

Bài báo khoa học

Đánh giá hiện trạng sử dụng nước và năng lượng cho sản xuất lúa xã Tân An, huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai

Hoàng Trang Thu^{1*}, Phạm Thị Thảo Nhi², Nguyễn Văn Thịnh³, Đào Nguyên Khôi¹

¹ Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG–HCM, TP.HCM, Việt Nam; thuhoang190496@gmail.com; dnkhoi@hcmus.edu.vn

² Viện Khoa học và Công nghệ Tính toán, TP.HCM, Việt Nam; nhi.ptt@icst.org.vn

³ ĐH Quốc Gia Seoul, TP. Seoul, Hàn Quốc; vnguyen@snu.ac.kr

*Tác giả liên hệ: thuhoang190496@gmail.com; Tel: +84–383201057

Ban Biên tập nhận bài: 26/3/2021; Ngày phản biện xong: 02/5/2021; Ngày đăng bài: 25/5/2021

Tóm tắt: Nghiên cứu minh họa phương pháp tiếp cận mối liên kết giữa Nước–Năng lượng–Lương thực (WEFN) để xem xét hiện trạng sử dụng nước và năng lượng cho cây lúa nước ở xã Tân An, huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai. Chỉ số WEFNI được sử dụng để tính toán hiệu quả sử dụng nước và năng lượng cho trồng lúa ở khu vực nghiên cứu. Giá trị WEFNI của xã khoảng 0,33 chứng tỏ mối liên kết WEFNI khá thấp, hiệu quả sử dụng nước và năng lượng cho sản xuất lúa ở xã không cao. Phân tích mối liên hệ của WEFNI về sản xuất và tiêu thụ cây lúa trong năm 2019–2020 cho thấy năng suất cây lúa khoảng 18,8 tấn/ha.năm, mức tiêu thụ nước là 10 nghìn m³/ha.năm và năng lượng là 323 nghìn MJ/ha.năm tương ứng để canh tác. Năng lượng tiêu thụ cho việc tưới tiêu là khoảng 1,5 nghìn MJ/ha đối với cây lúa chiếm khoảng 1% tổng năng lượng phục vụ sản xuất ở khu vực nghiên cứu. Từ đó, nghiên cứu cũng đã đề xuất các biện pháp canh tác tối ưu hóa năng suất nước và năng lượng cho cây trồng này.

Từ khóa: Mối liên kết Nước–Năng lượng–Lương thực; Nước; Năng lượng; Lúa; Xã Tân An.

1. Mở đầu

Theo nghiên cứu [1], con người được dự đoán sẽ cần thêm 50% nhu cầu về năng lượng, 35% nhu cầu thực phẩm và 40% nhu cầu nước sạch trước áp lực của bùng nổ dân số và đô thị hóa. Với nguồn tài nguyên hạn chế, cung cấp năng lượng không đủ, và căng thẳng về nước ngày càng gia tăng, thách thức về cung cấp đủ nước và năng lượng để trồng đủ lương thực cho dân số ngày càng tăng. Mối liên hệ giữa các thành phần này trở nên ngày càng quan trọng, đặc biệt đối với sức khỏe của con người, giảm nghèo đói và phát triển bền vững [2]. Vì vậy, trước hết để đảm bảo sự phát triển đủ của xã hội, các nhà quản lý cần xem xét 3 yếu tố nước, năng lượng, lương thực, tuy nhiên khi xét đến mối liên kết giữa nước–năng lượng–lương thực không thể chỉ xét đơn lẻ từng thành phần mà phải xem xét một cách hệ thống, tích hợp các thành phần.

Các nguồn tài nguyên nước và năng lượng liên quan mật thiết với lương thực sản xuất. Nước được sử dụng tưới cây và chế biến thực phẩm. Nước còn được sử dụng làm mát nhà máy nhiệt điện và là đầu vào cho nhà máy thủy điện. Năng lượng được sử dụng trong toàn bộ chuỗi cung ứng thực phẩm, từ sản xuất đến tiêu thụ và là nguyên liệu đầu vào cho nông

nghiệp, chẳng hạn như phân bón và tưới tiêu, chế biến và phân phối. Năng lượng còn được sử dụng để sản xuất phân bón, vận hành máy móc. Năng lượng được sử dụng để cung cấp nước (bơm và khai thác nước, xử lý nước và khử muối). Vì sự tương tác mật thiết giữa 3 lĩnh vực này mà khi một chính sách được áp dụng vào một lĩnh vực nhưng không xét tới ảnh hưởng đến những lĩnh vực khác có thể dẫn đến những hậu quả không thể lường trước được. Sử dụng phương pháp tiếp cận môi liên kết để quản lý bền vững nguồn nước và năng lượng trong chuỗi cung ứng lương thực và thực phẩm được coi là một cách tiếp cận đầy hứa hẹn cho sự phát triển của mỗi quốc gia. Cách tiếp cận môi liên kết này hỗ trợ tái chế và tái sử dụng các sản phẩm thải và sản phẩm phụ giữa các ngành và tạo ra nền kinh tế tuần hoàn. Sản xuất nhiều hơn, đảm bảo phát triển kinh tế và con người nhiều hơn trong khi sử dụng ít tài nguyên thiên nhiên hơn và giảm áp lực môi trường [3].

Một số chỉ số được áp dụng để đánh giá tính bền vững nguồn nước, trong đó có chỉ số có sẵn của nước [4], chỉ số khan hiếm nước [5], chỉ số dễ bị tổn thương về tài nguyên nước [6], chỉ số căng thẳng về nước xã hội [7], chỉ số căng thẳng về nước (WSI) [8] và chỉ số nghèo về nước (WPI) [9]. Bên cạnh đó, cũng có một số chỉ số được áp dụng để đánh giá tính bền vững nguồn năng lượng như chỉ số năng lượng bền vững (ESI) [10], chỉ số bền vững công nghệ năng lượng (ETSI) [11]. Tuy nhiên, các chỉ số này chỉ xem xét một khía cạnh sử dụng tài nguyên nước hoặc năng lượng đối với hoạt động nhân sinh. Do đó, cần thiết phải có một chỉ số tổng hợp xem xét cả khía cạnh nước và năng lượng, chứ không chỉ tập trung một khía cạnh như trước đây. Gần đây nhất, chỉ số WEFNI (chỉ số Nước–Năng lượng–Lương thực) được phát triển để khắc phục hạn chế này [12]. Chỉ số này tập trung vào các vấn đề về an ninh liên quan đến các thành phần nước, năng lượng, và lương thực trong môi liên kết. Điểm mới của phương pháp tiếp cận này so với các phương pháp tiếp cận trên như sau: (1) phương pháp này cho phép xem xét các khía cạnh khác có liên quan ngoài khía cạnh về nước; (2) nhấn mạnh về mức độ an ninh của ba thành phần liên quan; (3) mở ra cơ hội tạo ra các giải pháp bền vững thông qua sự hợp tác của cộng đồng–cá nhân [13].

Lúa là một trong những cây lương thực chính ở Việt Nam hiện nay bên cạnh ngô, sắn và khoai lang. Xã Tân An hiện là xã đứng đầu trong canh tác cây lúa ở huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai với diện tích lúa chiếm 30,17% diện tích tự nhiên của xã. Bên cạnh đó, xã nằm dọc theo sông Đồng Nai, có hệ thống thủy lợi đầy đủ và thuận lợi cho việc trồng lúa. Tiếp cận các nguồn tài nguyên nước và năng lượng phục vụ xem xét khả năng sản xuất lương thực ở xã Tân An là một trường hợp nghiên cứu điển hình, cũng như cung cấp cái nhìn trong việc tiếp cận môi liên kết này để hỗ trợ giải quyết phân bổ tài nguyên và đánh đổi để đáp ứng nhu cầu tăng nhanh các nguồn tài nguyên ở Việt Nam hiện nay.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1 Khu vực nghiên cứu

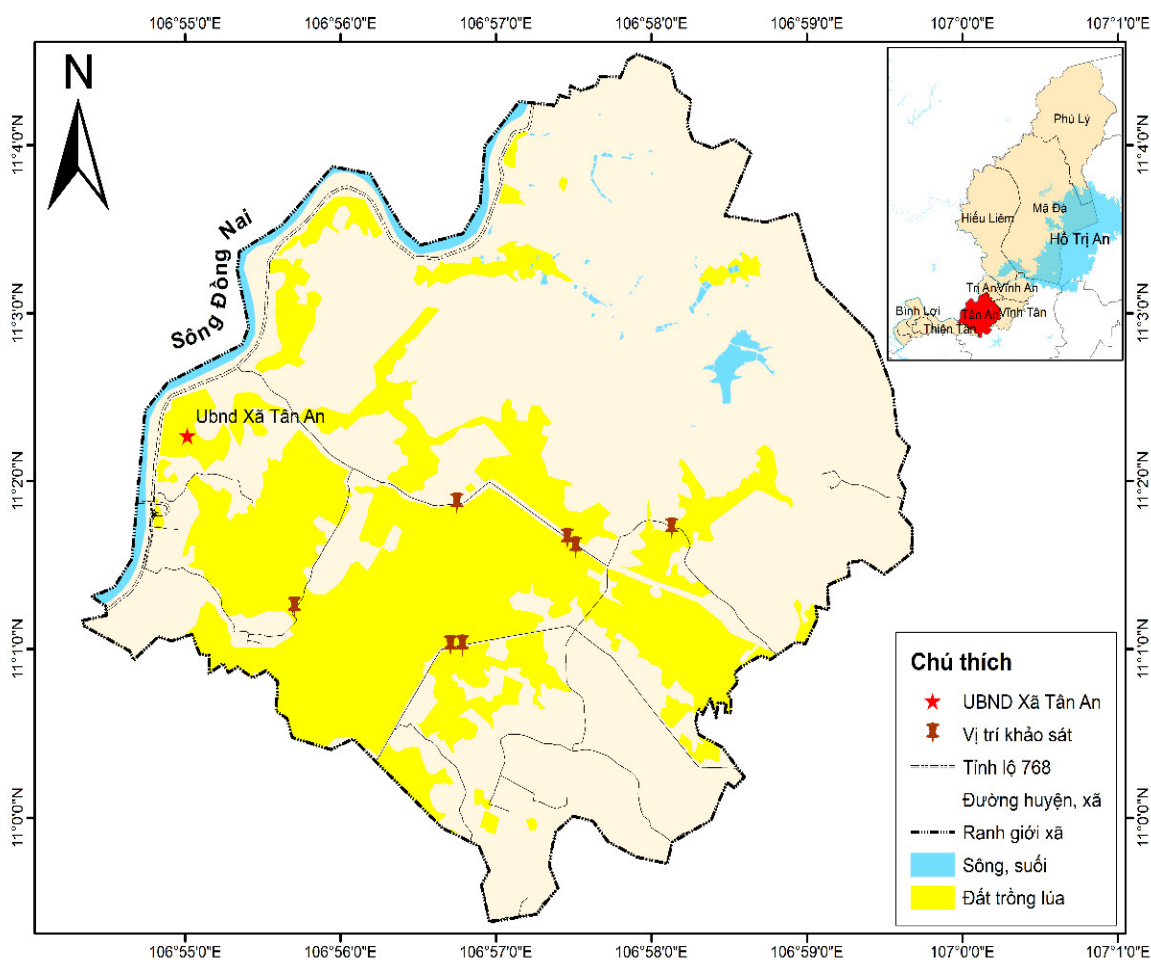
Xã Tân An nằm phía Nam và cách Trung tâm huyện Vĩnh Cửu khoảng hơn 22 km (Hình 1), có diện tích tự nhiên 5.270,07 ha [14], trong đó diện tích nông nghiệp chiếm 85,46% tổng diện tích còn lại là đồi núi và đất lâm nghiệp. Xã Tân An gồm 7 ấp gồm ấp 01, ấp 02, ấp 3, ấp Bình Chánh, ấp Bình Trung, ấp Thái An và ấp Cây Xoài với tổng số dân khoảng 10,902 người [15]. Mỗi năm xã có hai mùa mưa nắng rõ rệt, khí hậu giữa ngày và đêm tương đối ổn định, không nắng quá và ít khi lạnh. Nhiệt độ trung bình từ 25–28°C, lượng mưa hàng năm từ 2.000 đến 2.300 mm, mưa tập trung từ tháng 5 đến tháng 9 âm lịch, mùa khô lượng bốc hơi thường chiếm 64–67% tổng lượng bốc hơi cả năm, gây nên tình trạng mất cân đối nghiêm trọng về chế độ ẩm trong mùa khô, nhất là trong các tháng cuối mùa [16–17]. Trong điều kiện sản xuất nhờ nước trời thì chỉ có thể tiến hành trong mùa mưa, nhưng nếu có nước tưới thì sản xuất trong mùa khô thường cho hiệu quả cao và ổn định.

Nguồn nước chủ yếu sử dụng ở xã là nước từ hệ thống sông Đồng Nai và nguồn nước ngầm có khả năng khai thác từ độ sâu từ 10–15 m nhưng phân bố không đều. Theo FAO (Tổ

chức Nông lương Thế giới), xã có 2 loại đất chính: đất phù sa thích hợp trồng các loại cây lương thực như lúa, cây công nghiệp như mía, đậu các loại, cây ăn trái như bưởi, nhãn...; đất đỏ trên đá phiến thạch và biến chất thích hợp với việc trồng rừng hay trồng cỏ chăn nuôi gia súc, các loại cây công nghiệp như cao su, trà, cây lương thực như bắp, mì, khoai...Diện tích lúa trồng được ở xã khoảng 1.328 ha với năng suất khoảng 5,7 tấn/ha [18].

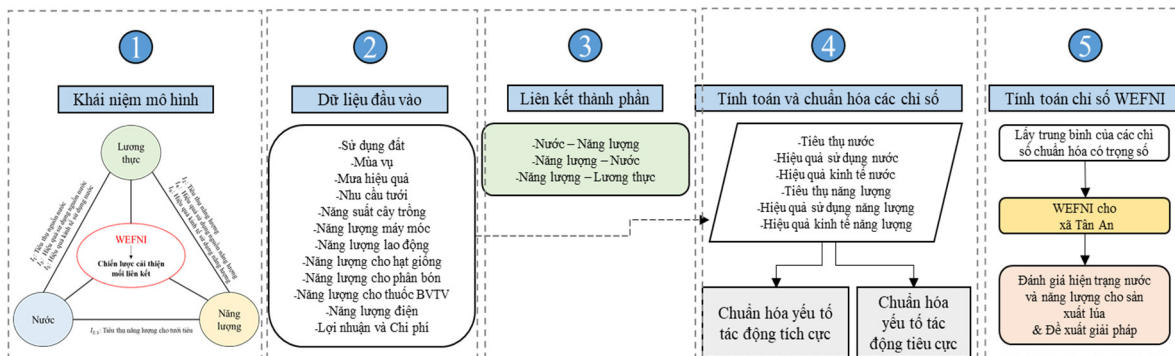
2.2. Phương pháp chỉ số

Phương pháp chỉ số là phương pháp thu hút được rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học. Nghiên cứu [19] chỉ số đánh giá mức độ an ninh WEFN với sự kết hợp 3 chỉ số phụ tương ứng với 3 thành phần an ninh nước, an ninh năng lượng và an ninh lương không có trọng số. Chỉ số này được phát triển dựa trên nguyên tắc sẵn có và khả năng tiếp cận của các nguồn tài nguyên nước, năng lượng, và lương thực. Một chỉ số mới liên kết Nước–Năng lượng–Lương thực khác là chỉ số WEFNI được xây dựng dựa vào phương pháp tiếp cận của El–Gafy [12] được tính toán tổng hợp từ 6 chỉ số thành phần (Bảng 1). Chỉ số này được ứng dụng trong khá nhiều nghiên cứu về sau như đánh giá vòng đời sản phẩm từ chất thải thực phẩm thành phế phẩm [20], đánh giá cho sản xuất đường mía ở Ethiopia [21], đánh giá cho canh tác cây dầu cọ [22],...Chỉ số này hầu như chưa được nghiên cứu phổ biến ở Việt Nam, do đó nghiên cứu đơn cử cho khu vực Tân An có thể được xem là nghiên cứu khởi đầu cho mối liên kết Nước–Năng lượng–Lương thực ở nước ta.



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

Để đạt được mục tiêu đánh giá được hiện trạng nước và năng lượng cho sản xuất lúa ở xã Tân An ta tiến hành lần lượt từng bước như trong sơ đồ nghiên cứu trên Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ nghiên cứu.

Sau hiểu được mối liên kết, nghiên cứu đưa ra các chỉ tiêu đánh giá bao gồm khả năng tiêu thụ, hiệu quả sử dụng và hiệu quả kinh tế dựa vào trọng tâm của từng liên kết. Bộ 6 chỉ số tương ứng với các chỉ tiêu này được tính toán và chuẩn hóa theo một thang nhất định và sau đó tính toán chỉ số WEFNI cho xã Tân An. Kết quả chỉ số này sẽ được dùng để đánh giá mức độ an ninh các nguồn tài nguyên nước và năng lượng trong sản xuất lúa và đề xuất ra các biện pháp nhằm cải thiện mối liên kết trong sản xuất lúa ở khu vực nghiên cứu này.

Bảng 1. Tính toán các chỉ số theo El- Gafy [12].

Chỉ số	Công thức và thông tin chi tiết
Chỉ số tiêu thụ năng lượng ($E_{c,t}$) (m^3/ha)	Lượng nước tiêu thụ trên mỗi hecta cây lúa. Là kết quả tính toán nhu cầu nước tưới lý thuyết từ mô hình CROPWAT. Năng lượng tiêu thụ trên mỗi hecta cây lúa: $E_{c,t} = \sum q_h h_{c,t} + q_m m_{c,t} + q_d d_{c,t} + q_f f_{c,t} + q_p p_{c,t} + q_s s_{c,t} + q_w w_{c,t}$ (1)
Chỉ số tiêu thụ năng lượng ($E_{c,t}$) (MJ/ha)	Trong đó q là năng lượng sử dụng cho mỗi hoạt động (MJ/ha) [23]; $h_{c,t}$, $m_{c,t}$, $d_{c,t}$, $f_{c,t}$, $p_{c,t}$, $s_{c,t}$, $w_{c,t}$ lần lượt là công lao động của con người (giờ/ha), máy móc (giờ/ha), dầu diesel (L/ha), điện (kWh/ha), phân bón (kg/ha), thuốc trừ sâu (kg/ha), hạt giống (kg/ha) và nước tưới (m^3/ha) để sản xuất lúa (thu thập từ điều tra khảo sát).
Chỉ số sử dụng hiệu quả nguồn nước ($W_{pro,t}$) (tấn/ m^3)	Hiệu quả sử dụng nước có sẵn với $Y_{c,t}$ là năng suất lúa (tấn/ha): $W_{pro,t} = Y_{c,t} / W_{c,t}$ (2)
Chỉ số sử dụng hiệu quả nguồn năng lượng ($E_{pro,t}$) (tấn/MJ)	$W_{pro,t} = Y_{c,t} / W_{c,t}$ (3)
Chỉ số hiệu quả kinh tế của nước tưới ($W_{EV,t}$) (VNĐ/ m^3)	$W_{EV,t} = \frac{N_{c,t} - C_{c,t}}{W_{c,t}}$ (4)
Chỉ số hiệu quả kinh tế của năng lượng ($E_{EV,t}$) (VNĐ/MJ)	Với $N_{c,t}$ là thu nhập trên mỗi hecta cây lúa (VNĐ/ha), $C_{c,t}$ là chi phí trên mỗi hecta cây lúa (VNĐ/ha). $E_{EV,t} = \frac{N_{c,t} - C_{c,t}}{E_{c,t}}$ (5)

Chỉ số	Công thức và thông tin chi tiết
Chỉ số Nước–Năng lượng–Lương thực	
Giá trị chuẩn hóa (X_i)	$X_i = \frac{x_i - \text{Min}(x_i)}{\text{Max}(x_i) - \text{Min}(x_i)} \quad (6)$
	$X_i = \frac{\text{Max}(x_i) - x_i}{\text{Max}(x_i) - \text{Min}(x_i)} \quad (7)$
	với x_i của chỉ số, $\text{Min}(x_i)$ và $\text{Max}(x_i)$ là giá trị tối thiểu và tối đa của chỉ số
Chỉ số môi liên kết Nước–Năng lượng–Lương thực (WEFNI)	$\text{WEFNI}_t = \frac{\sum_{i=1}^n w_i X_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (8)$ <p>Với w_i là trọng số của chỉ số i và n là số chỉ số WEFNI. Giá trị cao nhất 1 được coi là phương án tốt nhất trong khi 0 là phương án không tốt nhất.</p>

Để xây dựng bộ chỉ số cho trường hợp nghiên cứu ở xã Tân An, trước hết cần thu thập, tổng hợp và kế thừa các báo cáo hiện trạng, quy hoạch nông nghiệp và niên giám thống kê ở Phòng Nông Nghiệp và Phát triển Nông Thôn huyện Vĩnh Cửu; các báo cáo tình hình kinh tế-xã hội năm 2019 ở Phòng Tài nguyên và Môi trường huyện Vĩnh Cửu,... và số liệu khí tượng của địa phương ở Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ. Sau đó, tính toán bộ chỉ số đã lựa chọn, dựa vào những số liệu đã có và chỉ ra được những số liệu hay dữ liệu còn thiếu nhằm tiến hành thu thập hoặc tính toán nhờ vào những phương pháp khác.

2.3. Phương pháp điều tra khảo sát

Để có cái nhìn trực quan về hiện trạng canh tác cây lúa cũng như hiện trạng sử dụng các tài nguyên nước và năng lượng cho hoạt động sản xuất tại địa phương, nghiên cứu đã thực hiện một cuộc điều tra khảo sát ở quy mô nhỏ với các công tác chính bao gồm: điều tra và phỏng vấn người dân tham gia sản xuất lúa tại xã Tân An về một số vấn đề trong canh tác, ghi nhận hình ảnh về hiện trạng sử dụng tài nguyên nước cho trồng lúa. Các vấn đề cần nắm bắt bao gồm vấn đề tưới tiêu, năng suất lúa, diện tích gieo trồng thực tế trong mỗi mùa vụ; số lượng và thời gian sử dụng máy móc và lượng phân bón, thuốc trừ sâu tiêu thụ; công lao động trực tiếp người dân bỏ ra trong mỗi vụ hay thu nhập/ chi phí mỗi vụ được thu thập. Tất cả những điều này được trình bày cụ thể dưới dạng câu hỏi mở với 10 câu hỏi. Tiến trình thực hiện các bước khảo sát thực địa lần lượt như sau: lập bảng câu hỏi, phỏng vấn thử nghiệm, chỉnh sửa bảng câu hỏi và tiến hành tổ chức khảo sát thực tế. Cuộc điều tra phỏng vấn người dân được tiến hành thu thập vào ngày 30/7/2020 với 7 phiếu thu được, tập trung chủ yếu vào kết quả thu hoạch vụ Hè Thu năm 2019–2020.

Một số trường hợp gặp phải khi phỏng vấn tại huyện Vĩnh Cửu, người dân khó có thể thống kê cụ thể mỗi vụ dành ít nhất bao nhiêu thời gian để sản xuất hoặc thời gian vận hành máy móc cụ thể là bao nhiêu,... Bên cạnh đó, việc phân bố người dân không đồng đều, gây khó khăn cho việc tiến hành khảo sát. Lượng nước cây lúa tiêu thụ là đầu vào bắt buộc để tính toán bộ chỉ số WEFNI, tuy nhiên kết quả khảo sát không thể thu lại kết quả này. Do đó, nghiên cứu đã thực hiện phương pháp mô hình hóa nhằm tính toán được lượng nước cây lúa tiêu thụ.

2.4. Phương pháp mô hình hóa

Nhu cầu tưới nước cho cây lúa được tính toán theo mô hình CROPWAT 8.0 – được soạn thảo, công bố và yêu cầu áp dụng bởi tổ chức lương thực của Liên hợp quốc FAO. Đây là chương trình tính nhu cầu tưới, chế độ tưới và kế hoạch tưới tại mặt ruộng cho các loại cây

trồng trong các điều kiện khác nhau và được sử dụng rất phổ biến tại nhiều nơi trên thế giới. Các nghiên cứu của Việt Nam đã áp dụng thành công mô hình CROPWAT để tính năng suất lúa từ phân trăm năng suất lúa giảm (tăng) từ đó điều chỉnh các yếu tố nhiệt độ và lượng mưa để xem xét các kịch bản cho tương lai như nghiên cứu [24]; mô hình cũng hỗ trợ đánh giá được tác động của biến đổi khí hậu đến nhu cầu nước cho canh tác lúa [25] được thực hiện ở tỉnh Quảng Ngãi; và dự báo nhu cầu nước cho nhiều loại cây trồng khác [26]...

Nhu cầu tưới cho cây lúa hay nhu cầu tưới tại mặt ruộng (IRR_n) được xác định bằng hiệu số giữa nhu cầu nước của cây trồng và lượng mưa hiệu quả theo công thức [27] sau:

$$IRR_n = ET_c - (P_e + G_e + W_b) + LR_{mm} \text{ (mm/ thời đoạn)} \tag{9}$$

Trong đó ET_c là lượng bốc hơi cây trồng; P_e là lượng mưa hiệu quả; G_e là lượng nước ngầm bổ sung hay thất thoát đi; W_b là lượng nước sẵn có ban đầu trong đất và LR_{mm} là lượng nước ban đầu trong thời gian làm đất đủ điều kiện gieo trồng. Lượng mưa hiệu quả ở đây được hiểu là lượng mưa sau khi đã khấu trừ tổn thất do nước chảy đi mất và do thấm xuống sâu. Thông thường lượng mưa hiệu quả được tính dựa trên công thức kinh nghiệm với các hệ số kinh nghiệm được xác định theo số liệu cụ thể thực tế của từng địa phương. Nhưng do điều kiện không có số liệu thực tế để xác định các hệ số kinh nghiệm cho địa phương nghiên cứu nên có thể sử dụng phương pháp công thức kinh nghiệm của FAO/AGLW.

Trong phạm vi nghiên cứu tại xã Tân An đã lựa chọn trạm Long Khánh (10°56'; 107°14') có đo đạc đầy đủ các yếu tố khí hậu, khí tượng. Các số liệu khí hậu, khí tượng được tính trung bình nhiều năm (từ năm 2013 đến 2019) để tính toán bốc thoát hơi và lượng mưa hiệu quả. Cây lúa ở xã được thiết lập cơ cấu 3 vụ/ năm, vụ Đông Xuân bắt trồng ngày 20/12 và thu hoạch vào ngày 4/3, tương tự vụ Hè Thu từ 15/4–28/6, vụ Mùa từ 20/7–2/10, thời gian mỗi vụ dao động từ 93–99 ngày. Hầu hết thời gian thiết lập vụ này hoàn toàn phù hợp với thời gian người dân canh tác tại xã. Vì vụ Đông Xuân, nếu gieo sạ trước 25/11 thường gặp mưa lớn, làm trôi mất giống, nhưng gieo sạ muộn quá thì sẽ đẩy lùi thời vụ hè thu và vụ mùa, làm cho vụ mùa dễ gặp lụt giai đoạn lúa chín, gây tổn thất về sản lượng (từ 20–30/10 thường hay có mưa, tháng 11 là cao điểm của mưa lụt trong năm). Thời đoạn và hệ số cây trồng cũng như các chỉ số về thổ nhưỡng, nghiên cứu đã đối chiếu với TCVN 8641:2011 và FAO–1992 nhằm phù hợp với nhất với lúa nước và khí hậu ở miền Nam nước ta.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiện trạng sử dụng nước–năng lượng cho sản xuất lúa xã Tân An

3.1.1. Tiêu thụ nước và năng lượng

Năng suất cây lúa theo điều tra khảo sát vào vụ Hè Thu trung bình 7,3 tấn/ha và năng suất trung bình các vụ còn lại thu thập từ các báo cáo của xã được thể hiện ở Bảng 2, xã Tân An trung bình mỗi năm sẽ thu được khoảng 18,8 tấn/ha, đạt sản lượng 14.192 tấn mỗi năm.

Bảng 2. Diện tích, năng suất và sản lượng lúa các vụ trong năm 2019–2020.

Vụ lúa	Diện tích gieo trồng (ha)	Năng suất trung bình (tấn/ha)	Sản lượng thu được (tấn)
Đông Xuân	850 [28]	6,5 [29]	5.525
Hè Thu	500 [30]	7,3	3.667
Mùa	1.000 [31]	5,0 [31]	5.000

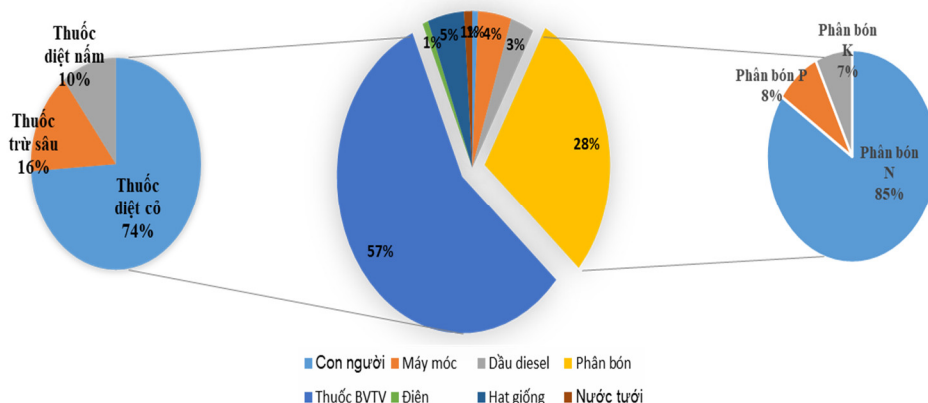
Lượng nước sử dụng hiệu quả cho cây lúa theo từng vụ ở xã Tân An được trình bày ở Bảng 3. Nhu cầu cần tưới đối với Vụ Đông Xuân lớn hơn hai vụ còn lại vì vụ Đông Xuân rơi vào các tháng mùa khô do đó nên khả năng thấm cao và lượng bốc thoát hơi lớn, lượng mưa cũng ít. Nhìn chung, kết quả mô hình CROPWAT khá hoàn thiện. Theo TCVN 8641–2011, tổng lượng nước tưới cả vụ cho gieo sạ hoặc làm đất cho vụ Đông Xuân, Hè Thu, vụ Mùa và

vụ Thu Đông lần lượt là 5.500–6.500 m³/ha, 4.000–5.000 m³/ha, 3.500–4.500 m³/ha, cho thấy vụ Đông Xuân và Hè thu hoàn toàn phù hợp với kết quả tính toán. Như vậy, kết quả tính toán nhu cầu nước cho tưới tiêu bằng mô hình CROPWAT có kết quả đáng tin cậy, phù hợp để cho những tính toán tiếp theo. Nhu cầu nước cho cây lúa đối với hộ dân canh tác 3 vụ một năm khoảng 10.761 m³/ha.năm, tổng lượng nước tiêu thụ mỗi năm cho cả xã Tân An khoảng 8 triệu m³ nước.

Bảng 3. Nhu cầu tưới cây lúa (m³/vụ.ha.năm).

Vụ lúa	Năm khô hạn (Max)	Năm mưa nhiều (Min)	Giá trị trung bình
Đông Xuân	5.904	5.899	5.902
Hè Thu	4.060	3.609	3.480
Mùa	1.379	1.375	1.379

Đầu vào cho mọi hoạt động nông nghiệp đã góp phần vào tổng mức tiêu thụ năng lượng cho cây trồng trong hệ thống sản xuất. Mức tiêu thụ năng lượng được phân loại theo các yếu tố đầu vào trong quá trình canh tác của năm nghiên cứu được minh họa ở biểu đồ Hình 3. Kết quả cho thấy, phân bón và thuốc bảo vệ thực vật là nguyên nhân chính góp phần tiêu thụ năng lượng trong toàn bộ quá trình canh tác tại địa phương. Năng lượng gián tiếp hoặc năng lượng cần thiết để sản xuất thuốc trừ sâu và phân bón cao hơn nhiều so với năng lượng cần thiết để sản xuất các đầu vào khác trong quá trình canh tác. Đối với cây lúa, năng lượng để sản xuất thuốc diệt cỏ đến 42%, và điều này là do sự lạm dụng thuốc trừ sâu trong quá trình sản xuất, trong khi đó thuốc trừ sâu và diệt nấm chỉ chiếm 28%, lượng phân đạm (phân N) là 24% cao hơn các loại phân khác. Tỷ lệ sử dụng thuốc diệt cỏ cho ruộng lúa cao do vấn đề cỏ dại phát sinh trong ruộng ảnh hưởng đến năng suất cây lúa đang là vấn đề quan tâm nhất của người dân địa phương. Có thể nhận xét, năng lượng được sử dụng cho nước tưới hay nước tiêu thụ lại thấp chỉ chiếm khoảng 1% tương đương với tiêu thụ năng lượng cho con người. Tổng năng lượng tiêu hao trên một hecta lúa vụ Hè Thu dao động từ 42.385 đến 326.433 MJ, trung bình vào khoảng 125.871 MJ. Các vụ Đông Xuân và Mùa được tính theo tỷ lệ năng suất so với vụ Hè Thu, trung bình mỗi năm tiêu hao khoảng 323 nghìn MJ/ha. Mỗi năm xã Tân An cần khoảng 395 triệu MJ năng lượng để sản xuất lúa.



Hình 3. Biểu đồ thể hiện phần trăm tiêu thụ năng lượng đóng góp cho trồng lúa.

3.1.2. Hiệu quả sử dụng nguồn nước và năng lượng

Mục đích của việc tính toán sự hiệu quả trong sử dụng nước và năng lượng là để xem xét lượng tài nguyên tiêu tốn có đạt được năng suất cao hay ngược lại, từ đó vừa cân bằng việc sử dụng cho hiệu quả nguồn tài nguyên vừa đảm bảo phát triển kinh tế-xã hội ổn định. Kết quả giá trị bộ chỉ số WEFN tập trung tính toán vào vụ Hè Thu được thể hiện trong Bảng 4, bao gồm hiệu quả sử dụng và hiệu quả kinh tế nguồn nước và năng lượng của cây lúa.

Bảng 4. Giá trị các chỉ số hiệu quả sử dụng và kinh tế xã Tân An vụ Hè Thu năm 2019–2020.

Giá trị	Hiệu quả sử dụng nước (Tấn lúa/ m ³)	Hiệu quả sử dụng nguồn năng lượng (Tấn lúa /MJ)	Hiệu quả kinh tế nguồn nước (VNĐ/m ³)	Hiệu quả kinh tế năng lượng (VNĐ/MJ)
Trung bình	0,0069	0,0006	18.526	1.727
Min	0,003	0,0003	11.820	358
Max	0,012	0,0015	29.549	4.565

Chỉ số hiệu quả sử dụng nguồn nước bị ảnh hưởng bởi hai yếu tố chính là lượng nước đầu vào và năng suất cây trồng. Để nâng cao năng suất sử dụng nguồn nước bằng phát triển sản lượng sinh học và kinh tế trên một đơn vị nước tiêu thụ trong cả hệ thống nông nghiệp được tưới và sử dụng nước mưa [32]. Theo tính toán trung bình của xã thì hiệu quả sử dụng nước trung bình khoảng 0,0069 tấn/ m³, giá trị tính toán dao động 4 lần giá trị thấp nhất. Ước tính về hiệu quả sử dụng nước và kiểm soát các yếu tố ảnh hưởng sẽ hỗ trợ việc lập các kế hoạch trong tương lai cải thiện năng suất nước. Hiệu quả sử dụng năng lượng trung bình khoảng 0,0006 tấn/ MJ, giá trị dao động trong khoảng 5 lần giá trị thấp nhất.

3.1.3. Hiệu quả kinh tế nguồn nước và năng lượng

Kết quả về hiệu quả kinh tế nguồn nước và năng lượng cho cây lúa được trình bày trong Bảng . Năng suất cây trồng, chi phí đầu tư và lợi nhuận thu vào là dữ liệu cần thiết để tiến hành tính toán hiệu quả kinh tế. Chi phí đầu tư và lợi nhuận thu được trên mỗi hecta cây trồng thu thập từ dữ liệu khảo sát của người dân. Hiệu quả kinh tế nguồn nước trung bình khoảng 18.526 VNĐ/ m³ và nguồn năng lượng trung bình khoảng 1.727 VNĐ/ MJ. Tương tự như hiệu quả sử dụng, quan sát các khoảng dao động giá trị tính toán dữ liệu thu thập, cho thấy hiệu quả về kinh tế nguồn nước khá ổn định so với nguồn năng lượng. Tuy nhiên để so sánh một cách cụ thể các giá trị này cần đưa về một thang giá trị và rút ra kết luận.

3.2. Đánh giá hiện trạng sử dụng nước – năng lượng cho sản xuất lúa

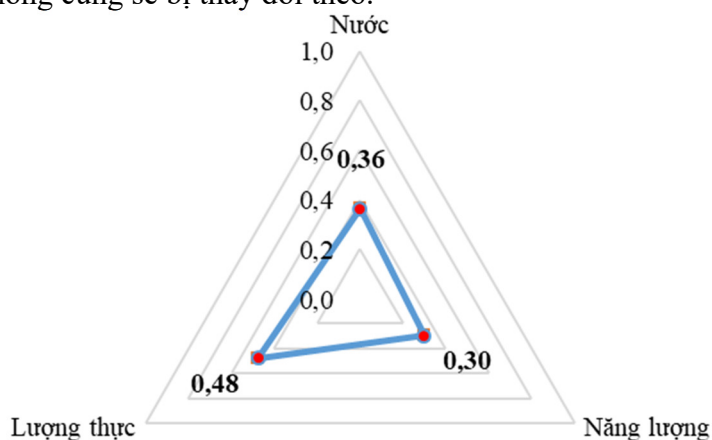
Tất cả các chỉ số trong bộ chỉ số đều được chuẩn hóa có giá trị từ 0 đến 1, từ không tốt nhất đến tốt nhất. Nước và năng lượng có giá trị chuẩn hóa đều là 0,29, cho thấy tiêu thụ các nguồn tài nguyên này cho cây lúa là tương đương nhau. Tuy nhiên, hiệu quả sử dụng nguồn nước lại cao hơn năng lượng (0,43 > 0,27), điều này có nghĩa rằng năng lượng tiêu thụ lớn nhưng không đem lại năng suất cao. Hơn nữa, hiệu quả sử dụng năng lượng còn có giá trị thấp hơn lượng tiêu thụ (0,27 < 0,29). Phân bón và thuốc trừ sâu sử dụng quá nhiều nhưng hiệu quả lại không tối ưu, lạm dụng các chất này còn gây ảnh hưởng tới môi trường xung quanh. Qua quá trình điều khảo sát, xã Tân An bên cạnh nhờ vào điều kiện thời tiết thuận lợi, xã còn có hệ thống thủy lợi được đầu tư hoàn thiện và thông suốt đầy mạnh hiệu quả sử dụng nguồn nước nơi đây.

Mối tương quan nghịch giữa tiêu thụ và hiệu quả sử dụng đang được thiết lập trong canh tác cây lúa, khi tiêu thụ cao nhưng hiệu quả sử dụng không đạt yêu cầu, điều này trái ngược với nguyên tắc đảm bảo phát triển toàn diện và tối ưu nguồn tài nguyên sử dụng. Từ đây, bài toán kinh tế càng được chú trọng nếu tiêu thụ tương quan nghịch với hiệu quả kinh tế. Hiệu quả kinh tế năng lượng lại tiếp tục thấp hơn hiệu quả nguồn nước (0,33 < 0,38), tuy nhiên giá trị vẫn cao hơn năng lượng tiêu thụ ban đầu. Tài nguyên nước được sử dụng đem lại hiệu quả cả về năng suất cây trồng lẫn hiệu quả cao trong kinh tế tuy nhiên vẫn nằm ở mức trung bình hoặc thấp.

Theo El–Gafy đánh giá mọi chỉ số quan tâm trong nghiên cứu đều giữ giá trị trọng số là 1 và điều này có nghĩa rằng tất cả các chỉ số đều quan trọng như nhau đối với đánh giá. Chỉ

số WEFNI được tính cho cây lúa là 0,33, nhìn chung xã Tân An có mức độ liên kết giữa các thành phần trung bình nhưng vẫn chưa tối ưu hóa sử dụng tài nguyên so với nghiên cứu của El-Gafy. Xét về tính cân đối của biểu đồ radar Hình 4 về hiện trạng sử dụng nước và năng lượng cho trồng lúa, có thể thấy mối liên kết không cân đối giữa lượng nước, năng lượng và năng suất lúa thu được thời gian hiện tại. Sự mất cân bằng diễn ra ở đây, đó là cây lúa nước là loại cây trồng sử dụng nhiều nước và tốn nhiều công chăm sóc cả về người lẫn phân bón và thuốc trừ sâu. Một mặt để đảm bảo sản lượng lúa thu hoạch cao, không bị mất mùa hoặc sâu bệnh, một mặt lại không sử dụng tiết kiệm nguồn nước và năng lượng. Hiệu quả nguồn tài nguyên ở mức thấp và kết quả mang lại chỉ ở mức trung bình, có thể thấy góc nhọn của radar hướng về lương thực nhiều hơn.

Chỉ số WEFNI có thể hỗ trợ tích cực trong quá trình phát triển các chiến lược trồng trọt tối ưu nhằm giảm thiểu tiêu thụ nước và năng lượng và tối đa hóa năng suất của chúng. Qua đó, còn có thể thấy việc ra một chính sách quản lý để đảm bảo phát triển bền vững cần xem xét nhiều yếu tố không thể nào chỉ dựa vào một đến hai yếu tố nào quyết định đến cơ cấu, thành phần của hệ thống cũng sẽ bị thay đổi theo.



Hình 4. Hiện trạng sử dụng nước và năng lượng trong sản xuất cây lúa.

Các hoạt động sản xuất lúa tiêu hao nhiều nước do vậy áp dụng các phương pháp tưới tiết kiệm nhằm đảm bảo tính bền vững của môi liên kết. Hiện nay, nhà nông đã và đang áp dụng thành công kỹ thuật tưới ướt khô xen kẽ [33] tương đối phức tạp. Người nông dân cần phải biết lượng nước tối ưu ở từng giai đoạn trong vòng đời của cây lúa, tùy theo điều kiện của đất và giống lúa. Để đảm bảo lượng nước và căn thời gian chuẩn, cần phải đo mực nước thường xuyên và thực hiện tưới, tiêu khi cần. Điều kiện lý tưởng nhất là các ruộng lúa có địa hình bằng phẳng, khi đó các cây lúa sẽ ngập nước đều trong giai đoạn tưới nước. Cần thay thế phân hóa học bằng các loại phân hữu cơ vi sinh, phân vi sinh vì nồng độ nitơ thấp do đó việc thải ra đất cũng ít hơn. Bên cạnh đó phân hữu cơ vi sinh cũng cần ít năng lượng hóa thạch để sản xuất mà vẫn cung cấp đủ các yếu tố dinh dưỡng, giúp cải tạo, nâng cao độ phì nhiêu, tăng lượng mùn trong đất làm đất tơi xốp, không bị bạc màu.

Trên đây là những lưu ý trong sử dụng nguồn tài nguyên như thế nào là phù hợp đối với cây lúa. Mặt khác, nhằm đảm bảo tính bền vững cho liên kết cũng như tối ưu hóa được năng suất cây trồng, cần đảm bảo thực hiện một số biện pháp quản lý cơ bản như tuyên truyền, vận động, hỗ trợ về chuyên môn của các cơ quan quản lý và tổ chức các buổi hội thảo, tập huấn người nông dân về những công nghệ tiến mới được áp dụng hiện nay nhằm giảm thiểu nguồn tài nguyên sử dụng cho sản xuất nhưng vẫn có năng suất cao; thực hiện chuyển đổi cơ cấu cây trồng theo phân vùng tái cơ cấu ngành nông nghiệp huyện, hình thành các vùng chuyên canh cây chủ lực, hoặc phối hợp trồng xen canh thâm canh; đầu tư giống mới có năng suất cao, kháng sâu bệnh; ngoài ra, ứng dụng các tiến bộ về cơ giới hóa phục vụ sản xuất.

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu, việc điều tra khảo sát với số lượng mẫu ít và thể hiện tính tổng thể chưa cao, dẫn đến tính bền vững của giá trị bộ chỉ số chưa được đảm bảo.

Vì vậy, nhằm mục đích cho các nhà quản lý địa phương hoàn toàn có thể áp dụng được phương pháp này trong đánh giá và quản lý cần có lượng dữ liệu về nông nghiệp lớn, đặc biệt là các dữ liệu có sẵn về các nguồn tài nguyên cũng như các số liệu trong canh tác. Cần tiếp cận với các tổ chức VietGap, hội nông dân hay hợp tác xã tại địa phương để theo trong quá trình trồng trọt. Nghiên cứu nên được thực hiện đánh giá hàng tháng, hàng năm để có thể đánh giá một cách chính xác về mối liên kết WEFN cũng như đánh giá được hiện trạng sử dụng nước và năng lượng.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chỉ số WEFNI được phát triển bởi El-Gafy được sử dụng để đánh giá hiệu quả sử dụng nước và năng lượng cho canh tác lúa ở xã Tân An. Kết quả tính toán cho thấy hiệu quả sử dụng nước và năng lượng cho sản xuất lúa vào vụ Hè Thu ở khu vực nghiên cứu là trung bình thấp (WFENI = 0,33) không cao. Về từng khía cạnh trong mối liên kết WEFN, để đạt được năng suất khoảng 18,8 tấn/ha.năm, mức tiêu thụ nước là 10 nghìn m³/ha.năm và năng lượng là 323 nghìn MJ/ha.năm tương ứng để canh tác. Năng lượng tiêu thụ cho việc tưới tiêu là khoảng 1,5 nghìn MJ/ha đối với cây lúa chiếm khoảng 1% tổng năng lượng phục vụ sản xuất ở khu vực nghiên cứu vào vụ Hè Thu.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: D.N.K., N.V.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: H.T.T., D.N.K.; Xử lý số liệu: P.T.T.N., H.T.T.; Viết bản thảo bài báo: H.T.T., P.T.T.N.; Chỉnh sửa bài báo: D.N.K., N.V.T.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM và được thực hiện bởi Viện Khoa học và Công nghệ Tính toán (ICST) thông qua Hợp đồng số 05/2019/HĐ-KHCNTT.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Reinhard, S.; Verhagen, J.; Wolters, W.; Ruben, R. Water–food–energy nexus: A quick scan. Wageningen Economic Research, Wageningen, 2017, pp.23.
2. FAO. The Water–Energy–Food Nexus A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2014, pp. 20.
3. GIZ. Mainstreaming the Water–Energy–Food Security Nexus into Sectoral Policies and Institutions in the Arab Region. National Guidelines, GFA Consulting Group GmbH, 2017, pp. 9.
4. Xu, H.; Wu, M. Water Availability Indices – A Literature Review. Argonne, IL (United States), 2017, pp. 33.
5. Nepomilueva, D. Water scarcity indexes: Water availability to satisfy human needs, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, Finland, 2017, pp.33.
6. Kanakoudis, V.; Tsitsifli, S.; Papadopoulou, A.; Curk, B.C.; Karleusa, B. Estimating the Water Resources Vulnerability Index in the Adriatic Sea Region. *Procedia Eng.* 2016, 162, 476–485.
7. Jemmali, H.; Sullivan, C.A. Multidimensional Analysis of Water Poverty in MENA Region: An Empirical Comparison with Physical Indicators. *Social Indic. Res.* 2014, 115, 253–277.
8. Ridoutt, B.G.; Pfister, S. Water footprinting using a water stress index (WSI) that integrates stress on humans and ecosystems. Proceedings of 4th International Conference on Green and Sustainable Innovation (ICGSI), 2014, 1–4.

9. Cho, D.I.; Ogowang, T. Water Poverty Index, Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research. *Springer Netherlands* **2014**, 7003–7008.
10. Brown, M.A.; Sovacool, B.K. Developing an “energy sustainability index” to evaluate energy policy. *Interdiscip. Sci. Rev.* **2007**, *32*, 335–349.
11. Mainali, B.; Silveira, S. Using a sustainability index to assess energy technologies for rural electrification. *Renewable Sustainable Energy Rev.* **2015**, *41*, 1351–1365.
12. El-Gafy, I. (2017). Water–food–energy nexus index: analysis of water–energy–food nexus of crop’s production system applying the indicators approach. *Appl. Water Sci.* **2017**, *7(6)*, 2857–2868.
13. Giupponi, C.; Gain, A.K. Integrated spatial assessment of the water, energy and food dimensions of the Sustainable Development Goals. *Reg. Environ. Change* **2017**, *17*, 1881–1893.
14. Công thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Tổng quan kinh tế – xã hội. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 28/04/2021.
15. Phòng Tài nguyên Môi Trường. Báo cáo thuyết minh Kết quả thống kê đất đai huyện Vĩnh Cửu năm 2013, Đồng Nai, 2013, tr. 162.
16. Sở Tài nguyên và Môi trường Đồng Nai. Báo cáo chuyên đề Kết quả điều tra hiện trạng khai thác nước dưới đất, Đồng Nai, 2016, tr. 49.
17. Cục thống kê tỉnh Đồng Nai. Niên giám thống kê tỉnh Đồng Nai, Nhà xuất bản thống kê, Đồng Nai, 2019, tr. 562.
18. Công thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Tình hình kinh tế tháng 10/2019. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 23/06/2020.
19. Willis, H.H.; Groves, D.G.; Ringel, J.S.; Mao, Z.; Efron, S.; Abbott, M. Developing the Pardee RAND Food–Energy–Water Security Index, Toward a Global Standardized, Quantitative, and Transparent Resource Assessment. The RAND Corporation, Santa Monica, California, 2016, pp. 72.
20. Laso, J.; Margallo, M.; García-Herrero, I.; Fullana, P.; Bala, A.; Gazulla, C.; Polettini, A.; Kahhat, R.; Vázquez-Rowe, I.; Irabien, A.; Aldaco, R. Combined application of Life Cycle Assessment and linear programming to evaluate food waste-to-food strategies: Seeking for answers in the nexus approach. *Waste Manage.* **2018**, *80*, 186–197.
21. Hailemariam, W.G.; Silalertruksa, T.; Gheewala, S.H.; Jakrawatana, N. Water–Energy–Food Nexus of Sugarcane Production in Ethiopia. *Environ. Eng. Sci.* **2019**, *36(7)*, 798–807.
22. Jaroenkietkajorn, U.; Gheewala, S.H. Interlinkage between water–energy–food for oil palm cultivation in Thailand. *Sustainable Prod. Consumption* **2020**, *22*, 205–217.
23. Zahedi, M.; Mondani, F.; Eshghizadeh, H.R. Analyzing the energy balances of double-cropped cereals in an arid region. *Energy Rep.* **2015**, *1*, 43–49.
24. Hạnh, N.T.M.; Tỷ, T.V.; Minh, H.V.T.; Trí, V.P.Đ.; Trung, N.H. Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng thủy văn và sản xuất nông nghiệp đến năng suất lúa vùng đê bao lũng tỉnh An Giang. *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2012**, *24a*, 187–197.
25. Dũng, V.N.; Hương, H.T.L.; Hương, C.T.T. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nhu cầu nước cho canh tác lúa trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, *639*, 43–48.
26. Quyên, N.T.N. Dự báo nhu cầu sử dụng nước cho các loại hình sử dụng đất trên lưu vực sông SREPOK trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tap chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam* **2019**, *17(2)*, 126–136.
27. FAO. The state of Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, **1998**, pp. 389.

28. Cổng thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Xã Tân An tập trung gieo sạ vụ Đông Xuân. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 28/04/2021.
29. Cổng thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Hoạt động hội Nông dân tháng 8/2020. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 28/04/2021.
30. Cổng thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Lĩnh vực kinh tế tháng 7/2020. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 28/04/2021.
31. Cổng thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Hội nghị tổng kết vụ mùa 2020. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 28/04/2021.
32. Kassam, A.H.; Molden, D.; Fereres, E.; Doorenbos, J. Water productivity: Science and practice – Introduction. *Irrig. Sci.* **2007**, *25*(3), 185–188.
33. Trang thông tin điện tử đổi mới sáng tạo: Tiết kiệm nước trồng lúa bằng giải pháp IoT, 2020. <https://doimoisangtao.vn/>, truy cập ngày 03/03/2021.

Assessment of current water and energy use for rice paddy, case study of Tan An Commune, Vinh Cuu District, Dong Nai Province

Hoang Trang Thu¹, Pham Thi Thao Nhi², Nguyen Van Thinh³, Dao Nguyen Khoi^{1*}

¹ Faculty of Environment, University of Science, VNU-HCM, Ho Chi Minh City, Vietnam; thuhoang190496@gmail.com; dnkhai@hcmus.edu.vn

² Institute for Computational Science and Technology, Ho Chi Minh City, Vietnam; nhi.ptt@icst.org.vn

³ Seoul National University, Seoul, Korea; vnguyen@snu.ac.kr

Abstract: The study used the water–food–energy nexus (WEFN) approach to examine the water and energy use for paddy fields in the Tan An commune in Vinh Cuu district in Dong Nai province. WEFN index was used to estimate the efficiency of water and energy use for paddy cultivation in the study area. The WEFNI value for the study area was estimated to be approximately 0.33 indicating low nexus of WEF that means the low efficiency of water and energy use. Results of WEFN in the period 2019-2020 indicated that rice yield is about 18.8 tons/ha.year, water consumption is 10 thousand m³/ha.year, and the energy consumption is 323 thousand MJ/ha.year for the paddy cultivation. Energy consumption for irrigation is about 1.5 thousand MJ/ha, accounting for around 1% of the total energy used for production in the study area. Based on the obtained results, the study proposed farming practices that optimize the efficiency of water and energy use for this crop.

Keywords: Water–Energy–Food Nexus; water; energy; paddy field; Tan An commune.