

CURRENT STATUS OF SOIL MICROBIAL COMMUNITIES IN CITRUS-GROWING AREAS IN SELECTED COMMUNES OF TUYEN QUANG PROVINCE**Nguyen Van Huan¹, Nguyen Hong Ngoc¹, Mai Thi Nhu Trang¹, Ninh Khac Bay^{1*}, Nguyen Quang Huy¹, Tran Quang Minh²**¹ *High Technology Innovation Center - Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam*² *Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry - Vietnam Academy of Agricultural Sciences, Hanoi, Vietnam*Email address: ninhbaygreen@gmail.com

*Corresponding author: Ninh Khac Bay

<https://doi.org/10.51453/3093-3706/2026/1407>

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	25/4/2026	This study aimed to evaluate soil physicochemical properties and the abundance of microbial groups in citrus-growing soils in Tuyen Quang province. The results showed that soil organic matter ranged from 3.54 to 3.99%, total nitrogen from 0.185 to 0.203%, total P ₂ O ₅ from 0.105 to 0.144%, and total K ₂ O from 0.93 to 1.69%, indicating a moderate nutrient status. The soils were strongly acidic (pHKCl 3.83-3.97) with moisture content ranging from 22.90 to 24.77%. The total aerobic microbial population reached 4.07-7.07×10 ⁶ CFU/g for bacteria, while fungi and actinomycetes were present at lower densities. Functional microbial groups were detected, including cellulose-degrading (10 ⁵ -10 ⁶ CFU/g), phosphate-solubilizing (≈10 ⁵ CFU/g), and nitrogen-fixing microorganisms (10 ³ -10 ⁴ CFU/g), although considerable spatial variability was observed. These findings reflect the biological characteristics of citrus-cultivated soils in the study area and provide a scientific basis for further research and sustainable soil management in citrus production systems.
Revised:	10/6/2026	
Published:	28/6/2026	
KEYWORDS		
Soil microorganisms; Cellulose degradation; Phosphate solubilization; Nitrogen fixation; Citrus soils;		

HIỆN TRẠNG HỆ VI SINH VẬT ĐẤT VÙNG CHUYỀN TRỒNG CAM TẠI MỘT SỐ XÃ THUỘC TỈNH TUYỀN QUANG**Nguyễn Văn Huân¹, Nguyễn Hồng Ngọc¹, Mai Thị Như Trang¹, Ninh Khắc Bẩy^{1*}, Nguyễn Quang Huy¹, Trần Quang Minh²**¹ *Trung tâm Đổi mới sáng tạo Công nghệ cao - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam*² *Viện Thổ nhưỡng Nông hoá - Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam*Địa chỉ email: ninhbaygreen@gmail.com

*Tác giả liên hệ: Ninh Khắc Bẩy

<https://doi.org/10.51453/3093-3706/2026/1407>

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	25/4/2026	Nghiên cứu nhằm đánh giá đặc điểm lý hóa học đất và mật độ các nhóm vi sinh vật tại vùng chuyên trồng cam của tỉnh Tuyên Quang. Kết quả cho thấy đất có hàm lượng chất hữu cơ 3,54 - 3,99%, N tổng số 0,185 - 0,203%, P₂O₅ 0,105 - 0,144% và K₂O 0,93 - 1,69%, phản ánh mức dinh dưỡng trung bình; đồng thời có phản ứng chua mạnh (pHKCl 3,83 - 3,97) và độ ẩm 22,90 - 24,77%. Mật độ vi sinh vật tổng số hiếu khí đạt 4,07 - 7,07 × 10⁶ CFU/g đối với vi khuẩn, trong khi nấm và xạ khuẩn thấp hơn. Các nhóm vi sinh vật chức năng đều hiện diện, gồm phân giải cellulose (10⁵ - 10⁶ CFU/g), phân giải phosphate (≈10⁵ CFU/g) và cố định nitơ (10³ - 10⁴ CFU/g), nhưng có biến động không gian đáng kể. Kết quả phản ánh đặc điểm sinh học đất trồng cam tại khu vực nghiên cứu và cung cấp cơ sở khoa học cho định hướng nghiên cứu và quản lý đất canh tác cam theo hướng bền vững.
Ngày hoàn thiện:	10/6/2026	
Ngày đăng bài:	28/6/2026	
TỪ KHOÁ		
<i>Vi sinh vật đất;</i> <i>Phân giải cellulose;</i> <i>Phân giải phosphate khó tan;</i> <i>Cố định nitơ tự do;</i> <i>Đất trồng cam;</i>		

1. GIỚI THIỆU

Hệ vi sinh vật đất là một thành phần cốt lõi của hệ sinh thái đất, giữ vai trò trung tâm trong các quá trình sinh địa hóa, đặc biệt là chu trình carbon, nitơ và phospho, qua đó ảnh hưởng trực tiếp đến độ phì đất và tính bền vững của hệ thống canh tác nông nghiệp. Trong các vùng đất cây trồng lâu năm, sự tích lũy vật chất hữu cơ, sự tương tác giữa rễ cây trồng và vi sinh vật đất, cùng với tác động của các biện pháp quản lý đất lâu dài có thể tạo nên những đặc trưng riêng biệt về cấu trúc và chức năng của quần xã vi sinh vật đất (Paterson et al., 2007; Jangid et al., 2011).

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng mật độ và thành phần của các nhóm vi sinh vật chức năng như vi sinh vật phân giải cellulose, phân giải phosphate khó tan và cố định nitơ tự do có mối liên hệ chặt chẽ với điều kiện hóa học và môi trường đất, bao gồm hàm lượng chất hữu cơ, phản ứng đất và độ ẩm (Xu et al., 2018; Siwach et al., 2024). Những yếu tố này không chỉ chi phối hoạt tính sinh học đất mà còn quyết định khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng trong các hệ thống canh tác nông nghiệp.

Tại Việt Nam, một số nghiên cứu đã bước đầu đề cập đến hệ vi sinh vật và độ phì đất trong các vùng trồng cam. Nghiên cứu phân lập xạ khuẩn nội sinh trên cây cam tại Hàm Yên (Tuyên Quang) đã ghi nhận sự hiện diện của các chủng *Streptomyces* có tiềm năng sinh học cao, góp phần làm rõ vai trò của vi sinh vật trong hệ sinh thái cây có múi (Phan et al., 2016). Bên cạnh đó, nghiên cứu của Tran et al. (2023) tại Cao Phong (Phú Thọ) cho thấy việc trồng xen cỏ Vetiver có thể cải thiện độ phì đất và tăng khả năng tích lũy carbon trong vườn cam, phản ánh mối liên hệ giữa biện pháp canh tác và chức năng sinh học của đất.

Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện có chủ yếu tập trung riêng lẻ vào từng khía cạnh như vi sinh vật hoặc tính chất hóa học đất, chưa có nhiều nghiên cứu đánh giá đồng thời mối quan hệ giữa các nhóm vi sinh vật đất và các chỉ tiêu hóa học trong hệ thống vườn cam lâu năm. Đối với tỉnh Tuyên Quang, đến nay chưa có nghiên cứu công bố một cách hệ thống về đặc điểm hệ vi sinh vật đất gắn với các yếu tố hóa học đất. Do đó, việc nghiên cứu hiện trạng hệ vi sinh vật đất kết hợp với các chỉ tiêu hóa học đất tại khu vực này là cần thiết nhằm cung cấp cơ sở khoa học cho quản lý đất và định hướng canh tác bền vững.

2. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Trên thế giới, nhiều nghiên cứu đã tiếp cận hệ vi sinh vật đất theo hướng sinh thái học và

lịch sử sử dụng đất. Jangid et al. (2011) chỉ ra rằng lịch sử sử dụng đất có ảnh hưởng mạnh hơn so với thảm thực vật hiện tại và các chỉ tiêu hóa học đất đơn lẻ trong việc quyết định cấu trúc quần xã vi sinh vật đất. Tương tự, Siwach et al. (2024) và Xu et al. (2018) nhấn mạnh vai trò của các yếu tố động như biến động theo mùa, điều kiện môi trường và chu trình dinh dưỡng trong việc chi phối sinh khối và hoạt tính vi sinh vật đất. Ở quy mô vùng rộng, Paterson et al. (2007) cho thấy chất tiết rễ là yếu tố quan trọng định hình cấu trúc quần xã vi sinh vật, đặc biệt trong các hệ thống cây lâu năm.

Như vậy, có thể thấy các nghiên cứu quốc tế chủ yếu tập trung vào việc giải thích cơ chế sinh thái và động thái của quần xã vi sinh vật đất dưới tác động tổng hợp của lịch sử sử dụng đất, yếu tố môi trường và tương tác cây trồng - vi sinh vật.

Ngược lại, tại Việt Nam, các nghiên cứu về vi sinh vật đất canh tác chủ yếu theo hướng mô tả hiện trạng mật độ và thành phần vi sinh vật trong các hệ thống canh tác cụ thể. Ngô Huy Kiên và cộng sự (2024) ghi nhận sự phong phú của các nhóm vi sinh vật đất và mối liên hệ với hàm lượng chất hữu cơ tại khu vực Đồng Tháp Mười. Trong khi đó, Phan Quốc Hưng và Vũ Thị Xuân Hương (2021) cho thấy vi khuẩn tổng số chiếm ưu thế trong đất trồng rau và sự khác biệt mật độ giữa các điểm nghiên cứu phản ánh ảnh hưởng của điều kiện đất và biện pháp canh tác.

So sánh hai hướng tiếp cận cho thấy, trong khi các nghiên cứu quốc tế đi sâu vào cơ chế và mối quan hệ chức năng của hệ vi sinh vật đất, thì các nghiên cứu trong nước vẫn chủ yếu dừng ở mức độ mô tả và chưa tích hợp đầy đủ giữa đặc điểm vi sinh vật và các yếu tố hóa học đất, đặc biệt trong các hệ thống cây ăn quả lâu năm.

Đáng chú ý, đối với vùng trồng cam lâu năm tại khu vực miền núi phía Bắc Việt Nam, đặc biệt là tỉnh Tuyên Quang, các nghiên cứu về hệ vi sinh vật đất còn rất hạn chế và chưa có các đánh giá đồng thời về quần xã vi sinh vật và đặc tính hóa học đất.

Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm cung cấp dữ liệu về mật độ các nhóm vi sinh vật đất chính và vi sinh vật chức năng trong đất trồng cam lâu năm, qua đó góp phần bổ sung cơ sở khoa học cho quản lý đất và định hướng canh tác bền vững tại khu vực nghiên cứu.

3. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Vật liệu nghiên cứu

- Mẫu đất nghiên cứu được thu thập vào tháng 9 năm 2024 tại ba xã Tân Quang, Bắc Quang và Vĩnh Tuy, thuộc tỉnh Tuyên Quang. Thông tin cụ thể được tổng hợp ở bảng 1. Mỗi vị trí thu mẫu (M1, M2, M3) có 3 lần lặp lại độc lập để đảm bảo độ tin cậy thống kê của các kết quả vi sinh vật và hóa học đất.

Bảng 1. Thông tin các mẫu đất nghiên cứu tại vùng chuyên trồng cam tại một số xã của tỉnh Tuyên Quang

TT	Ký hiệu mẫu	Địa điểm	Địa hình trồng cam	Loại cam	Tuổi cam	Tình hình sinh trưởng	Năng suất TB
1	M1	xã Tân Quang, tỉnh Tuyên Quang	Đất đồi thấp, thoát, thoát nước TB	Cam sành	8	cây sinh trưởng tương đối ổn định, ít sâu bệnh	10 tấn/ha
2	M2	xã Bắc Quang, tỉnh Tuyên Quang	Đất đồi thoải, tầng canh tác khá dày	Cam sành	8	cây sinh trưởng tương đối ổn định, ít sâu bệnh	10 tấn/ha
3	M3	xã Vĩnh Tuy, tỉnh Tuyên Quang	Đất đồi thấp xen thung lũng	Cam sành	8	cây sinh trưởng tương đối ổn định, ít sâu bệnh	10 tấn/ha

- Mẫu đất được thu trong vùng tán cây cam (khu vực rễ hoạt động), tại 4-5 điểm phân bố đều theo hình chiếu tán cây (cách góc khoảng 0,5-1,0 m). Tại mỗi điểm, đất được lấy ở độ sâu 0-20 cm. Các mẫu điểm trong cùng một vườn được trộn đều để tạo thành mẫu tổng hợp đại diện cho mỗi vị trí nghiên cứu. Sau khi thu thập, mẫu được trộn đều, loại bỏ các tạp chất thô như rễ

lớn và đá sỏi, sau đó chia thành hai phần: một phần được bảo quản lạnh để phục vụ phân tích vi sinh vật, phần còn lại được phơi khô gió, nghiền nhỏ và sàng qua rây 1 mm để phân tích các chỉ tiêu hóa học đất.

- Tất cả hóa chất sử dụng đều đạt độ tinh khiết phân tích, được mua từ các nhà cung cấp uy tín. Dụng cụ và thiết bị thí nghiệm đạt tiêu chuẩn phòng thí nghiệm thông thường.

3.2. Phương pháp nghiên cứu

- Xác định hàm lượng carbon hữu cơ tổng số (OM) trong đất được xác định theo TCVN 9294:2012 bằng phương pháp Walkley - Black.

- Xác định Nito tổng số trong đất theo TCVN 7373:2004 bằng phương pháp Kjeldahl.

- Xác định Kali tổng số trong đất theo TCVN 8660:2011 bằng chiết khoáng từ mẫu đất, xử lý hóa học thích hợp và đo lượng kali.

- Xác định Phospho tổng số trong đất theo TCVN 7374:2004 bằng chiết mẫu đất và đo hàm lượng P_2O_5 .

- Xác định độ ẩm của đất theo TCVN 4048:2011 bằng cách sấy mẫu đất đến khối lượng ổn định ở nhiệt độ quy định, sau đó tính phần trăm độ ẩm.

- Xác định độ pHKCl của đất theo TCVN 4401-87 bằng phương pháp đo điện thế trong dung dịch KCl 1 M.

- Xác định mật độ vi sinh vật tổng số trong đất được xác định theo TCVN 4884-1:2015 (ISO 4833-1:2013) bằng phương pháp đếm khuẩn lạc (CFU) trên môi trường thạch.

- Xác định mật độ vi khuẩn cố định nitơ được đánh giá theo TCVN 6166:2002 bằng phương pháp ươm cấy trên môi trường N-free.

- Xác định mật độ vi sinh vật phân giải phosphate khó tan được đánh giá theo TCVN 6167:1996 bằng phương pháp ươm cấy trên môi trường chọn lọc chứa phosphate khó tan.

- Xác định mật độ vi sinh vật phân giải cellulose được xác định theo TCVN 6168:2002 bằng phương pháp ươm cấy trên môi trường chứa cellulose.

3.3. Phương pháp xử lý số liệu

Dữ liệu thu thập được xử lý bằng thống kê mô tả, bao gồm giá trị trung bình (mean) và độ lệch chuẩn (standard deviation, SD). Trước khi phân tích, dữ liệu được kiểm tra phân phối chuẩn và tính đồng nhất phương sai nhằm đảm bảo điều kiện áp dụng của phân tích phương sai. Sự khác biệt giữa các điểm nghiên cứu được đánh giá bằng phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA).

Khi phát hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$), kiểm định hậu nghiệm Tukey's HSD được sử dụng để xác định sự khác biệt giữa các cặp trung bình. Các nhóm giá trị đồng nhất được biểu thị bằng các chữ cái khác nhau (a, b, ab) trong cùng một hàng hoặc cột của bảng số liệu.

Mức ý nghĩa thống kê được xác định tại $p < 0,05$, riêng các khác biệt mạnh hơn được ghi nhận ở mức $p < 0,01$ khi phù hợp.

Phân tích số liệu được thực hiện bằng phần mềm IBM SPSS Statistics (version 26.0).

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Đặc điểm một số chỉ tiêu lý hóa học của đất vùng chuyên trồng cam tại tỉnh Tuyên Quang

Các chỉ tiêu hóa học đất tại vùng chuyên trồng cam của tại một số xã của tỉnh Tuyên Quang đã được phân tích và đánh giá theo các phương pháp đã nêu ở trên. Kết quả phân tích được tổng hợp tại bảng 2.

Kết quả phân tích các chỉ tiêu hóa học và lý học đất tại ba điểm nghiên cứu (M1, M2, M3) cho thấy sự biến động không đồng nhất giữa các khu vực (bảng 2). Phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA) kết hợp kiểm định Tukey HSD cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê đối với hàm lượng chất hữu cơ (OM) và Phospho tổng số (P_2O_5) giữa các điểm nghiên

cứu ($p < 0,05$), trong khi nitơ tổng số, pH đất và độ ẩm không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

Bảng 2. Kết quả phân tích một số thành phần hóa học của đất

Ký hiệu mẫu	OM (%)	Nitơ tổng số (% N)	Phospho tổng số (% P_2O_5)	Kali tổng số (% K_2O)	pH _{KCl}	Độ ẩm (%)
M1	$3,99 \pm 0,17^a$	$0,203 \pm 0,006^a$	$0,144 \pm 0,033^a$	$0,93 \pm 0,06^b$	$3,83 \pm 0,15^a$	$22,90 \pm 2,49^a$
M2	$3,54 \pm 0,29^b$	$0,185 \pm 0,008^a$	$0,105 \pm 0,017^b$	$1,52 \pm 0,83^{ab}$	$3,87 \pm 0,15^a$	$24,77 \pm 0,49^a$
M3	$3,81 \pm 0,03^{ab}$	$0,196 \pm 0,003^a$	$0,122 \pm 0,045^{ab}$	$1,69 \pm 0,43^a$	$3,97 \pm 0,12^a$	$23,27 \pm 2,66^a$

Ghi chú: Giá trị trình bày là trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (mean $\pm$ SD, $n = 3$). Các ký tự khác nhau trong cùng một hàng chỉ ra sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các điểm nghiên cứu ($p < 0,05$) theo phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA) kết hợp kiểm định hậu nghiệm Tukey HSD.

Hàm lượng chất hữu cơ (OM) dao động từ $3,54 \pm 0,29\%$ đến $3,99 \pm 0,17\%$, trong đó M1 (a) cao hơn có ý nghĩa thống kê so với M2 (b), trong khi M3 (ab) không khác biệt có ý nghĩa với cả hai nhóm còn lại. Kết quả này phản ánh sự tồn tại của trạng thái trung gian tại M3, có thể do sự kết hợp giữa tích lũy hữu cơ và mức độ khoáng hóa trong điều kiện vi địa hình khác nhau. Sự khác biệt về OM phù hợp với vai trò của nguồn carbon từ tàn dư thực vật và rễ cây trong hệ sinh thái cây lâu năm (Paterson và cs., 2007).

Hàm lượng nitơ tổng số dao động hẹp ($0,185 \pm 0,008\%$ đến $0,203 \pm 0,006\%$) và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các điểm nghiên cứu, có thể phản ánh trạng thái cân bằng tương đối của các dạng nitơ trong đất canh tác cam lâu năm.

Hàm lượng phospho tổng số có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$), dao động từ $0,105 \pm 0,017\%$ đến $0,144 \pm 0,045\%$. Trong đó M1 (a) cao hơn M2 (b), trong khi M3 (ab) thể hiện giá trị trung gian. Sự phân hóa này có thể liên quan đến quá trình cố định phospho trong điều kiện đất chua, khi P bị hấp phụ mạnh bởi Fe và Al, làm giảm tính di động và khả năng sử dụng sinh học.

Hàm lượng kali tổng số dao động tương đối lớn ($0,93 \pm 0,06\%$ đến $1,69 \pm 0,43\%$), tuy nhiên không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Xu hướng biến động theo không gian chưa rõ ràng, trong đó M3 có giá trị cao nhất nhưng không khác biệt thống kê so với các điểm còn lại, phản ánh tính không đồng nhất của vật liệu mẹ và ảnh hưởng của vi địa hình.

Giá trị pH_{KCl} ở cả ba điểm đều rất thấp ($3,83 \pm 0,15$ đến $3,97 \pm 0,12$), thể hiện đặc trưng đất chua mạnh điển hình của vùng nghiên cứu và là yếu tố sinh thái chi phối mạnh cấu trúc hệ vi sinh vật đất.

Độ ẩm đất dao động từ $22,90 \pm 2,49\%$ đến $24,77 \pm 0,49\%$ và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, cho thấy điều kiện thủy ẩm tương đối đồng nhất giữa các điểm nghiên cứu.

Nhìn chung, đất khu vực nghiên cứu có đặc trưng là chua mạnh, hàm lượng hữu cơ ở mức trung bình và dinh dưỡng tương đối ổn định, trong đó sự khác biệt không gian chủ yếu thể hiện ở carbon hữu cơ và phospho tổng số, phản ánh ảnh hưởng của quản lý canh tác và điều kiện vi địa hình.

4.2. Mật độ nhóm vi sinh vật tổng số hiếu khí

Đã tiến hành đánh giá mật độ nhóm vi sinh vật tổng số hiếu khí trong đất theo phương pháp đã trình bày ở trên; kết quả được tổng hợp tại bảng 3.



Hình 1. Khuẩn lạc vi sinh vật tổng số hiếu khí trong các mẫu đất

Bảng 3. Thành phần và số lượng tổng số hiếu khí trong các mẫu đất

STT	Ký hiệu mẫu	Vi khuẩn tổng số (CFU/g)	Nấm tổng số (CFU/g)	Xạ khuẩn tổng số (CFU/g)
1	M1	$(4,07 \pm 1,62) \times 10^6$ ^b	$(1,57 \pm 1,26) \times 10^4$ ^{ab}	$(3,81 \pm 3,36) \times 10^4$ ^a
2	M2	$(5,88 \pm 4,33) \times 10^6$ ^{ab}	$(2,30 \pm 0,59) \times 10^4$ ^a	$(3,60 \pm 0,04) \times 10^2$ ^c
3	M3	$(7,07 \pm 2,73) \times 10^6$ ^a	$(1,85 \pm 0,10) \times 10^3$ ^b	$(4,50 \pm 1,52) \times 10^3$ ^b

Ghi chú: Giá trị trình bày là trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (mean $\pm$ SD, n = 3). Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các điểm nghiên cứu ($p < 0,05$) theo phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA) kết hợp kiểm định hậu nghiệm Tukey HSD.

Kết quả bảng 3 chỉ ra mật độ vi sinh vật đất tại ba điểm nghiên cứu (M1, M2, M3) có sự biến động không đồng nhất giữa các nhóm vi sinh vật và giữa các khu vực. Phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA) kết hợp kiểm định Tukey HSD cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê đối với vi khuẩn tổng số ($p < 0,05$), nấm tổng số ($p < 0,05$) và xạ khuẩn tổng số ($p < 0,05$), tuy nhiên mức độ phân hóa giữa các nhóm khác nhau rõ rệt, trong đó xạ khuẩn thể hiện sự khác biệt mạnh nhất ($p < 0,01$).

Mật độ vi khuẩn tổng số dao động từ $4,07 \times 10^6$ đến $7,07 \times 10^6$ CFU/g, trong đó M3 (a) cao hơn có ý nghĩa thống kê so với M1 (b), trong khi M2 (ab) không khác biệt có ý nghĩa với cả hai nhóm còn lại. Kết quả này phản ánh sự tồn tại của trạng thái trung gian tại M2, có thể do sự chồng lấn điều kiện vi sinh thái giữa các khu vực nghiên cứu và mức độ tương đồng tương đối về nguồn cơ chất hữu cơ trong đất canh tác cam lâu năm.

Mật độ nấm dao động từ $1,85 \times 10^3$ đến $2,30 \times 10^4$ CFU/g, trong đó M2 (a) cao hơn có ý nghĩa thống kê so với M3 (b), còn M1 (ab) không khác biệt có ý nghĩa với cả hai điểm còn lại. Kết quả này cho thấy nấm đất phản ứng nhạy hơn với sự thay đổi vi điều kiện môi trường, có thể liên quan đến sự khác biệt về cân bằng giữa độ ẩm, chất hữu cơ dễ phân hủy và mức độ cạnh tranh sinh học với vi khuẩn trong hệ đất nghiên cứu.

Mật độ xạ khuẩn dao động mạnh từ $3,60 \times 10^2$ đến $3,81 \times 10^4$ CFU/g và thể hiện sự phân tách rõ rệt giữa các điểm nghiên cứu (M1: a; M3: b; M2: c), phản ánh sự khác biệt rõ ràng về điều kiện sinh thái đất giữa các khu vực. Sự suy giảm mạnh tại M2 có thể liên quan đến điều kiện pH đất chua mạnh kết hợp với hạn chế nguồn cơ chất hữu cơ phức hợp, làm giảm khả năng phát triển của nhóm vi sinh vật này vốn nhạy cảm với môi trường acid và phụ thuộc nhiều vào vật chất hữu cơ khó phân hủy.

So sánh với các nghiên cứu trước đây, mật độ vi khuẩn tổng số tại Tuyên Quang tương đối phù hợp với kết quả nghiên cứu của Ngo et al. (2024) tại vùng Đồng Tháp Mười, nơi vi khuẩn

chiếm ưu thế và dao động trong khoảng $10^5 - 10^7$ CFU/g. Tuy nhiên, mật độ nấm và xạ khuẩn ở Tuyên Quang thấp hơn so với các hệ đất giàu hữu cơ, phản ánh điều kiện đất chua mạnh, hàm lượng hữu cơ trung bình và các biện pháp quản lý canh tác nông nghiệp, hạn chế một số nhóm vi sinh vật nhạy cảm với pH thấp nhưng vẫn duy trì vi khuẩn dị dưỡng hoạt động. Về mặt sinh thái, điều này cho thấy quần xã vi sinh vật đất tại vùng trồng cam chủ yếu được định hình bởi yếu tố hóa lý đất và lịch sử canh tác, trong đó vi khuẩn đóng vai trò trung tâm trong chu trình phân giải chất hữu cơ và duy trì khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng.

Sự khác biệt về mật độ vi sinh vật giữa các điểm nghiên cứu có thể được giải thích bởi đặc điểm tính chất đất và địa hình. Đất tại khu vực nghiên cứu có phản ứng chua mạnh (pH_{KCl} 3,83 - 3,97), là yếu tố hạn chế sự phát triển của xạ khuẩn và một phần quần thể nấm, trong khi vi khuẩn vẫn có khả năng thích nghi tốt. Hàm lượng chất hữu cơ ở mức trung bình (3,54 - 3,99%) cùng với độ ẩm tương đối ổn định (22,90 - 24,77%) tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động của vi khuẩn dị dưỡng. Bên cạnh đó, yếu tố địa hình cũng có thể góp phần chi phối sự phân bố vi sinh vật: tại điểm M3 (địa hình đồi thấp xen thung lũng), điều kiện tích tụ ẩm và dinh dưỡng có thể liên quan đến mật độ vi khuẩn cao hơn; tại M2 (đất đồi thoải, tầng canh tác khá dày), môi trường đất tương đối ổn định hơn có thể liên quan đến mật độ nấm cao hơn; trong khi tại M1, hàm lượng chất hữu cơ cao hơn có thể liên quan đến mật độ xạ khuẩn cao hơn.

Như vậy, kết quả nghiên cứu đã làm rõ hiện trạng hệ vi sinh vật đất tại vùng chuyên trồng cam của Tuyên Quang, cho thấy hệ vi sinh vật vẫn duy trì hoạt động trong khoảng giá trị đặc trưng của đất canh tác, đồng thời tồn tại sự biến động không gian đáng kể và sự phân hóa giữa các nhóm chức năng. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc đề xuất các biện pháp quản lý đất theo hướng bền vững, bao gồm cải thiện phản ứng đất, tăng cường bổ sung chất hữu cơ và điều chỉnh chế độ canh tác nhằm nâng cao và ổn định hoạt động của hệ vi sinh vật đất trong sản xuất cam.

4.3. Mật độ nhóm vi sinh vật phân giải cellulose

Đã tiến hành đánh giá mật độ vi sinh vật phân giải cellulose theo phương pháp đã trình bày ở trên; kết quả được tổng hợp tại bảng 4.



Hình 2. Phân lập vi sinh vật phân giải cellulose trong các mẫu đất

Bảng 4. Số lượng vi sinh vật phân giải cellulose trong các mẫu đất

STT	Ký hiệu mẫu	Phân giải cellulose (CFU/g)
1	M1	$(2,07 \pm 0,94) \times 10^6$ ^a
2	M2	$(2,85 \pm 2,32) \times 10^6$ ^a
3	M3	$(1,47 \pm 0,45) \times 10^5$ ^b

Ghi chú: Giá trị trình bày là trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (mean $\pm$ SD, n = 3). Các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các điểm nghiên cứu ($p < 0,05$) theo phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA) kết hợp kiểm định Tukey HSD.

Kết quả bảng 4 thể hiện mật độ vi sinh vật phân giải cellulose dao động từ $1,47 \times 10^5$ đến $2,85 \times 10^6$ CFU/g và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các điểm nghiên cứu ($p < 0,05$). Trong đó, M1 và M2 thuộc cùng nhóm thống kê (a), không có sự khác biệt có ý nghĩa giữa hai điểm này, trong khi M3 (b) thấp hơn rõ rệt so với hai điểm còn lại.

Kết quả này cho thấy sự phân hóa không gian rõ rệt của nhóm vi sinh vật phân giải cellulose trong đất trồng cam lâu năm. Mật độ cao tại M1 và M2 có thể phản ánh điều kiện thuận lợi hơn về nguồn cơ chất hữu cơ, đặc biệt là vật liệu thực vật và tàn dư rễ cây cung cấp cơ chất cellulose cho vi sinh vật phân hủy. Ngược lại, sự suy giảm mạnh tại M3 có thể liên quan đến sự khác biệt về vi địa hình, độ ẩm và khả năng tích lũy vật chất hữu cơ trong đất, từ đó làm giảm hoạt động của nhóm vi sinh vật này.

So sánh với các nghiên cứu trước, mật độ vi khuẩn phân giải cellulose tại khu vực nghiên cứu cho thấy xu hướng tương đồng với các hệ đất canh tác, nơi vi khuẩn thường đóng vai trò ưu thế trong các quá trình phân giải polysaccharide. Kết quả này cũng phù hợp với nhận định của Paterson et al. (2007) về vai trò chi phối của vi khuẩn trong vùng rễ. Mật độ nấm và xạ khuẩn thấp hơn so với các hệ đất giàu hữu cơ, điều này có thể liên quan đến phản ứng chua mạnh ($\text{pH}_{\text{KCl}} 3,7-4,0$) và hàm lượng hữu cơ trung bình (3,54-3,99%) của đất tại khu vực nghiên cứu. Các điều kiện này được cho là hạn chế sự phát triển của một số nhóm nấm và xạ khuẩn nhạy cảm với pH thấp.

Sự phân hóa về mật độ vi sinh vật phân giải cellulose giữa các điểm nghiên cứu có thể liên quan đến tính chất đất và điều kiện địa hình. Tại M1 và M2, hàm lượng chất hữu cơ ở mức trung bình đến khá (3,54-3,99%) tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động của nhóm vi sinh vật này. Đặc biệt, tại M2, địa hình đồi thoải và tầng canh tác khá dày có thể góp phần duy trì môi trường đất ổn định hơn. Trong khi đó, tại M3 (địa hình đồi thấp xen thung lũng), mật độ thấp hơn có thể phản ánh sự khác biệt về điều kiện vi môi trường giữa các điểm nghiên cứu.

Ngoài ra, phản ứng đất chua mạnh ($\text{pH}_{\text{KCl}} 3,83-3,97$) có thể ảnh hưởng đến hoạt động của vi sinh vật phân giải cellulose, do pH là một trong những yếu tố môi trường quan trọng chi phối quá trình phân hủy chất hữu cơ trong đất.

4.4. Mật độ nhóm vi sinh vật phân giải phosphate khó tan

Đã tiến hành đánh giá mật độ vi sinh vật phân giải phosphate khó tan theo phương pháp đã trình bày ở trên; kết quả được tổng hợp tại bảng 5.



Hình 3. Phân lập vi sinh vật phân giải phosphate khó tan trong các mẫu đất
Bảng 5. Số lượng vi sinh vật phân giải phosphate khó tan trong các mẫu đất

STT	Ký hiệu mẫu	Phân giải phosphate khó tan (CFU/g)
1	M1	$(3,13 \pm 2,45) \times 10^5 \text{ a}$
2	M2	$(2,70 \pm 1,13) \times 10^5 \text{ a}$
3	M3	$(3,77 \pm 1,86) \times 10^5 \text{ a}$

Ghi chú: Giá trị trình bày là trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (mean $\pm$ SD, n = 3). Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các điểm nghiên cứu ($p > 0,05$) theo phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA).

Kết quả bảng 5 ghi nhận mật độ vi sinh vật phân giải phosphate khó tan dao động từ $2,70 \times 10^5$ đến $3,77 \times 10^5$ CFU/g và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các điểm nghiên cứu ($p > 0,05$). Điều này cho thấy sự phân bố tương đối đồng đều của nhóm vi sinh vật này trong đất trồng cam tại các khu vực nghiên cứu.

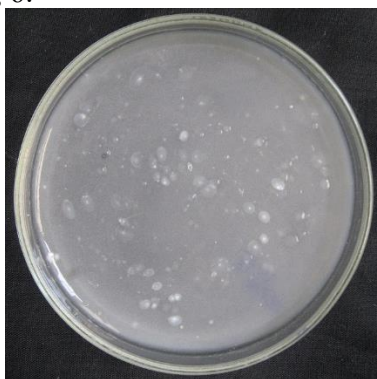
Sự đồng nhất về mật độ vi sinh vật phân giải phosphate có thể phản ánh điều kiện sinh thái tương đối tương đồng giữa các điểm nghiên cứu, đặc biệt là về pH đất chua mạnh và hàm lượng Phospho tổng số ở mức trung bình. Trong điều kiện đất chua, Phospho thường tồn tại ở dạng khó tan do bị cố định bởi Fe và Al, tạo điều kiện duy trì sự hiện diện ổn định của các vi sinh vật có khả năng hòa tan phosphate.

Xét theo yếu tố địa hình, sự khác biệt về mật độ giữa các điểm không lớn, cho thấy ảnh hưởng của địa hình đến nhóm vi sinh vật này chưa biểu hiện rõ trong phạm vi nghiên cứu. Thay vào đó, các yếu tố hóa học của đất, đặc biệt là trạng thái lân và pH, có thể đóng vai trò quan trọng hơn trong việc chi phối sự phân bố của vi sinh vật phân giải phosphate.

Như vậy, kết quả cho thấy nhóm vi sinh vật phân giải phosphate khó tan tại khu vực nghiên cứu hiện diện với mật độ tương đối đồng đều giữa các điểm, mặc dù vẫn tồn tại biến động trong phạm vi mẫu. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc định hướng các biện pháp quản lý đất, đặc biệt là điều chỉnh pH và nâng cao hiệu quả sử dụng phân lân thông qua khai thác hoạt động của vi sinh vật bản địa trong hệ canh tác cam.

4.5. Mật độ nhóm vi khuẩn cố định nitơ tự do

Đã tiến hành đánh giá mật độ vi khuẩn cố định nitơ tự do theo phương pháp đã trình bày ở trên; kết quả được tổng hợp tại bảng 6.



Hình 4. Phân lập vi khuẩn cố định nitơ tự do trong các mẫu đất

Bảng 6. Số lượng vi khuẩn cố định nitơ tự do trong các mẫu đất

STT	Ký hiệu mẫu	Cố định Nitơ tự do (CFU/g)
1	M1	$(1,11 \pm 1,51) \times 10^4$ ^a
2	M2	$(1,73 \pm 0,35) \times 10^3$ ^b
3	M3	$(1,53 \pm 2,14) \times 10^4$ ^a

Ghi chú: Giá trị trình bày là trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (mean $\pm$ SD, n = 3). Các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các điểm nghiên cứu ($p < 0,05$) theo phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA) kết hợp kiểm định Tukey HSD.

Kết quả bảng 6 phản ánh mật độ vi khuẩn cố định nitơ tự do dao động từ $1,73 \times 10^3$ đến $1,53 \times 10^4$ CFU/g và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các điểm nghiên cứu ($p < 0,05$).

Trong đó, M1 và M3 thuộc cùng nhóm thống kê (a), không khác biệt có ý nghĩa giữa hai điểm này, trong khi M2 (b) thấp hơn rõ rệt so với cả hai khu vực còn lại.

Sự khác biệt về mật độ vi sinh vật cố định nitơ tự do giữa các điểm nghiên cứu có thể liên quan đến điều kiện đất. Hàm lượng chất hữu cơ ở mức trung bình (3,54-3,99%) cung cấp nguồn carbon cần thiết cho hoạt động của vi sinh vật dị dưỡng. Tuy nhiên, phản ứng đất chua mạnh (pH_{KCl} 3,83-3,97) có thể ảnh hưởng đến hoạt động của nhóm vi sinh vật cố định nitơ, do pH là một trong những yếu tố môi trường quan trọng chi phối quá trình cố định nitơ sinh học.

Xét theo yếu tố địa hình, sự khác biệt về mật độ giữa các điểm có thể phản ánh sự khác biệt về điều kiện vi môi trường trong đất. Tuy nhiên, do mức độ biến động lớn của số liệu, các nhận định này cần được xem xét thận trọng.

Như vậy, kết quả cho thấy nhóm vi sinh vật cố định nitơ tự do tại khu vực nghiên cứu hiện diện với mật độ ở mức 10^3 - 10^4 CFU/g và biến động mạnh giữa các điểm. Đây là cơ sở khoa học cho việc đề xuất các biện pháp quản lý đất như cải thiện pH và tăng cường bổ sung chất hữu cơ nhằm nâng cao hoạt động cố định nitơ sinh học trong hệ canh tác cam.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu đã cung cấp các dữ liệu định lượng ban đầu về đặc điểm hóa học đất và mật độ các nhóm vi sinh vật chức năng trong đất trồng cam tại một số xã thuộc tỉnh Tuyên Quang. Điểm mới của nghiên cứu là làm rõ mối liên hệ giữa điều kiện đất chua (pH_{KCl} thấp), hàm lượng chất hữu cơ trung bình với sự phân bố và mức độ biến động của các nhóm vi sinh vật đất, đặc biệt là vi sinh vật phân giải cellulose, phân giải phosphate khó tan và cố định nitơ tự do.

Kết quả cho thấy các quần thể vi sinh vật có xu hướng biến động lớn giữa các điểm nghiên cứu, phản ánh tính không đồng nhất của môi trường đất canh tác cam lâu năm. Điều này gợi ý rằng việc quản lý đất cần được thực hiện theo hướng điều chỉnh pH đất (thông qua bón vôi hoặc vật liệu cải tạo), kết hợp bổ sung hữu cơ và chế phẩm vi sinh nhằm cải thiện điều kiện sống của vi sinh vật có lợi.

Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc định hướng quản lý đất trồng cam theo hướng bền vững, góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng dinh dưỡng và cải thiện độ phì sinh học của đất tại khu vực miền núi phía Bắc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Paterson, E., Gebbing, T., Abel, C., Sim, A., & Telfer, G. (2007). Rhizodeposition shapes rhizosphere microbial community structure in organic soil. *New Phytologist*, 173(3), 600-610. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01931.x>
- [2] Jangid, K., Williams, M. A., Franzluebbers, A. J., Schmidt, T. M., Coleman, D. C., & Whitman, W. B. (2011). Land-use history has a stronger impact on soil microbial community composition than aboveground vegetation and soil properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(10), 2184-2193. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.06.022>
- [3] Xu, B., Wang, J., Wu, N., Wu, Y., & Shi, F. (2018). Seasonal and interannual dynamics of soil microbial biomass and available nitrogen. *Biogeosciences*, 15, 567-579. <https://doi.org/10.5194/bg-15-567-2018>
- [4] Siwach, A., Zhuang, Q., & Baishya, R. (2024). Impact of seasonality, moss cover, and forest types on soil microbial biomass and enzymatic activity: An environmental prospective from the Himalaya. *Catena*, 244, 108269. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108269>
- [5] Ngo, H. K., Nguyen, H. C., Phung, N. T., & Bui, T. V. H. (2024). Microbial diversity in soil samples from typical agricultural systems in the Dong Thap Muoi region. *Science and Technology Journal of Agriculture and Rural Development*, (1), 61-69.

-
- [6] Phan, Q. H., & Vu, T. X. H. (2021). Study on microbial diversity in cultivating vegetable soil at Thai Binh province. *Vietnam Journal of Agriculture and Rural Development*, (1), 61-67.
- [7] Tran, T. T. T., Dao, T. H., Pham, V. Q., Nguyen, X. H., & Ngo, D. T. (2023). Soil fertility and carbon sequestration as affected by vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L.) intercropped in citrus orchards in Cao Phong, Hoa Binh. *Vietnam Soil Science*, (71), 18-25.
- [8] Phan, T. H. T., Nguyen, V. M. L., & Nguyen, V. H. (2016). Isolation of endophytic *streptomyces* from Tuyen Quang orange trees and biological characteristics of *Streptomyces angustmyceticus* C12. *Vietnam Journal of Agriculture and Rural Development*, (2), 25-31.
- [9] TCVN 9294:2012 (2012). *Fertilizers - Determination of total organic carbon by Walkley - Black method*. Ministry of Science and Technology.
- [10] TCVN 7373:2004 (2004). *Soils quality - Index values of total Nitrogen content in the soils of Vietnam*. Ministry of Science and Technology.
- [11] TCVN 8660:2011 (2011). *Soil quality - Method for determination of total potassium*. Ministry of Science and Technology.
- [12] TCVN 7374:2004 (2004). *Soils quality - Index values of total phosphorus content in the soils of Vietnam*. Ministry of Science and Technology.
- [13] TCVN 4048:2011 (2011). *Soil quality - Determination of humidity and absolute dryness coefficient*. Ministry of Science and Technology.
- [14] TCVN 4401-87 (1987). *Cultivated soil - Determination of pH_{KCl}*. Ministry of Science and Technology.
- [15] TCVN 4884-1:2015 (ISO 4833-1:2013) (2015). *Microbiology of the food chain - Horizontal method for the enumeration of microorganisms - Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique*. Ministry of Science and Technology.
- [16] TCVN 6166:2002 (2002). *Microbial nitrogen fixing fertilizer*. Ministry of Science and Technology.
- [17] TCVN 6167:1996 (1996). *Phosphat-solubiling microbial fertilizer*. Ministry of Science and Technology.
- [18] TCVN 6168:2002 (2002). *Microbial preparation for cellulose degradation*. Ministry of Science and Technology.