1, 2015, pp. 38-43.
- [13] J. C. Biswas et al., Soil Health Assessment Methods and Relationship with wheat Yield, *Open Journal of Soil Science*, Vol. 9, 2019, pp. 189-205.
- [14] A. Mukherjee, R. Lal, Comparison of Soil Quality Index Using Three Methods, *PLOS ONE*, Vol. 9, No. 8, 2014, pp. 1-15.
- [15] N. V. Phuong, Assessment of Soil Quality in Orange Cultivation Areas in Trà Ôn DISTRICT, Vĩnh Long Province, *Journal of Science and Technology*, Vol. 68, No. 2, 2024, pp. 130-142, <https://doi.org/10.46242/jstiu.v68i02.5086>.
- [16] L. V. Ha, N. T. Hieu, N. T. Nga, L. T. B. Tram, Assessment of the Current Soil Quality Status for Lotus Cultivation in Some Specialized Areas of Phu Yen Province, *Journal of Science, Ho Chi Minh City University of Education*, Vol. 21, No. 6, 2024, pp. 1131-1141, <https://doi.org/10.54607/hcmue.js.21.6.4091>.
- [17] B. L. Tran et al., Assessment of Soil Fertility for Rice Cultivation Inside and Outside Flood Control Dykes in Problem Soil Groups of An Giang Province, *Can Tho University Journal of Science*, Vol. 57, 2021, pp. 51-66, <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2021.029>.
- [18] FAO, *Plant Nutrition for Food Security – A Guide for Integrated Nutrient Management*, Rome: FAO, 2006.
- [19] TCVN 8567:2010, *Soil quality – Method for Determining Particle Size Distribution*, 2010.
- [20] Vietnam Soil Science Society, *Soils of Vietnam*, Hanoi: Agriculture Publishing House, 2000.
- [21] Vietnam Environment, *Assessment and Analysis of Soil Environmental Indicators*, 2016, [Online]. Available: <https://moitruongviet.edu.vn/danh-gia-va-phan-tich-cac-chi-tieu-moi-truong-dat>. (Accessed on: August 19th, 2025).
- [22] W. Siderius, *Soil Derived Land Qualities*, Wageningen: ITC, 1992.
- [23] R. Ellur et al., Soil Quality Assessment and its Spatial Variability in an Intensively Cultivated Area in India, *Land*, Vol. 13, 2024, pp. 970, <https://doi.org/10.3390/land13070970>.
- [24] A.M. Abdallah et al., Conservation Agriculture Effects on Soil Water Holding Capacity and Water-Saving Varied with Management Practices and Agroecological Conditions: A review, *Agronomy*, Vol. 11, 2021, pp. 1681, <https://doi.org/10.3390/agronomy11091681>.

- [25] N.C. Brady, R.R. Weil, *The Nature and Properties of Soils*, 15th ed., Pearson, 2016.
- [26] J. D. Rhoades, F. Chanduvi, S. M. Lesch, *Soil Salinity Assessment: Methods and Interpretation of Electrical Conductivity Measurements*, FAO, 1999.
- [27] Department of Crop Production, *Technical Guidelines for Lychee Cultivation and Management*, Ministry of Agriculture and Rural Development, Vietnam, 2021.
- [28] T. Zannat et al., Soil fertility and Leaf Nutrient Status of Litchi Orchard Sites, *Dhaka University Journal of Biological Sciences*, Vol. 30, No. 2, 2021, pp. 141-149, <https://doi.org/10.3329/dujbs.v30i2.54640>
- [29] C. Yang et al., Long-term Chemical and Organic Fertilization Differently Affect Soil Aggregates and Associated Carbon and Nitrogen in the Loess Plateau of China, *Agronomy*, Vol. 13, No. 6, 2023, pp. 1466, <https://doi.org/10.3390/agronomy13061466>.
- [30] X. Dou, P. He, X. Cheng, W. Zhou, Long-term Fertilization Alters Chemically-Separated Soil Organic Carbon Pools: Based on Stable C Isotope Analyses, *Scientific Reports*, Vol. 6, 2016, pp. 19061, <https://doi.org/10.1038/srep19061>.
- [31] C. J. Penn, J. J. Camberato, A Critical Review on Soil Chemical Processes that Control How Soil pH Affects Phosphorus Availability to Plants, *Agriculture*, Vol. 9, No. 6, 2019, pp. 120, <https://doi.org/10.3390/agriculture9060120>.
- [32] R. Kumar, Effect of Pruning Operation and Nutrition on Fruit Yield and Quality of Litchi (*Litchi chinensis*), *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 84, No. 8, 2014, pp. 977-981, <https://doi.org/10.56093/ijas.v84i8.43105>.
- [33] B. Yang, G. Li, S. Yang, Z. He, C. Zhou, L. Yao, Effect of Application Ratio of Potassium over Nitrogen on Litchi Fruit Yield, Quality, and Storability, *HortScience*, Vol. 50, No. 6, 2015, pp. 916-920, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.6.916>.
- [34] A. K. Srivastava, Q. S. Wu, S. M. Mousavi, D. Hota, *Integrated Soil Fertility Management in Fruit Crops*, 2021.
- [35] P. K. Pathak, S. K. Mitra, Effect of Phosphorus, Potassium, Sulphur and Boron on LITCHI, Department of Fruits and Orchard Management, Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya, Nadia, India, 2008.
- [36] G. Kumar, R. Kumar, V. Nath, S. D. Pande, E. S. Marboh, P. Kumar, Integrated Soil Management Technique for Young Growing Orchards of Litchi (*Litchi Chinensis*), *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, Vol. 7, No. 9, 2018, pp. 710-722, <https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.709.08>.