



KHẢO SÁT TÍNH BỀN VỮNG SINH THÁI CỦA CÁC MÔ HÌNH CANH TÁC TẠI HUYỆN VŨNG LIÊM, TỈNH VĨNH LONG

Lê Thanh Phong¹ và Lê Đăng Ngọc Ân²

¹ Trung Tâm Dịch vụ & Chuyển giao công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

² Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 20/06/2014

Ngày chấp nhận: 28/08/2014

Title:

Study on the ecological sustainability of farming models in Vung Liem District, Vinh Long Province

Từ khóa:

Bền vững sinh thái, Mô hình canh tác, Lúa, Lúa-Cá, Lúa-Màu, Vườn-Chuồng, Vườn-Ao-Chuồng-Ruộng

Keywords:

Ecological sustainability, Farming model, Rice, Rice-Fish, Rice-Upland crop, Garden-Livestock, Garden-Fish-Livestock-Rice

ABSTRACT

The study aims at the ecological sustainability of the farming models as Intensive Rice cultivation (L), Rice-Fish (LC), Rice-Upland crop (LM), Garden-Livestock (VC), and Garden-Fish-Livestock-Rice (VACR). Direct interview method was applied to each production group in each farming model, and the results were used as input parameters for ECOPATH v.3.1 software. In rice cultivation, use of sowing rice seed amount was high, but phosphorus and potassium fertilizers were applied reasonably. The orchards were not high in the intensive investment for cultivation and gave low yields. The upland crops were cultivated commonly in small scales with high rates of nitrogen fertilizer application. The productions of livestock and fish in farming models were mainly by extensive farming, with no good investments of stocks and feeds. The LC farming model was assessed as sustainable to the ecological indicators, such as Actual efficiency, Nutrient recycling index, Ecotrophic efficiency of soil, and Nitrogen balance; and the VACR model was sustainable in Biodiversity, Actual efficiency, P/B ratio and Harvest index. To increase the ecological sustainability, the models of LC and VACR should be considered in the development of farming systems.

TÓM TẮT

Nghiên cứu “Khảo sát tính bền vững sinh thái của các mô hình canh tác tại huyện Vũng Liêm, tỉnh Vĩnh Long” có mục đích khảo sát tính bền vững sinh thái của các mô hình canh tác như chuyên canh Lúa (L), Lúa-Cá (LC), Lúa-Màu (LM), Vườn-Chuồng (VC) và Vườn-Ao-Chuồng-Ruộng (VACR). Phương pháp phỏng vấn trực tiếp được áp dụng cho mỗi nhóm sản xuất trong từng mô hình canh tác, kết quả được sử dụng làm các thông số đầu vào cho phần mềm ECOPATH v.3.1. Trong canh tác lúa, lượng lúa giống gieo sạ cao hơn khuyến cáo; sử dụng phân lân và kali khá hợp lý so với khuyến cáo. Các vườn cây ăn trái chưa được đầu tư thâm canh, cho năng suất thấp. Cây màu được canh tác phổ biến ở mức độ nhỏ, áp dụng phân đạm cao. Chăn nuôi gia súc và nuôi cá trong các mô hình canh tác chủ yếu ở dạng quảng canh, chưa có sự đầu tư cao về con giống, thức ăn. Mô hình LC đạt yêu cầu về các chỉ số Hiệu suất thực tế, Chỉ số quay vòng dinh dưỡng, Hiệu suất sử dụng dinh dưỡng của đất và Cân bằng đạm; mô hình VACR với các chỉ số Đa dạng sinh học, Hiệu suất thực tế, Tỷ lệ P/B và Chỉ số thu hoạch. Để tăng tính bền vững sinh thái, mô hình LC và VACR cần được chú ý phát triển trong hệ thống canh tác.

1 GIỚI THIỆU

Chuyển đổi cơ cấu cây trồng vật nuôi theo hướng tăng hiệu quả kinh tế là mối quan tâm lớn của nông dân hiện nay. Ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) hiện có nhiều nông dân đang tích cực thực hiện các mô hình canh tác như luân canh, xen canh, đa canh (Nguyễn Ngọc Hiền, 2011) và tích hợp (Nhan *et al.*, 2006, Phong *et al.*, 2010). Mô hình trồng lúa 2 vụ kết hợp nuôi cá là một mô hình sản xuất có triển vọng về mặt kinh tế - xã hội và môi trường, là cơ hội để nông dân có thể đa dạng hóa việc sử dụng tài nguyên đất và tăng hiệu quả kinh tế (Đặng Kiều Nhân và Lam Mỹ Lan, 2002). Đối với việc luân canh cây màu, các mô hình lúa - đậu phộng, lúa - đậu xanh trên đất ruộng, lúa - dưa hấu, 2 vụ lúa - 1 vụ màu trên đất ruộng là các mô hình canh tác có hiệu quả cao và bền vững. Ngoài ra, mô hình canh tác lúa 2 và 3 vụ kết hợp nuôi bò giúp sử dụng được lao động nhân rỗi gia đình, có phân hữu cơ bón cho cây trồng (Nguyễn Văn Minh và *ctv.*, 2007). Ở huyện Tiểu Cần (Trà Vinh), năng suất lúa vụ Thu Đông trên nền đất trồng đậu phộng (5,15 tấn/ha) cho năng suất cao hơn trên nền đất lúa (3,9 tấn/ha) (Nguyễn Minh Tuấn, 2010). Ở huyện Cai Lậy (Tiền Giang), áp dụng mô hình 2 lúa - 1 màu đã cho hiệu quả lao động, đồng vốn và kinh tế cao hơn so với mô hình lúa 3 vụ, và giúp cải thiện độ phì nhiêu đất đai (Đỗ Văn Xê và Đặng Thị Kim Phượng, 2011).

Ở huyện Vũng Liêm (Vĩnh Long), có nhiều mô hình canh tác đã và đang được thực hiện như lúa - màu, vườn - chuồng, lúa - cá,... mang lại hiệu quả kinh tế cao cho nông hộ. Hiện nay, toàn bộ diện tích đất ruộng của huyện đã chuyển lên sản xuất 3 vụ lúa/năm, năng suất bình quân đạt 6 tấn/ha/vụ. Với 41.000 ha lúa gieo sạ mỗi năm, sản lượng lúa của huyện Vũng Liêm đạt 240.000 tấn/vụ. Năm 2012, mô hình cánh đồng mẫu lớn được mở rộng diện tích trong huyện. Hàng ngàn ha lúa sản xuất theo tiêu chuẩn VietGAP có chất lượng cao và đồng nhất nên hiệu quả kinh tế tăng lên rõ rệt. Mô hình luân canh lúa với rau màu đã mang lại hiệu quả kinh tế cao ở Vũng Liêm, cho thu nhập cao gấp 2 - 3 lần so với chuyên canh cây lúa. Tổng doanh thu đạt cao nhất là mô hình 2 vụ lúa - 1 vụ rau hoặc dưa hấu (55,2 - 63,1 triệu đồng/ha/năm), kế đến là 2 vụ lúa-1 vụ khoai lang (45,4 - 47,3 triệu đồng/ha/năm), mô hình 2 vụ lúa - 1 vụ màu (đậu phộng, đậu nành, đậu các loại và bắp) cho doanh thu thấp nhất (31,7 - 40,0 triệu đồng/ha/năm). Tại Vũng Liêm, doanh thu của mô hình 2 vụ lúa kết hợp nuôi tôm càng xanh quảng canh cải tiến đạt

cao nhất (65,4 triệu đồng/ha/năm), kế đến là 3 vụ lúa hoặc 1 vụ màu - 2 vụ lúa kết hợp nuôi cá quảng canh (45,5 - 49,0 triệu đồng/ha/năm). So với đất trồng 3 vụ lúa thì nuôi thủy sản kết hợp có doanh thu cao gấp 1,3 - 1,9 lần. Mô hình trồng cây ăn trái kết hợp nuôi thủy sản ở ruộng vườn cũng đạt doanh thu (58,9 triệu đồng/ha/năm) và lợi nhuận khá (29,4 triệu đồng/ha/năm). Mô hình chuyên canh 3 vụ rau, trồng cói (lác) hoặc luân canh 2 vụ rau - 1 vụ màu cũng cho hiệu quả kinh tế khá (doanh thu 45,0 - 106,9 triệu đồng/ha/năm, lợi nhuận 25,8 - 61,8 triệu đồng/ha/năm)(Phong NN&PTNT Vũng Liêm, 2012).

Theo Nguyễn Bảo Vệ và Nguyễn Thị Xuân Thu (2005), một hệ sinh thái nông nghiệp bền vững phải bảo đảm nhu cầu nông nghiệp - lâm nghiệp và thủy sản của con người, sử dụng hiệu quả các nguồn tài nguyên không tái tạo, duy trì hiệu quả kinh tế sản xuất và cải thiện đời sống nông dân. Theo Odum (1969), khi tỷ lệ sản xuất trên sinh khối càng thấp thì hệ sinh thái càng trưởng thành và tỷ lệ sinh khối trên nguồn dinh dưỡng càng cao. Khi sinh khối giảm xuống thì chi phí bảo trì hệ thống gia tăng. Trong nền nông nghiệp truyền thống, mô hình canh tác độc canh đã làm hệ sinh thái mất cân bằng và các quy luật sinh thái bị thay đổi, nên rất dễ bị ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường. Vì vậy, tính đa dạng sinh học trong nền nông nghiệp sinh thái phải đảm bảo các quy luật sinh thái tự nhiên và môi trường sinh thái phải được cân bằng. Trong thực hành cần sử dụng nhiều giống cây trồng, vật nuôi khác nhau; thực hiện luân canh, xen canh; lai tạo giống mới để có năng suất cao hơn; canh tác theo phương thức nông - lâm kết hợp; bảo tồn và giữ gìn các giống vật nuôi khác loài (cá, ong, gia súc,...)(Lê Văn Khoa và *ctv.*, 1999). Theo Christensen và Pauly (1996), một đặc điểm quan trọng của hệ sinh thái trưởng thành là khả năng sử dụng hiệu quả, duy trì và tái sinh chất dinh dưỡng thông qua các mùn bã hữu cơ, nhằm tạo điều kiện gia tăng nhanh sinh khối và được xem là yếu tố cần thiết trong hệ sinh thái thủy sinh bền vững, và điều này nên áp dụng cho các hệ sinh thái trên cạn. Theo Dalsgaard và Oficial (1998), để so sánh các hệ thống canh tác, cần định lượng các đặc điểm thường thấy của hệ sinh thái. Một trong các phương pháp định lượng được sử dụng để đánh giá sự bền vững sinh thái đó là phương pháp cân bằng khối lượng. Trong thập kỷ qua, nhiều nỗ lực đáng kể đã được thực hiện để phát triển các mô hình cân bằng khối lượng, mô tả tình trạng và sự tương tác dinh dưỡng trong hệ sinh thái thủy sinh. Sự phát triển này đã dẫn đến việc

xây dựng và phổ biến một giải pháp mô hình hoá và phần mềm gọi là ECOPATH, được sử dụng dựa trên nghiên cứu đầu tiên của Polovina (1984), được phổ biến rộng rãi kể từ năm 1990 (Christensen và Pauly, 2004) và được áp dụng trong các mô hình canh tác tích hợp (Phong *et al.*, 2010). Trong phần mềm ECOPATH, một hệ sinh thái được đại diện bởi một số lượng hạn chế các nhóm chức năng (nhóm sản xuất), được liên kết thông qua các mối quan hệ dinh dưỡng (dòng chảy dinh dưỡng) (Dalsgaard và Oficial, 1998).

Nhìn chung, cho đến nay đã có nhiều nghiên cứu về hệ thống canh tác ở ĐBSCL, tuy nhiên các nghiên cứu chủ yếu tập trung phân tích kỹ thuật canh tác và hiệu quả kinh tế trong canh tác của nông hộ. Các nghiên cứu sự bền vững của hệ thống canh tác về mặt sinh thái (Phong *et al.*, 2010) vẫn còn ít. Nghiên cứu “Khảo sát tính bền vững sinh thái của các mô hình canh tác tại huyện Vũng Liêm, tỉnh Vĩnh Long” nhằm phân tích, đánh giá tính bền vững sinh thái của các mô hình canh tác ở mức độ nông hộ, qua đó đề xuất mô hình canh tác phù hợp, có hiệu quả theo hướng bền vững sinh thái.

2 PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Phương tiện

Nghiên cứu được thực hiện từ 10 tháng 9 năm 2012 đến ngày 10 tháng 9 năm 2013. Có 100 nông hộ trong huyện Vũng Liêm được phỏng vấn theo phiếu điều tra lập sẵn, bao gồm thông tin nông hộ, các nhóm sản xuất trong mô hình canh tác (cây trồng, vật nuôi, thủy sản, cỏ dại, tre, thực vật nổi, đất đai,...) và kỹ thuật canh tác. Có 5 mô hình canh tác được khảo sát là mô hình chuyên canh Lúa (L), Lúa-Cá (LC), Lúa-Màu (LM), Vườn-Chuồng (VC) và Vườn-Ao-Chuồng-Ruộng (VACR). Từ kết quả điều tra, các thông số như sinh khối (B), tỷ lệ sản lượng/sinh khối (P/B), tỷ lệ tiêu thụ/sinh khối (Q/B), thu hoạch (H), sinh khối tích lũy (ΔB), tỷ lệ khẩu phần thức ăn (gia súc, gia cầm và cá) của các nhóm sản xuất trong 5 mô hình canh tác được tính toán theo Dalsgaard và Oficial (1998), quy đổi theo đơn vị kg N/ha nông hộ/năm, trên cơ sở chất khô. Năng suất, sản lượng, sinh khối của các nhóm sản xuất cũng được tính trên cơ sở 1 ha nông hộ. Các thông số trên được sử dụng trong phần mềm ECOPATH v.3.1 (Dalsgaard và Oficial, 1998) để ước lượng các chỉ số sinh thái. Các thông tin về loại đất trong các mô hình (đất sét đến thịt pha sét), N tổng số (0,16-0,32%), dung trọng đất (0,8 - 1,24 g/cm³) được tham khảo từ Phòng NN&PTNT

Vũng Liêm (2012) để tính dinh dưỡng N trong đất. Các số liệu không ghi nhận được trực tiếp trong điều tra thì tham khảo từ tài liệu: (1) Hàm lượng N, chất khô từ chất thải con người tham khảo Nguyễn Lâm Dũng và Ngô Kế Sương (2000); (2). Hàm lượng N, chất khô phân heo, phân bò, gia cầm tham khảo Lê Văn Căn (1982) và Vũ Hữu Yếm và *ctv.* (2001); (3) Hàm lượng N, chất khô cỏ dại tham khảo Dung (1996); (4) Cố định đạm sinh học từ ruộng lúa tham khảo Roger và Ladha (1992); (5) Cố định đạm sinh học của ao cá được ước lượng là 24 mg N m² (Acosta-Nassar *et al.*, 1994); (6) Tích lũy N từ khí quyển là 1,5 kg N/ha/năm, N trong nước tưới là 10 kg N/ha/năm (App *et al.*, 1984); (7) Mất N do trực di, xói mòn đất, thoát nước và thải khí của ao cá được giả định là không đáng kể (Dalsgaard và Oficial, 1998); (8) Hàm lượng N, chất khô cho các loại cây trồng và vật nuôi (sản phẩm, phụ phẩm,...) tham khảo FAO (1972); (9) Các loại thực vật phù du (Cyanophyta, Euglenophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta) và động vật phù du (Protozoa, Rotifera, Cladocera, Copepoda, Nauplius) trong ao cá, ruộng lúa tham khảo Phong *et al.* (2010) và tính sinh khối theo Ruddle và Christensen (1993).

2.2 Phương pháp

Các chỉ tiêu sinh thái là kết quả ước lượng từ ECOPATH được dùng giải thích tính bền vững sinh thái của các mô hình canh tác, gồm có: (i) Chỉ số quay vòng dinh dưỡng (Finn, 1980), tỷ lệ giữa tổng dinh dưỡng được quay vòng; (ii) Sinh khối/Tổng dinh dưỡng (B/T, tỷ lệ giữa sinh khối và tổng dinh dưỡng); (iii) Sản lượng/sinh khối (P/B, tỷ lệ sản lượng ban đầu và sinh khối); (iv) Hiệu suất dinh dưỡng (EE thay đổi từ 0-1. Trong các nhóm sản xuất, EE cao cho thấy hiệu suất sử dụng N cao và ngược lại. Trong đất, ở trạng thái cân bằng N thì EE = 1, khi EE < 1 có sự tích tụ N trong đất và EE > 1 có sự mất N từ đất). Một số chỉ số được tính toán bên ngoài ECOPATH, gồm có: (v) Hiệu suất thực tế (tỷ lệ giữa tổng sản phẩm đầu ra và đầu vào từ thức ăn, phân bón, cố định đạm sinh học, tích lũy khí quyển và nước tưới); (vi) Chỉ số thu hoạch (tỷ lệ giữa năng suất thu hoạch và tổng sản lượng); (vii) Chỉ số đa dạng sinh học (công thức Shannon: $H' = -\sum p_i \ln(p_i)$ (Magurran, 1988));

(viii) Cân bằng N trong mô hình canh tác tính theo công thức: (N thức ăn và phân bón) + (cố định N trong đất) + (tích lũy N nước tưới) + (tích lũy N khí quyển) – (N từ sản phẩm thu hoạch) – (trực di N) – (bốc hơi N + phân N hoá).

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Thông tin nông hộ

Số nhân khẩu trong 5 mô hình canh tác dao động từ 2 - 6 người ($p < 0,05$). Số nhân khẩu cao nhất (5,0) là trong mô hình L, LC, VC và VACR, biến động từ 4,5-5 người, thấp nhất là mô hình LM (3,7). Số nhân khẩu đông do gia đình sống chung nhiều thế hệ với nhau, điều này có lợi cho việc sử dụng lao động trong canh tác. Nông dân trong mô hình VC và VACR có độ tuổi trung bình (49,7 - 50,7) cao hơn ($p < 0,05$) các mô hình còn lại (44,1 - 44,6). Với độ tuổi này có thể thấy rằng nông dân trong khu vực điều tra có thể tích lũy được nhiều kinh nghiệm trong canh tác. Về học vấn, trình độ của chủ hộ trong các mô hình canh tác dao động từ cấp 2 đến cấp 3, trình độ này giúp nông dân có điều kiện thuận lợi hơn trong việc tiếp thu khoa học kỹ thuật để áp dụng vào canh tác. Tỷ lệ chủ hộ là thuần nông dân trong các mô hình canh tác chiếm tỷ lệ 77%.

3.2 Diện tích nông hộ

Diện tích nông hộ trong các mô hình canh tác dao động từ 0,24-4,96 ha ($p < 0,05$). Mô hình L có diện tích nông hộ cao nhất (1,79 ha), thấp nhất là mô hình LM (0,67 ha). Diện tích nông hộ cao thường do canh tác lúa lâu đời, đất được thế hệ trước trong nông hộ để lại và được mua thêm trong quá trình canh tác.

3.3 Các nhóm sản xuất trong nông hộ

3.3.1 Lúa

Các giống lúa được trồng là IR50404, OM4900, OM5451, OM6976, OM8017 và OM576, trong đó giống IR50404 được sử dụng phổ biến (50%) để canh tác 3 vụ trong năm. Khối lượng lúa giống ($p < 0,05$) được gieo trồng cao nhất (221,2 kg/ha) trong mô hình L do áp dụng sạ lan, thấp nhất (174,2 kg/ha) trong mô hình LC do có áp dụng kỹ thuật sạ hàng. Lượng lúa giống sử dụng trong các mô hình canh tác vẫn còn khá cao so với khuyến cáo 150 kg/ha (Nguyễn Ngọc Đệ, 2008). Lượng N được bón cao nhất ($p < 0,05$) trong mô hình L (98,4 kg/ha) và VACR (98,7 kg/ha), thấp nhất là mô hình LM (67,1 kg/ha). Lượng P_2O_5 được bón cao nhất ($p < 0,05$) trong mô hình L (76,9 kg/ha), thấp nhất là mô hình LM (46,5 kg/ha). Lượng K_2O được bón cao nhất ($p < 0,05$) trong mô hình L (36,9 kg/ha), LC (40,0 kg) và VACR (37,7 kg/ha), thấp nhất là mô hình LM (24,8 kg/ha). Lượng N, P_2O_5 và K_2O bón cho lúa trong mô hình LM thấp do luân canh lúa màu nên nông dân đã giảm lượng phân bón khi trồng lúa. Nhìn chung, lượng P_2O_5 và K_2O bón cho

lúa trong các mô hình là khá hợp lý so với khuyến cáo (Nguyễn Thành Hối, 2008). Năng suất lúa trong các mô hình dao động từ 5,5 - 5,9 tấn/ha ($p < 0,05$). Năng suất lúa đạt cao nhất trong mô hình L (5,8 tấn/ha) và VACR (5,9 tấn/ha), thấp nhất là mô hình LM (5,5 tấn/ha), khác biệt có thể do sử dụng giống và mức độ chăm sóc. Tương ứng, sản lượng lúa 3 vụ trong năm của mô hình L (17,5 tấn/ha/năm) và VACR (17,6 tấn/ha/năm) lớn hơn ($p < 0,05$) mô hình LM (11,1 tấn/ha). Theo Nguyễn Bảo Vệ (2011), canh tác lúa 3 vụ về lâu dài làm sâu bệnh phát triển nhiều hơn, gây ô nhiễm môi trường do sử dụng nhiều phân hóa học và nông dược, gây ngộ độc hữu cơ cho lúa nhiều hơn, làm đất mau suy thoái.

3.3.2 Cây ăn trái

Cây ăn trái được trồng trong mô hình VC và VACR gồm có dứa (16-21 cây), đu đủ (4-9 cây), nhãn (28-30 cây), xoài (6-9 cây), mít (2-9 cây), bưởi (12-17 cây) và chuối (22-27 cây), trong đó, chỉ có số lượng cây mít trong mô hình VC cao hơn VACR ($p < 0,05$). Cả 2 mô hình có trồng nhiều chuối, dứa vì dễ trồng và chăm sóc. Cây nhãn cũng được trồng khá phổ biến do có hiệu quả kinh tế cao. Tuy nhiên, trong khoảng 3 năm gần đây thì cây nhãn bị bệnh chổi rồng nên cho năng suất rất thấp (Phòng NN&PTNT Vũng Liêm, 2012). Kết quả điều tra cho thấy, lượng N bón dao động từ 85,9 - 94,3 kg/ha, lượng P_2O_5 từ 132,3 - 159,2 kg/ha và K_2O từ 65,3 - 83,2 kg/ha, trong đó, lượng K_2O /ha bón trong mô hình VACR cao hơn mô hình VC ($p < 0,05$). Nhìn chung, do những năm gần đây cây ăn trái cho thu nhập thấp nên các nông hộ ít chú ý đầu tư phân bón. Năng suất cây ăn trái (tính chung các loại) trong mô hình VC (8,9 tấn/ha) và VACR (11,4 tấn/ha) khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

3.3.3 Rau màu

Rau màu trồng trong mô hình LM và VACR gồm có khổ qua, đậu xanh, đậu đũa, xà lách, rau muống, mướp, ớt, dưa leo và dưa hấu, trong đó, dưa hấu được trồng nhiều trong mô hình LM (65%). Mô hình VACR trồng rau màu đa dạng hơn mô hình LM nhưng diện tích trồng nhỏ, đầu tư không cao, thu hoạch chủ yếu để sử dụng trong nông hộ. Lượng phân N bón cho rau màu trong mô hình LM (247,1 kg/ha) nhiều hơn ($p < 0,05$) mô hình VACR (207,9 kg/ha). Lượng P_2O_5 (150,0-174,3 kg/ha) và K_2O (112,5-142,0 kg/ha) sử dụng trong 2 mô hình khác biệt không có ý nghĩa thống kê. Theo Phạm Hồng Cúc (2002), lượng phân trên ha cần thiết cho màu là 160 kg N - 160 kg P_2O_5 - 100 kg K_2O . Sự biến động phân bón trong 2 mô

hình có thể do dạng phân sử dụng (phân đơn, phân hỗn hợp với hàm lượng khác nhau) và sự quan tâm khác nhau của nông dân đối với việc cung cấp phân bón cho rau màu tại các địa điểm điều tra. Năng suất rau màu (tính chung các loại) trong mô hình LM (27,93 tấn/ha) cao hơn ($p < 0,05$) mô hình VACR (10,12 tấn/ha).

3.3.4 Tre

Tre Mạnh tông (*Dendrocalamus asper* (Schult) Backer ex Heyne) được trồng khá phổ biến trong mô hình VC (40%) và VACR (46%); tre Xiêm (*Bambusa tulda* Roxb) được trồng nhiều trong mô hình VC (40%); tre Mỡ (*Bambusa vulgaris* Schre ex Wend) được trồng nhiều trong mô hình VACR (31%). Tre được xem là cây đa mục tiêu và được đưa vào phân tích trong mô hình ECOPATH. Mô hình VACR (64 cây) trồng nhiều tre Mạnh tông hơn ($p < 0,05$) mô hình VC (30 cây). Sinh khối tre trong mô hình VC (396,6 kg/ha) và VACR (476,7 kg/ha) khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

3.3.5 Cỏ dại

Các loại cỏ phổ biến trong ruộng lúa là cỏ Lông vục (*Echinochloa colona* Link), cỏ Đuôi phụng (*Leptochloa chinensis* Nees), cỏ Chác (*Fimbristylis milliacea* Vahl) và lúa cỏ. Sinh khối của cỏ dại được tính trên bờ ruộng và trong ruộng (Dalsgaard và Oficial, 1998). Cỏ dại trong vườn cây ăn trái chủ yếu là cỏ Lông tây (*Brachiaria mutica* Forsk), cỏ Cú (*Cyperus rotundus* Link) và cỏ Ống (*Cynodon dactylon* Pers). Các nông hộ trong mô hình VC và VACR làm cỏ khá thường xuyên trong mùa mưa (38-40%). Cỏ được xử lý bằng thuốc diệt cỏ hoặc bằng tay. Sinh khối cỏ dại trong mô hình VACR (298,0 kg/ha) được tính từ cỏ ruộng và cỏ vườn, đạt cao nhất ($p < 0,05$) so với các mô hình còn lại. Sinh khối cỏ trong mô hình VC đạt thấp nhất (54,8 kg/ha) vì lượng cỏ ít trong các vườn cây ăn trái.

3.3.6 Gia súc

Số bò nuôi trong mô hình VC và VACR biến động trung bình từ 2-3 con, số heo được nuôi dao động từ 5 - 6 con. Các giống bò lai Sind và bò Ta vàng được nuôi khá phổ biến trong 2 mô hình (70-75%). Lượng cỏ cho bò ăn (tính trên ha nông hộ) trong mô hình VACR là 21.578 kg/ha/năm so với mô hình VC là 18.058 kg/ha/năm. Phân bò được dùng bón cho cây ăn trái hay rau màu trong nông hộ. Giống heo lai F1 được nuôi trong mô hình VC (60%) phổ biến hơn mô hình VACR (35%). Nuôi heo được xem là hình thức “bò ông”, tận dụng thức ăn thừa trong nông hộ và phân heo làm thức ăn cho

cá. Lượng thức ăn cô đặc sử dụng cho heo trong mô hình VACR là 663 kg/ha/năm so với mô hình VC là 285 kg/ha/năm. Lượng cám, lúa sử dụng cho heo trong mô hình VACR là 655 kg/ha/năm so với mô hình VC là 132 kg/ha/năm. Sản lượng gia súc (gồm bò và heo) trong mô hình VACR (927,8 kg/ha) cao hơn ($p < 0,05$) mô hình VC (633,5 kg/ha), sự khác biệt có thể do đầu tư và kinh nghiệm của nông dân trong chăn nuôi.

3.3.7 Gia cầm

Mô hình VC chăn nuôi gà nòi lai (33 con), gà Tam hoàng (10 con), gà tre (6 con) và vịt Tàu rần (19 con), vịt Xiêm (7 con) và trong mô hình VACR là gà nòi lai (28 con), gà Tam hoàng (11 con), gà tre (7 con), vịt Tàu rần (20 con) và vịt Xiêm (9 con). Các giống vịt Tàu rần, vịt Xiêm được nuôi ít phổ biến trong mô hình VC và VACR (50 - 55%). Lượng thức ăn cô đặc (tính trên ha nông hộ) sử dụng cho gà, vịt trong mô hình VACR là 69 kg/ha/năm so với mô hình VC là 76 kg/ha/năm. Lượng cám, lúa sử dụng cho gà, vịt trong mô hình VACR là 261 kg/ha/năm so với mô hình VC là 173 kg/ha/năm. Sản lượng gia cầm (gà, vịt) trong mô hình VC (129,6 kg/ha) khác biệt không có ý nghĩa thống kê với mô hình VACR (142,8 kg/ha) do chăn nuôi theo hình thức quảng canh, không có đầu tư, dùng thịt, trứng để cải thiện thức ăn gia đình và tăng thêm thu nhập, phân gia cầm được dùng bón cây và làm thức ăn cho cá.

3.3.8 Cá

Các loài cá rô phi (95%) và cá Chép (80%) được nuôi nhiều trong mô hình LC trong khi cá rô phi (90%) và cá Tra (65%) được nuôi phổ biến trong mô hình VACR. Đây là 2 loài cá ăn tạp, dễ nuôi, dễ thích nghi (Dương Nhật Long và Nguyễn Văn Lành, 2002). Ngoài ra, để tận dụng nguồn thức ăn ở nhiều tầng nước khác nhau nên nông dân nuôi ghép thêm một số loài cá khác như cá mè vinh, cá Trôi, cá Trê phi,... nhằm tăng thêm thu nhập. Thức ăn cho cá chủ yếu là từ thiên nhiên, phân gia súc, phân bắc và chất thải của nông hộ. Năng suất cá nuôi trong mô hình LC (740 kg/ha) cao hơn ($p < 0,05$) mô hình VACR (380 kg/ha). Cá nuôi trong mô hình LC có năng suất cao do được nuôi với diện tích lớn, mật độ thả cá thưa và tận dụng được nguồn thức ăn phong phú trong ruộng lúa.

3.3.9 Sinh vật phù du

Sinh vật phù du là thức ăn tự nhiên của cá. Theo Phòng NN&PTNT huyện Vũng Liêm (2012), mật số thực vật phù du trong ruộng lúa trung bình khoảng 324.000 cá thể/lít và ở trong ao nuôi

cá trung bình khoảng 300.000 cá thể/lít. Mật số động vật phù du trong nước ruộng lúa trung bình khoảng 20,535 con/m³ và trong nước ao trung bình khoảng 69.453 con/m³.

3.3.10 Dinh dưỡng N trong đất

Sinh khối đất trong mô hình VACR (6.665,0 kg N/ha) đạt cao nhất ($p < 0,05$) so với các mô hình canh tác khác (do có nhiều nhóm sản xuất) được tính cho 4 nhóm đất gồm đất lúa (64,5%), đất vườn (34,9%), đất rau màu (0,2%) và đất ao cá (0,4%). Sinh khối thấp nhất trong mô hình VC (2.297,7 kg N/ha) do chỉ có nhóm đất vườn.

3.4 Các thông số sử dụng cho ECOPATH

3.4.1 Sinh khối

Bảng 1 cho thấy, sinh khối trong mô hình VACR (145,4 kg N/ha/năm) khác biệt không có ý nghĩa thống kê với mô hình L và LC nhưng cao hơn các mô hình còn lại ($p < 0,05$). Sinh khối cao trong mô hình VACR vì có nhiều nhóm sản xuất trong nông hộ, trong đó, có đóng góp sinh khối của lúa (82,5%), cây ăn trái (5,8%) và cỏ (4,7%).

Bảng 1: Các thông số đầu vào được sử dụng cho ECOPATH để tính các chỉ số sinh thái cho các mô hình canh tác

TT	Thông số	Mô hình	Trung bình	Thấp nhất	Cao nhất
1	Sinh khối (kg N/ha/năm)	L	108,2 ^{ab}	99,0	121,7
		LC	125,4 ^{ab}	59,5	194,2
		LM	79,5 ^{bc}	69,9	89,1
		VC	36,9 ^c	23,5	54,4
		VACR	145,4 ^a	139,6	152,7
		CV (%)	31,2		
2	Q/B (/năm)	L	10,7 ^a	10,7	10,7
		LC	10,8 ^a	8,0	11,8
		LM	8,0 ^{bc}	8,0	8,0
		VC	6,2 ^c	5,5	7,3
		VACR	10,5 ^{ab}	8,7	12,0
		CV (%)	14,2		
3	Hiệu suất dinh dưỡng của các nhóm sản xuất (EE)	L	0,23 ^c	0,22	0,23
		LC	0,40 ^b	0,29	0,47
		LM	0,29 ^c	0,29	0,30
		VC	0,81 ^a	0,76	0,83
		VACR	0,75 ^a	0,71	0,80
		CV (%)	10,2		
4	Thu hoạch (kg N/ha/năm)	L	139,1 ^b	112,9	160,2
		LC	112,2 ^c	110,5	115,0
		LM	86,0 ^d	67,1	107,7
		VC	12,5 ^c	10,5	14,1
		VACR	172,3 ^a	157,4	183,8
		CV (%)	5,4		

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có cùng mẫu tự theo sau thì khác biệt không có ý nghĩa ở mức 5% qua phép thử Duncan

khối thấp trong mô hình VC khác biệt không có ý nghĩa thống kê với mô hình LM và có chiều hướng thấp hơn các mô hình còn lại do sinh khối thấp từ nhóm sản xuất.

3.4.2 Tỷ lệ Q/B

Tỷ lệ Q/B (Bảng 1) đạt cao trong mô hình L, LC và VACR, dao động từ 10,5-10,8 ($p < 0,05$). Tỷ lệ Q/B trong mô hình VC khác biệt không có ý nghĩa thống kê với mô hình LM nhưng thấp hơn các mô hình còn lại.

3.4.3 Hiệu suất dinh dưỡng

Hiệu suất dinh dưỡng các nhóm sản xuất (EE) trong mô hình VC (0,81) và VACR (0,75) đạt cao nhất, thấp nhất là EE trong mô hình L và LM ($p < 0,05$). Hiệu suất dinh dưỡng là tỷ lệ sản lượng của các nhóm sản xuất được thu hoạch hoặc sử dụng bởi các nhóm sản xuất khác trong nông hộ (thí dụ lúa được sử dụng làm thức ăn cho gia súc). Theo Dalsgaard và Oficial (1998), khi EE càng tiến gần về 1 cho thấy các nhóm sản xuất sử dụng dinh dưỡng càng tốt trong mô hình canh tác (Bảng 1).

3.4.4 Thu hoạch

Thu hoạch trong mô hình VACR (172,3 kg N/ha/năm) đạt cao nhất so với các mô hình khác ($p < 0,05$), thu hoạch thấp nhất là mô hình VC (12,5 kg N/ha/năm). Mô hình VACR có nhiều nhóm sản xuất trong nông hộ, trong đó thu hoạch của nhóm sản xuất lúa (93,7%) góp phần chủ yếu. Thu hoạch thấp trong mô hình VC do đóng góp ít từ nhóm sản xuất cây ăn trái và gia súc (Bảng 1).

3.5 Chỉ số đánh giá tính bền vững sinh thái

3.5.1 Đa dạng sinh học

Bảng 2 cho thấy, chỉ số đa dạng sinh học trong

Bảng 2: Chỉ số đánh giá tính bền vững sinh thái của các mô hình canh tác

TT	Chỉ số	Mô hình	Trung bình	Thấp nhất	Cao nhất
1	Đa dạng sinh học	L	0,27 ^c	0,27	0,28
		LC	0,77 ^b	0,76	0,79
		LM	0,52 ^c	0,51	0,53
		VC	0,85 ^b	0,76	0,92
		VACR	1,32 ^a	0,99	1,51
		CV(%)	18,1		
2	Hiệu suất thực tế	L	0,44 ^a	0,42	0,46
		LC	0,45 ^a	0,39	0,52
		LM	0,23 ^b	0,17	0,27
		VC	0,26 ^b	0,21	0,33
		VACR	0,42 ^a	0,40	0,43
		CV(%)	13,4		
3	Chỉ số thu hoạch	L	0,49 ^a	0,48	0,50
		LC	0,08 ^c	0,04	0,11
		LM	0,36 ^b	0,33	0,40
		VC	0,43 ^{ab}	0,32	0,54
		VACR	0,47 ^a	0,45	0,49
		CV(%)	15,0		
4	Chỉ số quay vòng dinh dưỡng	L	25,80 ^c	25,00	26,50
		LC	82,73 ^a	77,40	91,90
		LM	28,56 ^c	25,10	33,90
		VC	40,67 ^b	38,00	43,00
		VACR	23,96 ^c	19,50	27,30
		CV(%)	11,6		
5	Tỷ lệ P/B	L	0,03 ^b	0,02	0,03
		LC	0,49 ^a	0,35	0,77
		LM	0,06 ^b	0,05	0,08
		VC	0,46 ^a	0,36	0,64
		VACR	0,10 ^b	0,06	0,16
		CV(%)	57,2		
6	Tỷ lệ B/T	L	0,12 ^b	0,12	0,12
		LCá	0,05 ^b	0,03	0,05
		LM	0,08 ^b	0,07	0,09
		VC	0,23 ^a	0,15	0,31
		VACR	0,13 ^b	0,11	0,15
		CV(%)	35,9		
7	Hiệu suất dinh dưỡng	L	1,08 ^a	1,07	1,09

mô hình VACR chiếm tỷ lệ (1,32) cao nhất so với các mô hình canh tác khác ($p < 0,05$), thấp nhất là mô hình L (0,27) và LM (0,52). Về mặt sinh thái học, một hệ sinh thái càng có nhiều loài (nhóm sản xuất) sẽ có mạng lưới thức ăn nhiều mắt xích, sẽ càng phát triển ổn định (Nguyễn Sĩ Tuấn, 2010).

3.5.2 Hiệu suất thực tế

Mô hình L (0,44), LC (0,45) và VACR (0,42) có hiệu suất thực tế cao hơn ($p < 0,05$) hai mô hình còn lại (Bảng 2), cho thấy 3 mô hình trên sử dụng dinh dưỡng có hiệu quả và cho thu hoạch cao (Bảng 1).

TT	Chỉ số	Mô hình	Trung bình	Thấp nhất	Cao nhất
	của đất (EE)	LC	0,84 ^b	0,81	0,87
		LM	0,55 ^c	0,46	0,63
		VC	0,34 ^d	0,19	0,49
		VACR	0,42 ^{cd}	0,35	0,48
		CV(%)	16,2		
8	Cân bằng đạm	L	-10,98 ^c	-15,42	-4,33
		LC	0,73 ^{bc}	-5,63	11,34
		LM	62,42 ^a	38,53	100,12
		VC	25,23 ^b	13,08	34,44
		VACR	11,08 ^{bc}	2,29	24,81
		CV(%)	68,1		

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có cùng mẫu tự theo sau thì khác biệt không có ý nghĩa ở mức 5% qua phép thử Duncan

3.5.3 Chỉ số thu hoạch

Chỉ số thu hoạch trong mô hình L (0,49), VC (0,43) và VACR (0,47) khác biệt nhau không có ý nghĩa thống kê, nhưng cao hơn mô hình LC và LM ($p < 0,05$). Chỉ số thu hoạch trong mô hình LC (0,08) thấp nhất ($p < 0,05$) do sản lượng thu hoạch kém so với tổng sản lượng của mô hình (Bảng 2).

3.5.4 Chỉ số quay vòng dinh dưỡng

Chỉ số quay vòng dinh dưỡng (Bảng 2) trong mô hình LC (82,73%) đạt cao nhất so với các mô hình còn lại ($p < 0,05$). Chỉ số quay vòng dinh dưỡng thể hiện một phần tổng dinh dưỡng được tái sinh. Việc gia tăng chất dinh dưỡng tái sinh là một biện pháp quan trọng giúp hệ sinh thái nông nghiệp phát triển có hiệu quả và bền vững (Christensen và Pauly, 2004).

3.5.5 Tỷ lệ P/B

Tỷ lệ (P/B) trong mô hình L (0,03), LM (0,06) và VACR (0,10) đạt thấp nhất so với các mô hình còn lại ($p < 0,05$). Khi hệ sinh thái trưởng thành (sinh khối lớn) thì sản xuất sinh khối chậm lại và chi phí bảo trì sinh khối tăng (Odum, 1969), nói cách khác là tỷ lệ P/B giảm. Việc thâm canh để đạt năng suất cao có xu hướng trái ngược với hệ sinh thái trưởng thành, có ảnh hưởng đến tính bền vững (Bảng 2).

3.5.6 Tỷ lệ B/T

Tỷ lệ (B/T) đạt cao nhất (Bảng 2) trong mô hình VC (0,23) so với các mô hình còn lại ($p < 0,05$), cho thấy mô hình này đã tạo được sinh khối cao trong tổng dinh dưỡng được cung cấp. Tỷ lệ B/T gia tăng được mong đợi khi hệ sinh thái trưởng thành và bền vững (Odum, 1969).

3.5.7 Hiệu suất sử dụng dinh dưỡng của đất

Chỉ số EE của đất trong mô hình L (Bảng 2) cao nhất (1,08) so với các mô hình còn lại ($p < 0,05$), cho thấy trong mô hình này có sự mất dinh dưỡng N từ đất ($EE > 1$), lý do có thể là việc canh tác lúa liên tục (3 vụ) đã làm dinh dưỡng mất đi nhiều hơn so với được cung cấp. Tuy nhiên, EE của đất trong mô hình VC thấp (0,34), phản ánh việc sử dụng dinh dưỡng chưa hiệu quả.

3.5.8 Cân bằng N trong mô hình

Mô hình L có cân bằng âm (-10,98 kg N/ha/năm) cho thấy dinh dưỡng N được sử dụng cao hơn dinh dưỡng N được cung cấp, phản ánh hiệu suất sử dụng dinh dưỡng $EE > 1$ (Bảng 2). Mô hình LC có cân bằng N (0,73 kg N/ha/năm) tiến về 0, tức có xu hướng cân bằng, có tính bền vững (Smaling và Fresco, 1993). Các mô hình còn lại có cân bằng N dương, nhất là mô hình LM có cân bằng dương (62,42 kg N/ha/năm) cao nhất ($p < 0,05$) (đây cũng là mô hình sử dụng phân N cao là 247,1 kg N/ha/năm) cho thấy dinh dưỡng N đầu vào (cung cấp) lớn hơn dinh dưỡng N đầu ra (sản phẩm thu hoạch). Nói cách khác, có sự tích tụ dinh dưỡng trong đất. Việc tích tụ dinh dưỡng trong đất có thể làm cho đất trở nên màu mỡ hơn, tuy nhiên đây cũng là tác nhân gây ô nhiễm môi trường nước (do trực di).

3.6 Các biện pháp điều chỉnh chỉ số sinh thái

Các biện pháp canh tác có thể áp dụng để cải thiện các chỉ số bền vững sinh thái gồm có: - Đa dạng sinh học: Cần duy trì sự đa dạng cây trồng trong nông hộ để giúp duy trì sản lượng cũng như đa dạng nguồn dinh dưỡng. Có thể áp dụng đa canh, xen canh để làm tăng đa dạng cây, con trong

mô hình, góp phần tăng đa dạng sinh học cũng như năng suất thu hoạch cho nông hộ. Cỏ dại, tre cũng cần lưu ý để sử dụng cho các hoạt động canh tác cần thiết trong nông hộ (thức ăn cho chăn nuôi, che phủ đất, thiết kế vườn,...).

– *Chỉ số quy vòng dinh dưỡng*: Tổ chức tích hợp các nhóm sản xuất (sử dụng sản phẩm khép kín) trong nông hộ để tăng hiệu quả sử dụng dinh dưỡng, thí dụ phân heo được sử dụng cho cá; rơm rạ sử dụng che phủ liếp vườn, rau màu; bùn ao sử dụng bồi liếp vườn,... Áp dụng luân canh (thí dụ lúa - màu), xen canh (thí dụ cây ngắn ngày và cây đa niên) để đa dạng việc sử dụng nguồn dinh dưỡng trong đất.

– *Tỷ lệ P/B, B/T, Hiệu suất thực tế, Chỉ số thu hoạch*: Sử dụng giống cây trồng, vật nuôi có năng suất cao, thời gian thu hoạch ngắn để gia tăng sản lượng và sinh khối. Áp dụng biện pháp quản lý dịch hại tốt để duy trì năng suất cây trồng, vật nuôi.

– *Hiệu suất sử dụng dinh dưỡng của đất*: Áp dụng cây bừa tối thiểu, ít làm xáo trộn đất, che phủ đất bằng dư thừa thực vật, trồng cây che phủ đất tránh xói mòn, rửa trôi, bốc hơi (đạm), sử dụng phân hữu cơ để cải thiện sự hấp thu dinh dưỡng của đất và cây trồng.

– *Cân bằng đạm*: Áp dụng bón phân hợp lý theo khuyến cáo, thí dụ áp dụng phương pháp bón phân lô khuyết, so màu lá lúa để quản lý phân N hiệu quả hơn (IRRI, 2007). Trong canh tác lúa cần hạn chế việc đốt rơm rạ để tránh làm mất dinh dưỡng. Tranh thủ sử dụng thức ăn sẵn có trong nông hộ cho chăn nuôi, thủy sản. Che phủ đất, tưới tiêu hợp lý để hạn chế bốc hơi, trực di dinh dưỡng. Trồng cây phân xanh họ đậu giúp gia tăng N có định trong đất.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Đa số nông dân trong các mô hình canh tác có lúa đã gieo sạ lúa khá đồng loạt vào thời gian thích hợp nhằm phòng tránh một số dịch hại. Lượng hạt giống lúa được sử dụng để gieo sạ vẫn còn cao so với khuyến cáo. Nông dân sử dụng giống lúa khá đa dạng, tuy nhiên giống IR50404 được sử dụng phổ biến nhất. Lượng phân P_2O_5 và K_2O được nông dân sử dụng cho lúa khá hợp lý so với khuyến cáo. Nhìn chung, các vườn cây ăn trái chưa được đầu tư thâm canh. Lượng phân bón sử dụng chủ yếu là phân hóa học, được bón với hàm lượng khá thấp so với khuyến cáo. Năng suất các vườn cây ăn trái còn thấp. Cây màu được nông dân đầu tư thâm canh nhưng vẫn còn ở dạng canh tác nhỏ lẻ. Đa số nông dân trong mô hình LM sử dụng phân N khá

cao so với khuyến cáo. Chăn nuôi gia súc và nuôi cá trong các mô hình canh tác chủ yếu ở dạng quảng canh. Hầu hết nông dân có tận dụng nguồn thức ăn sẵn có trong nông hộ để chăn nuôi, nuôi cá nhưng chưa có sự đầu tư cao về con giống, thức ăn. Về tính bền vững sinh thái, mô hình L được đánh giá bền vững với các chỉ số Hiệu suất thực tế, Chỉ số thu hoạch và tỷ lệ P/B. Mô hình LC được đánh giá bền vững với các chỉ số Hiệu suất thực tế, Chỉ số quy vòng dinh dưỡng, Hiệu suất sử dụng dinh dưỡng của đất và Cân bằng đạm. Mô hình VC được đánh giá bền vững với các chỉ số Chỉ số thu hoạch và tỷ lệ B/T. Mô hình VACR được đánh giá bền vững với các chỉ số Đa dạng sinh học, Hiệu suất thực tế, Tỷ lệ P/B và Chỉ số thu hoạch. Mô hình LM được đánh giá bền vững với chỉ số P/B.

Cần áp dụng lượng hạt giống gieo sạ cho lúa phù hợp so với khuyến cáo, nên áp dụng biện pháp sạ hàng. Cần nghiên cứu thay đổi giống lúa để hạn chế dịch bệnh khi canh tác lâu dài. Trong bón phân, áp dụng liều lượng phân bón hóa học hợp lý cho các loại cây trồng (lúa, màu, cây ăn trái) trong các mô hình canh tác. Chú ý đầu tư giống gia súc, thủy sản, thức ăn, áp dụng mô hình canh tác tích hợp để tăng hiệu quả chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản. Để tăng tính bền vững sinh thái trong canh tác, mô hình LC và VACR cần được chú ý phát triển (theo hướng tích hợp). Ngoài ra, tiếp tục nghiên cứu các mô hình canh tác khác để có thêm cơ sở khoa học cho việc hoạch định chính sách nông nghiệp bền vững tại địa phương.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Acosta-Nassar, M.V., Morell, J.M., Corredor, J.E., 1994. The nitrogen budget of a tropical semi-intensive freshwater fish culture pond. *J. World Aquac. Soc.* 25, 261 - 269.
2. App, A., Santiago, T., Daez, C., Menguito, C., Ventura, W., Triol, A., Po, J., Watanabe, I., De Datta, S.K., Roger, P., 1984. Estimation of the nitrogen balance for irrigated rice and the contribution of phototrophic nitrogen fixation. *Field Crop Res.* 9, 17 - 27.
3. Christensen, V. and Pauly, D., 1996. Marine ecosystem management: an order to Odum. Paper presented at the U.S. National Research Council's Ocean Studies Board International Conference on Ecosystem Management for Sustainable Fisheries, 19 - 23 February 1996, Monterey, California.

4. Christensen, V. and Pauly, D., 2004. Placing fisheries in their ecosystem context, an introduction. *Ecological Modelling* 172:103 - 107.
5. Dalsgaard, J.P.T. and Oficial, R.T., 1998. *Modeling and Analyzing the Agroecological Performance of Farms with ECOPATH. ICLARM. Manila, Philippines.*
6. Dung, N.N.X., 1996. Identification and evaluation of non-cultivated plants used for livestock feed in the Mekong Delta of VietNam. M.Sc. Thesis. Swedish University of Agricultural Science, Department of Animal Nutrition and Management, Uppsala.
7. Dương Nhứt Long và Nguyễn Văn Lành, 2002. Khía cạnh kỹ thuật mô hình sản xuất kết hợp lúa - cá ứng dụng cho vùng ĐBSCL. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* (4): 180-187.
8. Đặng Kiều Nhân và Lam Mỹ Lan, 2002. Thâm canh lúa và kết hợp nuôi cá trong ruộng lúa ở vùng nước ngọt của Đồng bằng sông Cửu Long: sử dụng tài nguyên nông hộ và hiệu quả kinh tế. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* (3): 567- 585.
9. Đỗ Văn Xê và Đặng Thị Kim Phượng, 2011. So sánh hiệu quả sản xuất giữa hai mô hình độc canh lúa ba vụ và lúa luân canh với màu tại huyện Cai Lậy - tỉnh Tiền Giang. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* (18a): 220 – 227.
10. FAO, 1972. *Food composition Table for Use in East Asia. U.S. Department of Health, Education, and Welfare and FAO, Food Policy and Nutrition Division, FAO, Rome.*
11. Finn, J.T. 1980. Flow analysis of the models of the Hubbard Brook ecosystem. *Ecology* 6: 562 - 571.
12. IRRI, 2007. *Implementing site-specific nutrient management (SSNM) for irrigated rice in the Philippines. IRRI, Los Banos, Philippines.*
13. Lê Văn Căn, 1982. *Phân chuồng. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.*
14. Lê Văn Khoa, Nguyễn Đức Lương và Nguyễn Thế Truyền, 1999. *Nông nghiệp & môi trường. NXB Giáo dục, Hà Nội. Trang 22.*
15. Magurran, A.E., 1988. *Ecological Diversity and its Measurement. Croom Helm, London.*
16. Nhan, D.K., Milstein, A., Verdegem, M.C.J., Verreth, J.A.J., 2006. Food inputs, water quality and nutrient accumulation in integrated pond systems: a multivariate approach. *Aquaculture* 261: 160 - 173.
17. Nguyễn Bảo Vệ và Nguyễn Thị Xuân Thu, 2005. *Giáo trình hệ thống canh tác. Trường Đại học Cần Thơ, Cần Thơ.*
18. Nguyễn Bảo Vệ, 2011. Những yếu tố ảnh hưởng đến tính bền vững của sản xuất lúa ba vụ ở ĐBSCL. *Báo cáo tại hội thảo cải thiện lúa ba vụ ở An Giang.*
19. Nguyễn Lân Dũng và Ngô Kế Sương, 2000. *Sản xuất khí đốt (biogas) bằng kỹ thuật lên men kỵ khí. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.*
20. Nguyễn Minh Tuấn, 2010. So sánh hiệu quả mô hình canh tác lúa - màu với mô hình chuyên lúa ở huyện Tiểu Cần, tỉnh Trà Vinh. *Luận văn Cao học Sinh thái học. Trường Đại học Cần Thơ, Cần Thơ.*
21. Nguyễn Ngọc Đệ, 2008. *Giáo trình cây lúa. Đại học Cần Thơ, Cần Thơ.*
22. Nguyễn Ngọc Hiền, 2011. So sánh hiệu quả sản xuất hai mô hình hai lúa và hai lúa một cá trên địa bàn huyện Vĩnh Thạnh - Thành phố Cần Thơ. *Luận văn Cao học Kinh tế Nông nghiệp. Trường Đại học Cần Thơ, Cần Thơ.*
23. Nguyễn Sĩ Tuấn, 2010. *Sinh thái và phát triển bền vững. NXB trường Đại học sư phạm Hà Nội, Hà Nội.*
24. Nguyễn Thành Hối, 2008. *Bài giảng cây lúa. Đại học Cần Thơ, Cần Thơ.*
25. Nguyễn Văn Minh, Võ Tông Xuân và Nguyễn Tri Khiêm, 2007. Tổng kết các hệ thống canh tác hiệu quả cao, bền vững vùng Núi Dài - An Giang. *Tạp chí KHKT Nông Lâm Nghiệp số 1&2 năm 2007. NXB Đại học Nông Lâm TP HCM.*
26. Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262 - 270.
27. Phạm Hồng Cúc, 2002. *Kỹ thuật trồng dưa hấu. NXB Nông nghiệp, TPHCM.*
28. Phong, L.T., van Dam, A.A., Udo, H.M.J., van Mensvoort, M.E.F., Tri, L.Q., Steenstra, F.A., van der Zijpp, A.J., 2010. An agro-ecological evaluation of aquaculture integration into farming systems of the Mekong Delta. *Agri. Ecosyst. Environ.* 138, 232 - 241.

29. Phòng NN&PTNT Vũng Liêm, 2012. Báo cáo sơ kết công tác quý III, 9 tháng đầu năm và kế hoạch quý IV năm 2012.
30. Polovina, J.J., 1984. An over view of the ECOPATH model. Fishbyte, 2(2): 5 - 7.
31. Roger, P.A., Ladha, J.K., 1992. Biological N fixation in wetland rice fields: estimation and contribution to nitrogen balance. Plant Soil 141, 41- 45.
32. Ruddle, K. and Christensen, V., 1993. An energy flow model of the mulberry dike-carp pond farming system of the Zhujiang Delta, Guangdong province, China. In: Christensen, V., Pauly, D. (Eds). Trophic Models of Aquatic Ecosystems. ICLARM Conf. Proc. 26, pp. 48 - 55.
33. Smaling, E.M.A. and Fresco, L.O., 1993. A decision-support model for monitoring nutrient balances under agricultural land use (NUTMON). Geoderma 41: 235 - 256.
34. Vũ Hữu Yém, Phùng Quốc Tuấn và Ngô Thị Đào, 2001. Trồng trọt, dinh dưỡng đất, phân bón và đa dạng thực vật. NXB Giáo dục, Thanh Hóa.