



ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH SINH THÁI KHÉP KÍN CHO HỘ DÂN TRỒNG CÂY THANH LONG VÀ CHĂN NUÔI HEO QUY MÔ NÔNG HỘ

TRẦN THỊ HIỆU¹, NGUYỄN VIỆT THẮNG^{1*}, NGUYỄN THỊ PHƯƠNG THẢO¹, TRẦN TRUNG KIÊN¹

¹Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt

Mục tiêu của nghiên cứu là đề xuất mô hình sinh thái khép kín cho các hộ nông dân trồng thanh long kết hợp chăn nuôi heo quy mô nông hộ. Các giải pháp kỹ thuật trong mô hình được xem xét bao gồm: i) xử lý nước thải bằng hệ thống biogas kết hợp bể lắng, lọc 3 ngăn và ao xử lý sinh học; ii) sản xuất phân bón hữu cơ từ sinh khối thanh long và phân chuồng. Bên cạnh đó, mô hình sinh thái khép kín cho các hộ nông dân trồng thanh long kết hợp chăn nuôi heo (quy mô nông hộ) được áp dụng thí điểm cho hộ dân xã Tân Thành, tỉnh Lâm Đồng cho thấy nhiều hiệu quả. Cụ thể, về mặt môi trường (giảm mùi hôi, nước thải chăn nuôi đạt quy chuẩn QCVN 62:2025/BTNMT), kinh tế (lợi nhuận thu được sau khi hoàn vốn là 41.559.870 đồng/năm) và sinh kế (tạo thêm 5 việc làm). Đặc biệt mô hình đã áp dụng một số giải pháp tự động hóa đơn giản nhằm giảm lượng tiêu thụ điện năng không cần thiết, giảm chi phí nhân công lao động. Kết quả nghiên cứu còn cho thấy, mô hình sinh thái khép kín cho các hộ nông dân trồng thanh long và chăn nuôi heo quy mô nông hộ hoàn toàn có khả năng nhân rộng cho các đối tượng và khu vực có điều kiện tương tự.

Từ khóa: Cây thanh long, chăn nuôi gia súc, giải pháp tự động hóa đơn giản, ủ phân hữu cơ, mô hình sinh thái khép kín.

Ngày nhận bài: 14/1/2026; **Ngày sửa chữa:** 2/2/2026; **Ngày duyệt đăng:** 26/2/2026.

Proposed closed-loop ecological model for households engaging in dragon fruit cultivation and pig farming on a small scale

Abstract

The objective of this study is to propose a closed-loop ecological model for dragon fruit farmers combining livestock farming on a household scale. Technical solutions considered in the model include: i) wastewater treatment using a biogas system combined with a three-compartment settling and filtration tank and a biological treatment pond; ii) production of organic fertilizer from dragon fruit biomass and animal manure. In addition, the closed-loop ecological model for dragon fruit farmers combining pig farming (on a household scale) was piloted in Tan Thanh commune, Lam Dong province, and showed many positive results. Specifically, in terms of the environment (reduced odor, livestock wastewater meeting QCVN 62:2025/BTNMT standards), the economic aspect (profit after capital recovery was VND 41,559,870/year), and livelihood (creating 5 additional jobs). In particular, the model has applied several simple automation solutions to reduce unnecessary electricity consumption and labor costs. The research results also show that the closed-loop ecological model for dragon fruit farming and small-scale pig farming is fully scalable for other groups and areas with similar conditions.

Keywords: Dragon fruit tree, livestock farming, simple automation solution, composting, closed ecosystem.

JEL Classifications: O13, Q52, Q53, R00.

1. GIỚI THIỆU

Cây thanh long (*Hylocerus undulatus*) thuộc họ xương rồng (Cactaceae), có nguồn gốc ở Trung Mỹ, là một trong những cây ăn trái quan trọng của nước ta [1]. Theo Trung tâm Thông tin Công nghiệp và Thương mại (Bộ Công Thương), diện tích thanh long cả nước còn hơn 50.000 ha với sản lượng thu hoạch thanh long ước đạt 147,3 nghìn tấn [2]. Thanh long đóng góp đáng kể cho kim ngạch xuất khẩu hoa quả tươi của Việt Nam

trong những năm gần đây. Với ưu thế thị trường tiêu thụ ổn định và hiệu quả kinh tế cao, nông dân đang ngày càng chú trọng đầu tư vào sản xuất cây thanh long [1, 2]. Trong đó các tỉnh trồng thanh long nhiều nhất là Lâm Đồng, Tây Ninh và Đồng Tháp. Đồng thời, Theo Niên giám thống kê 2024 tại 3 tỉnh này cũng có số lượng heo tương đối lớn, ước tính 2.294,5 nghìn con (chiếm 8,65% số lượng heo cả nước). Tuy nhiên, hoạt động sản xuất thanh long và chăn nuôi phát sinh một



lượng lớn nước thải và phân thải gây ảnh hưởng tiêu cực cho môi trường. Hàm lượng chất dinh dưỡng trong nước và phân khá cao, vì vậy việc tận dụng được một phần chất dinh dưỡng là cần thiết nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Hiện nay, đã có nhiều giải pháp xử lý chất thải nông nghiệp, chẳng hạn như các hệ thống nông nghiệp tích hợp như mô hình kết hợp giữa trồng trọt - ao [3], trồng trọt - chăn nuôi [4, 5], trồng trọt - ao - chăn nuôi [6], và hệ thống trồng trọt - ao - chăn nuôi - khí sinh học đã đóng vai trò quan trọng trong lưu thông vật chất và giảm ô nhiễm môi trường. Trong các hệ thống này, chất thải được tái chế và tái sử dụng, dòng chất thải từ thành phần này được coi là nguyên liệu đầu vào cho một thành phần khác. Mô hình vườn - chuồng - đồng cỏ là mô hình chăn thả động vật ăn cỏ (bò, trâu, dê,...) trong vườn cây ăn trái và có cỏ mọc bên dưới. Hiệu quả của mô hình mang lại là tạo cảnh quan đẹp và sạch sẽ, bò ăn cỏ, sự di chuyển của bò trong trang trại sẽ làm xáo trộn nơi trú ẩn của các loài côn trùng có hại cho cây xoài trong vườn, các loài gia cầm sẽ ăn côn trùng trong vườn [7].

Mặt khác, việc ứng dụng công nghệ nông nghiệp 4.0 đơn giản trong sản xuất nông nghiệp đã được áp dụng trong những năm gần đây. Các nghiên cứu chỉ ra rằng việc sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI), thị giác máy tính (computer vision) và cảm biến IoT cho phép giám sát sinh trưởng cây trồng, phát hiện sớm sâu bệnh và đánh giá chất lượng nông sản một cách tự động. Đặc biệt, các mô hình học máy chuyên sâu đã được phát triển để phân loại và đánh giá chất lượng trái thanh long theo hình ảnh, giúp giảm chi phí nhân công và nâng cao độ chính xác trong phân loại sản phẩm, góp phần thúc đẩy chuyển đổi số trong nông nghiệp [8, 9]. Trong lĩnh vực chăn nuôi, đặc biệt là chăn nuôi gia súc, AI và công nghệ 4.0 đang đóng vai trò quan trọng trong mô hình chăn nuôi. Việc kết hợp AI, dữ liệu lớn và hệ thống cảm biến IoT cho phép theo dõi liên tục tình trạng sức khỏe, hành vi và năng suất vật nuôi theo thời gian thực. Nhờ đó, người chăn nuôi có thể phát hiện sớm bất thường, tối ưu khẩu phần ăn và quản lý môi trường chuồng trại hiệu quả hơn, góp phần nâng cao năng suất và phát triển chăn nuôi bền vững [10, 11]. Đồng thời, các giải pháp tự động hóa đơn giản đã từng bước được ứng dụng nhiều

Bảng 1. Đặc điểm của nông hộ

| Hạng mục | Diện tích (S, m ²) |
|------------------|--------------------------------|
| Trồng thanh long | 9.000 |
| Chuồng trại | 100 |
| Nhà | 150 |
| Đất trống | 750 |

tại các trang trại chăn nuôi ở Việt Nam như sử dụng hệ thống giám sát và điều khiển tự động giúp chủ trang trại quản lý nhanh chóng, dễ dàng [12].

Bài viết này nhằm đề xuất mô hình sinh thái khép kín kết hợp một số giải pháp tự động hóa đơn giản cho hoạt động canh tác cây trồng thanh long kết hợp chăn nuôi heo quy mô nông hộ nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường, tạo sinh kế mới và gia tăng kinh tế từ các sản phẩm sau thu hồi là phụ phẩm cây thanh long, phân chuồng làm phân hữu cơ, nước thải sau hệ thống xử lý nhằm mục đích tái sử dụng để tưới cây thanh long.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện tại hộ nông dân có sinh kế chính là trồng thanh long kết hợp chăn nuôi heo quy mô nông hộ tại xã Tân Thành, tỉnh Lâm Đồng. Khu vực nghiên cứu có diện tích khoảng 10.000m², diện tích trồng cây thanh long là 9.000m², diện tích chuồng trại là 100m², diện tích nhà là 150m² và diện tích còn lại là đất trống. Đặc điểm của hộ nuôi được thể hiện tại Bảng 1. Đây là hộ điển hình cho trồng thanh long kết hợp chăn nuôi heo với 1.200 trụ thanh long và 40 con heo Hình 1.



Vườn trồng cây thanh long



Khu vực chăn nuôi

Hình 1. Hiện trạng sinh kế của hộ dân điển hình xã Tân Thành, tỉnh Lâm Đồng

Đối với thanh long: Với 9.000m² trồng thanh long (1.200 trụ) trên 5 năm tuổi. Trung bình mỗi năm hộ dùng khoảng 24 tấn phân hữu cơ cho 2 lần bón, toàn bộ lượng phân dùng sử dụng từ phân chuồng của hộ. Đối với chăn nuôi heo: Thức ăn chủ yếu là bã hèm, ngoài ra hộ còn bổ sung thêm 40kg cám gạo mỗi ngày vào khẩu phần ăn. Nguồn nước phục vụ tưới cây thanh long và dội chuồng là nước giếng, sử dụng 01 máy bơm 2HP để bơm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu thập và tổng hợp tài liệu

Phương pháp thu thập và tổng hợp tài liệu đóng vai trò quyết định trong việc thiết kế mô hình sinh thái khép kín kết hợp một số giải pháp tự động hóa đơn giản cho hoạt động canh tác cây trồng thanh long kết hợp chăn nuôi heo quy mô nông hộ. Tài liệu từ các nguồn khác nhau, cả sơ cấp lẫn thứ cấp, sẽ được sử dụng để tạo nền tảng lý thuyết và cơ sở thực tiễn cho các giải pháp kỹ thuật.

2.2.2. Phương pháp khảo sát thực địa

Khảo sát thực địa là phương pháp quan trọng nhằm đánh giá điều kiện thực tiễn của các hộ trồng thanh long kết hợp chăn nuôi heo quy mô nông hộ. Các thông tin thu thập từ khảo sát sẽ giúp định hình các giải pháp kỹ thuật và các bước xây dựng mô hình. Nghiên cứu đã khảo sát hộ điển hình cho hoạt động canh tác cây thanh long và nuôi heo quy mô nông hộ tại xã Tân Thành, tỉnh Lâm Đồng.

2.2.3. Phương pháp đề xuất mô hình

Cách tiếp cận của mô hình là trên nền tảng mô hình VACBNXT do GS.TS Lê Thanh Hải và cộng sự [13] đã phát triển gồm 7 thành phần Vườn (V) - Ao (A) - Chuồng (C) - Nhà (N) - Xưởng (X) - Trạm (T) và các mô hình sinh thái sẵn có mang lại hiệu quả kết hợp với cách tiếp cận sinh kế bền vững của DFID dựa trên điều kiện sinh kế và điều kiện tự nhiên sẵn có của các vùng sinh thái khác nhau tại Việt Nam để hình thành

nên một mô hình mang tính tổng quát nhưng có thể áp dụng cho từng đối tượng cụ thể.

2.2.4. Phương pháp đánh giá hiệu quả mô hình

Để đánh giá hiệu quả kinh tế của các giải pháp sinh thái khép kín và ứng dụng một số giải pháp tự động hóa đơn giản trong xử lý chất thải của cây thanh long kết hợp với chăn nuôi heo quy mô nông hộ bao gồm tất cả các chi phí liên quan đến hoạt động xử lý chất thải của hộ nông dân đối với phế phẩm cây thanh long và chất thải chăn nuôi. Dữ liệu kiểm kê có thể được sử dụng để xác định hầu hết các chi phí này. Dòng nguyên liệu và năng lượng thu được có thể được nhân với đơn giá bán của sản phẩm sản xuất được hoặc nhân với giá thị trường của sản phẩm mua. Lợi nhuận của hoạt động canh tác và mô hình đề xuất được tính bằng công thức (1). Do sử dụng mốc thời gian là 1 năm nên công thức (1) không áp dụng lãi suất.

$$L = \sum B - \sum C \quad (1)$$

Trong đó: L là lợi nhuận của mô hình, C là chi phí, B là doanh thu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiện trạng môi trường tại đối tượng nghiên cứu

Hiện trạng môi trường khu vực nghiên cứu được khảo sát như sau:

Đối với chất thải rắn: Phát sinh chủ yếu từ quá trình chăn nuôi, trồng trọt và sinh hoạt của hộ dân, hiện tại các loại chất thải này chưa được xử lý như Hình 2. Phân heo ước tính 104kg/ngày chưa được thu gom. Cành thanh long tỉa bỏ mỗi năm 1 lần, trung bình 150 cành/trụ, tương ứng khoảng 50kg/trụ, như vậy mỗi năm phát thải ra môi trường gần 60 tấn cành tỉa bỏ. Chưa có sự liên kết giữa chăn nuôi heo và canh tác cây thanh long tại hộ.

Nước thải: Ước tính 1,2m³/ngày, chủ yếu là nước thải từ quá trình vệ sinh chuồng trại chăn nuôi, nước thải này hiện tại chưa được xử lý và được chảy tràn trực tiếp ra môi trường. Vị trí tiếp nhận nước thải là

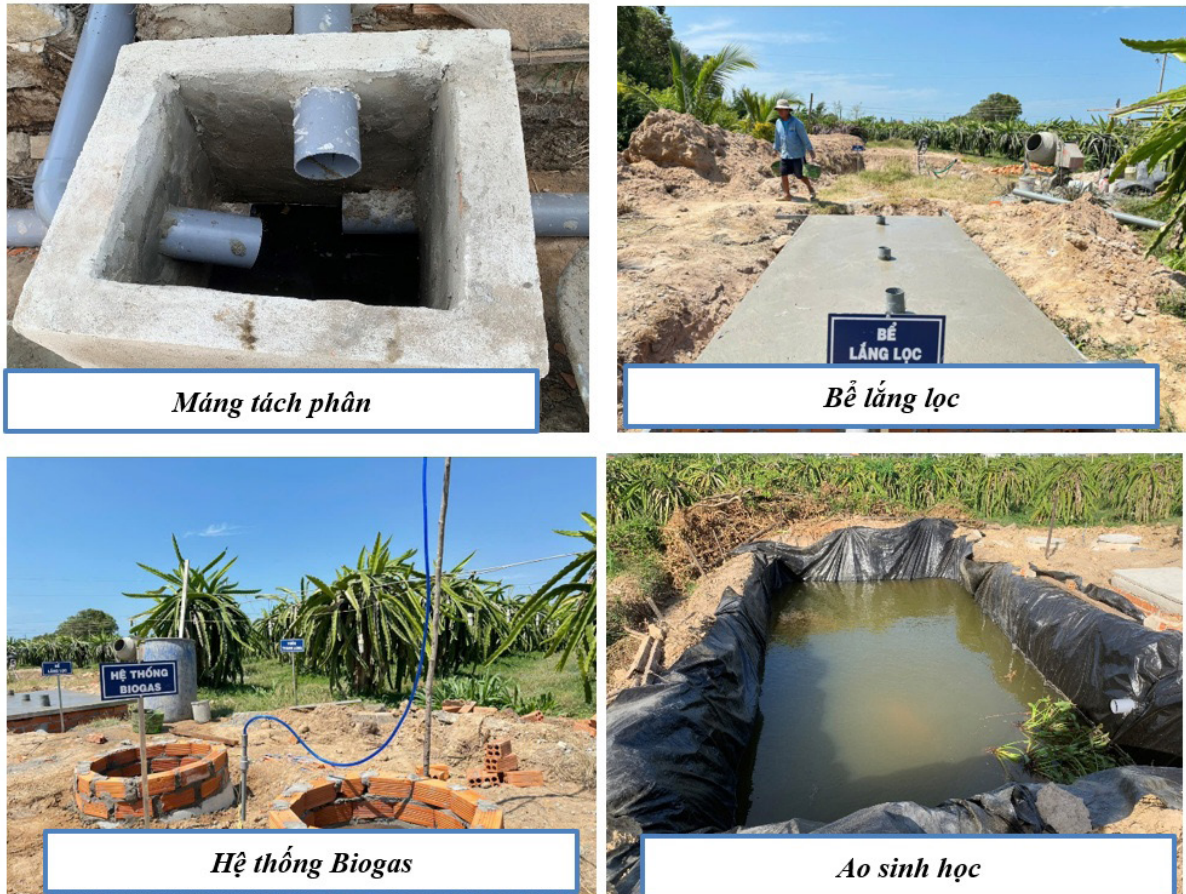


Cành thanh long tỉa bỏ bị hoai mục



Khu nước rửa chuồng chảy tràn

Hình 2. Hiện trạng môi trường của hộ điển hình



Hình 5. Một số hình ảnh triển khai của mô hình

Toàn bộ lượng phân hữu cơ ủ được sẽ được bón cho cây thanh long (Hình 4).

Nước thải từ chuồng nuôi: Trung bình 1,2 m³/ngày. đêm được thu toàn bộ vào Biogas 9m³. Nước thải sau Biogas được dẫn và Bể lắng - lọc 3 ngăn thể tích trữ nước 4m³ theo độ cao địa hình, tại đây đảm bảo lắng, lọc cặn cũng như giảm nồng độ COD, BOD₅, TSS sau biogas. Sau đó, toàn bộ nước thải sẽ được dẫn vào Ao sinh học thể tích 40m³ (ao có sẵn của hộ) đảm bảo khả năng lưu nước từ 30-50 ngày trước khi tái sử dụng. Tại Ao sinh học thả cá rô phi và trồng các loại cây thủy sinh bản địa để xử lý nước thải như lục bình, bèo, rau muống,... Cá rô phi thu được tại Ao sinh học sẽ dùng ủ đạm cá, đạm cá được dùng cung cấp chất dinh dưỡng cho cây thanh long. Ngoài ra, khí sinh học sinh ra từ Biogas sẽ dùng cung cấp cho nhu cầu nấu ăn của gia đình. Nước tại Ao sinh học đảm bảo đạt tiêu chuẩn QCVN 62:2025/BTNMT trước khi tuần hoàn tưới cho cây thanh long. Các hạng mục của mô hình sinh thái khép kín được triển khai tại hộ dân như Hình 5.

Ngoài ra, mô hình đề xuất một số giải pháp tự động hóa đơn giản như: Lắp đặt thiết bị điện hẹn giờ tự động giúp tự động bật tắt thiết bị đèn chong điện thanh long; Lắp đặt bơm tự động cung cấp nước cho hộ sử dụng

và tưới thanh long, rửa chuồng; Lắp đặt Camera AI giúp tự động quan sát, giám sát tại khu vực canh tác, sản xuất.

Số lượng các hạng mục của công trình được thể hiện như Bảng 2.

3.3.1. Hiệu quả về mặt môi trường

Hiệu quả về môi trường sau khi áp dụng mô hình cho khu vực được tổng hợp như sau:

Sau khi triển khai mô hình, các nguồn thải của hộ được thu gom và xử lý thì điều kiện vệ sinh môi trường của các hộ điển hình được cải thiện. Rõ rệt nhất là giảm mùi hôi và cảnh quan.

Giảm thiểu ô nhiễm nguồn nước: Nước thải sau chuồng nuôi được đưa vào các hạng mục bao gồm Bể biogas, Bể lắng - lọc, Ao sinh học đảm bảo đạt Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi (QCVN 62:2025/BTNMT, cột B) có thể sử dụng cho mục đích sản xuất công nghiệp, nông nghiệp sau khi áp dụng các biện pháp xử lý phù hợp như Bảng 3.

Giảm sử dụng phân bón hóa học: phân hữu cơ từ cành thanh long thải bỏ và phân heo, thu hồi cá từ ao sinh học để ủ đạm cá sử dụng để tưới, bón cho cây trồng của hộ dân, thay thế cho phân bón hóa học giúp hạn chế ô nhiễm nguồn nước, môi trường đất từ việc



Bảng 2. Tổng hợp thông số các hạng mục

| TT | Hạng mục | Mô tả | Đơn vị | Số lượng | Ghi chú |
|--|------------------------|---|--------|----------|---|
| I | | | | | |
| Các hạng mục sinh thái khép kín | | | | | |
| 1 | Máng tách phân | DxRx C: 1,4x0,7x0,7m Vật liệu: Gạch, xi măng, lưới tách inox | Cái | 1 | Điều chỉnh lượng phân vào bể biogas đủ sử dụng. |
| 2 | Biogas | Dung tích: 09m ³ Vật liệu: Composite | Cái | 1 | Xử lý nước thải chăn nuôi và thu hồi khí sinh học. |
| 3 | Bể lắng – lọc | DxRx C: 3,0x1,5x1,5m Vật liệu: Gạch, xi măng, sắt thép | Cái | 1 | Lắng cặn và tận dụng biochar để xử lý nước thải. |
| 4 | Ao sinh học | Diện tích 40m ² | Cái | 1 | Cải tạo từ ao của hộ. Trồng thêm các cây bản địa. Đảm bảo thời gian lưu nước từ 30 - 50 ngày. |
| 5 | Khu ủ phân | DxRx C: 4,0x3,0x0,8m Vật liệu: Gạch, xi măng, mái lợp tôn | Cái | 1 | Đảm bảo thời gian lưu chứa phân để ủ thành phân hữu cơ. |
| 6 | Thùng ủ phân đạm cá | Thùng 200 lít | Cái | 1 | Ủ phân lỏng từ cá. |
| II | | | | | |
| Các hạng mục tự động hóa đơn giản | | | | | |
| 1 | Bơm tự động | - | Cái | 1 | Đảm bảo nguồn nước phục vụ sản xuất, sinh hoạt liên tục. |
| 2 | Bộ điều khiển, hẹn giờ | - | Cái | 1 | Hẹn giờ, đảm bảo thời gian chính xác vận hành các thiết bị. |
| 3 | Camera AI | - | Cái | 1 | Quan sát, giám sát tự động |

Bảng 3. Kết quả phân tích chất lượng nước thải sau xử lý của mô hình

| Chỉ tiêu | Đơn vị | Chất lượng nước thải đầu vào mô hình | Chất lượng nước sau xử lý của mô hình | QCVN 62:2025/ BTNMT, cột B |
|---|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| pH | - | 7,6 | 7,6 | 6-9 |
| Nhu cầu oxy sinh hóa (BOD ₅) | mgO ₂ /L | 1.152 | 3,6 | 60 |
| Nhu cầu oxy hóa học (COD) | mgO ₂ /L | 2.150 | 20 | 150 |
| Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) | mg/L | 1.370 | 60 | 100 |
| Tổng Nitơ (T-N) | mg/L | 264 | 4,35 | 60 |
| Tổng Phốt pho (T- P) (Nguồn tiếp nhận là hồ, ao, đầm (gọi chung là hồ)) | mg/L | 65 | 0,46 | 3 |
| Tổng Coliform | MPN/ 100mL | 1,1 x 10 ⁶ | 4,3 x 10 ² | 5.000 |

thải bỏ bao bì thuốc BVTV và góp phần xây dựng nền nông nghiệp hữu cơ, sản phẩm sạch trong khu vực.

3.3.2. Hiệu quả về mặt kinh tế

Tổng chi phí đầu tư và vận hành các hạng mục của

mô hình sinh thái khép kín kết hợp một số giải pháp tự động hóa đơn giản cho hộ dân trồng cây thanh long kết hợp chăn nuôi heo quy mô nông hộ được tổng hợp trong Bảng 4.

Lợi ích kinh tế từ mô hình được tổng hợp trong Bảng 5.

Mô hình đề xuất với chi phí đầu tư khoảng 37.600.000 đồng/năm và vận hành là 14.440.130 đồng/năm, thu nhập từ mô hình khoảng 56.000.000 đồng/năm. Vậy thời gian hoàn vốn của mô hình là dưới 1 năm và lợi nhuận thu được sau khi hoàn vốn là

41.559.870 đồng/năm. Từ đó cho thấy, mô hình giúp mang lại hiệu quả về mặt kinh tế cho người dân tham gia vào mô hình.

3.3.3. Hiệu quả về mặt phát triển sinh kế

Dựa trên nền tảng các hoạt động sinh kế hiện hữu của người dân là trồng cây thanh long kết hợp nuôi heo (quy mô nông hộ), mô hình đã tạo thêm những

Bảng 4. Tổng hợp chi phí đầu tư và vận hành mô hình

| STT | Hạng mục | Chi phí | | Ghi chú |
|-----------|--|-------------------|---------------------|--|
| | | Đầu tư (đồng/năm) | Vận hành (đồng/năm) | |
| I | Các hạng mục sinh thái khép kín | | | |
| 1 | Máng tách phân | 2.000.000 | 1.696.710 | Chi phí đầu tư bao gồm vật tư (Gạch, xi măng, l ưỡi tách inox) và công thợ. Chi phí vận hành: Công vận hành (10 công)*. |
| 2 | Hệ thống biogas | 16.500.000 | 0 | Chi phí đầu tư bao gồm vật tư (bể Composite) và công thợ. Chi phí vận hành: Không có. |
| 3 | Bể lắng - lọc | 5.000.000 | 0 | Chi phí đầu tư bao gồm vật tư (Gạch, xi măng, sắt, thép) và công thợ. Chi phí vận hành: Không có. |
| 4 | Ao sinh học | 7.000.000 | 2.696.710 | Chi phí đầu tư bao gồm vật tư (ống nhựa, bạt lót ao) và công thợ. Chi phí vận hành: cá rô phi giống (10kg), công vận hành (10 công)*. |
| 5 | Khu ủ phân | 4.500.000 | 9.196.710 | Chi phí đầu tư bao gồm vật tư (Gạch, xi măng, sắt, thép) và công thợ. Chi phí vận hành: Công vận hành (10 công)* vi sinh 150 lít chế phẩm sinh học Biofert UPC (50.000 đồng/lít). |
| 6 | Thùng ủ phân đạ m cá | 1.000.000 | 850.000 | Chi phí đầu tư bao gồm vật tư (thùng nhựa) và công thợ. Chi phí vận hành: vi sinh EM+ mật rỉ đường. |
| II | Các hạng mục tự động hóa đơn giản | | | |
| 1 | Bơm tự động | 250.000 | - | Chi phí đầu tư bao gồm thiết bị (phao bơm tự động) và công thợ. Chi phí vận hành: Không có. |
| 2 | Bộ điều khiển, hẹn giờ | 350.000 | - | Chi phí đầu tư bao gồm thiết bị (bộ điều khiển, hẹn giờ) và công thợ. Chi phí vận hành: Không có. |
| 3 | Camera AI | 1.000.000 | - | Chi phí đầu tư bao gồm thiết bị (Camera) và công thợ. Chi phí vận hành: Không có. |
| | Tổng cộng | 37.600.000 | 14.440.130 | Đã bao gồm chi phí nhân công vận hành mô hình |

(*) Giá nhân công theo Quyết định số 334/QĐ-SXD ngày 30/12/2024 của Sở Xây dựng tỉnh Bình Thuận (cũ) về việc công bố đơn giá nhân công xây dựng năm 2024 trên địa bàn tỉnh Bình Thuận.



Bảng 5. Lợi ích kinh tế thu được từ mô hình

| STT | Hạng mục | Thu nhập (đồng/năm) | Ghi chú |
|-----------|--|---------------------|---|
| I | Các hạng mục sinh thái khép kín | | |
| 1 | Máng tách phân | 0 | Thu được nguyên liệu phân để ủ phân hữu cơ. |
| 2 | Hệ thống biogas | 3.000.000 | Giúp xử lý nước thải. Khí sinh học thay thế gas LPG, trung bình mỗi hộ (3 nhân khẩu) sử dụng 6 bình mỗi năm, 500.000 đồng/bình. |
| 3 | Bể lắng - lọc | 0 | Giúp xử lý nước thải. |
| 4 | Ao sinh học | 0 | Toàn bộ cá thu được sẽ dùng ủ đạm cá. |
| 5 | Khu ủ phân | 45.00.000 | Mỗi năm thu được khoảng 60 tấn cành thanh long kết hợp 15 tấn phân heo, sản xuất được 22,5 tấn phân hữu cơ, giá khoảng 2.000 đồng/kg. |
| 6 | Thùng ủ phân đạm cá | 8.000.000 | Mỗi năm thu được 200 lít đạm cá. Với giá 40.000 đồng/lít. |
| II | Các hạng mục tự động hóa đơn giản | | |
| 1 | Bơm tự động | - | Tiết kiệm nhân công. |
| 2 | Bộ điều khiển, hẹn giờ | - | Tiết kiệm nhân công. |
| 3 | Camera AI | - | Theo dõi vận hành |
| | Tổng cộng | 56.000.000 | |

Bảng 6. Đánh giá khả năng nhân rộng mô hình

| TT | Tiêu chí | Đánh giá |
|----|--------------------------|---|
| 1 | Chi phí đầu tư, vận hành | Chi phí đầu tư và vận hành mô hình phù hợp với điều kiện kinh tế của người dân địa phương. Mô hình ít sử dụng máy móc, thiết bị, không sử dụng hóa chất, chủ yếu tận dụng nhân công lúc nhàn rỗi. |
| 2 | Thời gian hoàn vốn | Thời gian hoàn vốn của mô hình khá nhanh, sau hơn 01 năm đã mang lại lợi nhuận. |
| 3 | Hiệu quả mô hình | Mô hình vừa tạo thêm nhiều loại hình sinh kế (tạo thêm công ăn việc làm cho lao động địa phương), gia tăng thu nhập cho người dân, vừa giúp cho công tác BVMT được nâng cao (tiết kiệm tài nguyên, giảm thiểu chất thải). |
| 4 | Những khó khăn | Lợi nhuận thu về trong 01 năm đầu tiên còn thấp do chi phí đầu tư xây dựng ban đầu và cần phải có nhân công vận hành, theo dõi các hạng mục. Đồng thời, khi triển khai nhân rộng mô hình phải có mối liên kết giữa các thành phần kinh tế của hộ, điều kiện kinh tế và thiện chí thực hiện của các bên. |

công việc mới giúp hỗ trợ và mở rộng sinh kế hiện hữu. Cụ thể như sau:

- Làm phân Compost từ việc tận dụng cành cây thanh long tĩa bỏ.
- Làm phân Compost từ phân heo.
- Thu hồi khí sinh học trong hầm biogas 9m³ sử dụng nguyên liệu là chất thải (nước thải, phân thải) từ chuồng, giúp hộ giảm chi phí mua khí sinh học sử dụng trong sinh hoạt.
- Nuôi cá rô phi trong Ao sinh học.
- Ủ phân đạm cá: Cá thu hoạch được dùng làm

nguyên liệu để sản xuất đạm cá, hỗ trợ cho các hoạt động trồng cây thanh long, hoa màu cho hộ.

Tóm lại, mô hình tạo thêm được 05 loại hình sinh kế cho người dân trong khu vực gồm làm phân hữu cơ từ phân heo và cành thanh long, sản xuất khí sinh học, nuôi cá và ủ đạm cá. Đồng thời, các giải pháp tự động hóa đơn giản như thiết bị bơm nước tự động, điều khiển các thiết bị tự động, camera AI giám sát giúp hộ dân tiết kiệm được thời gian lao động và chủ động trong sản xuất. Bên cạnh đó, mô hình còn giúp người dân trong khu vực duy

trì ổn định các sinh kế hiện hữu (trồng cây thanh long, nuôi heo).

3.3.4. Khả năng nhân rộng mô hình

Khả năng nhân rộng của mô hình thí điểm cho người dân khu vực có điều kiện tự được đánh giá qua một số tiêu chí cơ bản như sau:

- Chi phí đầu tư và vận hành.
- Thời gian hoàn vốn.
- Hiệu quả mô hình (môi trường, sinh kế, kinh tế).
- Những khó khăn.

Kết quả đánh giá khả năng nhân rộng của mô hình được tổng hợp trong Bảng 6.

Kết quả đánh giá cho thấy, mô hình hoàn toàn có khả năng nhân rộng cho các đối tượng, khu vực tương tự.

4. KẾT LUẬN

Bài viết này nhằm đề xuất mô hình sinh thái khép kín cho các hộ nông dân trồng thanh long kết hợp chăn nuôi heo quy mô nông hộ. Các phương án được xem xét bao gồm: i) xử lý nước thải bằng hệ thống biogas kết hợp bể lắng - lọc 3 ngăn và ao xử lý sinh học; ii) xử lý cành thanh long tĩa bỏ và phân chuồng bằng ủ phân hữu cơ. Đồng thời, Nhóm tác giả đã tích hợp một số giải pháp tự động hóa đơn giản như lắp đặt thiết bị điện hẹn giờ tự động giúp tự động bật tắt thiết bị đèn chong điện thanh long, lắp đặt bơm tự động cung cấp nước cho hộ sử dụng và tưới thanh long, rửa chuồng và lắp đặt camera AI giám sát.

Mô hình sinh thái khép kín cho các hộ nông dân trồng thanh long kết hợp chăn nuôi heo quy mô nông hộ được áp dụng tại xã Tân Thành, tỉnh Lâm Đồng cho thấy chi phí đầu tư và vận hành mô hình phù hợp với điều kiện kinh tế của người dân địa phương. Mô hình ít sử dụng máy móc, thiết bị, không sử dụng hóa chất, chủ yếu tận dụng nhân công lúc nhàn rỗi. Mô hình giúp mang lại hiệu quả về mặt kinh tế cho người dân tham gia vào mô hình dựa trên thời gian hoàn vốn của mô hình là dưới 1 năm và lợi nhuận thu được sau khi hoàn vốn là 41.559.870 đồng/năm. Mô hình tạo thêm được 05 loại hình sinh kế cho người dân trong khu vực gồm làm phân compost từ phân heo và cành thanh long, sản xuất khí sinh học, nuôi cá và ủ đạm cá. Bên cạnh đó, mô hình còn giúp người dân trong khu vực duy trì ổn định các sinh kế hiện hữu (trồng cây thanh long, nuôi heo).

Tuy nhiên, lợi nhuận thu về trong 01 năm đầu tiên còn thấp do chi phí đầu tư xây dựng ban đầu và cần phải có nhân công vận hành, theo dõi các hạng mục. Đồng thời, khi triển khai nhân rộng mô hình phải có mối liên kết giữa các thành phần kinh tế của hộ, điều kiện kinh tế và thiện chí thực hiện của các bên. Khi mô hình vận hành ổn định cho những năm

tiếp theo, chi phí sẽ giảm đi đáng kể do không xây dựng mới.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số C2023-24-01■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Danh Sửu và cộng sự, Kỹ thuật trồng và chăm sóc cây thanh long. Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 2017.
2. Trung tâm Thông tin Công nghiệp và Thương mại (Bộ Công Thương), Phân tích tình hình cung cầu và dự báo mặt hàng thanh long, tháng 10 và 10 tháng năm 2024.
3. Rodriguez-Ortega, T., et al., Does intensification result in higher efficiency and sustainability? An energy analysis of Mediterranean sheep-crop farming systems. 2017. 144: p. 171-179.
4. Mukhlis, M., et al., The integrated farming system of crop and livestock: a review of rice and cattle integration farming. 2018. 42(3): p. 68-82.
5. Paolotti, L., et al., Combining livestock and tree crops to improve sustainability in agriculture: a case study using the Life Cycle Assessment (LCA) approach. 2016. 131: p. 351-363.
6. Engle, C.R.J.J.o.t.W.A.S., Optimal product mix for integrated livestock-fish culture systems on limited resource farms. 1987. 18(3): p. 137-147.
7. Azhar, B., et al., Time to revisit oil palm-livestock integration in the wake of United Nations sustainable development goals (SDGs). 2021. 5: p. 640285.
8. Nguyen, H.T., S.N. Thach, and V.C.N.J.J.o.V.E. Nguyen, Cow raising in the Mekong Delta-The current status of waste treatment and risk of greenhouse gas emissions. 2018. 10(1): p. 56-65.
9. Petrovic, B., et al., Application of computer vision in livestock and crop production-a review. 2023. 1(1): p. 360-360.
10. Distant, D., et al., Artificial Intelligence Applied to Precision Livestock Farming: A Tertiary Study. Smart Agricultural Technology, 2025: p. 100889.
11. Han, X., et al., AI based digital twin model for cattle caring. 2022. 22(19): p. 7118.
12. Ninh Xuân Điện, Xây dựng hệ thống giám sát và điều khiển tự động cho trang trại bò sữa sử dụng công nghệ internet vạn vật. Khoa học - Công nghệ và Đổi mới sáng tạo, 2025.
13. Le, T.H., et al., An integrated ecosystem incorporating renewable energy leading to pollution reduction for sustainable development of craft villages in rural area: a case study at sedge mats village in Mekong Delta, Vietnam. Energy, Sustainability Society, 2016. 6(1): p. 21.