



DOI:10.22144/ctujos.2025.191

KHẢO SÁT HIỆN TRẠNG CANH TÁC NHÂN VÀ HÔ HẤP VI SINH VẬT ĐẤT VƯỜN TRỒNG NHÂN LÂU NĂM TẠI HUYỆN LONG HỒ, TỈNH VĨNH LONG

Nguyễn Minh Phương¹, Đỗ Thành Luân¹, Lê Thị Xã² và Nguyễn Khởi Nghĩa^{1*}

¹Khoa Khoa học Đất, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

²Khoa Cơ bản, Trường Cao đẳng Cộng đồng Sóc Trăng, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): nknghia@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 06/04/2025

Sửa bài (Revised): 14/04/2025

Duyệt đăng (Accepted): 27/07/2025

Title: Survey of current status of longan cultivation and soil microbial respiration in long-term longan cultivated orchard soil in Long Ho district, Vinh Long province

Author(s): Nguyen Minh Phuong¹, Do Thanh Luan¹, Le Thi Xa² and Nguyen Khoi Nghia^{1*}

Affiliation(s): ¹Faculty of Soil Sciences, College of Agriculture, Can Tho University, Viet Nam; ²Faculty of Basic Sciences, Soc Trang Community College, Viet Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát hiện trạng canh tác nhân và hô hấp vi sinh vật đất trồng nhân trên 15 năm tại huyện Long Hồ, Vĩnh Long với 30 hộ nông dân trồng nhân Xuồng com vàng. Hô hấp của vi sinh vật đất được xác định bằng phương pháp đo CO₂ tích lũy theo thời gian. Kết quả cho thấy, mật độ trồng trung bình đạt 260 cây/ha. Lượng phân vô cơ bón trung bình là 1150 - 874 - 860 g N-P₂O₅-K₂O/cây/năm, với hàm lượng đạm cao hơn mức khuyến nghị, gây mất cân đối dinh dưỡng. Phân hữu cơ trung bình bón 8,39 kg/cây/năm. Năng suất nhân trung bình đạt 13,2 tấn/ha/năm có sự chênh lệch giữa các vườn do khác biệt về điều kiện canh tác và quản lý dinh dưỡng. Tốc độ hô hấp của vi sinh vật đất khác nhau đáng kể giữa các vườn khảo sát. Tốc độ hô hấp đạt cao nhất ở nhóm đất có tuổi liếp 15 – 25 năm, thấp nhất ở nhóm 46 – 60 năm. Kết quả này cho thấy sự suy giảm hoạt động của vi sinh vật đất theo thời gian canh tác.

Từ khóa: CO₂, hô hấp đất, kỹ thuật canh tác, nhân, vi sinh vật đất

ABSTRACT

The study aimed to survey the current status of longan cultivation and soil microbial respiration of over 15 years old longan in Long Ho district, Vinh Long, with 30 Xuong Com Vang longan growing households. Soil microbial respiration was determined by measuring CO₂ accumulated over time. The results showed that the average planting density was 260 trees/ha. The average amount of inorganic fertilizer applied was 1150 - 874 - 860 g N- P₂O₅-K₂O/tree/year, with a nitrogen dose higher than the recommended level, causing nutrient imbalance. The average organic fertilizer applied was 8.39 kg/tree/year. The average longan yield was 13.2 tons/ha/year, with differences between gardens due to differences in cultivation conditions and nutrient management. The respiration rate of soil microorganisms varied significantly between the surveyed farms. The respiration rate was highest in the group of soil with beds aged 15 - 25 years, and lowest in the group aged 46 - 60 years. This result showed a decline in soil microbial activity over cultivation time.

Keywords: CO₂, cultivation techniques, longan tree, soil microorganisms, soil respiration

1. GIỚI THIỆU

Khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) của Việt Nam có diện tích khoảng 4,0 triệu ha, trong đó có hơn 2,4 triệu ha đất nông nghiệp và đóng vai trò then chốt trong việc sản xuất hơn 70% trái cây của cả nước (General Statistics Office of Vietnam, 2020). Cây nhãn (*Dimocarpus longan* Lour), một loại cây ăn quả nhiệt đới được sử dụng tươi và sấy khô cho thực phẩm và dược liệu, có giá trị dinh dưỡng và kinh tế cao với nhu cầu thị trường mạnh mẽ không chỉ trong khu vực châu Á mà còn trên phạm vi toàn cầu như một loại trái cây nhập khẩu độc đáo (General Statistics Office of Vietnam, 2021; Ngo & Le, 2022). Trong những năm gần đây, nhiều địa phương trong cả nước, đặc biệt là khu vực ĐBSCL phát triển và mở rộng diện tích trồng nhãn lên đáng kể vì đây là loại cây ăn quả quan trọng trong chuyên dịch cơ cấu cây trồng của Việt Nam (Zhao et al., 2020; Le et al., 2021, 2022). Tuy nhiên, độ phì nhiêu của đất trong các vườn cây ăn trái đã giảm đáng kể trong vài thập kỷ gần đây (Zhao et al., 2020; Le et al., 2021, 2022). Các yếu tố chính góp phần vào sự suy giảm và thoái hóa độ phì nhiêu của đất bao gồm nén đất, mất chất hữu cơ, nhiễm mặn, suy giảm dưỡng chất và ô nhiễm do việc sử dụng lâu dài phân bón vô cơ là hệ quả của việc quản lý đất và kỹ thuật canh tác nhãn chưa phù hợp, chủ yếu sử dụng hóa chất (Duan et al., 2016; Le & Ngo, 2020). Việc sử dụng nhiều hóa chất góp phần làm thoái hóa đất và giảm độ phì nhiêu của đất trong các vườn cây ăn trái ở ĐBSCL. Dưới điều kiện nhiệt đới, các ion kiềm trao đổi dễ dàng bị rửa trôi khỏi bề mặt đất bởi mưa và tưới tiêu, dẫn đến tăng tính axit và nén đất (Natale et al., 2012; Le & Ngo, 2023). Việc sử dụng quá mức phân bón và thuốc trừ sâu hóa học đã dẫn đến sự giảm sút chất hữu cơ và độ phì nhiêu của đất, đồng thời làm tăng tính chua của đất (Wang et al., 2020). Việc bón phân trực tiếp lên đất ảnh hưởng đến đa dạng vi sinh vật trong đất và mức độ dưỡng chất của đất (Bell et al., 2015). Sự lạm dụng các hóa chất nông nghiệp liên tục có tác động tiêu cực đến chất lượng đất, sức khỏe đất và cấu trúc cộng đồng vi sinh vật, chủ yếu do sự giảm đáng kể pH của đất, dẫn đến giảm đa dạng vi khuẩn và thay đổi thành phần cộng đồng vi khuẩn.

Hiện nay việc canh tác cây nhãn lâu năm gặp một số khó khăn do đất canh tác bị bạc màu bởi phần lớn vườn nhãn ở ĐBSCL có tuổi lập cao, thời gian canh tác dài nên đã cho thấy nhiều bất lợi trên các đặc tính của đất (Ho et al., 2014). Ở các vườn nhãn canh tác trên 30 năm tuổi có hàm lượng chất hữu cơ rất nghèo, pH đất thấp, độ hữu dụng của dưỡng chất

trong đất kém, dẫn đến hoạt động của vi sinh vật giảm theo độ tuổi của nhãn (Pham & Vo, 2011). Mặt khác, hoạt động chức năng của vi sinh vật trong đất có thể bị hạn chế bởi một số vấn đề như di chuyển của vi sinh vật trở nên khó khăn hơn do đất bị nén dẽ, dòng chảy của nước, lực hút ion, mật số, kích thước và đặc tính bề mặt tế bào vi khuẩn; đất bị phá vỡ cấu trúc, mất dần độ màu mỡ và cân bằng sinh thái do lạm dụng quá mức phân bón hóa học (Fontes et al., 1991; Gannon et al., 1991a; Gannon et al., 1991b; Bhattarai et al., 2015). Kết quả các nghiên cứu này cho thấy đất tiếp xúc với các quá trình thoái hóa khác nhau như tập quán sử dụng phân bón hóa học của nông dân thường là sử dụng phân đạm vô cơ cao, đây là yếu tố đưa đến suy giảm độ phì nhiêu đất, giảm hoạt động của cộng đồng vi sinh vật có lợi trong đất. Trong hệ thống canh tác nhãn lâu năm, thói quen bón nhiều phân bón hóa học nhưng ít sử dụng phân hữu cơ, đặc biệt là phân hữu cơ vi sinh, đã gây ra những thay đổi đáng kể về độ phì nhiêu, hàm lượng carbon hữu cơ, tình trạng chua hóa và nhiễm mặn của đất, qua đó ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng đất, cộng đồng vi sinh vật có lợi, cũng như năng suất và chất lượng trái cây (Xu et al., 2019; Chen et al., 2020; Maleki et al., 2021).

Tuy nhiên, các thông tin cụ thể và chính xác về kỹ thuật canh tác nhãn và đánh giá về sức khỏe đất trồng nhãn lâu năm tại khu vực ĐBSCL còn hạn chế, do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm khảo sát hiện trạng canh tác nhãn xoàng cơm vàng tại huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long và đánh giá sức khỏe đất thông qua chỉ tiêu hô hấp vi sinh vật đất vườn nhãn canh tác lâu năm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Điều tra hiện trạng và kỹ thuật canh tác nhãn xoàng cơm vàng tại huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long

Việc điều tra hiện trạng kỹ thuật canh tác nhãn xoàng cơm vàng được tiến hành vào tháng 4 năm 2023, bằng việc phỏng vấn trực tiếp nông dân theo phiếu điều tra đã được in sẵn kết hợp khảo sát thực tế các vườn nhãn xoàng cơm vàng tại huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long. Tổng số hộ nông dân được điều tra là 30 hộ nông dân. Nội dung chính của phiếu điều tra gồm các nội dung cơ bản như hiện trạng canh tác, quy trình chăm sóc nhãn, phân bón, các sâu bệnh hại chính, cách phòng trừ sâu bệnh hại và năng suất.

Các thông tin khảo sát được tổng hợp, tính toán bằng Excel và xử lý phân tích thống kê mô tả để viết báo cáo về hiện trạng canh tác nhãn xoàng cơm vàng tại huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long.

2.2. Đánh giá khả năng hô hấp của vi sinh vật đất ở 20 mẫu đất canh tác nhân xoòng com vàng trên 15 năm tại huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long

Sau khi việc phỏng vấn về hiện trạng, kỹ thuật canh tác của các vườn trồng nhân xoòng com vàng, tại huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long được thực hiện, 20 hộ có thời gian canh tác nhân trên 15 năm tuổi đã được chọn ra để đánh giá ảnh hưởng của canh tác lâu năm đến hoạt động sinh học đất.

Việc thu thập mẫu đất vườn nhân được thực hiện bằng cách dùng khoan chuyên dùng thu ở độ sâu 0 - 20 cm dưới tán cây nhân tại nhiều điểm khác nhau trên vườn theo hình zigzag và trộn đều mẫu lại với nhau, mẫu đất được chứa trong túi nylon và mang về phòng thí nghiệm. Trước khi bố trí thí nghiệm, mẫu được loại bỏ rễ cây và tàn dư thực vật lẫn trong đất, sau đó, việc trộn đều và làm tơi xốp mẫu đất đã được tiến hành.

Hô hấp vi sinh vật đất được xác định bằng cách đo hàm lượng CO₂ tích lũy theo thời gian theo phương pháp của Anderson (1982) theo cơ chế hàm lượng CO₂ được sản sinh ra thông qua quá trình hô hấp của các vi sinh vật trong đất được hấp phụ vào trong sodium hydroxide (NaOH), lượng CO₂ trong Na₂CO₃ sẽ được kết tủa với barium chloride (BaCl₂ 1M) và lượng NaOH 0,25 M còn dư lại trong lọ thủy tinh được xác định thông qua chuẩn độ với HCl 0,1 M cùng chất chỉ thị màu phenolphthalein, (C₂₀H₁₄O₄). Quy trình xác định hô hấp vi sinh vật được thực hiện như sau:

Đầu tiên, 50 gram đất (trọng lượng khô) đã xử lý được cân và cho vào chai nắp xanh 250 mL tiết trùng. Đất được điều chỉnh về ẩm độ 60% khả năng giữ nước của đất. Đất được nén bằng spatula chuyên biệt để đưa về dung trọng 1,3 g/cm³. Lọ bi thủy tinh 10 mL được đặt lên trên bề mặt đất trong chai nắp xanh, cho vào lọ pi 5 mL dung dịch NaOH 0,25M. Mỗi mẫu đất được thực hiện 3 lặp lại và mẫu đối chứng được tiến hành tương tự, tuy nhiên không bổ sung đất vào chai nắp xanh 250 mL. Nắp chai được đóng chặt lại và đem ủ ở 30°C trong tối dưới điều kiện phòng thí nghiệm (Lưu ý: Miệng và nắp chai thủy tinh được bôi mỡ vaseline công nghiệp để chống sự rò rỉ khí CO₂ từ mẫu đất trong chai ra môi trường bên ngoài). Mẫu dung dịch NaOH 0,25M trong các lọ bi đặt trong chai nắp xanh được tiến hành thu để xác định lượng CO₂ phóng thích ra thông qua tiến trình hô hấp của vi sinh vật đất vào các thời điểm 24, 48, 72, 96 và 120 giờ sau khi ủ bằng cách hút 5 mL NaOH 0,25M cho vào bình tam giác 100 mL, thêm 2 mL dung dịch BaCl₂ 1M, thêm

3 - 4 giọt chất chỉ thị màu phenolphthalein, chuẩn độ với HCl 0,1M cho đến khi dung dịch chuyển từ màu hồng sang không màu. Việc xác định thể tích dung dịch HCl 0,1M đã chuẩn độ và áp dụng công thức dưới đây được tiến hành để xác định hàm lượng CO₂ bị hấp phụ bởi dung dịch NaOH 0,25M:

$$\text{Hàm lượng CO}_2 = \frac{(C-S) \times 2,2 \times 100}{SW \times \%dm} \text{ (mg CO}_2\text{/g dry mass/h)}$$

Trong đó:

C là thể tích HCl được chuẩn độ cho mẫu đối chứng (mL)

S là thể tích của HCl được chuẩn độ cho mẫu đất cần kiểm tra (mL)

2,2 là thông số chuyển đổi (1 mL của 0,1M HCl tương ứng 2,2 mg CO₂)

SW (Soil weight) là trọng lượng đất ban đầu (gram đất khô)

$\frac{100}{\%dm}$ là thông số chuyển đổi cho trọng lượng khô của đất

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu thí nghiệm đánh giá khả năng hô hấp của vi sinh vật đất được tổng hợp, tính toán bằng phần mềm Excel và kiểm định thống kê ANOVA bằng phần mềm Minitab 16.2.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

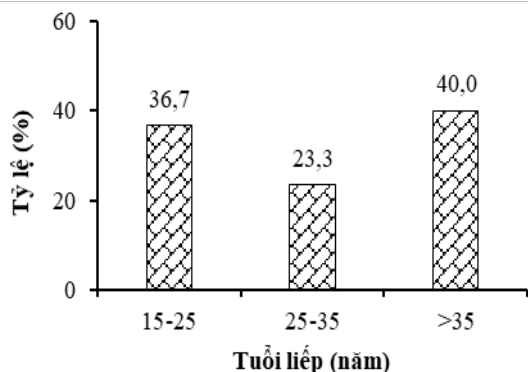
3.1. Tuổi liếp, diện tích canh tác và thiết kế nương liếp

3.1.1. Tuổi liếp vườn nhân

Kết quả khảo sát tuổi liếp canh tác nhân tại huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long được trình bày ở Hình 1 cho thấy tỷ lệ các vườn nhân trên 35 năm chiếm tỉ lệ 40%, tuổi liếp nhân từ 15 đến 25 năm chiếm tỉ lệ 36,7% và còn lại 23,3% đất trồng nhân khảo sát có tuổi liếp dao động từ 25 đến 35 tuổi. Như vậy, tuổi liếp nhân trung bình ở Xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long là 36 năm, được đánh giá là cao. Điều này có thể dẫn đến việc đất vườn nhân tại nơi đây bị bạc màu, suy thoái, thiếu dinh dưỡng qua thời gian dài canh tác theo hướng hóa học (Nguyen et al., 2024), do đó, cần có biện pháp cải tạo đất bền vững và sinh học để đảm bảo hiệu quả cải tạo sức khỏe đất lâu dài.

Trong đó, nhóm từ 15 đến 25 năm tuổi chiếm 36,7% đây là nhóm chiếm tỷ lệ cao thứ hai trong số các vườn được điều tra, cho thấy trong giai đoạn này, cây nhân thường đạt độ trưởng thành, cho năng

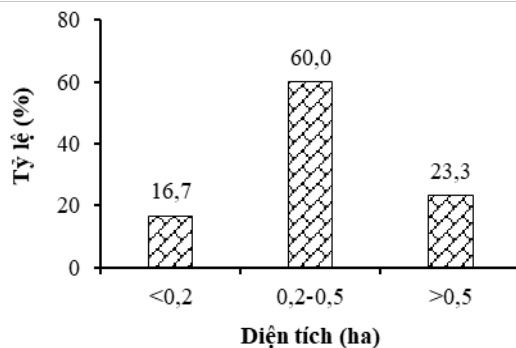
suất tốt và ổn định. Tuy nhiên, vẫn có nguy cơ gặp phải các vấn đề về dinh dưỡng và đất đai nếu không có biện pháp quản lý và cải tạo đất kịp thời. Nhóm tuổi liếp vườn nhãn 25 - 35 năm chiếm 23,3% và đây là nhóm có tỷ lệ thấp hơn so với hai nhóm còn lại. Điều này có thể cho thấy các vườn nhãn trong độ tuổi từ 25 đến 35 năm đang gặp khó khăn về việc duy trì năng suất, cũng như sinh trưởng và phát triển của cây nhãn. Sau giai đoạn 25 năm lên liếp, cây nhãn bắt đầu có dấu hiệu suy giảm năng suất nếu không được chăm sóc, cải tạo đất tốt và quản lý sâu bệnh phù hợp (Xiang et al., 2018). Cuối cùng nhóm tuổi liếp trên 35 năm và đây là nhóm chiếm tỷ lệ cao nhất (40%) cho thấy phần lớn diện tích canh tác nhãn lâu năm tại địa phương đã vượt qua 35 năm và có nguy cơ cho năng suất nhãn thấp do cây trồng đã già cỗi và đất bị suy thoái giảm độ phì nhiêu.



Hình 1. Tuổi liếp vườn nhãn được khảo sát tại ấp An Hưng, xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long (n = 30)

3.1.2. Diện tích canh tác nhãn

Kết quả khảo sát diện tích canh tác của 30 hộ nông dân trồng nhãn tại huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long được trình bày ở Hình 2 cho thấy các vườn nhãn khảo sát có diện tích dao động từ dưới 0,2 ha đến trên 0,5 ha, trong đó nhóm có diện tích từ 0,2 đến 0,5 ha chiếm tỷ lệ cao nhất (60,0%), tiếp theo là nhóm > 0,5 ha (23,3%) và nhóm < 0,2 ha (16,7%). Nhìn chung trung bình diện tích các vườn nhãn nhỏ dưới 1 ha. Diện tích canh tác nhỏ lẻ dẫn đến các biện pháp canh tác, khả năng áp dụng các tiến bộ kỹ thuật cũng như cơ giới hóa vào quá trình canh tác cây nhãn sẽ gặp khó khăn (Le & Ngo, 2022).



Hình 2. Diện tích canh tác nhãn của các hộ nông dân được khảo sát tại ấp An Hưng, xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long (n = 30)

3.1.3. Thiết kế liếp trồng nhãn

Kết quả điều tra thông tin về thiết kế mương liếp canh tác nhãn của nông dân trồng nhãn được trình bày ở Bảng 1 cho thấy tùy vào diện tích canh tác lớn hay nhỏ mà nông dân thiết kế liếp rộng hay hẹp, với kích thước dao động từ 2 đến 9 m, trung bình 5,30 m. Trong khi chiều rộng mương giữa các liếp dao động từ 1 đến 6 m và chiều cao mặt liếp so với mực thủy cấp dao động từ 0,4 đến 1,5 m (trung bình 0,95 m). Như vậy, các vườn trồng nhãn khảo sát đều được lên liếp với mục đích nâng độ cao mặt liếp so với mực nước trong kênh hoặc mương để dẫn nước, trữ nước và tưới nước trong mùa khô; hạn chế ngập úng và thoát nước tốt trong mùa mưa. Cách làm này giúp cải thiện khả năng dẫn và dự trữ nước trong mùa khô, đồng thời hạn chế tình trạng ngập úng và hỗ trợ thoát nước hiệu quả vào mùa mưa. Đối với cây ăn trái, hệ thống rãnh thường nhạy cảm với tình trạng ngập nước, do đó, duy trì mực nước trong mương vườn ở mức ổn định là điều cần thiết. Khi xuất hiện mưa lớn, cần có biện pháp thoát nước hợp lý, chẳng hạn như sử dụng hệ thống bơm (Nguyễn & Ngo, 2019). Tuy nhiên, kết quả điều tra cho thấy việc quản lý nước trong mương vườn vẫn chưa được chú trọng ở một số hộ dân, dẫn đến kém sinh trưởng và phát triển của cây nhãn. Việc duy trì mực nước không ổn định có thể khiến cây nhãn bị stress do thiếu hoặc thừa nước, làm suy giảm sức sống của bộ rễ và ảnh hưởng đến khả năng hấp thụ dinh dưỡng (Spreer et al., 2013).

Bảng 1. Thông số thiết kế nương và liếp của các vườn nhãn được khảo sát tại ấp An Hưng, xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long (n=30)

Các thông số	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị trung bình	Giá trị cao nhất
Chiều rộng liếp (m)	2,00	5,30±1,53	9,00
Chiều rộng nương (m)	1,00	2,71±1,02	6,00
Chiều cao mặt liếp so với mực thủy cấp (m)	0,40	0,95±0.30	1,50

3.2. Tình hình sử dụng phân bón

3.2.1. Phân bón vô cơ

Kết quả khảo sát cho thấy 100% các vườn trồng nhãn xuông đều có bón phân hóa học theo định kỳ với lượng 1150 - 874 - 860 g/cây/năm tương ứng cho N- P₂O₅-K₂O (Bảng 2), chưa cân đối lượng dinh dưỡng theo khuyến cáo 650 g N + 450 g P₂O₅ + 500 g K₂O/cây/năm với cây nhãn (Nguyen, 2019). Ngoài ra, kết quả cũng cho thấy lượng phân bón hóa học được bón ở các vườn nhãn có sự chênh lệch lớn. Nguyên nhân của việc bón dư thừa lượng phân bón theo khuyến cáo và chênh lệch giữa các chủ vườn nhãn là do nông dân dựa vào kinh nghiệm canh tác của mình mà ít chú trọng đến khuyến cáo của các nhà chuyên môn (Le & Ngo, 2022).

Việc bón phân hóa học với liều lượng cao trong các vườn nhãn khảo sát, đặc biệt là lượng đạm (N),

Bảng 2. Lượng phân hóa học N-P-K bón cho cây nhãn xuông cơm vàng tại tại ấp An Hưng, xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long (n = 30)

Liều lượng phân bón (g/cây/năm)	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị trung bình	Giá trị cao nhất	Độ lệch chuẩn
N	56,5	1150	4140	0,98
P ₂ O ₅	39,5	874	2690	0,74
K ₂ O	35,2	860	6300	1,28

3.2.2. Phân hữu cơ

Kết quả khảo sát về hiện trạng sử dụng phân hữu cơ cho cây nhãn tại huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long được trình bày trong Bảng 3. Kết quả cho thấy có 80,0% hộ trồng nhãn có bón phân hữu cơ các loại, trong khi 20,0% còn lại không bón phân hữu cơ cho cây nhãn. Lượng phân hữu cơ bón trung bình là 8,39 kg/cây/năm. So với khuyến cáo của Nguyen (2019), lượng phân bón hữu cơ cân bón cho cây nhãn ở độ tuổi trưởng thành (6 - 7 năm tuổi) là khoảng 10 kg/cây/năm, mức bón phân hữu cơ của các hộ trồng nhãn trên địa bàn khảo sát còn thấp hơn so với khuyến cáo. Bên cạnh đó, chất lượng phân hữu cơ quyết định khả năng cung cấp dinh dưỡng là yếu tố quyết định đến liều lượng bón và ảnh hưởng đến hiệu quả bón (Ye et al., 2022). Trong nghiên cứu này, cây nhãn được khảo sát có độ tuổi từ 15 năm trở lên, đây là giai đoạn cây bước vào thời kỳ cho trái ổn định nhưng đồng thời cũng tiềm ẩn nguy cơ suy giảm sức sinh trưởng nếu không được chăm sóc

có thể dẫn đến nhiều hệ lụy đối với môi trường đất và sức khỏe cây trồng, gây mất cân bằng dinh dưỡng trong đất và ảnh hưởng tiêu cực đến hệ sinh thái vi sinh vật đất (Xu et al., 2019; Chen et al., 2020; Maleki et al., 2021). Ngoài ra, sự chênh lệch đáng kể về lượng phân bón giữa các nhà vườn cho thấy nông dân bón phân hóa học chủ yếu dựa vào kinh nghiệm của bản thân mà không theo khuyến cáo khoa học (Le & Ngo, 2022). Thói quen này có thể dẫn đến tình trạng lãng phí phân bón ở một số vườn gây ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng trái nhãn. Theo Dincă et al. (2022), việc bón phân không hợp lý không chỉ làm suy giảm độ phì nhiêu đất mà còn ảnh hưởng đến cộng đồng vi sinh vật có lợi trong đất, làm thay đổi tính chất hóa học của đất theo hướng bất lợi cho cây trồng.

và bổ sung dinh dưỡng hợp lý, đặc biệt là về cải tạo đất. Vì vậy, với cây nhãn từ 15 năm tuổi trở lên, để đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng thực tế và hỗ trợ cải thiện đất trồng, lượng phân hữu cơ bón thuộc vào điều kiện đất đai và chất lượng phân bón sử dụng.

Việc sử dụng phân hữu cơ đóng vai trò quan trọng trong cải thiện độ phì nhiêu của đất, gia tăng khả năng giữ nước và bổ sung vi sinh vật có lợi, từ đó nâng cao năng suất và chất lượng trái nhãn (Diacono & Montemurro., 2011; Yang & Zhang., 2023). Tuy nhiên, kết quả khảo sát cho thấy một số hộ trồng nhãn chưa thấy được lợi ích lâu dài của việc bón phân hữu cơ. Ngoài ra, kết quả khảo sát còn ghi nhận có sự chênh lệch lớn về lượng phân hữu cơ được bón giữa các vườn nhãn và lượng bón này phụ thuộc lớn vào kinh nghiệm cá nhân. Điều này có thể làm giảm hiệu quả hấp thu dinh dưỡng của cây trồng và ảnh hưởng đến chất lượng đất về lâu dài (Mandal & Sharma., 2019). Kết quả các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng việc bón phân hữu cơ có tác động tích

cực đến năng suất cây trồng. Theo Nguyen va Ngo (2019), những vườn nhãn có bổ sung phân hữu cơ đạt năng suất trái cao hơn đáng kể so với các vườn không sử dụng phân hữu cơ. Điều này phù hợp với các nghiên cứu của Le et al. (2021, 2022), việc bón phân hữu cơ không chỉ cải thiện chất lượng đất và độ phì nhiêu mà còn góp phần nâng cao năng suất cây trồng một cách đáng kể.

Bảng 3. Hiện trạng sử dụng phân hữu cơ bón cho cây nhãn xoòng com vàng tại ấp An Hưng, xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long (n = 30)

Phân hữu cơ	Tỷ lệ (%)
Có bón phân hữu cơ	80,0
Không bón phân hữu cơ	20,0
Liều lượng bón trung bình (kg/cây/năm)	8,39

3.3. Mật độ trồng

Kết quả khảo sát về mật độ trồng nhãn xoòng com vàng tại xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long được trình bày trong Bảng 4. Kết quả cho thấy mật độ trồng trung bình tại khu vực khảo sát là 260

Bảng 4. Mật độ trồng nhãn Xoòng com vàng tại xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long

Thông số kỹ thuật	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị trung bình	Giá trị cao nhất	Độ lệch chuẩn
Hàng cách hàng (m)	2,00	5,02	8,00	1,49
Cây cách cây (m)	2,00	5,38	8,00	1,63
Mật độ cây/ha (cây)	140	260	400	5,26

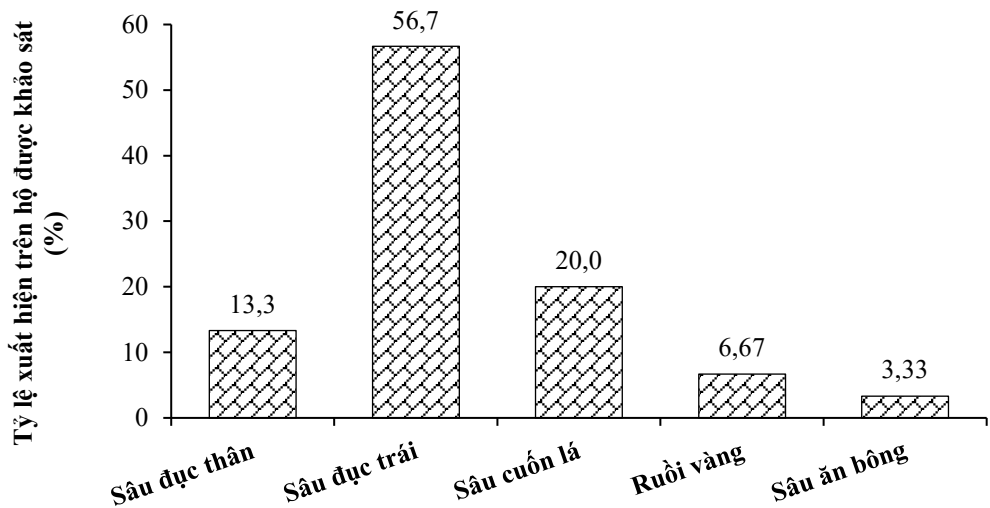
3.4. Sâu gây hại chính trên cây nhãn

Kết quả khảo sát về tình hình sâu hại trên cây nhãn xoòng com vàng tại khu vực nghiên cứu cho thấy sự xuất hiện của nhiều loại sâu bệnh với mức độ gây hại khác nhau (Hình 3). Trong đó, sâu đục trái có tỷ lệ xuất hiện cao nhất (56,7%) tổng số hộ khảo sát, cho thấy đây là đối tượng gây hại nghiêm trọng cần được ưu tiên kiểm soát. Loại sâu này xâm nhập trực tiếp vào trái, làm giảm chất lượng thương phẩm và gây thất thu đáng kể nếu không có biện pháp phòng trừ kịp thời. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Le và Ngo (2022), trong đó sâu đục trái cũng được xác định là nguồn sâu bệnh hại chính trên cây nhãn với tỷ lệ xuất hiện đạt 42% trong tổng số hộ khảo sát. Ngoài ra, sâu cuốn lá (20,0%) và sâu đục thân (13,3%) cũng là hai đối tượng gây ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng của cây nhãn. Sâu cuốn lá làm giảm diện tích quang hợp, trong khi sâu đục thân có thể gây tổn thương cấu trúc cây, dẫn đến

cây/ha, với khoảng cách trung bình giữa các cây là 5,38 m và khoảng cách giữa các hàng là 5,02 m. Trong đó khoảng cách cây cách cây dao động từ 2,00 m đến 8,00 m, hàng cách hàng từ 2,00 m đến 8,00 m và mật độ trồng từ 140 đến 400 cây/ha.

Mật độ trồng ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng trái nhãn. Theo Matsuo et al. (2018), mật độ trồng dày có thể làm tăng sự cạnh tranh dinh dưỡng và ánh sáng, từ đó ảnh hưởng tiêu cực đến sự sinh trưởng và khả năng ra hoa, đậu trái của cây nhãn. Trong khảo sát này, một số vườn nhãn có mật độ cao hơn mức khuyến cáo (thường trong khoảng 200 - 250 cây/ha đối với nhãn), điều này có thể làm giảm hiệu suất sử dụng nước, dinh dưỡng và ảnh hưởng đến quá trình quang hợp của cây. Bên cạnh đó, việc trồng với mật độ thưa hơn (140 cây/ha) cũng được ghi nhận tại một số vườn, điều này có thể giúp cây có không gian sinh trưởng tốt hơn, nhưng lại làm giảm tổng năng suất trên đơn vị diện tích. Kết quả này cho thấy các hộ trồng nhãn tại khu vực khảo sát chỉ áp dụng kỹ thuật trồng chủ yếu dựa trên kinh nghiệm canh tác cá nhân.

suy yếu hoặc gãy đổ. Mật độ cây trồng cao tại khu vực khảo sát (260 cây/ha) có thể góp phần tạo môi trường thuận lợi cho các loại sâu bệnh phát triển do điều kiện thông thoáng kém (Matsuo et al., 2018). Bên cạnh đó, ruồi vàng là đối tượng côn trùng có tỷ lệ xuất hiện thấp, 6,67% và sâu ăn bông, 3,33%, nhưng vẫn có tiềm ẩn nguy cơ ảnh hưởng đến quá trình ra hoa, đậu trái và chất lượng quả. Đặc biệt, ruồi vàng thường gây thiệt hại lớn trong các giai đoạn gần thu hoạch, do đó cần có biện pháp giám sát chặt chẽ để giảm thiểu tác động tiêu cực của chúng. Kết quả trên cho thấy rằng việc quản lý sâu hại trên cây nhãn cần được kết hợp song song với biện pháp canh tác hợp lý, kiểm soát sinh học và sử dụng thuốc bảo vệ thực vật một cách hiệu quả và an toàn. Đồng thời, việc điều chỉnh mật độ trồng nhãn hợp lý và áp dụng các kỹ thuật tia cảnh, tạo tán có thể giúp hạn chế điều kiện thuận lợi cho sâu bệnh phát triển, từ đó nâng cao năng suất và chất lượng trái nhãn.



Hình 3. Một số loại sâu gây hại chính trên cây nhãn xoòng cơm vàng tại An Hưng, xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long (n = 30)

3.5. Năng suất trái

Kết quả được trình bày trong Bảng 5 cho thấy, sự chênh lệch đáng kể về năng suất trái giữa các vườn nhãn tại khu vực khảo sát. Với giá trị trung bình của năng suất trái trên cây đạt 52,7 kg/cây, nhưng khoảng dao động từ 17,0 kg/cây đến 105 kg/cây cho thấy mức độ không đồng đều về năng suất giữa các hộ trồng nhãn trong khu vực là rất lớn. Tương tự, năng suất tính theo đơn vị diện tích cũng có sự phân tán lớn. Một số vườn nhãn cho năng suất cao (30,0 tấn/ha), trong khi một số vườn chỉ đạt 5,0 tấn/ha. Điều này phản ánh sự khác biệt rõ rệt về kỹ thuật canh tác, chăm sóc và quản lý vườn nhãn. Kết

quả này cho thấy năng suất nhãn xoòng cơm vàng có thể bị ảnh hưởng bởi mật độ trồng, kết quả phân tích mật độ cây trung bình tại khu vực khảo sát là 260 cây/ha, nhưng có sự dao động lớn giữa các vườn trong khu vực khảo sát. Mật độ trồng quá dày có thể làm gia tăng sự cạnh tranh về ánh sáng và dinh dưỡng, từ đó ảnh hưởng tiêu cực đến năng suất. Kết quả một số nghiên cứu trước đây (Lordan et al., 2018; Leão de Sousa & Gonçalves., 2021) đã chỉ ra rằng việc duy trì khoảng cách hợp lý giữa các cây nhãn có thể giúp tối ưu hóa năng suất thông qua việc cải thiện khả năng hấp thụ ánh sáng và giảm áp lực dịch hại.

Bảng 5. Năng suất trái nhãn xoòng cơm vàng ở xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long (n = 30)

Thông số	Giá trị nhỏ nhất (Min)	Giá trị trung bình (Mean)	Giá trị cao nhất (Max)	Độ lệch chuẩn (Standard deviation)
Năng suất trái trên cây (kg/cây)	17,0	52,7	105	24,0
Năng suất trái trên ha (tấn/ha)	5,00	13,2	30,0	6,10

3.6. Hô hấp của vi sinh vật đất

3.6.1. Tốc độ hô hấp của vi sinh vật

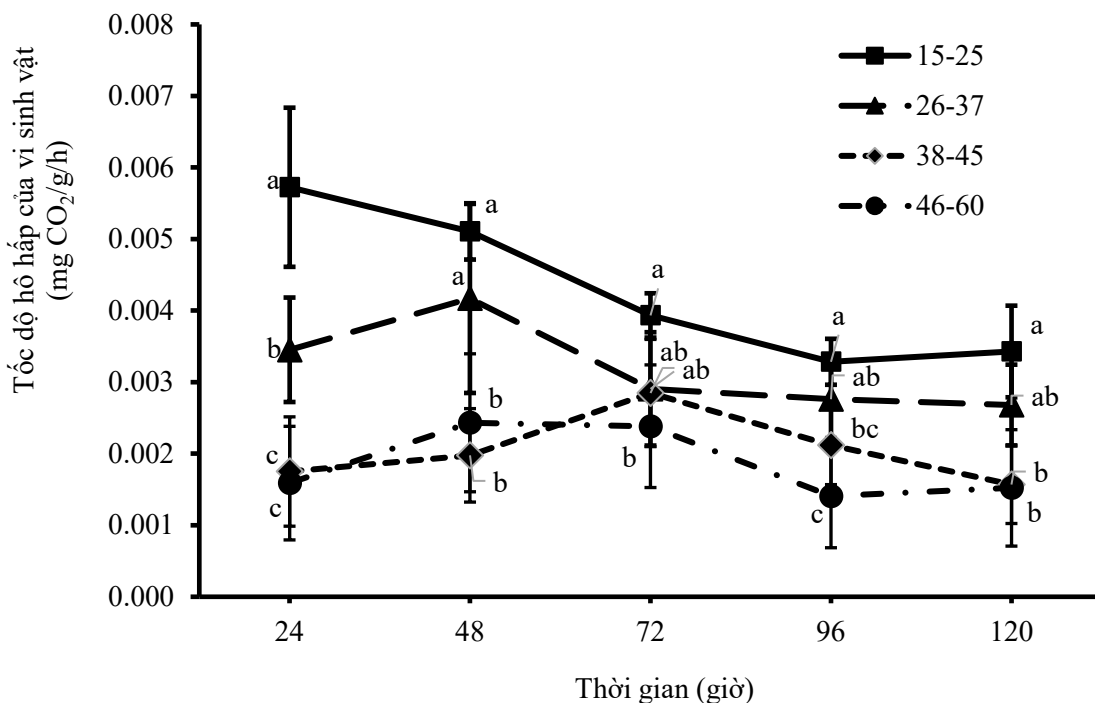
Hô hấp vi sinh vật đất là một trong những thông số hiển thị cho chất lượng và sức khỏe đất. Hình 4 thể hiện sự thay đổi tốc độ hô hấp của vi sinh vật trong đất theo thời gian ở bốn nhóm đất có tuổi liếp khác nhau (15 - 25 năm, 26 - 37 năm, 38 - 45 năm và 46 - 60 năm). Kết quả cho thấy tốc độ hô hấp đạt giá trị cao nhất ở thời điểm 24 giờ, sau đó giảm dần

theo thời gian ủ. Nhóm có tuổi liếp cây nhãn thấp (15 - 25 năm) có tốc độ hô hấp cao nhất, đạt 0,006 mg CO₂/g/h ở thời điểm sau 24 giờ ủ, cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05) khi so với tốc độ hô hấp đất của các nhóm đất có tuổi liếp còn lại (0,001 – 0,003 mg CO₂/g/h) và giảm xuống giá trị 0,004 mg CO₂/g/h ở thời điểm 72 giờ ủ, sau đó duy trì ổn định cho đến thời điểm kết thúc thí nghiệm (120 giờ). Nhóm đất có tuổi liếp từ 26 đến 37 năm có cùng xu hướng về tỉ lệ hô hấp đất có tuổi

liếp 15 đến 25 năm) nhưng tốc độ hô hấp đất thấp hơn, dao động từ 0,003 đến 0,004 mg CO₂/g/h sau 24 - 48 giờ ủ. Trong khi đó, nhóm đất có tuổi liếp từ 38 đến 45 năm và từ 46 đến 60 năm có tốc độ hô hấp vi sinh vật đất thấp nhất, đặc biệt là nhóm đất có tuổi liếp lâu năm nhất (46 - 60 năm), tốc độ hô hấp vi sinh vật đất sau 24 giờ sau khi ủ chỉ đạt 0,001 mg CO₂/g/h và có xu hướng giảm dần theo thời gian ủ.

Kết quả cho thấy tuổi liếp càng cao, tốc độ hô hấp vi sinh vật đất càng giảm, đặc biệt là đối với nhóm đất có tuổi liếp cao từ 38 đến 60 năm. Điều này có thể được giải thích bởi sự suy giảm chất hữu cơ trong đất theo thời gian canh tác dẫn đến sự suy

giảm về thành phần vi sinh vật trong đất do thiếu nguồn carbon cho vi sinh vật. Kết quả các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng chất hữu cơ là nguồn dinh dưỡng chính cho vi sinh vật đất và khi đất được canh tác lâu năm nhưng không được cung cấp phân hữu cơ hợp lý, dẫn đến thiếu hụt nguồn thức ăn (chủ yếu là carbon hữu cơ) dẫn đến suy giảm mật số và hoạt động của vi sinh vật đất (Matsuo et al., 2018). Ngoài ra, những thay đổi trong cấu trúc đất, khả năng giữ ẩm và độ thoáng khí của đất cũng ảnh hưởng đến sự phát triển về mật số và hoạt động của hệ vi sinh vật đất (Qian et al., 2022; Bian et al., 2022).



Hình 4. Tốc độ hô hấp của vi sinh vật đất ở các nhóm đất trồng nhãn có tuổi liếp khác nhau tại xã An Hưng, xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long (n = 20)

3.6.2. Hàm lượng CO₂ tích lũy

Kết quả hàm lượng CO₂ tích lũy thông qua hoạt động hô hấp vi sinh vật đất vườn nhãn có tuổi liếp khác nhau được trình bày trong Hình 5 cho thấy hàm lượng CO₂ tích lũy trong đất có xu hướng tăng dần theo thời gian ở tất cả mẫu đất có tuổi liếp khác nhau. Sau 24 giờ ủ, hàm lượng CO₂ tích lũy ở các mẫu đất thử nghiệm đạt giá trị thấp nhất, sau đó tăng dần theo thời gian ủ và đạt giá trị cao nhất ở thời điểm sau 120 giờ ủ. Kết quả nghiên cứu còn cho thấy sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hàm lượng CO₂ tích lũy trong đất theo thời gian và giữa các nhóm đất có

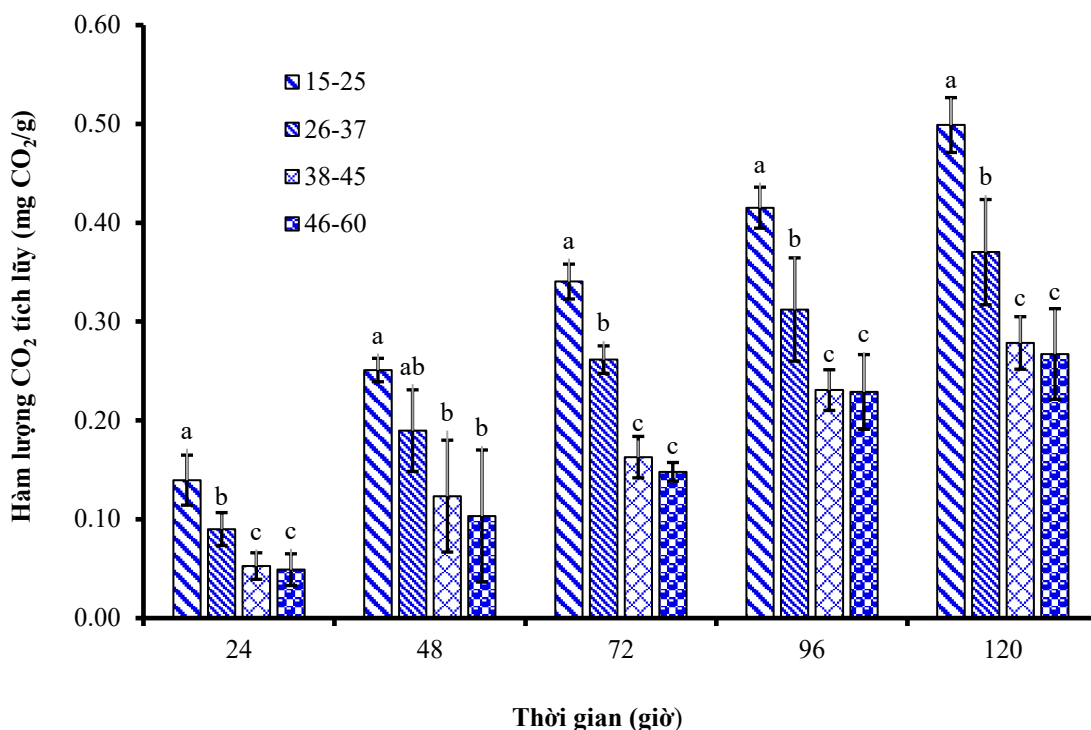
tuổi liếp khác nhau. Cụ thể, nhóm đất có tuổi liếp thấp hơn cho hoạt động hô hấp vi sinh vật cao hơn, dẫn đến hàm lượng CO₂ tích lũy cao hơn, và ngược lại, nhóm đất có tuổi liếp cao hơn, canh tác lâu năm có hàm lượng tích lũy CO₂ thấp hơn. Điều này cho thấy đất có tuổi liếp thấp có mật số và sinh khối hệ vi sinh vật đất cao và dẫn đến hoạt động và hô hấp mạnh mẽ và tham gia tiến trình phân hủy chất hữu cơ trong đất, dẫn đến sự giải phóng thích CO₂.

Ngoài ra, nhóm đất có tuổi liếp từ 15 đến 25 năm có hàm lượng CO₂ tích lũy cao nhất ở tất cả các thời điểm khảo sát. Sau 120 giờ ủ, lượng CO₂ tích lũy đạt

0,499 mg CO₂/g đất, cao hơn khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so với các mẫu đất còn lại, tiếp đến là đất có tuổi liếp từ 26 đến 37, có hàm lượng CO₂ tích lũy đạt 0,370 mg CO₂/g đất cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so với 2 nhóm đất còn lại có tuổi liếp 38 - 45 năm (0,278 mg CO₂/g đất) và 46 - 60 năm (0,267 mg CO₂/g đất).

Kết quả trên cho thấy rằng tuổi liếp có ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động vi sinh vật đất thông qua hàm lượng CO₂ tích lũy theo thời gian ủ. Điều này có thể là do nhóm đất có tuổi liếp thấp hơn có hàm lượng chất hữu cơ cao hơn, là thức ăn chính cho vi sinh vật đất, dẫn đến hệ vi sinh vật đất có sinh khối và mật số cao hơn, dẫn đến hoạt động hô hấp vi sinh vật đất mạnh hơn và giải phóng CO₂ nhiều hơn (Six et al., 2002). Ngược lại, đất vườn

nhân canh tác lâu năm có hàm lượng chất hữu cơ thấp hơn do không được bón phân hóa học và ngoài ra, theo tự nhiên, chất hữu cơ trong đất ngày càng giảm theo thời gian canh tác trong hệ thống canh tác nông nghiệp truyền thống sử dụng hóa chất (Lal, 2015). Ngoài ra, nhóm đất có tuổi liếp thấp có cấu trúc đất tơi xốp hơn, giúp quá trình trao đổi khí diễn ra thuận lợi, tạo điều kiện tối ưu cho hô hấp vi sinh vật (Galantini & Rosell, 2006, Nguyen et al., 2024). Trong khi đó, đất có tuổi liếp cao có thể bị nén chặt, giảm độ thoáng khí và hạn chế lượng oxy, làm cho vi sinh vật hoạt động kém hơn, dẫn đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ và tích lũy CO₂ thấp. Bên cạnh đó, việc sử dụng phân bón hóa học, thuốc bảo vệ thực vật hoặc các biện pháp canh tác không bền vững khác có thể làm suy giảm sinh khối, mật số và hoạt động hô hấp của vi sinh vật đất theo thời gian (Bai et al., 2020; Shahid & Khan, 2022).



Hình 5. Hàm lượng CO₂ tích lũy theo thời gian ủ của các mẫu đất vườn nhân có tuổi liếp khác nhau tại ấp An Hưng, xã An Bình, huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long (n = 20)

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy các vườn canh tác nhân xương cơm vàng có tuổi liếp trên 15 năm tuổi tại huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long đang gặp nhiều khó khăn trong việc quản lý dinh dưỡng và duy trì năng suất. Mật độ trồng cao hơn khuyến cáo dẫn đến

sự cạnh tranh giữa các cây về ánh sáng, nước và dinh dưỡng. Việc bón phân vô cơ với tỷ lệ N-P-K chưa cân đối, đặc biệt là lượng đạm cao hơn so với mức khuyến nghị, trong khi lân và kali còn thấp. Đồng thời, lượng phân hữu cơ bón còn thấp so với nhu cầu của cây.

Kết quả phân tích tốc độ hô hấp của vi sinh vật trong đất cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa các nhóm đất có tuổi liếp khác nhau. Nhóm đất có tuổi liếp từ 15 đến 25 năm có hoạt động vi sinh vật cao nhất, thể hiện qua tốc độ hô hấp vi sinh vật và hàm lượng CO₂ tích lũy cao hơn so với các nhóm đất có tuổi liếp lớn hơn. Điều này cho thấy vai trò quan trọng của vi sinh vật đất trong việc cải thiện độ phì nhiêu và duy trì sự cân bằng dinh dưỡng. Do đó, để nâng cao hiệu quả canh tác và bảo vệ sức khỏe đất, cần có những biện pháp canh tác và quản lý vườn phù hợp nhằm duy trì mật độ trồng phù hợp, tạo điều

kiện tối ưu cho cây sinh trưởng và phát triển bền vững.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện với sự tài trợ kinh phí của Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua đề tài cấp Bộ: “Nghiên cứu biện pháp kích thích gia tăng mật số nhóm vi khuẩn có lợi trong đất vườn trồng nhãn lâu năm ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long” mã số B2023-TCT-14 do Đại học Cần Thơ quản lý năm 2023-2025.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

- Anderson, J. P. (1982). Soil respiration. *Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 831-871. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c41>
- Bai, Y.C.; Chang, Y.Y.; Hussain, M.; Lu, B.; Zhang, J.P.; Song, X.B.; Lei, X.S.; Pei, D. (2020). Soil chemical and microbiological properties are changed by long-term chemical fertilizers that limit ecosystem functioning. *Microorganisms*, 8(5), 694. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050694>
- Bell, C. W., Asao, S., Calderon, F., Wolk, B., & Wallenstein, M. D. (2015). Plant nitrogen uptake drives rhizosphere bacterial community assembly during plant growth. *Soil Biology and Biochemistry*, 85, 170-182. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.03.006>
- Bhattarai, A., Bhattarai, B., & Pandey, S. (2015). Variation of soil microbial population in different soil horizons. *J Microbiol Exp*, 2(2), 00044. <https://doi.org/10.15406/jmen.2015.02.00044>
- Bian, H., Li, C., Zhu, J., Xu, L., Li, M., Zheng, S., & He, N. (2022). Soil moisture affects the rapid response of microbes to labile organic C addition. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 857185. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.857185>
- Chen, S., Lin, B., Li, Y., & Zhou, S. (2020). Spatial and temporal changes of soil properties and soil fertility evaluation in a large grain-production area of subtropical plain, China. *Geoderma*, 357, 113937. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113937>
- Diacono, M., & Montemurro, F. (2011). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. In E. Lichtfouse (Ed.), *Sustainable agriculture (Vol. 2, pp. 761–786)*. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_34
- Dincă, L. C., Grenni, P., Onet, C., & Onet, A. (2022). Fertilization and soil microbial community: a review. *Applied Sciences*, 12(3), 1198. <https://doi.org/10.3390/app12031198>
- Duan, Y., Xu, M., Gao, S., Liu, H., Huang, S., & Wang, B. (2016). Long-term incorporation of manure with chemical fertilizers reduced total nitrogen loss in rain-fed cropping systems. *Scientific Reports*, 6(1), 33611. <https://doi.org/10.1038/srep33611>
- Fontes, D. E., Mills, A. L., Hornberger, G. M., & Herman, J. (1991). Physical and chemical factors influencing transport of microorganisms through porous media. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(9), 2473-2481. <https://doi.org/10.1128/aem.57.9.2473-2481.1991>
- Galantini, J., & Rosell, R. (2006). Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil and Tillage Research*, 87(1), 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.02.032>
- Gannon, J. T., Manilal, V. B., & Alexander, M. (1990a). Relationship between cell surface properties and transport of bacteria through soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(1), 190-193. <https://doi.org/10.1128/aem.57.1.190-193.1991>
- Gannon, J., Tan, Y. H., Baveye, P. H. I. L. I. P. P. E., & Alexander, M. (1991b). Effect of sodium chloride on transport of bacteria in a saturated aquifer material. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(9), 2497-2501. <https://doi.org/10.1128/aem.57.9.2497-2501.1991>
- General Statistics Office of Vietnam. (2021). *Statistical yearbook of Vietnam 2020*. Vietnam: Statistical Publishing House.
- General Statistics Office of Vietnam. (2020). *Population and Housing Census 2019: Key Findings*.
- Ho, T.V., Le, T. Đ. T., & Vo, G.T. (2014). Current farming practices and some soil properties of

- mangosteen gardens at Cho Lach district, Ben Tre province. *Can Tho University Journal of Science*, (32), 40-45 (in Vietnamese).
- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>
- Le, D. V., & Ngo, H. N. (2022). Assessment of the current cultivation of Edor longan variety grown on raised beds in Phong Dien district, Can Tho City. *Journal of Vietnam Agricultural Science and Technology*, 6(139), 68–73. (in Vietnamese)
- Le, D.V., & Ngo, H.N. (2020). Role of organic fertilizer application in improving soil chemistry characteristics and fruit yield of Nam Roi pomelo in Hau Giang province. *Can Tho University Journal of Science*, 56(SoilScience), 82 (in Vietnamese). <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2020.072>
- Le, D.V., & Ngo, H.N. (2023). Effects of the age of raised beds on the physicochemical characteristics of fruit orchard soil in the Vietnamese Mekong Delta. *PeerJ*, 11. <https://doi.org/10.7717/peerj.16178>
- Le, D.V., Ngo, N.P., & Ngo, H.N. (2021). Soil quality and pomelo productivity as affected by chicken manure and cow dung. *The Scientific World Journal*, 2021(1), 6289695. <https://doi.org/10.1155/2021/6289695>
- Le, D.V., Ngo, N.P., & Ngo, H.N. (2022). Effects of biochar, lime, and compost applications on soil physicochemical properties and yield of pomelo (*Citrus grandis* Osbeck) in alluvial soil of the Mekong Delta. *Applied and Environmental Soil Science*, 2022(1), 5747699. <https://doi.org/10.1155/2022/5747699>
- Leão de Sousa, M., & Gonçalves, M. (2021). Effects of planting density on light interception and distribution, physiological and agronomic performance of Gala apple orchards. In *Acta Horticulturae* (Ed.), *XII International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems* (pp. 337–346). International Society for Horticultural Science. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1346.42>
- Lordan, J., Francescotto, P., Dominguez, L. I., & Robinson, T. L. (2018). Long-term effects of tree density and tree shape on apple orchard performance, a 20 year study—Part 1, agronomic analysis. *Scientia Horticulturae*, 238, 303-317. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.033>
- Maleki, S., Karimi, A., Zeraatpisheh, M., Poozeshi, R., & Feizi, H. (2021). Long-term cultivation effects on soil properties variations in different landforms in an arid region of eastern Iran. *Catena*, 206, 105465. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105465>
- Mandal, R., & Sharma, G. K. (2019). Fertilizer Recommendations based on Targeted Yield Concept Involving INM for Potato (*Solanum Tuberosum* L) in Inceptisols of Rainfed Midlands of Bastar Plateau. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 8(7), 1629-1639. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.807.194>
- Matsuo, N., Yamada, T., Takada, Y., Fukami, K., & Hajika, M. (2018). Effect of plant density on growth and yield of new soybean genotypes grown under early planting condition in southwestern Japan. *Plant Production Science*, 21(1), 16-25. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2018.1432981>
- Natale, W., Rozane, D. E., Parent, S. É., & Parent, L. E. (2012). Soil acidity and liming in tropical fruit orchards. In *Soil fertility*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/53345>
- Ngo, T.T.T., & Le, T.V. (2022). Impacts of adopting specialized agricultural programs relying on “good practice” – Empirical evidence from fruit growers in Vietnam. *Open Agriculture*, 7, 39-49. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0069>
- Nguyen, K. T. T., & Ngo H. N. (2019). Survey on the cultivation status of Nam Roi pomelo grown on raised beds in Chau Thanh District, Hau Giang Province. *Vietnam Journal of Agricultural Science and Technology*, 12(109), 161-164 (in Vietnamese).
- Nguyen, N. K., Nguyen, P. M., Chau, A. T. T., Do, L. T., Nguyen, T. H. T., Tran, D. H. V., Le, X.T., Robotjazi, J., Lasar, H.G.W., Morton, L.W., Demyan, M.S., Tran, H. & Teciment, H. B. (2024). Long-term changes in soil biological activity and other properties of raised beds in Longan orchards. *PeerJ*, 12, e18396. <https://doi.org/10.7717/peerj.18396>
- Nguyen, V. B. (2019). *Fertilizing fruit trees*. <http://iasvn.org/upload/files/6CKZ0YVLVL14.%20NBVe-ok.pdf>.
- Pham, Q. V., & Vo, G.T. (2011). Chemical properties during different development stages of fruit orchards in the mekong delta (Vietnam). *Agricultural Sciences*, 2(3), 375-381. <https://doi.org/10.4236/as.2011.23049>
- Qian, Z., Zhuang, S., Gao, J., Tang, L., Harindintwali, J. D., & Wang, F. (2022). Aeration increases soil bacterial diversity and nutrient transformation under mulching-induced hypoxic conditions. *Science of the Total Environment*, 817, 153017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153017>
- Shahid, M., & Khan, M. S. (2022). Ecotoxicological implications of residual pesticides to beneficial soil bacteria: A review. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 188, 105272. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105272>

- Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., & Paustian, K. (2002). Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, 241, 155-176.
<https://doi.org/10.1023/A:1016125726789>
- Spreer, W., Schulze, K., Ongprasert, S., Wiriya-Alongkorn, W., & Müller, J. (2013). Mango and longan production in Northern Thailand: the role of water saving irrigation and water stress monitoring. *Sustainable land use and rural development in Southeast Asia: innovations and policies for mountainous areas*, 215-228.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-33377-4_6
- Wang, J., Li, R., Zhang, H., Wei, G., & Li, Z. (2020). Beneficial bacteria activate nutrients and promote wheat growth under conditions of reduced fertilizer application. *BMC Microbiology*, 20, 1-12.
<https://doi.org/10.1186/s12866-020-1708-z>
- Xiang, H., Zhang, Y., Wei, H., Zhang, J. E., & Zhao, B. (2018). Soil properties and carbon and nitrogen pools in a young hillside longan orchard after the introduction of leguminous plants and residues. *PeerJ*, 6, e5536.
<https://doi.org/10.7717/peerj.5536>
- Xu, J., Han, H., Ning, T., Li, Z., & Lal, R. (2019). Long-term effects of tillage and straw management on soil organic carbon, crop yield, and yield stability in a wheat-maize system. *Field Crops Research*, 233, 33-40.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.12.016>
- Yang, Q., & Zhang, M. (2023). Effect of bio-organic fertilizers partially substituting chemical fertilizers on labile organic carbon and bacterial community of citrus orchard soils. *Plant and Soil*, 483(1), 255-272.
<https://doi.org/10.1007/s11104-022-05735-4>
- Ye, S., Peng, B., & Liu, T. Effects of organic fertilizers on growth characteristics and fruit quality in Pear-jujube in the Loess Plateau. *Sci Rep* 12, 13372 (2022).
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-17342-5>
- Zhao, Z., Zheng, W., Ma, Y., Wang, X., Li, Z., Zhai, B., & Wang, Z. (2020). Responses of soil water, nitrate and yield of apple orchard to integrated soil management in Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management*, 240, 106325.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106325>