

TỔNG QUAN QUẢN LÝ CHẤT THẢI VÀ PHỤ PHẨM NÔNG NGHIỆP THEO HƯỚNG KINH TẾ TUẦN HOÀN Ở VIỆT NAM

Vũ Việt Hà¹, Mai Lan Phương^{2*}, Nguyễn Thị Minh Hiền²,
Bạch Văn Thủy², Nguyễn Thị Phương², Đỗ Thị Nhài², Đỗ Thị Thanh Huyền²

¹Vụ kế hoạch - Tài chính, Bộ Nông nghiệp và Môi trường
²Khoa Kinh tế & Quản lý, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: mailanphuong@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 14.01.2025

Ngày chấp nhận đăng: 19.03.2025

TÓM TẮT

Trong bối cảnh ngành nông nghiệp không ngừng phát triển, quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp hiệu quả đang trở thành yêu cầu cấp bách. Quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn được coi là giải pháp tối ưu. Bài báo tổng quan cơ sở lý thuyết về quản lý tuần hoàn chất thải và sản phẩm phụ nông nghiệp, phân tích các mô hình quản lý tại Việt Nam, xác định những thách thức trong quá trình chuyển đổi sang mô hình kinh tế tuần hoàn và đề xuất giải pháp thúc đẩy quản lý tuần hoàn sản phẩm phụ nông nghiệp. Thông tin trong bài được tổng hợp từ nhiều nghiên cứu quốc tế và trong nước. Kết quả cho thấy, việc quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn còn gặp phải thách thức như thiếu sự phối hợp giữa các bên liên quan, chính sách hỗ trợ chưa đầy đủ, công nghệ chưa phù hợp và nhận thức cộng đồng chưa cao. Để khắc phục, cần cải thiện chính sách hỗ trợ, tăng cường đầu tư vào công nghệ xử lý và tái chế chất thải, đồng thời đẩy mạnh truyền thông để nâng cao nhận thức cộng đồng, tạo ra giá trị kinh tế bền vững từ việc tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp.

Từ khóa: Chất thải nông nghiệp, phụ phẩm nông nghiệp, kinh tế tuần hoàn, quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp.

Management of Agricultural Wastes and by-Products Toward Circular Economy in Vietnam

ABSTRACT

In the context of increasingly developing agriculture, effective agricultural waste management has become urgent. Circular management of agricultural waste and by-products is regarded as an optimal solution. The article reviews the theoretical basis of circular agricultural waste and by-product management, analyzes management models in Vietnam, identifies challenges in transitioning to a circular economic model, and proposes solutions to promote circular agricultural by-product management. The information in this article was synthesized from various international and domestic studies. The results indicate that the circular management of agricultural waste and by-products still encounters several challenges, including a lack of coordination among stakeholders, insufficient support policies, inappropriate technologies, and low public awareness. To address these issues, it is essential to enhance policy support, increase investment in waste treatment and recycling technologies, and strengthen communication efforts to raise public awareness, thereby creating sustainable economic value from the reuse of agricultural by-products.

Keywords: Agricultural waste, circular economy, resource reuse, agricultural waste and by-product management.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh phát triển bền vững, quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp là vấn đề môi trường đóng vai trò quan trọng trong việc

tối ưu hóa tài nguyên và gia tăng giá trị kinh tế. Theo OECD (1997): chất thải và phụ phẩm nông nghiệp bao gồm các thành phần không được sử dụng trực tiếp trong sản xuất thực phẩm hoặc thức ăn chăn nuôi, chẳng hạn như phế phẩm từ

trồng trọt, chăn nuôi và chế biến nông sản. Thay vì chỉ tập trung vào xử lý chất thải, việc quản lý theo hướng kinh tế tuần hoàn hướng đến tái chế, tái sử dụng và chuyển đổi chất thải thành tài nguyên, góp phần giảm thiểu ô nhiễm, nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và thúc đẩy sự phát triển nông nghiệp bền vững (Agamuthu, 2009).

Mô hình kinh tế tuần hoàn trong quản lý chất thải nông nghiệp tuân theo các nguyên tắc như tái chế, đa dạng hóa sản phẩm, sử dụng năng lượng tái tạo, tư duy hệ thống và nền tảng sinh học (Del Borghi & cs., 2020). Chất thải và phụ phẩm được tận dụng để sản xuất phân bón, thức ăn chăn nuôi, năng lượng sinh học, giúp giảm phát thải khí nhà kính và tạo lợi ích kinh tế cho doanh nghiệp, hợp tác xã, nông dân.

Tại Việt Nam, với hơn 84,5% diện tích đất tự nhiên dành cho sản xuất nông nghiệp (Bộ NN&PTNT, 2022): mỗi năm ngành nông nghiệp tạo ra khoảng 156,8 triệu tấn phụ phẩm từ trồng trọt, chăn nuôi, lâm nghiệp và thủy sản. Tuy nhiên, hiệu quả thu gom và tái sử dụng còn thấp, chỉ 52,2% phụ phẩm cây trồng được tận dụng, trong khi phần lớn bị đốt bỏ hoặc xả thải trực tiếp, gây ô nhiễm môi trường (Đỗ Hương, 2021). Trong lĩnh vực chăn nuôi, các công nghệ xử lý như khí sinh học, đệm lót sinh học hay ủ phân compost mới chỉ được áp dụng ở quy mô nhỏ, chưa đáp ứng nhu cầu xử lý tại các cơ sở sản xuất lớn (Bùi Thị Phương Loan, 2022). Những hạn chế này đặt ra yêu cầu cấp thiết về một hệ thống quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng kinh tế tuần hoàn nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên, giảm tác động tiêu cực đến môi trường và thúc đẩy tăng trưởng xanh trong nông nghiệp.

Bài báo tổng quan cơ sở lý thuyết về quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn; phân tích các mô hình quản lý chất thải phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn ở Việt Nam, nhận diện các thách thức trong quá trình chuyển đổi sang mô hình kinh tế tuần hoàn, từ đó đề xuất giải pháp thúc đẩy quản lý phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn ở Việt Nam.

Bài báo sử dụng phương pháp tổng quan tài liệu có hệ thống nhằm phân tích các nghiên cứu

trong nước và quốc tế về quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng kinh tế tuần hoàn (Tranfield & cs., 2003). Dữ liệu được thu thập từ các nguồn uy tín như Scopus, Web of Science, FAO, OECD và nghiên cứu trong nước. Một số thông tin về mô hình quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp cụ thể tại HTX Bavifa, Ba Vì và trang trại tại Bắc Giang được lấy từ đề tài cấp Bộ “Đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp phát triển nông nghiệp tuần hoàn” của nhóm tác giả. Phương pháp phân tích theo hướng tổng hợp định tính (Snyder, 2019) được sử dụng để nhận diện xu hướng, rào cản và đề xuất giải pháp phù hợp với bối cảnh Việt Nam.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ QUẢN LÝ CHẤT THẢI VÀ PHỤ PHẨM THEO HƯỚNG TUẦN HOÀN

2.1. Khái niệm về quản lý chất thải và phụ phẩm theo hướng tuần hoàn

Kinh tế tuần hoàn là mô hình phát triển bền vững, tối ưu hóa tài nguyên bằng cách kéo dài vòng đời vật liệu, tái sử dụng, tái chế và giảm tác động môi trường (MacArthur, 2013). Trong nông nghiệp, mô hình này giúp quản lý hiệu quả chất thải và phụ phẩm, giảm thiểu ô nhiễm và nâng cao giá trị tài nguyên (Pearce & Turner, 1990; University College Dublin, 2017; Therond & cs., 2017; Jun & Xiang, 2011; Cramer, 2014; European Commission, 2017).

Chất thải và phụ phẩm nông nghiệp, bao gồm phân chuồng, xác động vật, thân cây, hạt và dư lượng hóa chất, có thể gây áp lực lớn lên môi trường và kinh tế nếu không được quản lý hiệu quả, đặc biệt tại các vùng chuyên canh (Obi & cs., 2016; Gontard & cs., 2018).

Quản lý chất thải nông nghiệp theo hướng tuần hoàn là tổ chức, xử lý và sử dụng phụ phẩm một cách bền vững theo nguyên lý “giảm thiểu - tái sử dụng - tái chế”. Cách tiếp cận này giúp giảm áp lực lên tài nguyên thiên nhiên, duy trì an ninh lương thực và nâng cao hiệu quả sản xuất (Obi & cs., 2016; Dahiya & cs., 2018). Quá trình này bao gồm thu gom, phân loại, lưu trữ, tái chế hoặc tái sử dụng phụ phẩm thành phân bón hữu cơ, thức ăn chăn nuôi, hoặc năng

lượng tái tạo. Theo Agamuthu (2009), quản lý chất thải nông nghiệp không chỉ giảm ô nhiễm môi trường mà còn giảm phụ thuộc vào tài nguyên hóa thạch, thúc đẩy nền nông nghiệp an toàn và bền vững.

2.2. Nguyên tắc của quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn

Quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp dựa theo hướng KTTH tuân thủ các nguyên tắc chính sau: thứ nhất tái sử dụng chất thải từ cây trồng hoặc vật nuôi (như phân chuồng, rơm rạ) thông qua xử lý và dùng làm phân bón hữu cơ hoặc nguyên liệu sản xuất; Thứ hai là giảm sự phụ thuộc vào hoá chất, tận dụng các nguồn tài nguyên tự nhiên như phân xanh, phân hữu cơ nhằm cải thiện chất lượng đất và hệ sinh thái nông nghiệp; thứ ba tối ưu hoá tài nguyên, đặc biệt trong quản lý đất, nước và năng lượng nhằm giảm thất thoát và nâng cao hiệu suất sử dụng; thứ tư là tăng cường tính tuần hoàn trong hệ thống sản xuất, đảm bảo sự liên kết giữa các hoạt động nông nghiệp để tối đa hóa giá trị của phụ phẩm và giảm tác động môi trường (Ellen Macathur Foundation, 2015; Nguyễn Thị Minh Hiền & cs., 2024; Therond & cs., 2017; Zang & cs., 2012; Van Berkum & Dengerick, 2019; Wageningen University and Reseach, 2018).

2.3. Chức năng, vai trò và lợi ích của quản lý phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn

Hệ thống quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát và sử dụng có hiệu quả các sản phẩm phụ và chất thải từ hoạt động nông nghiệp. Hệ thống này gồm 5 chức năng chính: sản xuất, thu gom, lưu trữ, xử lý và vận chuyển. Quá trình sản xuất chất thải phụ thuộc vào loại hình sản xuất, khối lượng và đặc tính của chất thải cũng như phụ phẩm và cần có biện pháp quản lý phù hợp. Chức năng thu gom đảm bảo chất thải được tập hợp từ điểm phát sinh theo hướng hiệu quả, tối ưu hóa nhân lực, thiết bị và chi phí. Sau khi thu gom, chất thải

được lưu trữ để kiểm soát thời gian xử lý và sử dụng, hạn chế tác động từ yếu tố bên ngoài. Quá trình xử lý giúp giảm thiểu ô nhiễm và tăng khả năng tái sử dụng chất thải thông qua các phương pháp vật lý, sinh học và hóa học. Quá trình vận chuyển đảm bảo chất thải được di chuyển từ nơi thu gom đến nơi xử lý. Cuối cùng, sử dụng tập trung vào tái chế hoặc xử lý an toàn các sản phẩm phụ, tối ưu hóa vòng tuần hoàn tài nguyên trong nông nghiệp (Obi & cs., 2016).

Quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp có vai trò quan trọng trong việc phát triển bền vững, bảo vệ môi trường và thúc đẩy kinh tế nông nghiệp. Thứ nhất, góp phần tiết kiệm chi phí đầu vào cho hoạt động sản xuất, tiết kiệm tối đa tài nguyên thiên nhiên nhờ khép kín được dòng vật chất và năng lượng trong quá trình sản xuất. Chất thải và năng lượng dư thừa của quá trình này sẽ trở thành đầu vào của một quá trình khác; Thứ hai, góp phần giảm thiểu phát sinh chất thải, phát thải khí nhà kính trong hoạt động sản xuất nông nghiệp thông qua hoạt động tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp và chất thải, hạn chế tối đa lượng chất thải đưa ra ngoài môi trường, từ đó, góp phần bảo vệ môi trường nông nghiệp, nâng cao chất lượng nông sản; Thứ ba, góp phần giảm chi phí sản xuất do tiết kiệm được chi phí mua sắm các yếu tố đầu vào và giảm chi phí xử lý môi trường, nâng cao hiệu quả kinh tế cho người nông dân (Nguyễn Thị Minh Hiền & cs., 2024a; He & cs., 2019).

Quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp đem lại lợi ích cả về kinh tế, xã hội và môi trường. Về kinh tế, quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp góp phần tiết kiệm đầu vào, giảm chi phí trong sản xuất và xử lý môi trường, tăng hiệu suất sản xuất và tăng lợi nhuận; Về xã hội, nó góp phần tạo thêm việc làm thông qua tái chế và tái sử dụng, tạo ra các sản phẩm an toàn và chất lượng cao, tăng cường kỹ năng cho lao động, cải thiện sức khỏe cộng đồng và nâng cao trách nhiệm cộng đồng; Về môi trường, quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp góp phần tiết kiệm tài nguyên, giảm thiểu phát sinh chất thải và phát thải nhà kính, tiết kiệm nước, tiết kiệm phân bón, cải tạo đất và giảm sử dụng hóa chất (He & cs., 2019).

Việc quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn cần được thực hiện trên nhiều cấp độ, từ cơ sở sản xuất (hộ gia đình, trang trại, doanh nghiệp, hợp tác xã) đến cấp cộng đồng. Cách tiếp cận này đảm bảo tính toàn diện, phù hợp với đặc điểm của từng quy mô sản xuất nông nghiệp. Về lý thuyết, mỗi cấp độ quản lý đóng vai trò quan trọng trong việc tổ chức, thu gom và tối ưu hóa sử dụng phụ phẩm, đồng thời thể hiện mối liên kết giữa hoạt động sản xuất với điều kiện kinh tế - xã hội của từng địa phương. Ở cấp hộ gia đình, trọng tâm là tận dụng phụ phẩm tại chỗ, với các giải pháp đơn giản như làm phân hữu cơ, thức ăn chăn nuôi, hoặc đốt bỏ nhằm giảm khối lượng chất thải. Phạm vi này thường bị giới hạn bởi nguồn lực, công nghệ và kiến thức của nông hộ, dẫn đến hiệu quả sử dụng phụ phẩm còn thấp và có thể gây ô nhiễm cục bộ. Trong khi đó, ở cấp trang trại, quản lý phụ phẩm được thực hiện với quy mô lớn hơn, yêu cầu áp dụng các công nghệ tiên tiến như hầm khí sinh học, đệm lót sinh học hoặc chế biến phụ phẩm thành sản phẩm thương mại như phân bón hoặc năng lượng tái tạo. Các trang trại có khả năng tích hợp những giải pháp này vào mô hình sản xuất tuần hoàn, nhưng cũng phải đối mặt với thách thức về chi phí đầu tư và khả năng duy trì hệ thống. Ở cấp cộng đồng, quản lý phụ phẩm nông nghiệp đòi hỏi sự phối hợp giữa gia đình, trang trại và các tổ chức địa phương nhằm xây dựng các hệ thống thu gom, xử lý tập trung và chia sẻ tài nguyên hiệu quả hơn (Nguyễn Thị Minh Hiền & cs., 2024a).

2.4. Quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn

2.4.1. Quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn khép kín

Quản lý phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn cấp khép kín thường được áp dụng tại các cơ sở sản xuất nông nghiệp là các chủ thể sản xuất đơn lẻ như nông hộ, trang trại, doanh nghiệp nơi phụ phẩm được xử lý ngay tại nơi phát sinh mà không cần vận chuyển đi xa. Các hoạt động sản xuất nông nghiệp tích hợp, đa dạng giữa trồng trọt, chăn nuôi và thủy sản. Các hệ thống này có đặc điểm từ đơn giản đến phức tạp tùy thuộc vào nguồn lực và quy mô của

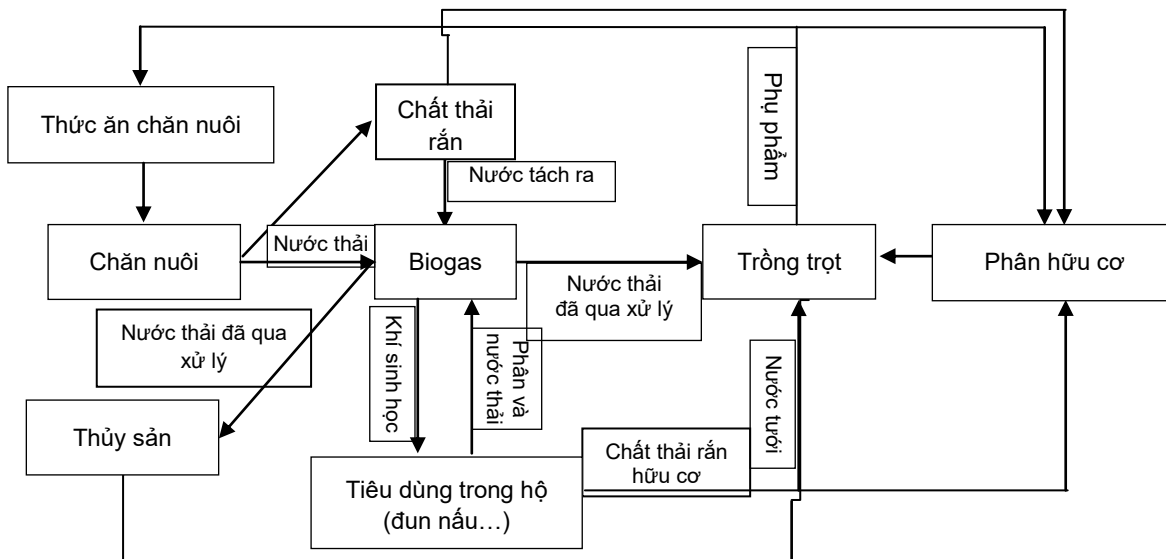
cơ sở sản xuất. Các công nghệ phổ biến bao gồm ủ phân hữu cơ truyền thống hoặc sử dụng vi sinh, chế biến phụ phẩm trồng trọt thành thức ăn chăn nuôi, sản xuất biogas từ phân động vật. Hệ thống xử lý phụ phẩm nông nghiệp khép kín cấp hộ hoặc trang trại mang lại nhiều lợi ích như giảm chi phí xử lý và vận chuyển, đồng thời tăng giá trị tái sử dụng của phụ phẩm tại cơ sở sản xuất. Tuy nhiên, đối với những cơ sở sản xuất có quy mô nhỏ, hiệu quả xử lý phụ phẩm của các hệ thống này còn hạn chế và thành công của chúng phụ thuộc nhiều vào kiến thức và kỹ năng của người nông dân trong việc áp dụng các công nghệ phù hợp (Xi, 2011).

Theo hình 1, mô hình bắt đầu từ chăn nuôi, nơi chất thải từ gia súc, gia cầm được thu gom và đưa vào hệ thống biogas. Hệ thống này xử lý chất thải và tạo ra khí sinh học phục vụ nhu cầu năng lượng trong gia đình, đồng thời sản sinh nước thải giàu dinh dưỡng để tưới cho cây trồng.

Trong trồng trọt, phụ phẩm như rơm rạ, thân cây được tận dụng làm thức ăn chăn nuôi, chất độn chuồng hoặc ủ làm phân hữu cơ. Phân hữu cơ sau đó được sử dụng trở lại để cải tạo đất và nâng cao năng suất cây trồng. Mô hình này hoạt động theo nguyên tắc tuần hoàn, trong đó mọi đầu ra từ một hoạt động sẽ trở thành đầu vào cho hoạt động khác. Điều này giúp giảm chi phí sản xuất, hạn chế tối đa việc phụ thuộc vào các đầu vào hóa học từ bên ngoài. Đồng thời, việc xử lý và tái sử dụng phụ phẩm, chất thải ngay tại chỗ góp phần bảo vệ môi trường, phù hợp với định hướng phát triển nông nghiệp bền vững. Mô hình này dễ áp dụng tại hộ nông nghiệp hoặc trang trại có quy mô sản xuất tương đối lớn, tạo ra lượng phụ phẩm hoặc chất thải đủ để có thể thực hiện các phương pháp xử lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp.

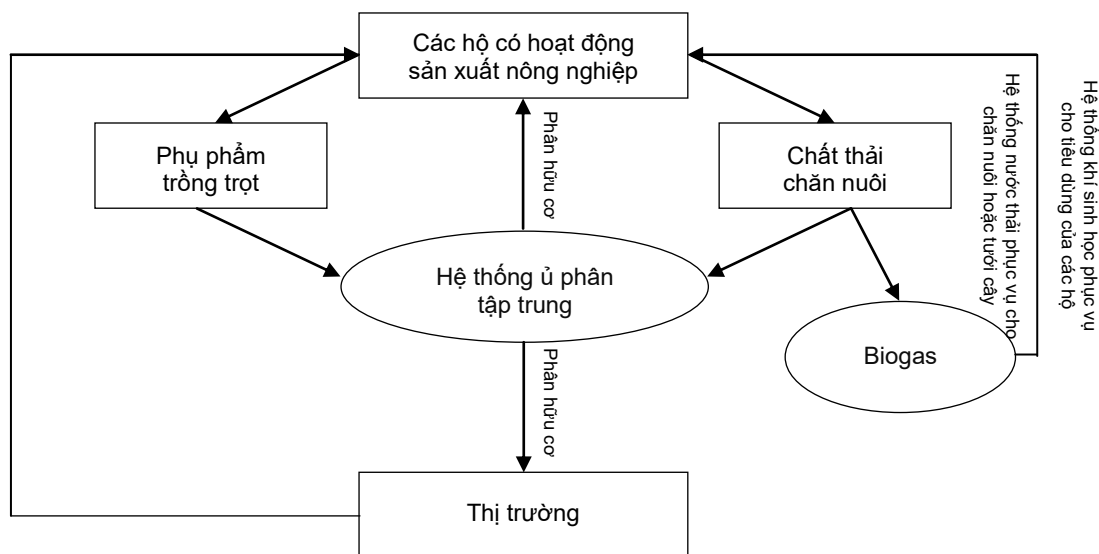
2.4.2. Quản lý chất thải và phụ phẩm theo hướng tuần hoàn mở

Hệ thống quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn mở thường được thực hiện ở cấp cộng đồng, làng xã nhằm tận dụng và xử lý phụ phẩm từ cả trồng trọt và chăn nuôi, giúp tạo ra các sản phẩm có giá trị và bảo vệ môi trường.



Nguồn: Nguyễn Thị Minh Hiền & cs. (2024a).

Hình 1. Mô hình quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn khép kín



Nguồn: Nguyễn Thị Minh Hiền & cs. (2024a).

Hình 2. Mô hình quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp tuần hoàn mở

Trong hệ thống này, hộ nông dân đóng vai trò là tác nhân đầu vào (cung cấp chất thải hoặc phụ phẩm nông nghiệp) hoặc đầu ra (sử dụng phân bón hữu cơ hoặc khí sinh học từ biogas). Phụ phẩm như rơm rạ, thân cây, vỏ trấu từ các hộ trồng trọt sẽ được thu gom để sử dụng trong hệ thống ủ phân hữu cơ. Phân hữu cơ sau đó sẽ được dùng để bón cho cây trồng, giúp cải thiện chất lượng đất và tăng năng suất mùa vụ. Các

hộ nuôi gia súc, gia cầm sẽ thu gom chất thải chăn nuôi (như phân bò, phân lợn, phân gia cầm) để đưa vào hệ thống biogas. Hệ thống biogas sẽ phân hủy các chất thải này để tạo ra khí biogas, cung cấp năng lượng cho hoạt động sinh hoạt trong cộng đồng, đồng thời tạo ra phân bón chất lượng. Một hộ sẽ đứng ra đại diện cho HTX hoặc cộng đồng, thu gom chất thải từ các hộ khác và điều phối quá trình xử lý biogas

cũng như ủ phân hữu cơ tại một cơ sở tập trung. Hệ thống này giúp giảm thiểu ô nhiễm môi trường, tạo ra nguồn năng lượng và phân bón hữu cơ phục vụ nhu cầu sản xuất của các hộ nông dân. Sản phẩm phụ như khí biogas và phân hữu cơ sẽ được phân phối trong cộng đồng để phục vụ cho tiêu dùng và sản xuất nông nghiệp, tạo ra giá trị kinh tế cho cả cộng đồng. Mô hình này giúp nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên, giảm thiểu sự phụ thuộc vào các nguồn tài nguyên bên ngoài, khuyến khích sản xuất nông nghiệp bền vững, bảo vệ môi trường và nâng cao đời sống của người dân trong cộng đồng. Trong mô hình này, phụ phẩm từ nhiều hộ gia đình được thu gom và xử lý tại một điểm chung hoặc trực tiếp tại các hộ nhưng dưới sự quản lý và hỗ trợ kỹ thuật từ HTX hoặc chính quyền thôn xóm. Công nghệ xử lý chủ yếu bao gồm ủ phân hữu cơ truyền thống, sản xuất biogas, hoặc chế biến phụ phẩm trồng trọt thành thức ăn chăn nuôi. Hệ thống này tận dụng sự phối hợp giữa các hộ gia đình, giảm chi phí xử lý riêng lẻ và nâng cao hiệu quả sử dụng phụ phẩm nông nghiệp.

2.4.3. Quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn tại Việt Nam

Hiện nay, tại Việt Nam, việc quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng kinh tế tuần hoàn đang dần được áp dụng rộng rãi với nhiều mô hình khác nhau, nhằm tối ưu hóa tài nguyên và giảm thiểu tác động môi trường. Dựa trên tổng hợp các mô hình hiện có, có thể phân loại thành hai nhóm chính: tuần hoàn kín và tuần hoàn mở, tùy theo mức độ khép kín của chu trình xử lý và tái sử dụng chất thải.

Bảng 1 cho thấy nhóm tuần hoàn kín gồm các mô hình tái sử dụng hoàn toàn chất thải và phụ phẩm trong nội bộ hệ thống sản xuất, hạn chế thất thoát tài nguyên và phát thải ra môi trường. Điển hình là mô hình Vườn - Ao - Chuồng - Biogas, trong đó chất thải chăn nuôi được xử lý bằng hầm biogas tạo khí sinh học cho sinh hoạt, bã thải sau biogas làm phân bón hữu cơ. Mô hình chăn nuôi an toàn sinh học 4F cũng xây dựng chu trình khép kín từ chăn nuôi, chế biến đến tái sử dụng phụ phẩm làm thức ăn và phân bón hữu cơ. Tương tự, mô hình “vòng tuần

hoàn xanh” trong chăn nuôi bò sữa áp dụng công nghệ biogas tái chế chất thải thành phân bón cho đồng cỏ và khí CH_4 phục vụ trang trại. Trong canh tác kết hợp, mô hình Aquaponics sử dụng nước thải từ nuôi cá để cung cấp dưỡng chất cho cây trồng, sau đó nước được làm sạch và trả lại bể cá, tạo hệ thống khép kín bền vững. Các mô hình này giúp giảm thiểu chất thải ra môi trường, tận dụng tối đa phụ phẩm nhưng đòi hỏi trình độ kỹ thuật cao và chi phí đầu tư lớn.

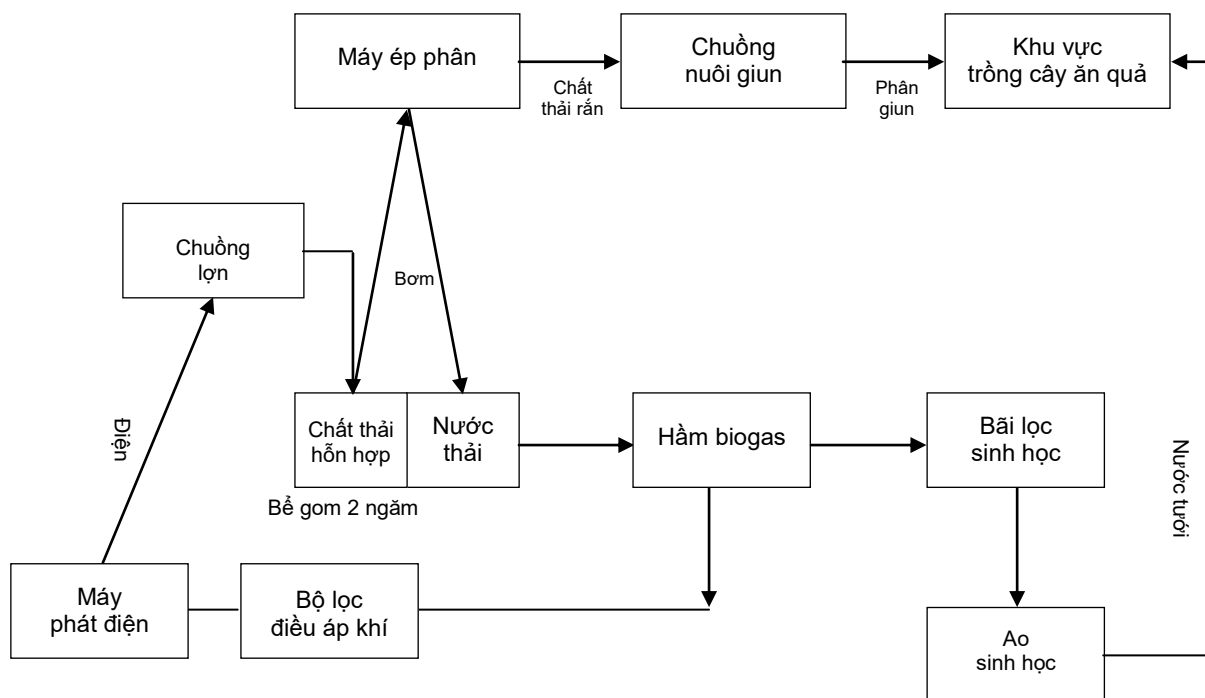
Nhóm mô hình tuần hoàn mở tái sử dụng chất thải nông nghiệp nhưng có sự trao đổi vật chất giữa các hệ thống sản xuất khác nhau, thay vì khép kín hoàn toàn. Các mô hình này tận dụng phụ phẩm để tạo sản phẩm giá trị gia tăng, phục vụ thị trường. Điển hình là sản xuất phân hữu cơ từ chất thải trồng trọt, chăn nuôi giúp cải thiện độ phì nhiêu của đất. Mô hình trồng lúa - trồng nấm - sản xuất phân hữu cơ - trồng cây ăn quả tận dụng rơm rạ làm giá thể trồng nấm, sau đó dùng bã nấm bón cây. Ngoài ra, mô hình thu gom - cuộn rơm cung ứng cho chăn nuôi, trồng rau, trồng nấm hay trấu dùng làm chất đốt giúp giảm phụ thuộc nhiên liệu hóa thạch. Phụ phẩm như xơ dừa, bã mía, vỏ trấu cũng làm giá thể trồng cây. Dù tạo giá trị gia tăng, các mô hình này vẫn phụ thuộc vào thị trường tiêu thụ và chưa khép kín hoàn toàn, cần biện pháp bổ sung để giảm tác động môi trường.

a. Trường hợp: Quản lý chất thải và phụ phẩm tại trang trại tổng hợp theo hướng tuần hoàn kín

Mô hình chăn nuôi tuần hoàn tại hộ ông Hoàng Đình Quê (Bắc Giang) với 2.500 lợn trên diện tích 10.000m², kết hợp nuôi giun quế và trồng cây ăn quả. Chất thải từ chuồng nuôi được thu gom vào bể hai ngăn, sau đó ép tách phân rắn và nước thải. Phân rắn dùng nuôi giun quế, sinh khối giun làm thức ăn cho vật nuôi, phân giun bón cây hoặc bán với giá 3.000 đồng/kg. Nước thải qua bể biogas tạo khí gas chạy máy phát điện cung cấp năng lượng cho trang trại. Hệ thống giúp tuần hoàn chất thải rắn, nước thải và khí thải, đảm bảo nước thải đạt tiêu chuẩn tưới cây theo QCVN01-195:2022/BNN&PTNT (Hình 3).

Bảng 1. Mô hình quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn tại Việt Nam (năm 2024)

Mô hình	Mô tả
Vườn - Ao - Chuồng - Biogas (VACB)	VACB gắn kết trồng trọt với chăn nuôi, giảm chất thải, tận dụng nguyên liệu. VACB giúp quản lý phế thải hợp lý, tái sử dụng phế phụ phẩm làm phân bón, xử lý chất thải an toàn, tạo năng lượng tái sinh, góp phần giảm ô nhiễm và biến đổi khí hậu..
Mô hình chăn nuôi an toàn sinh học 4F (Farm - Food - Feed - Ferlitizer: trồng trọt - thực phẩm - chăn nuôi - phân bón).	Mô hình 4F là chu trình sản xuất khép kín, kết hợp chăn nuôi lợn hữu cơ, chế phẩm sinh học, thức ăn chăn nuôi và phân bón vi sinh, giúp tái sử dụng chất thải để phục vụ trồng trọt.
Mô hình “vòng tuần hoàn xanh”.	Mô hình chăn nuôi bò sữa khép kín, thân thiện với môi trường, sử dụng công nghệ biogas để xử lý chất thải, bón đồng cỏ, cải tạo đất và tạo khí CH ₄ phục vụ trang trại.
Mô hình tích hợp Aquaponics	Aquaponics là mô hình canh tác khép kín, kết hợp nuôi trồng thủy sản và thủy canh. Chất thải từ bể cá được vi sinh vật chuyển hóa thành dinh dưỡng cho cây, giúp cây hấp thu và làm sạch nước trước khi trả lại bể.
Mô hình sản xuất phân hữu cơ từ chất thải nông nghiệp	Mô hình tận dụng phụ phẩm trồng trọt, rác thải sinh hoạt, phế phẩm chăn nuôi để ủ thành phân bón hữu cơ, cải tạo đất bạc màu, tăng độ phì nhiêu và phục vụ canh tác rau an toàn.
Mô hình trồng lúa - trồng nấm - sản xuất phân hữu cơ - trồng cây ăn quả	Mô hình này phổ biến trên cả nước, tận dụng rơm rạ trồng lúa để trồng nấm, sau đó dùng bã rơm rạ bón cho cây trồng, giúp cải tạo đất và tăng năng suất.
Rơm rạ - cuốn rơm - bán cho các cơ sở chăn nuôi trâu bò, trồng rau màu, trồng nấm	Rơm rạ có thể xử lý bằng chế phẩm sinh học làm phân bón thay thế NPK hoặc thu gom, cuộn máy để bán cho chăn nuôi, trồng rau và trồng nấm.
Mô hình canh tác lúa sử dụng trấu làm chất đốt - củi trấu	Trấu được dùng làm nhiên liệu sinh học, giảm phụ thuộc năng lượng hóa thạch và khí thải, góp phần phát triển kinh tế tuần hoàn và nâng cao giá trị nông nghiệp.
Xơ dừa, bã mía, vỏ trấu tạo giá thể trồng cây	Phụ phẩm nông nghiệp như rơm khô, bã mía, xơ dừa được dùng làm giá thể trồng cây, có khả năng giữ nước tốt hơn nhiều loại đất, giúp duy trì độ ẩm lâu dài.



Nguồn: Nguyễn Thị Minh Hiền & cs. (2024b).

Hình 3. Mô hình xử lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp từ chăn nuôi lợn theo hướng tuần hoàn tại trang trại lợn nhà ông Hoàng Đình Quê

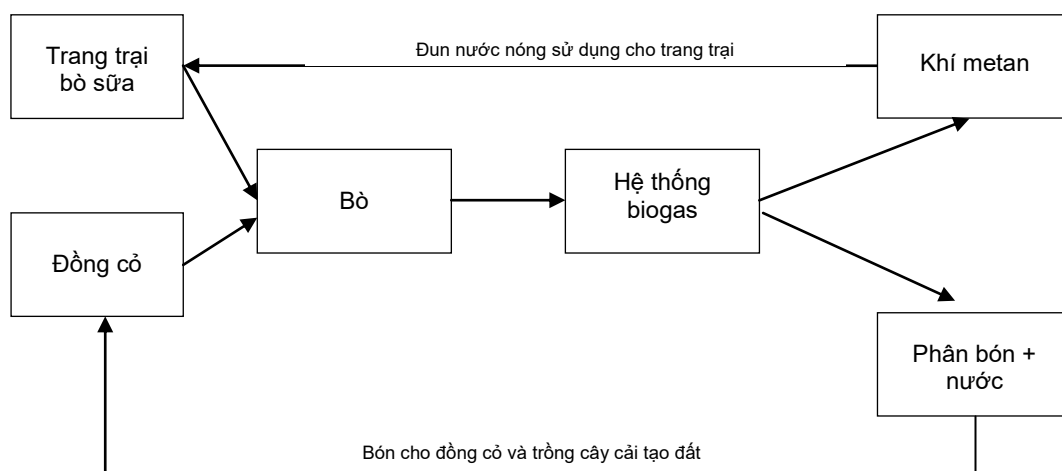
Để thực hiện hệ thống quản lý chất thải và phụ phẩm theo hướng tuần hoàn khép kín, các hộ cần đảm bảo một số yêu cầu cơ bản về nguồn lực sản xuất, nguyên liệu đầu vào, cơ sở hạ tầng, công nghệ áp dụng. Về nguồn lực sản xuất, hộ nông dân cần đảm bảo diện tích đất canh tác tối thiểu là 0,5ha với hoạt động trồng trọt hoặc 0,3ha đối với mô hình kết hợp trồng trọt và chăn nuôi. Điều này giúp đảm bảo không gian cho cả hoạt động sản xuất và xử lý chất thải. Đồng thời, số lượng vật nuôi cần đủ lớn, như 5 con gia súc hoặc 50 con gia cầm, để tạo ra lượng chất thải đủ đáp ứng nhu cầu ủ phân hữu cơ hoặc sản xuất khí biogas. Về nguyên liệu đầu vào, các phụ phẩm như rơm rạ, thân cây và chất thải chăn nuôi cần được thu gom và sử dụng hiệu quả. Mỗi hộ cần ít nhất 3-5 tấn rơm rạ mỗi vụ và khoảng 900-1.800kg chất thải chăn nuôi mỗi tháng để đảm bảo quy trình xử lý chất thải hoạt động ổn định. Về cơ sở hạ tầng, hộ gia đình cần dành riêng từ 10-15m² cho khu vực xử lý chất thải như ủ phân hoặc bể biogas. Hệ thống thoát nước cũng phải được xây dựng hợp lý với độ dốc nhẹ, bể lắng hoặc hồ sinh học để xử lý nước thải trước khi tái sử dụng, đặc biệt cho cây trồng hoặc nuôi cá. Về công nghệ áp dụng, các giải pháp đơn giản như ủ phân hữu cơ bằng chế phẩm vi sinh, sản xuất biogas quy mô nhỏ, tái sử dụng nước thải sau xử lý, giúp giảm chi phí và tăng hiệu quả sản xuất. Tích hợp các công nghệ này vào mô hình sẽ giúp hộ gia đình tối ưu hóa quản lý phụ phẩm tại chỗ, góp phần phát

triển nền nông nghiệp bền vững hơn.

b. Trường hợp: Mô hình quản lý chất thải và phụ phẩm tại doanh nghiệp theo hướng tuần hoàn khép kín

Mô hình vòng tuần hoàn xanh được Vinamilk vận dụng để phát triển trang trại bò sữa. Mô hình là một quy trình chăn nuôi khép kín từ làm đất, trồng cỏ, chăm sóc bò đến xử lý chất thải để tạo “vòng tuần hoàn xanh”. Mục tiêu quản lý nguồn đất bền vững, canh tác nông nghiệp tiên tiến, năng lượng xanh và tái tạo, quản lý chất thải và biến thành tài nguyên. Vinamilk xây dựng quy trình chăn nuôi, chiết xuất, chế biến các sản phẩm sữa theo tiêu chuẩn quốc tế (Global GAP) và tiêu chuẩn hữu cơ châu Âu (EU Organic) tại các trang trại bò sữa; thực hiện quy trình khép kín từ làm đất, trồng cỏ, chăm sóc bò đến xử lý chất thải thông qua công nghệ biogas. Phân vi sinh hình thành từ việc xử lý chất thải dùng bón cho đồng cỏ và cải tạo đất, phần khí metan thu được từ các hầm biogas trở thành năng lượng phục vụ các hoạt động khác của trang trại (Đặng Thùy, 2021).

Mô hình vòng tuần hoàn xanh có khả năng nhân rộng. Đối với trang trại quy mô nhỏ và hộ gia đình, mô hình này có thể triển khai với chi phí thấp hơn, sử dụng công nghệ cơ bản như hầm biogas gia đình để tái chế chất thải thành năng lượng sinh hoạt hoặc tạo phân vi sinh để bón cho cây trồng.



Nguồn: Đặng Thùy (2021).

Hình 4. Quy trình xử lý chất thải chăn nuôi trong các trang trại của Vinamilk

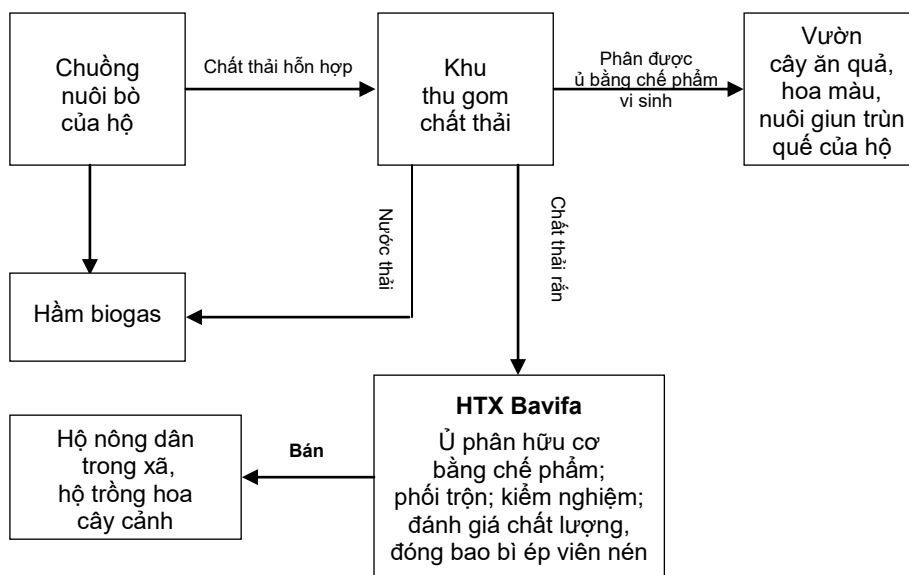
Quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp ở cấp trang trại và doanh nghiệp lớn thường dễ dàng hơn so với cấp hộ gia đình hoặc các trang trại có quy mô nhỏ nhờ vào quy mô và nguồn lực vượt trội. Các trang trại và doanh nghiệp lớn thường sở hữu trang thiết bị hiện đại như hệ thống xử lý chất thải, công nghệ ủ phân compost hoặc sản xuất biogas, cùng với nguồn vốn và đội ngũ nhân sự chuyên môn hỗ trợ vận hành. Quy trình sản xuất tại các doanh nghiệp lớn cũng được tổ chức bài bản, có sự quy hoạch rõ ràng và kiểm soát đồng bộ, giúp giảm thiểu chất thải ngay từ khâu đầu vào. Đồng thời, họ còn phải tuân thủ nghiêm ngặt quy định của pháp luật về môi trường, tạo động lực cải tiến trong quản lý chất thải. Ngoài ra, doanh nghiệp lớn có khả năng liên kết với các đơn vị trong chuỗi giá trị để tái sử dụng hoặc tiêu thụ phụ phẩm, giảm đáng kể gánh nặng quản lý. Để đạt hiệu quả tối ưu, doanh nghiệp cần có hệ thống thu gom và phân loại chất thải bài bản, đầu tư thiết bị chế biến phụ phẩm hiện đại và xây dựng đội ngũ chuyên môn cao. Chính sách hỗ trợ từ phía Nhà nước như ưu đãi thuế, vay vốn đầu tư công nghệ, cùng các chương trình đào tạo kỹ thuật cũng đóng vai trò quan trọng. Ngược lại, ở cấp hộ gia đình, việc quản lý chất thải gặp nhiều thách thức do thiếu vốn, kỹ thuật và quy mô nhỏ lẻ, khiến họ phụ thuộc nhiều vào các

hình thức hợp tác như tổ nhóm sản xuất hoặc hợp tác xã để chia sẻ nguồn lực và áp dụng giải pháp chung.

c. Trường hợp: Quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp tại HTX theo hướng tuần hoàn mở

Hợp tác xã BAVIFA, thành lập năm 2020 và hoạt động từ 2021, tiên phong trong khởi nghiệp thanh niên, chuyển hóa chất thải hữu cơ thành phân bón và chế phẩm nông nghiệp. HTX có 30 hộ chăn nuôi tham gia, ban đầu phát miễn phí chế phẩm sinh học để khử mùi chuồng trại. Phân bò được thu gom định kỳ 1-2 tuần/lần, ủ với vi sinh để sản xuất phân hữu cơ. Mỗi tháng, HTX thu gom 100 tấn phân tươi, cung cấp 20 tấn phân khô cho các hộ trồng cỏ, hoa màu trong xã và trang trại ngoài tỉnh. Phân sau ủ được phối trộn, kiểm nghiệm, ép viên và bán cho nông dân trồng hoa, cây cảnh (Hình 5).

Tuy nhiên, do chỉ sử dụng các mô hình và công nghệ đơn giản, quy mô xử lý này vẫn còn hạn chế, hiệu quả chưa cao, phụ thuộc nhiều vào trình độ và sự hợp tác của các thành viên HTX. Đây là mô hình phù hợp cho các HTX trong giai đoạn chuyển đổi sang quy mô sản xuất lớn hơn hoặc hướng tới hình thức quản lý tập trung hiện đại hơn (Nguyễn Thị Minh Hiền & cs., 2024a).



Nguồn: Nguyễn Thị Minh Hiền & cs. (2024b).

Hình 5. Mô hình quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp tuần hoàn mở tại HTX Bavifa

Mô hình quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp tuần hoàn cấp cộng đồng đòi hỏi một hệ thống nguồn lực sản xuất, nguyên liệu đầu vào, cơ sở hạ tầng, công nghệ được tổ chức và triển khai đồng bộ. Về nguồn lực sản xuất, cần có sự tham gia tích cực của các hộ nông dân trong việc cung cấp chất thải chăn nuôi và phụ phẩm trồng trọt, cùng với đội ngũ kỹ thuật đảm nhận vận hành hệ thống xử lý tập trung. Ngoài ra, mô hình yêu cầu một cơ chế quản lý minh bạch do hợp tác xã hoặc tổ hợp tác đứng ra điều phối, đồng thời đảm bảo phân phối lợi ích công bằng giữa các hộ tham gia. Về cơ sở hạ tầng, cần xây dựng bể biogas quy mô cộng đồng, khu vực ủ phân có mái che và hệ thống thoát nước, cùng phương tiện thu gom và vận chuyển chất thải đến điểm xử lý tập trung. Ngoài ra, cần có kho lưu trữ phân bón hữu cơ và bể chứa khí biogas nếu có nhu cầu dự trữ. Công nghệ áp dụng bao gồm hệ thống biogas hiện đại với khả năng thu hồi khí metan và sản xuất phân bón lỏng, công nghệ ủ phân hữu cơ vi sinh để rút ngắn thời gian xử lý và nâng cao chất lượng sản phẩm, cùng các công nghệ tự động hóa như cảm biến nhiệt độ, độ ẩm trong quá trình ủ. Để hỗ trợ mô hình, chính quyền và các tổ chức phát triển cần cung cấp vốn đầu tư, chuyển giao công nghệ và tổ chức tập huấn cho người dân, đồng thời tăng cường tuyên truyền để nâng cao nhận thức về lợi ích của sản xuất tuần hoàn. Khi các yếu tố trên được đáp ứng, mô hình này không chỉ giúp tối ưu hóa tài nguyên, giảm thiểu ô nhiễm môi trường mà còn tạo ra giá trị kinh tế bền vững cho cả cộng đồng.

Mô hình quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn có tiềm năng phát triển thành quy mô lớn hơn, mở rộng từ phạm vi cấp thôn, xã đến liên xã, huyện hoặc thậm chí liên kết vùng. Tuy nhiên, để thực hiện được điều này cần có sự nâng cấp về cơ chế quản lý, cơ sở hạ tầng và công nghệ nhằm đáp ứng yêu cầu về thu gom và xử lý nguồn tài nguyên một cách hiệu quả. Trong mô hình này, chính quyền địa phương và các tổ chức hỗ trợ đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng quy hoạch tổng thể, hỗ trợ pháp lý và giám sát hiệu quả thực thi. Để mở rộng phạm vi mô hình nông

ng nghiệp tuần hoàn cấp cộng đồng, việc áp dụng công nghệ tiên tiến là yếu tố then chốt nhằm đảm bảo hiệu quả và tính bền vững. Trong xử lý chất thải và phụ phẩm, hệ thống biogas công nghiệp có thể được triển khai để sản xuất khí đốt sạch, đồng thời tích hợp thu hồi nhiệt thải để sản xuất điện hoặc sưởi ấm cho nhà kính. Công nghệ ủ phân hữu cơ cũng được nâng cấp với cảm biến tự động giám sát nhiệt độ, độ ẩm và khí thải, rút ngắn thời gian xử lý và cải thiện chất lượng phân bón. Bên cạnh đó, các công nghệ thu gom và phân loại thông minh như IoT và nền tảng số hóa giúp tối ưu việc giám sát và vận chuyển chất thải trong cộng đồng. Hệ thống xử lý nước thải tiên tiến sử dụng màng lọc và hồ sinh học, giúp đảm bảo nước thải đạt chuẩn, tái sử dụng hiệu quả cho tưới tiêu hoặc nuôi cá. Đồng thời, việc tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời và khí biogas làm giảm chi phí vận hành, giảm phụ thuộc vào lưới điện. Ngoài ra, nền tảng số hóa và công nghệ blockchain giúp minh bạch hóa quy trình sản xuất, nâng cao giá trị thương mại của sản phẩm tái chế và phân bón hữu cơ. Tất cả các giải pháp này tạo ra chuỗi giá trị bền vững, thúc đẩy sự tham gia của các thành viên trong cộng đồng, hướng đến một hệ thống sản xuất nông nghiệp tuần hoàn quy mô lớn, hiệu quả hơn và thân thiện với môi trường.

3. ĐÁNH GIÁ CHUNG

Việc áp dụng các mô hình quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn tại Việt Nam đang cho thấy những tiềm năng nhất định nhưng vẫn tồn tại nhiều thách thức cần giải quyết. Hai mô hình chính được triển khai gồm hệ thống tuần hoàn khép kín và hệ thống tuần hoàn mở, mỗi mô hình có ưu điểm và hạn chế riêng, phụ thuộc vào quy mô sản xuất, nguồn lực tài chính và mức độ hợp tác giữa các chủ thể liên quan.

Hệ thống tuần hoàn khép kín chủ yếu được áp dụng trong các trang trại và doanh nghiệp lớn, nơi có đủ điều kiện đầu tư vào công nghệ xử lý chất thải hiện đại như biogas hoặc ủ phân hữu cơ vi sinh. Mô hình này giúp tối ưu hóa nguồn phụ phẩm ngay tại chỗ, giảm chi phí xử

lý và hạn chế tác động tiêu cực đến môi trường. Tuy nhiên, với các hộ nông dân quy mô nhỏ, việc triển khai gặp nhiều rào cản, chủ yếu do hạn chế về tài chính, thiếu hụt kiến thức kỹ thuật và động lực kinh tế chưa đủ mạnh để thúc đẩy đầu tư dài hạn (Nguyễn Thị Minh Hiền & cs., 2024b; Mai Lan Phương & Nguyễn Thị Minh Hiền, 2024; Vasilenko & Arbačiauskas, 2012; Lawrence & cs., 2006; Trianni & Cango, 2012).

Trong khi đó, hệ thống tuần hoàn mở, với sự tham gia của hợp tác xã và tổ hợp tác, mang lại lợi thế về quy mô và tính cộng đồng trong thu gom, xử lý chất thải. Mô hình này giúp tận dụng hiệu quả phụ phẩm từ nhiều hộ sản xuất, góp phần giảm áp lực ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên, việc tổ chức và vận hành vẫn gặp nhiều hạn chế, đặc biệt là vấn đề phối hợp thu gom, yêu cầu đầu tư cơ sở hạ tầng và khó khăn trong tiêu thụ sản phẩm tái chế (Hoevenagel & cs., 2007; Rademaekers & cs., 2011; Müller & Tunçer, 2013). Hiện nay, các cơ sở xử lý trong mô hình tuần hoàn mở vẫn mang tính thủ công, chưa đạt hiệu suất cao, trong khi thị trường cho các sản phẩm tái chế như phân bón hữu cơ và khí sinh học còn gặp nhiều rào cản về cạnh tranh và niềm tin của người tiêu dùng (Nguyễn Thị Minh Hiền & cs., 2024b; Mai Lan Phương & Nguyễn Thị Minh Hiền, 2024).

Nhìn chung, để nâng cao hiệu quả của cả hai mô hình, cần có sự hỗ trợ mạnh mẽ từ chính sách, đầu tư công nghệ và phát triển cơ chế hợp tác phù hợp. Hệ thống tuần hoàn khép kín có thể phát huy hiệu quả hơn nếu được lồng ghép với các chính sách khuyến khích tài chính và đào tạo kỹ thuật cho nông dân quy mô nhỏ. Trong khi đó, mô hình tuần hoàn mở cần được cải thiện thông qua việc đầu tư vào cơ sở hạ tầng, nâng cao chất lượng sản phẩm tái chế và thúc đẩy kết nối thị trường. Chỉ khi các rào cản này được giải quyết, quản lý chất thải nông nghiệp theo hướng tuần hoàn mới thực sự trở thành một giải pháp bền vững và có tính khả thi cao trong thực tiễn.

4. KẾT LUẬN

Việc quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn, dù ở dạng khép

kin hay mở, góp phần giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường, tạo ra giá trị kinh tế, thúc đẩy phát triển nông nghiệp bền vững. Tuy nhiên, quá trình triển khai vẫn gặp nhiều thách thức, từ hạn chế về tài chính, hạ tầng, công nghệ cho đến nhận thức của người dân và khả năng tiêu thụ sản phẩm tái chế.

Để khắc phục những rào cản này, cần có các giải pháp đồng bộ. Chính phủ cần đẩy mạnh ban hành chính sách hỗ trợ tài chính, khuyến khích đầu tư vào công nghệ xử lý chất thải và phát triển cơ sở hạ tầng phù hợp. Đồng thời, nâng cao nhận thức và đào tạo kỹ thuật cho nông dân, thúc đẩy hợp tác giữa các trang trại, doanh nghiệp và địa phương nhằm tối ưu hóa nguồn lực. Bên cạnh đó, việc xây dựng thị trường tiêu thụ ổn định cho các sản phẩm tái chế như phân bón hữu cơ, khí biogas thông qua chính sách khuyến khích sử dụng và tạo niềm tin cho người tiêu dùng cũng rất quan trọng.

Ngoài ra, việc mở rộng hợp tác với các tổ chức trong và ngoài nước, áp dụng công nghệ tiên tiến và xây dựng khung pháp lý đồng bộ sẽ tạo động lực mạnh mẽ cho sự phát triển của mô hình tuần hoàn. Khi những giải pháp này được thực hiện hiệu quả, quản lý chất thải và phụ phẩm nông nghiệp theo hướng tuần hoàn sẽ trở thành trụ cột quan trọng trong chiến lược phát triển nông nghiệp bền vững, giúp bảo vệ môi trường, nâng cao thu nhập cho người dân và tạo nền tảng cho nền nông nghiệp hiện đại, hiệu quả hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Agamuthu P. (2009). Challenges and opportunities in Agro waste management: An Asian perspective. Paper presented in Inaugural Meeting of First Regional 3R Forum in Asia 11-12 Nov 2009, Tokyo, Japan. Retrieved from https://uncrd.un.org/sites/uncrd.un.org/files/inaugural-3r-forum_s2-2-e.pdf on Dec 1, 2024.
- Bùi Thị Phương Loan (2022). Báo cáo công tác bảo vệ môi trường của ngành nông nghiệp năm 2022. Viện Môi trường Nông nghiệp.
- Bộ NN&PTNT (2022). Báo cáo thống kê nông nghiệp. Truy cập từ <https://www.mard.gov.vn/Pages/baocao-thong-ke.aspx#> ngày 20/10/2024.
- Cramer J. (2014). Moving towards a circular economy in the Netherlands: challenges and directions. Utrecht University. pp. 1-9.

- Dahiya S., Kumar A.N., Shanthi Sravan J., Chatterjee S., Sarkar O. & Mohan S.V. (2018). Food waste biorefinery: sustainable strategy for circular bioeconomy. *Bioresour. Technol.* 248: 2-12. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2017.07.176>.
- Del Borghi A., Moreschi L. & Gallo M. (2020). Circular economy approach to reduce water-energy - food nexus. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health.* 13: 23-28.
- Đặng Thùy (2021). Tuần hoàn xanh, những mô hình giá trị. Truy cập từ <https://nongthonviet.com.vn/tuan-hoan-xanh-nhung-mo-hinh-gia-tri.ngn> ngày 1/10/2024.
- Đỗ Hương (2021). Phụ phẩm nông nghiệp: nguồn tài nguyên bị lãng phí. Truy cập từ <https://baochinhphu.vn/phu-pham-nong-nghiep-nguon-tai-nguyen-dang-bi-lang-phi-102300165.htm> ngày 20/10/2024.
- Ellen MacArthur Foundation (2015). Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe. Retrieved from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf. on May 19, 2021.
- European Commission (2017). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - The Future of Food and Farming. COM. 713.
- Gontard N., Sonesson, U., Birkved M., Majone M., Bolzonella D., Celli A. & Schaer B. (2018). A research challenge vision regarding management of agricultural waste in a circular bio-based economy *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 48(6): 614-654. <https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1471957>
- He K., Zhang J. & Zeng Y. (2019). Knowledge domain and emerging trends of agricultural waste management in the field of social science: A scientometric review. *Science of The Total Environment.* 670: 236-244. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.03.184
- Hoevenagel R., Brummelkamp G., Peytcheva A. & van der Horst R. (2007). Promoting Environmental Technologies in SMEs: Barriers and Measures. European Commission, Institute for Prospective Technological Studies.
- Jun H. & Xiang H. (2011). Development of circular economy is a fundamental way to achieve agriculture sustainable development in China. *Energy Procedia.* 5: 1530-1534.
- Lawrence S.R., Collins E., Pavlovich K. & Arunachalam M. (2006). Sustainability Practices of SMEs: the Case of NZ. *Business Strategy and the Environment.* 15: 242-257.
- MacArthur E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology.* 2: 23-44.
- Mai Lan Phương & Nguyễn Thị Minh Hiền (2024). Chính sách nông nghiệp tuần hoàn ở Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam.* 22(7): 906-915.
- Müller S. & Tunçer B. (2013). Greening SMEs by Enabling Access to Finance. Strategies and Experiences from the Switch-Asia Programme. Scaling-up Study 2013. The Switch-Asia Network Facility.
- Nguyễn Thị Minh Hiền & Mai lan Phương (2023). Các rào cản và định hướng cho phát triển nông nghiệp tuần hoàn ở Việt Nam. *Tạp chí Kinh tế & Phát triển.* 318(2): 06-08.
- Nguyễn Thị Minh Hiền, Mai Lan Phương, Cao Trường Sơn, Võ Hữu Công, Bùi Văn Đoàn, Nguyễn Thị Thu Phương, Quyền Đình Hà, Mai Thanh Cúc, Đỗ Thị Thanh Huyền, Trần Đức Trí, Bạch Văn Thủy & Nguyễn Thị Phương (2024a). Sổ tay hướng dẫn phát triển nông nghiệp tuần hoàn phù hợp với điều kiện ở Việt Nam. Bộ NN&PTNT. tr. 18-24
- Nguyễn Thị Minh Hiền, Mai Lan Phương, Nguyễn Văn Song, Mai Thanh Cúc, Phạm Ngọc Thạch, Võ Hữu Công, Quyền Đình Hà, Nguyễn Thị Thu Phương, Đỗ Thanh Huyền & Phạm Thị Hoà (2024b). Đề tài Đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp phát triển nông nghiệp tuần hoàn. Bộ NN&PTNT.
- OECD (1997). Glossary of Environment Statistics, Studies in Methods, Series F, No. 67. United Nations, New York.
- Obi F.O., Ugwuishiwu B.O. & Nwakaire J.N. (2016). Agricultural waste concept, generation, utilization and management. *Nigerian J. Technol.* 35(4): 957-964
- Pearce D.W. & Turner R.K. (1990). Economics of natural resources and the environment. Baltimore MD: Johns Hopkins University Press. 378p.
- Rademaekers K., Asaad S.S.Z. & Berg J. (2011). "Study on the Competitiveness of the European Companies and Resource Efficiency. ECORYS, Teknologisk Institut, Cambridge Econometrics, CES info and Idea Consult. Study prepared for the European Commission, DG Enterprise and Industry.
- Snyder H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research.* 104: 333-339.
- Therond O., Duru M., Roger-Estrade J. & Richard G. (2017). A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. A review *Agronomy for Sustainable Development.* 37(3): 1-24.

- Tranfield D., Denyer D. & Smart P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*. 14(3): 207-222.
- Trianni A. & E Cango. (2012). Dealing with barriers to energy efficiency and SMEs: Some empirical evidences. *Energy*. 37: 494-504.
- University College Dublin (2017). Project of AgroCycle, The ‘circular economy’ applied to the agri-food sector, presentation at The European Commission DG Research & Innovation hosted conference on: ‘Harnessing Research and Innovation for FOOD 2030: A Science Policy Dialogue’, Brussels, October 16th 2017.
- Van Berkum S. & Dengerink J. (2019). Transition to sustainable food systems: the Dutch circular approach providing solutions to global challenges (No. 2019-082). Wageningen Economic Research.
- Vasilenko L. & Arbačiauskas V. (2012). Obstacles and Drivers for Sustainable Innovation Development and Implementation in Small and Medium Sized Enterprises. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2(60): 58-66.
- Velasco-Muñoz J.F., Mendoza J.M.F., Aznar-Sánchez J.A. & Gallego-Schmid A. (2021). Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies and indicators. *Resources, Conservation and Recycling*. 170: 105618
- Wageningen University and Research (2018). Circular agriculture: a new perspective for Dutch agriculture. Retrieved from <https://www.wur.nl/en/newsarticle/Circular-agriculture-a-new-perspective-for-Dutch-agriculture-1.htm> on May 26, 2021.
- Xi H. (2011). Models of circular economy on agriculture in Yunnan province. *Energy Procedia*. 5L 1078-1083.
- Zhang X.X., Ma F. & Wang L. (2013). Application of life cycle assessment in agricultural circular economy. In *Applied Mechanics and Materials* Trans Tech Publications Ltd. 260: 1086-1091.