

EFFICIENCY ASSESSMENT OF APPLYING PHOTOVOLTAIC SOLAR PANEL IN MORNING GLORY FARMING SYSTEM IN TRI TON DISTRICT, AN GIANG PROVINCE

Pham Duc Thinh^{1,2}, Do Huy Thiep¹, Nguyen Kieu Bang Tam², Tran Van Thuy²,
Dang Thi Hai Linh², Pham Thi Thu Ha A², Doan Thi Nhat Minh^{2,3}, Pham Thi Thu Ha B^{2*}

¹Vietnam National University of Agriculture, ²VNU University of Science, ³Universidad de Valladolid, Palencia, Spain

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 30/3/2024	The integration of solar power with agriculture shows potential for delivering positive socio-economic and environmental impacts at the local community level. In Vietnam, where traditional energy sources are increasingly depleted, the adoption of solar energy will contribute to ensuring energy security. Solar power deployment in agriculture is actively researched and developed, offering environmental benefits and additional income opportunities. This study focuses on the economic efficiency assessment of integrating solar panels on agricultural land used for morning glory cultivation in the Tri Ton district of An Giang province, Vietnam. The experimental setup involves different shading levels of 30%, 50%, and 70% for the morning glory plants. The research findings reveal that the Agro-Photovoltaic (APV) model generates positive returns, making it a profitable investment option. Among the various APV models tested, the one with 70% shading level stands out as the most profitable, boasting a remarkable Return on Assets (ROA) of 7.5%. These outcomes not only enhance investors' understanding of the APV but also serve as a motivation for promoting investments and the development of integrated solar-powered APV systems within Vietnam's agricultural cultivation practices.
Revised: 09/7/2024	
Published: 10/7/2024	
KEYWORDS	
Photovoltaic	
Agriculture	
An Giang province	
Cost - benefit	
Morning glory	

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ SỬ DỤNG KẾT HỢP ĐIỆN MẶT TRỜI TRONG HỆ THỐNG CANH TÁC RAU MUỐNG TẠI HUYỆN TRI TÔN, TỈNH AN GIANG

Phạm Đức Thịnh^{1,2}, Đỗ Huy Thiệp¹, Nguyễn Kiều Băng Tâm², Trần Văn Thuy²,
Đặng Thị Hải Linh², Phạm Thị Thu Hà A², Đoàn Thị Nhật Minh^{2,3}, Phạm Thị Thu Hà B^{2*}

¹Học viện Nông nghiệp Việt Nam, ²Trường Đại học Khoa học tự nhiên - ĐHQG Hà Nội

³Đại học Valladolid, Palencia, Tây Ban Nha

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 30/3/2024	Tích hợp điện mặt trời với nông nghiệp có khả năng mang lại tác động tích cực đến kinh tế xã hội và môi trường ở cấp cộng đồng địa phương. Ở Việt Nam, các nguồn năng lượng truyền thống ngày càng cạn kiệt, việc phát triển điện mặt trời sẽ góp phần đảm bảo an ninh năng lượng. Điện mặt trời trong nông nghiệp là một trong số các dạng khai thác năng lượng điện mặt trời đang được nghiên cứu phát triển, mang lại lợi ích môi trường và thu nhập bổ sung. Nghiên cứu tập trung phân tích hiệu quả kinh tế của việc sử dụng kết hợp điện mặt trời trên đất nông nghiệp trồng rau muống tại huyện Tri Tôn, tỉnh An Giang, Việt Nam. Mô hình thí nghiệm được thiết kế cho cây rau muống với các tỉ lệ che phủ bởi pin năng lượng mặt trời lần lượt là 30%, 50% và 70%. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình APV mang lại lợi nhuận dương và là lựa chọn đầu tư sinh lời. Trong số các mô hình APV, mô hình với độ che phủ 70% bóng râm là mô hình có lợi nhuận cao nhất, với tỷ suất lợi nhuận trên tổng tài sản (Return on Assets - ROA) là 7,5%. Kết quả cũng giúp các nhà đầu tư hiểu thêm những lợi ích của APV để khuyến khích đầu tư và phát triển các hệ thống kết hợp điện mặt trời trong hệ thống canh tác nông nghiệp tại Việt Nam.
Ngày hoàn thiện: 09/7/2024	
Ngày đăng: 10/7/2024	
TỪ KHÓA	
Điện mặt trời	
Nông nghiệp	
Tỉnh An Giang	
Chi phí - lợi ích	
Cây rau muống	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.9994>

* Corresponding author. Email: thuhaee@hus.edu.vn

1. Mở đầu

Năng lượng là nhu cầu chính để đáp ứng sự khác biệt giữa nông thôn và thành thị trong bối cảnh dân số ngày càng tăng đối với một nền kinh tế đang phát triển [1]. Các cam kết toàn cầu nhằm giảm thiểu các tác động bên ngoài của biến đổi khí hậu đòi hỏi phải có sự chia sẻ đáng kể về năng lượng tái tạo trong nguồn tài nguyên năng lượng [2]. Dễ lắp đặt, mức độ sẵn sàng về công nghệ,... khiến điện mặt trời trở thành giải pháp thay thế dễ dàng so với các nguồn năng lượng tái tạo khác [3]. Tuy nhiên, các nhà máy điện mặt trời quy mô lớn đang gặp khó khăn trong việc phải tìm ra những mảnh đất có diện tích rất lớn được sử dụng trong thời gian ba thập kỷ mới có thể thực hiện được [4], trong khi nông nghiệp là ngành có nhu cầu sử dụng nhiều năng lượng, do vậy việc kết hợp điện mặt trời trong các hệ thống canh tác nông nghiệp sẽ góp phần giải quyết vấn đề này.

Khái niệm về điện mặt trời trong nông nghiệp (Agro-photovoltaic - APV) được đưa ra lần đầu vào năm 1982 [5]. Ý tưởng của APV xoay quanh việc tăng giá trị sử dụng trên cùng một diện tích đất thông qua việc kết hợp sản xuất điện năng lượng mặt trời và sản xuất nông nghiệp. Khác với các trang trại điện mặt trời truyền thống được thiết kế chủ yếu để sản xuất năng lượng, APV lắp đặt các tấm pin mặt trời với khoảng cách giữa mặt đất và tấm pin lớn hơn để cây trồng có thể phát triển ở dưới. Mặt khác, trong khi các trang trại điện mặt trời thông thường sắp xếp các tấm pin mặt trời với mật độ cao nhằm tối ưu hóa sử dụng đất, thì trong mô hình APV, các tấm pin mặt trời được lắp đặt với khoảng cách đủ rộng để người nông dân và các thiết bị nông nghiệp di chuyển dễ dàng. Các tấm pin mặt trời sử dụng trong APV có thể là tấm pin cố định hoặc có khả năng chuyển hướng xoay theo hướng ánh sáng mặt trời theo một trục hoặc hai trục [6].

Tích hợp năng lượng tái tạo với nông nghiệp có khả năng mang lại tác động tích cực đến kinh tế xã hội và môi trường ở cấp cộng đồng địa phương đồng thời hạn chế giảm CO₂ để đáp ứng các cam kết toàn cầu ở cấp vĩ mô [7]. Các nghiên cứu của Pascaris [8] thông qua một cuộc khảo sát sâu rộng với các nhà phát triển, các nhà hoạch định chính sách và cộng đồng địa phương đã kết luận rằng mặc dù sự phức tạp của các cấu trúc trong nông điện là một mối lo ngại nhưng lợi ích môi trường và thu nhập bổ sung lại rất hấp dẫn. Một số nghiên cứu tại Ấn Độ, Đức... đã chỉ ra được các lợi ích về năng suất cây trồng và các lợi ích khác thu được từ hệ thống APV. Nghiên cứu của T. Harinarayana và cộng sự [9] tại Ấn Độ thiết kế các cấu hình bảng điều khiển năng lượng mặt trời khác nhau với các tấm pin mặt trời được nâng cao ở độ cao 5 m so với đất canh tác, kết quả nghiên cứu đề xuất nên lắp đặt các tấm pin mặt trời có khoảng cách 7,6 m hoặc 11,4 m hoặc hình bàn cờ vì sẽ có sự giảm bớt ánh sáng mặt trời, đặc biệt là vào thời điểm gần trưa có thể giúp cây phát triển và cho năng suất tốt hơn. P. R. Malu và cộng sự [10] cũng thực hiện lắp đặt hệ thống PV ở khu vực có sẵn giữa các giàn trong trang trại nho tại Ấn Độ, kết quả cho thấy giá trị kinh tế của các trang trại nho triển khai hệ thống nông điện được đề xuất có thể tăng hơn 15 lần so với canh tác thông thường, trong khi vẫn duy trì sản lượng nho tương đương. Nghiên cứu cũng đề xuất việc sử dụng đất kép này được triển khai trên toàn quốc, ước tính có thể tạo ra tác động đáng kể khi tạo ra hơn 16.000 GWh điện, có khả năng đáp ứng nhu cầu năng lượng của hơn 15 triệu người. Ngoài ra, nông nghiệp trồng nho có thể được triển khai ở các vùng nông thôn để có thể điện khí hóa làng xã. Nghiên cứu của M. Trommsdorff và cộng sự [11] tại Đức đã đánh giá tính khả thi về mặt kỹ thuật của điện năng nông nghiệp (APV), đồng thời cung cấp thông tin chi tiết về cách thiết kế hệ thống APV. Nghiên cứu này cũng phân tích hiệu suất điện, hoạt động và năng suất của bốn loại cây trồng bao gồm khoai tây, cần tây, cỏ ba lá và lúa mì được trồng tại cơ sở nghiên cứu nông điện lớn nhất của Đức được lắp đặt vào năm 2016 gần Hồ Constance trong dự án nghiên cứu APV-RESOLA của Viện Hệ thống Năng lượng Mặt trời Fraunhofer ISE. Kết quả cho thấy mức tăng từ 56% đến 70% trong năm 2017 trong khi mùa hè khô và nóng năm 2018 chứng minh rằng hệ thống nông điện có thể tăng năng suất đất lên gần 90%. Các mô phỏng bức xạ cho thấy rằng việc lệch hoàn toàn về phía nam khoảng 30° dẫn đến sự phân bố bức xạ đồng đều trên mặt đất, là cơ sở cho thiết kế nông điện. Ở Việt Nam cũng đã có một nghiên cứu liên quan của Cu Thi Thanh Huyen và cộng sự [12] về hiệu quả kinh tế của một dự án điện mặt trời điển hình

trên đất nông nghiệp tại tỉnh Gia Lai, miền Trung, Việt Nam được phân tích bằng phần mềm phân tích hiệu quả kinh tế tài chính RETScreen. Nghiên cứu này cho thấy thời gian hoàn vốn của hệ thống điện mặt trời điển hình trên đất nông nghiệp ở tỉnh Gia Lai là khoảng 8 năm. Hơn nữa, kết quả còn giúp các nhà đầu tư hiểu thêm về lợi ích khuyến khích đầu tư, phát triển kết hợp nông nghiệp và năng lượng mặt trời tại Việt Nam.

Ở Việt Nam, các nguồn năng lượng truyền thống ngày càng cạn kiệt, việc phát triển năng lượng tái tạo, điện mặt trời sẽ góp phần đảm bảo an ninh năng lượng [13]. APV là một trong số các dạng khai thác năng lượng điện mặt trời đang được nghiên cứu phát triển. Ưu điểm nổi bật của APV là nâng cao hiệu quả sử dụng đất do có thể giải quyết mâu thuẫn trong sử dụng đất giữa phát triển năng lượng mặt trời và sản xuất nông nghiệp bằng cách kết hợp cả hai hoạt động trên cùng một diện tích đất. Bên cạnh đó, nó còn mang lại nhiều lợi ích kinh tế xã hội cho cộng đồng như tiết kiệm chi phí năng lượng, tăng thu nhập cho nông dân địa phương, nâng cao chất lượng và khả năng cạnh tranh, phát triển sản xuất nông nghiệp, giảm nhu cầu năng lượng và giảm phát thải CO₂ [12]. Ngoài ra, điện mặt trời cũng sẽ làm giảm tiêu thụ năng lượng hóa thạch trong sản xuất điện năng, góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường, chống biến đổi khí hậu.

Tri Tôn là một trong những huyện nghèo nhất của tỉnh An Giang với hơn 11,6 nghìn hộ nghèo, chiếm 9,31% tổng số hộ toàn tỉnh. Đồng bào dân tộc thiểu số (Khmer) chiếm 34% tổng dân số, trong đó có hơn 2.000 hộ thuộc diện hộ nghèo, tỷ lệ hộ nghèo trong cộng đồng dân tộc thiểu số là 30%, cao hơn nhiều so với bình quân chung của huyện [14]. Sinh kế của nông dân ở khu vực này chủ yếu dựa vào các hoạt động nông nghiệp. Các cơ hội việc làm phi nông nghiệp hạn chế do trong vùng không có khu công nghiệp chỉ có một số xưởng sản xuất quy mô nhỏ.

Nghiên cứu này lựa chọn huyện Tri Tôn để đánh giá một hệ thống APV trên đất nông nghiệp trồng cây rau muống và đánh giá chi phí - lợi ích của hệ thống này đối với nguồn thu từ sản xuất điện mặt trời cũng như từ sản xuất nông nghiệp.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thiết kế mô hình nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện thí điểm tại huyện Tri Tôn tỉnh An Giang vì:

- Đây là một trong số những vùng được đánh giá có tiềm năng cao trong lĩnh vực điện mặt trời tại Đồng bằng sông Cửu Long [15] và đã có nhiều nhà máy điện mặt trời được đầu tư tại khu vực này như An Hào, Văn Giáo 1 và Văn Giáo 2.

- Đây là vùng có tỷ lệ hộ nghèo và dân tộc thiểu số cao, sinh kế phụ thuộc vào nông nghiệp, dễ bị tổn thương nếu bị lấy đất làm điện mặt trời.

Để đảm bảo vẫn có thể sản xuất nông nghiệp dưới tấm pin năng lượng mặt trời, thiết kế mô hình APV cần được xây dựng và điều chỉnh theo một số cách cụ thể nhằm tạo điều kiện tốt nhất cho ánh sáng mặt trời có thể chiếu đến mặt đất, bao gồm: (i) Nâng cao cấu trúc điện mặt trời PV nhằm giúp ánh sáng mặt trời có thể chiếu đến một diện tích bề mặt lớn hơn [9], [16] - [18]; (ii) Tối ưu khoảng cách giữa các tấm pin năng lượng mặt trời nhằm giảm thiểu hiện tượng che chắn giữa các hàng cũng như giảm ảnh hưởng đến lượng ánh sáng mặt trời có thể chiếu xuống mặt đất [10], [11], [18] - [22]; (iii) Tối ưu hóa góc nghiêng của tấm pin nhằm thu nhận năng lượng mặt trời tại các khoảng thời gian khác nhau trong ngày và trong năm [20], [22], [23].

Tại khu vực nghiên cứu, thí nghiệm được thiết kế cho loại cây trồng là rau muống. Tổng diện tích đất sản xuất hoa màu được sử dụng để lắp đặt nhà lưới là 400 m² (20 m x 20 m) và khu vực đối chứng có diện tích 200 m². Các tấm pin bố trí trên mái nhà lưới nghiêng về hướng Nam để có thể nhận được nhiều ánh nắng nhất và đã được tính toán về độ che phủ bóng râm lên cây trồng bên dưới.

Các tấm pin năng lượng mặt trời được bố trí để khu vực thử nghiệm được chia thành 03 khu vực với các mức độ che phủ lần lượt là 30%, 50% và 70%. Khu vực đối chứng là khu vực sản xuất không bị ảnh hưởng bởi tấm pin mặt trời che phủ (Hình 1). Cả khu vực thử nghiệm và khu vực đối chứng áp dụng quy trình sản xuất, ứng dụng nguyên liệu đầu vào và chi phí sản xuất giống nhau.



Hình 1. Thiết kế thí nghiệm

Mô hình được thiết kế dưới dạng nhà lưới với các tấm pin nằm trên mái nhà lưới và đảm bảo thiết kế phù hợp với yêu cầu kỹ thuật theo quy định trong Quyết định 13/2020/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ về điện mặt trời áp mái. Các thành phần chính cấu thành hệ thống điện mặt trời kết hợp sản xuất nông nghiệp của mô hình gồm:

- Khung nhà lưới với thiết kế phần sườn mái chắc chắn để có thể tải được trọng lượng của các tấm pin mặt trời. Phần mái được ốp tôn nhựa trong suốt nhằm đảm bảo vẫn có ánh sáng cho các cây trồng bên dưới.
- 101 tấm pin năng lượng mặt trời được bố trí trên mái nhà lưới với tỉ lệ như đã được thể hiện trên Hình 1 (công suất tương đương 45 kWp)
- Máy biến tần (inverter) công suất 50 kW.
- Trạm biến áp công suất 45 kVa được lắp cách đường dây điện của EVN tối đa không quá 5 m.
- Hệ thống dây dẫn và các cột phụ tiếp nối và dẫn đường dây điện từ inverter kết nối với trạm biến áp.
- Cột điện phụ giữa các cột điện chính của EVN (do vị trí mô hình nằm cách xa các cột điện chính của EVN).

2.2. Phương pháp phân tích chi phí - lợi ích (CBA)

Phân tích Chi phí-Lợi ích (CBA) được áp dụng trong nghiên cứu này để phân tích hiệu quả sản xuất của các kịch bản khác nhau. CBA được mô tả như một cách để đánh giá các doanh nghiệp nông nghiệp về mặt tài chính và kinh tế, đây là phương pháp chuyên biệt cho nông nghiệp, đưa ra một khung đánh giá hữu ích cho nông dân và nhà đầu tư [24].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả so sánh chi phí và lợi ích giữa sản xuất nông nghiệp, hệ thống năng lượng mặt trời và mô hình tích hợp APV. CBA của sản xuất nông nghiệp (cây rau muống) được tính toán dựa trên kết quả từ khu vực thiết kế thí nghiệm bao gồm: đầu tư ban đầu cho cây trồng và chi phí biến đổi khấu hao, sản lượng trong vùng đối chứng, doanh thu và lợi nhuận. Trong khi đó, CBA của hệ thống năng lượng mặt trời được ước tính cho các kịch bản – độ phủ của tấm pin mặt trời là 30%, 50% và 70%, và chi phí cho hệ thống tấm pin mặt trời, sản lượng và doanh thu. Để đánh giá lợi nhuận tiềm năng cho các mô hình khác nhau tổng chi phí đầu tư và hiệu quả từng mô hình được so sánh với mô hình đối chứng. Các tính toán cụ thể bao gồm:

- Giá vốn đầu tư ban đầu và khấu hao:

Vốn đầu tư ban đầu cho một vườn rau bao gồm chi phí giăng lưới, lắp hệ thống tưới, lắp đặt giàn che. Chi phí lắp đặt hệ thống tưới và giàn che không được áp dụng cho thí nghiệm này vì rau muống được tưới bằng tay.

Vì lợi nhuận của rau muống được tính theo mùa nên chi phí khấu hao trung bình cho mỗi mùa sẽ được tính theo công thức sau:

$$\text{Chi phí khấu hao mỗi vụ } k = \frac{\text{Chi phí tài sản cố định}}{\text{Thời gian khấu hao (năm)}} \div \text{Số vụ mỗi năm} \quad (1)$$

- Chi phí biến đổi:

Chi phí biến đổi chính cho rau muống là nhân công, phân bón, thuốc trừ sâu và năng lượng/bảo dưỡng. Lao động bao gồm cả lao động gia đình và lao động làm thuê. Do các thành viên trong gia đình dành không nhiều thời gian lao động cho việc trồng rau (3-4 lần/vụ, mỗi lần bón phân/phun thuốc khoảng 30 phút đến 1 giờ, thời gian thu hoạch sản phẩm cũng chỉ khoảng 30 phút mỗi sáng) nên chi phí nhân công gia đình sẽ không được tính vào chi phí sản xuất.

CBA hệ thống năng lượng mặt trời:

+ Chi phí: là chi phí cho hệ thống tấm pin mặt trời và thay đổi tùy thuộc vào phạm vi của mô hình thử nghiệm, chẳng hạn như số lượng tấm pin và mức độ bóng râm. Cụ thể sẽ bao gồm Chi phí cho tấm pin năng lượng mặt trời; Khung và phụ kiện; Đồ dùng điện tử; Trạm biến áp.

+ Sản lượng và doanh thu: thu nhập ròng trung bình hàng năm của các kịch bản 30% bóng râm, 50% bóng râm, 70% bóng râm và 100% bóng râm là kết quả sau khi trừ tất cả các loại thuế và chi phí (20% thuế doanh nghiệp cho thu nhập trước thuế).

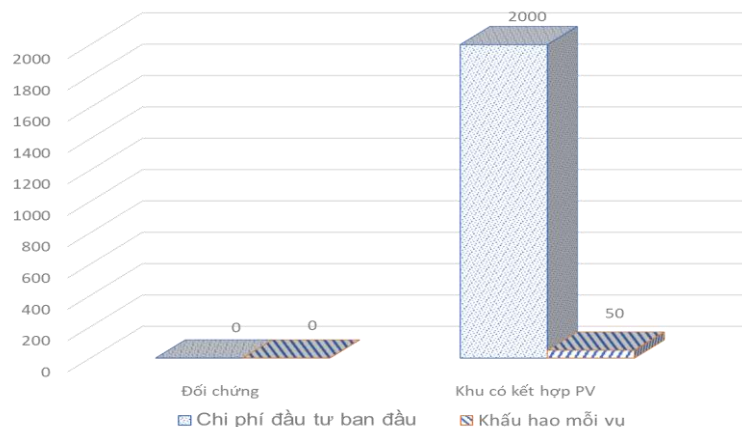
Ưu điểm của phương pháp là đánh giá được hiệu quả về mặt kinh tế của mô hình – động lực chính của người dân trong quá trình ra quyết định sản xuất. Tuy nhiên, phương pháp này cũng có nhược điểm chịu tác động mang tính cục bộ từ biến động thị trường nên không có nhiều ý nghĩa khi so sánh với các mô hình sản xuất đại trà, thời vụ khác.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiệu quả của sản xuất nông nghiệp trong mô hình APV

a. Chi phí đầu tư ban đầu và khấu hao

Vốn đầu tư ban đầu cho một vườn rau bao gồm chi phí lắp đặt lưới. Kết quả tính toán chỉ ra rằng tổng chi phí đầu tư ban đầu cho vùng thử nghiệm là 2 triệu đồng và vùng đối chứng bằng 0. Chi phí khấu hao tài sản cố định là 50.000 đồng/vụ (Hình 2).



Hình 2. Chi phí đầu tư ban đầu cho vụ rau muống (đơn vị: nghìn đồng/vụ/400 m²)

b. Chi phí biến đổi

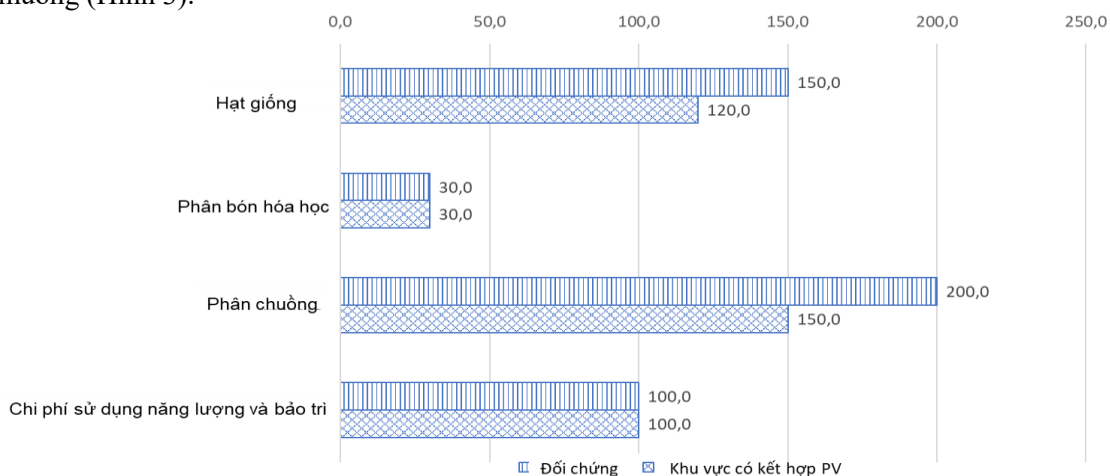
Chi phí biến đổi chính cho việc trồng rau muống là nhân công, phân bón, thuốc trừ sâu và năng lượng/bảo trì. Tuy nhiên, như đã phân tích ở trên, chi phí nhân công trong mô hình không được tính vào do quá nhỏ.

Đầu mỗi vụ, hộ sẽ làm đất sử dụng máy của gia đình và mất gần một ngày làm việc.

Khối lượng hạt giống sử dụng là 0,8 kg/vụ, với giá 150.000đ/kg, tương đương 120.000đ/vụ. Tuy nhiên, tại vùng đối chứng một số cây con bị chết do thời tiết không thuận lợi nên nông dân phải gieo thêm 0,2 kg hạt giống, tổng chi phí giống tại vùng đối chứng là 150.000 đồng.

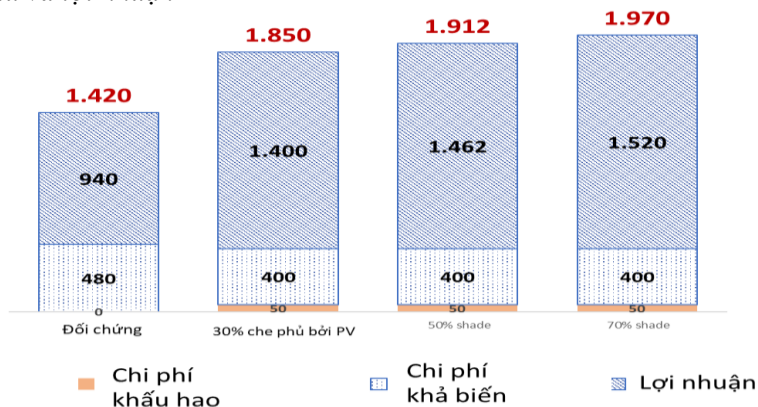
Người nông dân hầu như không sử dụng phân bón hóa học trong quá trình canh tác, họ chỉ sử dụng 2 kg phân bón hóa học ngay sau khi gieo hạt rau muống (tương đương 30.000 đồng/vụ). Trong quá trình canh tác, họ chủ yếu sử dụng phân chuồng với giá 25.000 đồng/bao. Số lượng phân bón trên diện tích thí nghiệm và đối chứng đều là 6 bao (tương đương 150.000 đồng/vụ). Tuy nhiên, bà con cần bón lại thêm 2 bao phân ở vùng đối chứng do mưa lớn rửa trôi. Do đó, tổng chi phí phân bón ở vùng đối chứng tăng lên mức 200.000 đồng/vụ.

Chi phí năng lượng và bảo trì công cụ sản xuất ước tính khoảng 100.000 đồng cho mỗi vụ rau muống (Hình 3).



Hình 3. Chi phí biến đổi trong một vụ rau muống (đơn vị: nghìn đồng/vụ/400 m²)

c. Doanh thu và lợi nhuận



Hình 4. Doanh thu và Lợi nhuận của một vụ trồng rau muống (đơn vị: nghìn đồng/vụ/400 m²)

Biến thiên duy nhất là mức độ che phủ khác nhau, các điều kiện khác trong mô hình giữa các khu vực so sánh là giống nhau bao gồm giống cây, lịch thời vụ, cách chăm sóc (tưới, bón phân,...), vì vậy doanh thu và lợi nhuận trong trường hợp nghiên cứu này phụ thuộc chủ yếu vào sản lượng rau muống thu hoạch được ở các khu vực thí nghiệm có tỷ lệ che phủ khác nhau. Kết quả nghiên cứu về sản lượng tại các khu vực cho thấy sản lượng rau muống đạt cao nhất ở khu vực 70% bóng râm. Theo đó, sản lượng rau muống ở diện tích đối chứng, diện tích khu vực 30% bóng râm, 50% bóng râm và 70% bóng râm lần lượt là 284 kg, 370 kg, 382,4 kg và 394 kg.

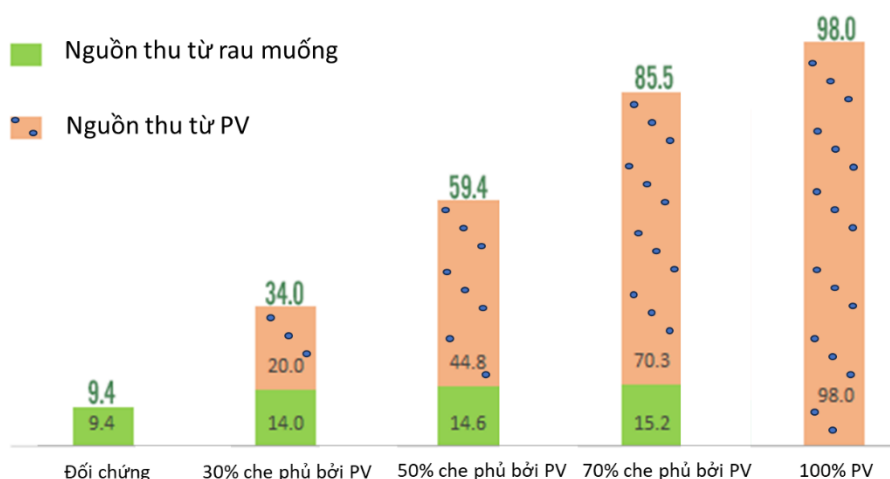
Phân tích hiệu quả kinh tế của việc trồng rau muống kết hợp với hệ thống APV được thể hiện trong Hình 4. Đối với rau muống, lợi nhuận thu được cao nhất ở khu vực có tỷ lệ che phủ 70%. Theo đó, lợi nhuận thu được mỗi vụ ở các khu vực tỷ lệ diện tích che phủ 70%, 50% và 30% lần lượt là 1.520.000 đồng, 1.462.000 đồng và 1.400.000 đồng. Lợi nhuận của khu vực đối chứng chỉ đạt 940.000 đồng, bằng 64,4% so với lợi nhuận bình quân của khu vực thí nghiệm. Với cùng một chi phí sản xuất, sự khác biệt này chủ yếu là do năng suất thấp hơn và doanh thu thấp hơn trong khu vực đối chứng.

3.2. CBA kết hợp

CBA được ước tính cho các mô hình khác nhau, bao gồm: (i) chỉ sử dụng cho nông nghiệp, (ii) mô hình APV (tỷ lệ che phủ 30%, 50%, 70%) và (iii) chỉ sử dụng cho năng lượng mặt trời.

a. Doanh thu tiềm năng

Doanh thu tiềm năng đối với từng mô hình được thể hiện ở Hình 5. Kết quả cho thấy, mô hình sản xuất nông nghiệp đơn thuần có hiệu quả kinh tế thấp hơn nhiều so với APV hay chỉ sản xuất điện mặt trời. Lợi nhuận bình quân đối với sản xuất rau muống là 9,4 triệu đồng/năm, thấp hơn nhiều so với mô hình chỉ sử dụng năng lượng mặt trời với mức lợi nhuận lên tới 98,0 triệu đồng/năm. Với mô hình APV, thu nhập từ nông nghiệp có tăng nhưng không đáng kể. Chênh lệch thu nhập từ nông nghiệp ở các mô hình che phủ khác nhau không lớn, dao động từ 4,6-5,8 triệu đồng/năm. Sự khác biệt về thu nhập giữa các mô hình có độ che phủ khác nhau chủ yếu đến từ thu nhập điện mặt trời PV. Lợi nhuận của các mô hình tỷ lệ che phủ 30%, 50% và 70% lần lượt là 34 triệu đồng, 59,4 triệu đồng và 85,5 triệu đồng.



Hình 5. Lợi nhuận tiềm năng từ các mô hình nông nghiệp kết hợp điện mặt trời (đơn vị: triệu đồng/năm/400 m²)

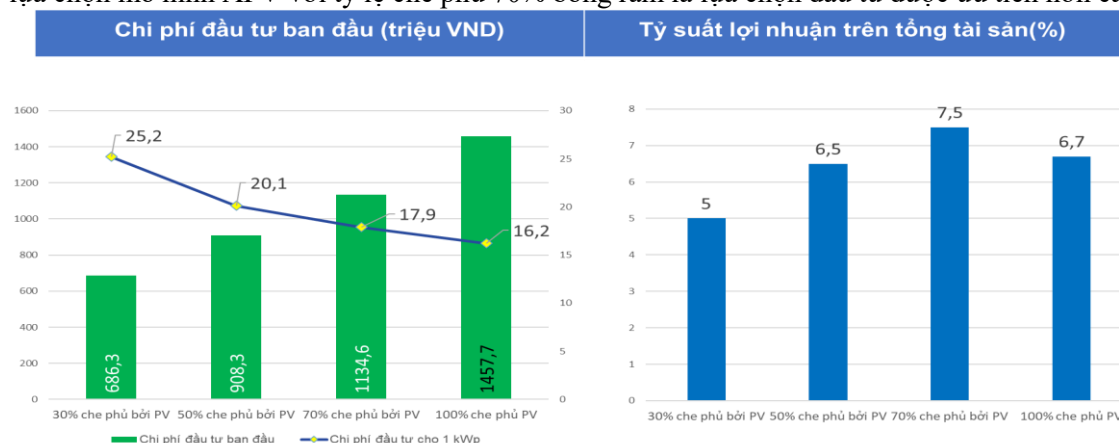
b. Chi phí đầu tư của hệ thống APV

Ưu điểm duy nhất của APV so với mô hình chỉ sản xuất điện năng lượng mặt trời là chi phí đầu tư ban đầu thấp hơn. Hình 6 cho thấy chi phí đầu tư cho các mô hình và nó tăng dần theo độ phủ của các tấm pin mặt trời. Mô hình chỉ sử dụng năng lượng mặt trời sẽ có chi phí đầu tư ban đầu lớn nhất là 1.457,7 triệu đồng, chi phí đầu tư ban đầu của các mô hình tỷ lệ che phủ 30%, 50% và 70% lần lượt là 686,3 triệu đồng, 908,3 triệu đồng và 1.134,6 triệu đồng. Nhờ tính kinh tế theo quy mô, chi phí đầu tư bình quân trên 1 kWp cũng sẽ giảm dần từ 25,2 triệu đồng/kWp ở mô hình tỷ lệ che phủ 30% xuống còn 20,1 triệu đồng/kWp ở mô hình tỷ lệ che phủ 50%, 17,9 triệu đồng/kWp ở mô hình tỷ lệ che phủ 70% bóng râm và 16,2 triệu/kWp của mô hình chỉ sản xuất điện năng lượng mặt trời.

c. Tỷ suất lợi nhuận trên tổng tài sản

Một trong những chỉ tiêu được phân tích là Tỷ suất lợi nhuận trên tổng tài sản (Return on Assets - ROA). Giá sử lợi nhuận của sản xuất nông nghiệp và điện mặt trời không được giữ lại

mà trả cho nhà đầu tư, ROA trong tình huống này cũng sẽ là tỷ suất lợi nhuận trên tổng vốn đầu tư ban đầu. Chỉ tiêu này đánh giá hiệu quả thu được trên một đồng vốn đầu tư bỏ ra. Chỉ tiêu này càng cao chứng tỏ hiệu quả sử dụng vốn càng tốt. Mặc dù tổng mức đầu tư rất lớn nhưng do lợi nhuận cao nên ROA của mô hình chỉ sản xuất điện năng lượng mặt trời vẫn ở mức khá cao 6,7%. ROA lớn nhất là mô hình rau muống APV với tỷ lệ che phủ 70%, mô hình này có ROA là 7,5%. Với 50% bóng râm, ROA thấp hơn so với mô hình chỉ sử dụng PV nhưng không đáng kể, có giá trị là 6,5% (Hình 6). Như vậy, đối với những nhà đầu tư không có nhiều vốn đầu tư ban đầu thì lựa chọn mô hình APV với tỷ lệ che phủ 70% bóng râm là lựa chọn đầu tư được ưu tiên hơn cả.



Hình 6. Chi phí đầu tư của hệ thống điện mặt trời

4. Kết luận

Trong hầu hết các trường hợp, lợi nhuận từ sản xuất điện mặt trời sẽ cao hơn lợi nhuận từ sản xuất nông nghiệp. Mô hình APV mang lại lợi nhuận cao nhất khi kết hợp với nông sản có giá trị cao, sản xuất trong nhà kính, tận dụng hệ thống cột của tấm pin năng lượng mặt trời.

Trong mọi trường hợp, mô hình APV mang lại lợi nhuận dương và là lựa chọn đầu tư sinh lời. Tuy nhiên, một trong những thiếu sót của nghiên cứu là chưa cung cấp thông tin về rủi ro đối với sản xuất nông nghiệp, có thể là rủi ro sản xuất hay rủi ro giá cả.

Trong số các mô hình APV với cây trồng lựa chọn là rau muống, mô hình tỷ lệ che phủ 70% là mô hình có lợi nhuận cao nhất. Trong mô hình này, lợi nhuận từ điện mặt trời là cao nhất, trong khi tác động của nó đến sản xuất nông nghiệp là không đáng kể. Tuy nhiên, vẫn cần có thêm bằng chứng để có thể khẳng định tác động của các tấm pin mặt trời đến hiệu quả sản xuất nông nghiệp qua các mùa và với các loại cây trồng khác nhau.

Trong tương lai, khi giá bán điện mặt trời áp mái giảm thì hiệu quả kinh tế của mô hình sẽ giảm, tuy nhiên, chi phí đầu tư ban đầu cũng có xu hướng giảm và các mô hình APV vẫn cho hiệu quả kinh tế tương đối cao.

So sánh tỷ suất lợi nhuận trên tổng tài sản, mô hình APV có kết quả tốt hơn so với mô hình chỉ sử dụng năng lượng mặt trời. Nguyên nhân là do chi phí đầu tư ban đầu cho sản xuất nông nghiệp thấp hơn, vòng quay vốn nhanh hơn.

Trong mọi kịch bản, việc phát triển mô hình APV đều đòi hỏi chi phí đầu tư ban đầu tương đối lớn, cao hơn nhiều so với mức tiết kiệm trung bình của nông dân Đồng bằng Sông Cửu Long nói chung và tỉnh An Giang nói riêng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] S. J. Thomas, S. Thomas, S. S. Sahoo, A. K. G, and M. M. Awad, "Solar parks: A review on impacts, mitigation mechanism through agrivoltaics and techno-economic analysis," *Energy Nexus*, vol. 11, p. 100220, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.nexus.2023.100220.

- [2] S. Thomas, A. G. Kumar, S. Sahoo, and S. Varghese, "Energy and exergy analysis of solar thermal energy-based polygeneration processes for applications in rural India," *International Energy Journal*, vol. 18, pp. 243–256, Mar. 2018.
- [3] M. M. Awad, A. Rout, S. Thomas, and S. S. Sahoo, "Techno-economic analysis of solar photovoltaic-thermal system viability," in *Solar Energy Harvesting, Conversion, and Storage*, Elsevier, 2023, pp. 319–362, doi: 10.1016/B978-0-323-90601-2.00005-2.
- [4] A. González, H. Sandoval, P. Acosta, and F. Henao, "On the Acceptance and Sustainability of Renewable Energy Projects—A Systems Thinking Perspective," *Sustainability*, vol. 8, no. 11, pp. 1–21, Nov. 2016, doi: 10.3390/su8111171.
- [5] A. P. D. Goetzberger and A. Zastrow, "On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation," *International Journal of Solar Energy*, vol. 1, pp. 55–69, 1982.
- [6] M. A. Z. Abidin, M. N. Mahyuddin, and M. A. A. M. Zainuri, "Solar Photovoltaic Architecture and Agronomic Management in Agrivoltaic System: A Review," *Sustainability*, vol. 13, no. 14, 2021, doi: 10.3390/su13147846.
- [7] J. Terrapon-Pfaff, T. Fink, P. Viebahn, and E. M. Jamea, "Social impacts of large-scale solar thermal power plants: Assessment results for the NOORO I power plant in Morocco," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 113, p. 109259, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.109259.
- [8] A. S. Pascaris, C. Schelly, L. Burnham, and J. M. Pearce, "Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 75, p. 102023, May 2021, doi: 10.1016/j.erss.2021.102023.
- [9] T. Harinarayana and K. S. V. Vasavi, "Solar energy generation using agriculture cultivated lands," *Smart Grid and Renewable Energy*, vol. 5, no. 2, 2014.
- [10] P. R. Malu, U. S. Sharma, and J. M. Pearce, "Agrivoltaic potential on grape farms in India," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 23, pp. 104–110, 2017.
- [11] M. Trommsdorff *et al.*, "Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 140, p. 110694, 2021.
- [12] T. T. H. Cu, M. P. Vu, and T. N. Nguyen, "Study on Performance and Economic Efficiency of Solar Power on Agricultural Land: A case study in Central Region, Vietnam," *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol.11, No.2, pp. 842–850, 2021.
- [13] M. P. Vu, T. T. H. Nguyen, T. H. Pham, V. D. Pham, and V. B. Doan, "Assessment of rooftop solar power technical potential in Hanoi city, Vietnam," *Journal of Building Engineering*, vol. 32, pp. 1–11, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.jobbe.2020.101528.
- [14] People Committee of Tri Ton District, "Report of social – economic development for Tri Ton district," (in Vietnamese), 2020.
- [15] The World Bank, "Global Solar Atlas 2.0." [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info>. [Accessed Mar. 18, 2024].
- [16] M. Kadowaki, A. Yano, F. Ishizu, T. Tanaka, and S. Noda, "Effects of greenhouse photovoltaic array shading on Welsh onion growth," *Biosyst Eng*, vol. 111, no. 3, pp. 290–297, Mar. 2012, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2011.12.006.
- [17] M. H. Riaz, H. Imran, R. Younas, M. A. Alam, and N. Z. Butt, "Module technology for agrivoltaics: vertical bifacial versus tilted monofacial farms," *IEEE J. Photovolt.*, vol. 11, no. 2, pp. 469–477, 2021.
- [18] P. Santra, P. C. Pande, S. Kumar, D. Mishra, and R. K. Singh, "Agri-voltaics or solar farming: The concept of integrating solar PV based electricity generation and crop production in a single land use system," *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 7, no. 2, pp. 694–699, 2017.
- [19] W. Lytle *et al.*, "Conceptual design and rationale for a new agrivoltaics concept: Pasture-raised rabbits and solar farming," *J. Clean Prod.*, vol. 282, p. 124476, 2021.
- [20] C. Dupraz, H. Marrou, G. Talbot, L. Dufour, A. Nogier, and Y. Ferard, "Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes," *Renew Energy*, vol. 36, no. 10, pp. 2725–2732, 2011.
- [21] M. Kumpanalaisatit, "Design and Test of Agri-Voltaic System," *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, vol. 12, no. 8, pp. 2395–2404, 2021.
- [22] B. Valle *et al.*, "Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops," *Appl Energy*, vol. 206, pp. 1495–1507, 2017.
- [23] N. Chen, P. Wu, Y. Gao, and X. Ma, "Review on Photovoltaic Agriculture Application and Its Potential on Grape Farms in Xinjiang, China," *Advances in Sciences and Engineering*, vol. 10, no. 2, p. 73, 2018.
- [24] J. P. Gittinger, *Economic Analysis of Agricultural Projects*. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press, 1996.