SO SÁNH CÁC MÔ HÌNH KHÁC NHAU CHO ƯỚC TÍNH BỐC THOÁT HƠI NƯỚC THAM CHIẾU VÙNG PHÍA NAM VIỆT NAM

Trần Thị Hồng Ngọc[1], Mark Honti[2]

Tóm tắt: *Sự bốc thoát hơi nước tham chiếu (ET_0) là một tham số quan trọng cần được ước tính chính xác để tăng cường tiện ích trong nhiều ứng dụng. Trong bài báo này, ba mô hình Penman-Monteith; Hargreaves & Samani; Priestley & Taylor được sử dụng để ước tính ET_0 bằng dữ liệu khí tượng của vùng Tứ giác Long Xuyên An Giang giai đoạn 2010 - 2015. Các kết quả của mô hình được so sánh và tính chính xác của các mô hình được đánh giá dựa trên mô hình Penman-Monteith tiêu chuẩn nhằm phục vụ cho các nhà lãnh đạo trong việc quản lý, quy hoạch, tính toán nhu cầu nước cho thiết kế công trình thủy lợi trong điều kiện khí hậu vùng Tứ giác Long Xuyên An Giang, miền Nam Việt Nam. Kết quả cho thấy, mô hình Hargreaves & Samani, Priestley & Taylor và Penman-Monteith có giá trị ET_0 lần lượt là 4,83; 4,24 và 3,73. Sai số của ba mô hình được đánh giá là như nhau. Mô hình Hargreaves & Samani có sự tương quan rất chặt giữa ET_0 và nhiệt độ hơn hai mô hình kia với hệ số R^2=0,89. Tuy nhiên, mô hình này cũng như mô hình Priestley & Taylor lại thất bại trong phân tích mối tương quan giữa ET_0 và thông số bức xạ so với mô hình Penman-Monteith (R^2=0,85). Dựa vào dữ liệu sẵn có, mô hình Penman-Monteith được đề xuất sử dụng và thu thập các dữ liệu khí tượng cần thiết trong khu vực để ước tính ET_0 phục vụ cho việc tính toán nhu cầu nước trong nông nghiệp, thủy sản và quy hoạch thiết kế công trình thủy lợi cho vùng nghiên cứu trong tương lai.*

Từ khóa: *Bốc thoát hơi nước, ET_0, Hargreaves & Samani, Priestley & Taylor, Penman-Monteith, Tứ giác Long Xuyên - An Giang.*

Ban Biên tập nhận bài: 15/10 /2017 Ngày phản biện xong: 12/11/2017 Ngày đăng bài: 25/11 /2017

1. Giới thiệu

Sự bốc hơi (ET) là thuật ngữ dùng để mô tả tổng lượng bốc và thoát hơi thực vật từ bề mặt trái đất đến khí quyển trong một thời gian dài để làm sáng tỏ mối quan hệ với lượng mưa hàng năm [14], [11]. Đây là biến số quan trọng trong nghiên cứu thủy văn. ET được sử dụng cho quy hoạch nông nghiệp, đô thị, lập kế hoạch tưới tiêu cho các mô hình tăng trưởng cây trồng, nghiên cứu cân bằng nước khu vực và phân vùng khí hậu nông nghiệp, thiết kế và vận hành hệ thống tưới tiêu [5]; [12]; [29]. Các phép đo trực tiếp của ET trên khắp thế giới rất hiếm do đó, thiếu dữ liệu quan sát thực tế để cung cấp cơ hội nâng cao chất lượng cho các mô hình thủy văn khác nhau, vì đo trực tiếp ET thực hiện bởi các kỹ thuật vi lượng tử cao, chi phí rất đắt [23]. Người ta dự đoán rằng tác động trực tiếp của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước chủ yếu là sự bốc thoát hơi nước. Thay đổi về thuỷ văn tạo nên một trong những tác động tiềm năng quan trọng nhất lên sự thay đổi khí hậu toàn cầu trong vùng nhiệt đới [9]. Rõ ràng là sự thay đổi khí hậu sẽ làm tăng nhiệt độ vàthay đổi mô hình lượng mưa. Nhiệt độ cao sẽ gây ra sự bốc thoát hơi nước cao, điều này sẽ ảnh hưởng đến hệ thống thủy văn và nguồn nước [21]. Do đó, định lượng chính xác giá trị ET là rất quan trọng và cần thiết đối với việc quản lý các nguồn nước lâu dài, cũng như thiết kế và vận hành các công trình thủy lợi đặc biệt cho vùng đất có nhiều cây trồng trong điều kiện biến đổi khí hậu như hiện nay.

Xét tầm quan trọng của ET, trước năm 1938,

[1]*Khoa Kỹ thuật Công nghệ - Môi trường, Trường Đại học An Giang*
[2]*Nhóm Nghiên cứu nguồn nước, Trường Kinh tế Kỹ thuật Budapest, Hungary*
Email: tthngocagu@gmail.com

Veihmeyer từ Đại học California sử dụng phương pháp trọng lực để ước tính sự bốc thoát hơi nước cho cây trồng [8]. Trong 50 năm qua, gần 700 phương pháp thực nghiệm xác định ET đã được xuất bản với nhiều vùng khí hậu khác nhau [1]. Các phương pháp này, ước lượng ET bằng công thức toán học dựa trên sự hiểu biết của họ [6]. Một số trong những phương pháp này bao gồm Penman [16], Jensen-Haise [10], Blaney-Criddle [4], Hargreaves-Samani [7]; Thorn-Thwaite [22], Van Bavel [30].....[2]. Sau đó, cũng có nhiều nhà khoa học trên thế giới đã xem xét và hiệu chỉnh lại một số phương pháp ước tính ET một cách chi tiết và chuẩn xác hơn cho một số mô hình trước đó như Szilagyi [20], Sellers [19]; Webb [31]; Rosenberg [18] và Tanner [26]....Mỗi phương pháp có ưu điểm riêng và áp dụng cho mỗi vùng khí hậu cụ thể. Một số phương pháp này về cơ bản là phiên bản sửa đổi của các phương pháp khác. Mối quan tâm chính trong việc ước tính ET là độ tin cậy và tính chính xác của các phương pháp [5].Vì nhiều phương pháp đã được phát triển từ một quan điểm nhất định cho một khu vực khí hậu cụ thể, do đó họ thường thất bại để ước tính lượng bốc thoát hơi nước có thể xảy ra trong điều kiện vùng khí hậu khác. Đây cũng là vấn đề thách thức trong việc dự báo chính xác giá trị ET. Vì những lý do này, việc chọn ra mô hình phù hợp với khí hậu khu vực cũng như tính sẵn có của dữ liệu là rất cần thiết. Trong bài báo này, mô hình Hagreaves & Samani, Priestley & Taylor và mô hình Penman-Monteith được sử dụng để so sánh tính hiệu quả và độ tin cậy trong việc ước tính ET_0 cho vùng khí hậu Tứ giác Long Xuyên - An Giang, phía Nam của Việt Nam.

2. Phương pháp

2.1. Vùng nghiên cứu

Tỉnh An Giang nằm ở đầu nguồn Đồng bằng sông Cửu Long, diện tích đất là 353.666,85 ha chiếm 70,74% diện tích vùng Tứ giác Long Xuyên, dân số toàn tỉnh An Giang tính đến năm 2014 là 2.155.757 người [15]. Địa hình (được giới hạn bởi 10°11'đến 10°58'Vĩ độ Bắc; từ 104°46' đến 105°35'Kinh độ Đông) tương đối bằng phẳng, hơn 80% diện tích tự nhiên có cao trình 1 m; 10% có cao trình từ 0.4 - 2.0 m; 10% diện tích đồi núi có cao trình từ 2 - 700 m [25]. Tứ giác Long Xuyên - An Giang nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, nóng ẩm quanh năm, nhiệt độ trung bình từ năm 2010 - 2015 dao động trong khoảng 24,6^{0}C - 30,4^{0}C, tổng giờ nắng trong năm 180,9 - 268 giờ, độ ẩm bình quân 81 - 82%[15]. Khí hậu An Giang chia làm 02 mùa rõ rệt mùa mưa và mùa khô; mùa mưa từ tháng 5 - 11, mùa khô từ tháng 12 - 4 năm sau. Khí hậu, thời tiết khá thuận lợi cho phát triển nông nghiệp. Diện tích trồng lúa 625.917 ha (2014), năng suất lúa của tỉnh An Giang năm 2014 là 6,43 tấn/ha, sản lượng lúa hằng năm của tỉnh 4,022 triệu tấn chiếm 20% sản lượng lúa Đồng bằng sông Cửu Long đã góp phần quan trọng trong việc đảm bảo an ninh lương thực quốc gia, đóng góp đáng kể vào việc xuất khẩu gạo cả nước[15]. Nguồn nước được sử dụng cho trồng lúa và hoa màu lấy từ hệ thống sông Mêkông (từ Campuchia chảy qua Việt Nam theo hai con sông chính là sông Tiền và sông Hậu). Hệ thống sông rạch thuộc mức cao nhất trong vùng Đồng bằng sông Cửu Long, đáp ứng đủ nhu cầu nước cho sản xuất và sinh hoạt của tỉnh.

2.2. Dữ liệu khí tượng thủy văn

Dữ liệu khí tượng thủy văn hàng tháng (nhiệt độ không khí, độ ẩm tương đối, lượng mưa) có trong các Niên giám Thống kê và Thuỷ văn của tỉnh An Giang trong 6 năm qua (từ năm 2010 - 2015). Để đảm bảo tính mạnh mẽ trong tính toán, việc so sánh, đánh giá tính hiệu quả của các mô hình bốc thoát hơi nước tham chiếu của 3 mô hình Hagreaves & Samani, Priestley & Taylor và mô hình Penman Monteith được thực hiện trong điều kiện khí hậu vùng Tứ giác Long Xuyên An Giang, miền Nam của Việt Nam.

Hình 1. Bản đồ Tứ giác Long Xuyên-An Giang

2.3. Phương trình của Penman Monteith

Phương pháp Penman-Monteith [13] là hàm số phụ thuộc nhiều thông số thời tiết tại chỗ và chung quanh khu vực khảo sát. Nó có cơ sở lý thuyết vững chắc cho việc tính toán lượng bốc thoát hơi nước ET qua phương trình dưới đây:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_x - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

Trong đó:

ET_0: Lượng bốc thoát hơi tham chiếu chung đối với cây trồng (mm/ngày)

R_n : Bức xạ mặt trời trên bề mặt cây trồng (MJ/m^2/ngày);

G: Mật độ dòng nhiệt trong đất (MJ/m^2/ngày)

T: Nhiệt độ trung bình ngày tại vị trí 2m từ mặt đất (^{0}C)

u_2: Tốc độ gió tại chiều cao 2m từ mặt đất (m/s)

e_x: Áp suất hơi nước bão hòa (kPa);

e_a: Áp suất hơi nước thực tế (kPa)

Δ: Độ dốc của áp suất hơi nước trên đường cong quan hệ nhiệt độ (kPa/^{0}C);

γ : Hằng số ẩm (kPa/^{0}C).

2.4. Phương trình của Hargreaves & Samani [7]

ET_0 = a+b 0,0023(T_x−T_n)0,50 (T+17,8)R_a/λ (2)

Trong đó:

ET_0: Lượng bốc thoát hơi tham chiếu chung đối với cây trồng (mm/ngày)

T_x : Nhiệt độ tối đa hằng ngày (^{0}C),

T_n : Nhiệt độ tối thiểu hằng ngày (^{0}C),

T : Nhiệt độ trung bình hằng ngày,

T= (T_x+T_n)/2;

R_a : Bức xạ mặt trời trên bề mặt cây trồng (MJ/m^2/ngày);

λ : Nhiệt bốc hơi tiềm năng (MJ kg−1).

Hệ số a và b có giá trị mặc định là a = 0 và b = 1.

2.5. Phương trình của Priestley-Taylor [17]

$$ET_0 = \frac{1}{\lambda}(\Delta \frac{R_n - G}{\Delta + \gamma})\alpha \quad (3)$$

Trong đó;

R_n: Bức xạ mặt trời trên bề mặt cây trồng(MJ m^{-2}/ngày);

G: Mật độ dòng nhiệt trong đất(MJ m^{-2}/ngày)

γ: Hằng số psychrometric

Δ : Độ dốc của áp suất hơi nước trên đường cong quan hệ nhiệt độ (kPa/^{0}C);

α : Hệ số Priestley-Taylor

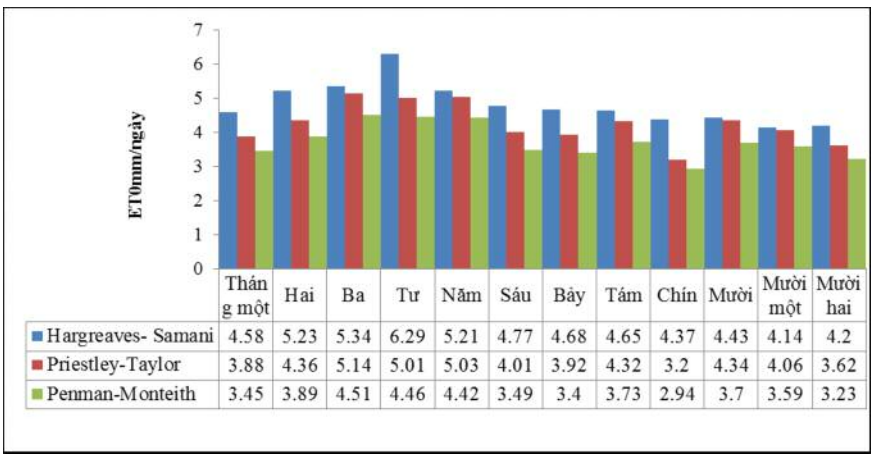
λ = Nhiệt bốc hơi tiềm năng (MJ kg−1).

3. Kết quả

Kết quả tính toán cho thấy, giá trị ET_0 của mô hình Hargreaves-Samani dao động trong khoảng 4,14 - 6,29 mm/ngày, trung bình 4,83 ± 0,46 mm/ngày, các tháng có giá trị ET_0 cao nhất là từ tháng 12 - 5 và giảm dần từ tháng 6 - 11.Trong khi đó, giá trị ET_0 của mô hình Priestley-Taylor dao động trong khoảng 3,2 - 5,14mm/ngàytrung bình 4,24 ± 0,46mm/ngày, các tháng có giá trị ET_0 cao nhất là các tháng mùa khôtháng 3, 4, 5, thấp nhất là tháng 9. Tương tự như mô hình Priestley-Taylor, mô hình Penman-Monteith có giá trị ET_0 cao nhất vẫn là tháng 3, 4, 5, tháng thấp nhất cũng là tháng 9. Tuy nhiên, giá trị ET_0 trung bình ngày tại mỗi tháng thấp hơn so với

mô hình Priestley-Taylor và Hargreaves-Samani. Giá trị ET_0 dao động trong khoảng 2,94 - 4,51 mm/ngày, trung bình là 3,73 ± 0,34 mm/day (Hình 2, Bảng 1).

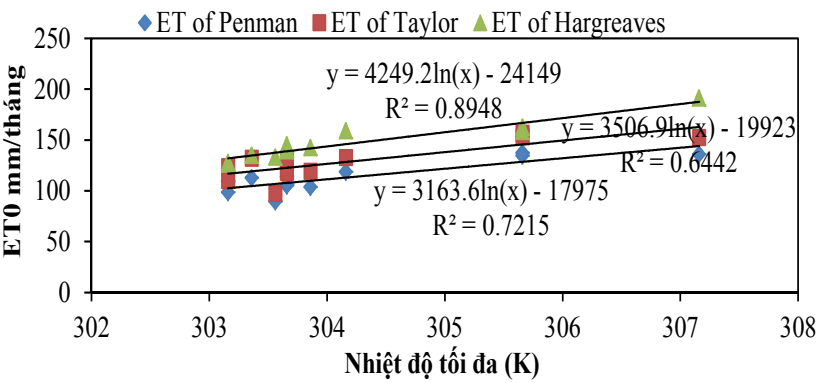
Qua đó cho thấy, ba mô hình khác nhau cho kết quả ET_0 khác nhau. Mô hình Penman-Monteith có giá trị ước tính ET_0 thấp nhất so với hai mô hình còn lại và đạt 1.364 mm/năm, trong khi đó mô hình Hargreaves và Priestley-Taylor có giá trị ET_0 là 1.761mm/năm và 1.549 mm/năm tương ứng. So sánh giá trị sai số ET_0 trung bình của các mô hình, kết quả cho thấy phần trăm giá trị sai số ET_0 của mô hình Hargreaves là 9,55%, trong khi đó, mô hình Priestley-Taylor là 10,85%, mô hình Penman-Monteith là 9,11%. Kiểm định thống kê phần trăm sai số trung bình của ba mô hình, kết quả cho thấy không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về phần trăm sai số trung bình ET_0 ở cả 3 mô hình với mức độ tin cậy 95%. Điều này có nghĩa là tất cả các mô hình đều đạt được sự biến thiên sai số ET_0 tương đối như nhau.



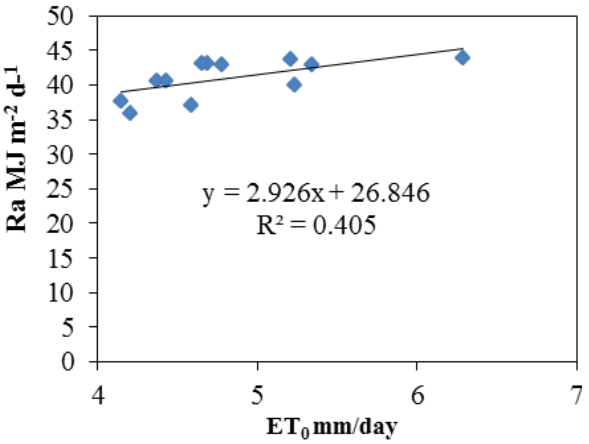
	Tháng một	Hai	Ba	Tư	Năm	Sáu	Bảy	Tám	Chín	Mười	Mười một	Mười hai
Hargreaves- Samani	4.58	5.23	5.34	6.29	5.21	4.77	4.68	4.65	4.37	4.43	4.14	4.2
Priestley-Taylor	3.88	4.36	5.14	5.01	5.03	4.01	3.92	4.32	3.2	4.34	4.06	3.62
Penman-Monteith	3.45	3.89	4.51	4.46	4.42	3.49	3.4	3.73	2.94	3.7	3.59	3.23

Hình 2. Giá trị ET_0 (mm/ngày) của mô hình Hargreaves, Priestley, Penman

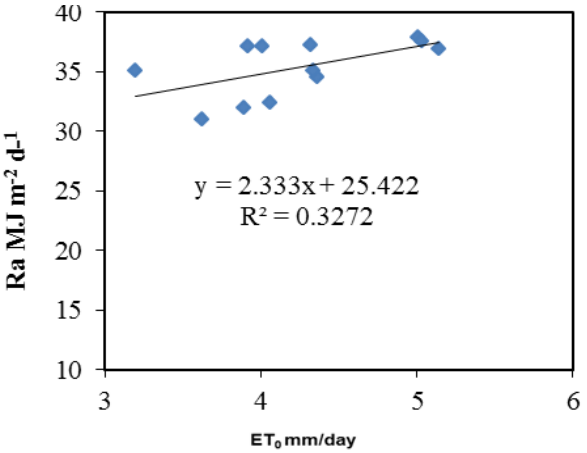
Để đánh giá tính chính xác của các mô hình, phân tích mối tương quan giữa ET_0 và nhiệt độ đã được thực hiện. Kết quả cho thấy, giá trị bốc thoát hơi nước ET_0 có tương quan rất chặt với nhiệt độ trong phương trình Hargreaves với hệ số tương quan $R^2 = 0,895$. Trong khi đó, hệ số tương quan của phương trình Priestley-Taylor và Penman-Monteith lần lượt là 0,64 và 0,72 tương ứng (Hình 3). Sự tương quan giữa giá trị bốc thoát hơi nước ET_0 và thông số bức xạ cũng được phân tích. Kết quả là mô hình Penman-Monteith có sự tương quan rất chặt giữa thông số bức xạ và ET_0 hơn so với hai mô hình còn lại với hệ số tương quan là $R^2 = 0,85$. Trong khi hệ số tương quan của mô hình Hargreaves và Priestley-Taylor lần lượt là 0,40 và 0,32 tương ứng (Hình 4, 5, 6).



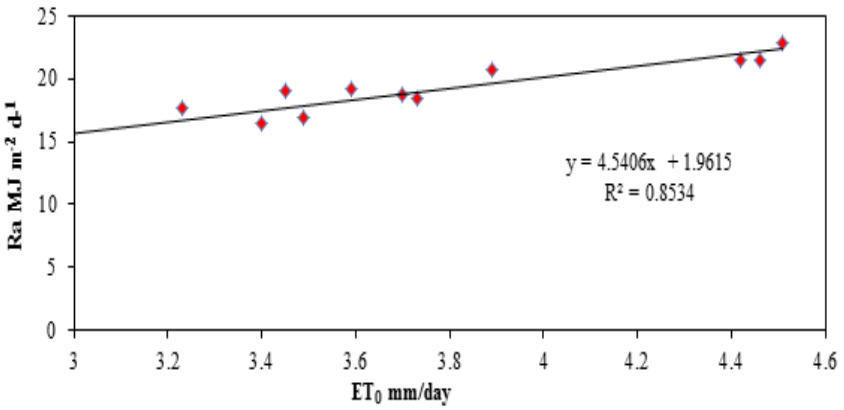
Hình 3. Sự tương quan giữa nhiệt độ và (ET_0) của ba mô hình: Priestley-Taylor, Hargreaves và Penman-Monteith.



Hình 4. Sự tương quan giữa R_a và ET_0 trong phương trình Hargreaves



Hình 5. Sự tương quan giữa R_a và ET_0 trong phương trình Priestley - Taylor



Hình 6. Sự tương quan giữa R_a và ET_0 trong phương trình Penman - Monteith

Điều này cho thấy rằng các mô hình đơn giản không có sự kết hợp bức xạ bắt buộc theo một cách đúng đắn. Do đó, chúng tôi kết luận rằng các mô hình đơn giản hơn không hữu ích cho việc tính toán sự bốc thoát hơi nước tham chiếu ở các vùng nhiệt đới mà không hiệu chỉnh lại theo địa điểm cụ thể. Từ lý do đó, tôi đề nghị sử dụng mô hình Penman-Monteithcho ước tính ET_0 vẫn là cách tốt nhất. Bởi vì một lý do nữa, kiểm tra sự khác biệt ET_0 trung bình ngày của ba mô hình bằng phép thử Duncan trong phân tích ANOVA, kết quả cho thấy có sự khác biệt rất ý nghĩa thống kê về giá trị trung bình ET_0 (kể cả mùa nắng và mùa mưa) ở cả ba mô hình với mức độ tin cậy 95%. Điều này khẳng định một lần nữa, hai mô hình đơn giản của Priestley - Taylor, Hargreaves là không chuẩn xác trong tính toán ET_0 trong điều kiện khí hậu miền Nam, Việt Nam (Bảng 1).

Bảng ss1. Phân tích ANOVA để kiểm định sự khác biệt ET_0 của mô hình Priestley - Taylor, Hargreaves và Penman - Monteith.

Mô hình	Tính cả năm ET_0 (mm/ngày)	Mùa khô ET_0 (mm/ngày)	Mùa mưa ET_0 (mm/ngày)
Penman-Monteith	3,73[a] ± 0.34	3,90 [a]	3,61 [a]
Priestley-Taylor	4,24[b] ± 0,46	4,40 [b]	4,12 [b]
Hargreaves	4,83[c] ± 0,46	5,13 [c]	4,60 [c]

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau có sự khác biệt ET_0 có ý nghĩa thống kê, tin cậy 95%.

4. Thảo luận và kết luận

Kết quả tính toán cho thấy giá trị ET trong khu vực khảo sát dao động từ 1.364 - 1.761mm/năm.Vào mùa mưa, giá trị ET_0 vào khoảng 3,6 - 4,6 mm/ngày, mùa khô khoảng 3,9 - 5,13 mm/ngày, giá trị trung bình dao động trong khoảng 3,73 - 4,83 mm/ngày. Theo nghiên cứu của Seyed (2009) cho vùng khí hậu phía Nam của Kuala Lumpur, Malaysia giá trị ET_0 dao động trong khoảng 3,91 - 4,89 mm/ngày [24].Trong khi đó, giá trị ET_0 được nghiên cứu bởi Nurul (2012) ở Malaysia nằm trong khoảng 4,0 - 5,0 mm/ngày, giá trị ET_0 cao nhất được tìm thấy trong tháng 2, 3, 4, giá trị ET_0 thấp nhất vào tháng 9, 10, 11[14]. Dữ liệu này tương đối phù hợp với giá trị ET_0 ở miền Nam Việt Nam tại giai đoạn nghiên cứu (2010 - 2015) của chúng tôi. Những thập niên 80, giá trị ET bình quân ở vùng nhiệt đới khoảng 5,0 - 7,0 mm/ngày [28]. Các giá trị này dự kiến thay đổi tùy thuộc vào các yếu tố cụ thể về địa điểm cũng như sự tương tác khí hậu theo mùa và những khác biệt trong canh tác [28].

Trong số 3 phương pháp tính ET, nếu dựa trên mối quan hệ nhiệt độ thì phương pháp Hargreaves cho thấy khả năng ước lượng ET với sai số tối thiểu hơn so với phương pháp PriestleyTaylor và Penman - Monteith. Nếu dựa trên quan hệ bức xạ, thì phương pháp Penman-Monteith cho ước lượng ET_0 là hiệu quả nhất. Điều này chứng tỏ rằng cả phương pháp dựa trên mối quan hệ nhiệt độ và phương pháp dựa trên quan hệ bức xạ đều có ưu và nhược điểm của riêng mình trong việc ước lượng ET trong vùng nghiên cứu. Từ phân tích trên và những dữ liệu sẵn có, mô hình Penman-Monteith được đề xuất sử dụng và thu thập thêm các dữ liệu khí tượng cần thiết để phụ vụ cho việc tính toán ET cho vùng Tứ giác Long Xuyên An Giang, miền Nam Việt Nam. Dự kiến rằng nghiên cứu sẽ có lợi cho các bên liên quan, đặc biệt là các nhà quản lý nguồn nước,các nhà nghiên cứu thủy văn, các tổ chức nông nghiệp và các cơ quan môi trường để nâng cao hiểu biết của họ về các phương pháp ưa chuộng để ước tính ET trong điều kiện khí hậu vùng nhiệt đới. Hy vọng rằng với sự phân tích độ tin cậy của các phương pháp sẽ giúp các nhà khoa học có sự lựa chọn mô hình tốt và phù hợp nhất về tính sẵn có của dữ liệu khí tượng phục vụ cho mục đích nghiên cứu của mình.

Tài liệu tham khảo

1. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998), Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements, *FAO Irrigation and Drainage,* FAO, Rome: pp.56.

2. Amatya, D.M., R.W. Skaggs and J.D. Gregory. (1996), Camparison of methods for estimating REF-ET, *Journal of Irrigaton Drainage Engineering,* 121, 9.

3. Bois, B., P. Pieri, C. van Leeuwen, L. Wald, F. Huard, J.P. Gaudillere and E. Saur. (2007), Using remotely sensed solar radiation data for reference evapotranspiration estimation at a daily time step, *Agric. For. Meteorol*, 148, 619-630.

4. Blaney, H.F. and Criddle, W.D. (1950), Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data, *USDA Soil Conservation Service Tech*, pp 48.

5.Burnash, R. J. C. (1995), The NWS River forecast system- catchment modeling. In V. P. Singh (Ed.), *ComputerModels of Watershed Hydrology*, 311-366.

6. France, J. and J. Thornley.(1984), *Mathematical Models in Agriculture*, Butterworths, London, ISBN: 10: 085199010X.

7. Hargreaves, G. H. and Samani, Z. A. (1985), Reference crop evapotranspiration from temperature, *Applied Engineering in Agriculture*, 1(2), 96-99.

8. Hargreaves, G.H. and Allen, R.G. (2003), History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 129(1), 53-63.

9. IPCC, (2007), Summary for Policymakers. In M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, & C. E. Hanson (Eds.), Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* Cambridge University Press, Cambridge, UK.

10. Jensen, M.E., R.D. Burman and R.G. Allen. (1990), *Evapotranspiration and irrigation water requirements (ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70),* ASCE: ISBN: 0872627632.: pp 360.

11. Kosugi, Y. and M. Katsuyama (2007), Evapotranspiration over a Japanese cypress forest. 2. Comparison of the eddy covariance and water budget methods, *Journal of Hydrology*, 334, 305-311.

12. Landeras, G., A. Ortiz-Barredo and J.J. Lo pez (2008), Comparison of artificial neural network models and empirical and semi-empirical equations for daily reference evapotranspiration estimation in the basque country Northern Spain, *Agric. Water Manage*, 95, 553-565.

13. Monteith, J. L. (1965), Evaporation and environment. In G. E. Fogg (Ed.), Symposium of the Society for ExperimentalBiology, *The State and Movement of Water inLiving Organisms*,19, 205-234.

14. Nurul Nadrah Aqilah Tukimat, Sobri Harun, Shamsuddin Shahid. (2012), Comparison of different methods in estimating potential evapotranspiration at Muda Irrigation Scheme of Malaysia, *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 113(1), 77-85.

15. Niên giám Thống kê tỉnh An Giang, (2015)

16. Penman, H.L. (1948), Natural evaporation from open water, bare soil, and grass, *Proc. R. Soc*. London, Set. A, 193, 120-145.

17. Priestley, C. H. B., and R. J. Taylor. (1972), On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters, *Mon. Weather Rev.,* 100 (2), 81-92.

18. Rosenberg, N.J, Hart, H.E. and Brown, K.W. (1968), Evapotranspiration review of research, *Res. Bull., MP20*, University of Nebraska.: pp 80.

19. Sellers, W.D. (1965), *Physical Climatology*, University of Chicago Press, Chicago.:pp 271.

20.Szilagyi, Jozsef. (2015), Complementary-relationship-based 30 year normals (1081-2010) of monthly latent heat fluxes across the contiguous United States, *Water Resour*. Res..51. 2015. Doi: 10.1002/2015WR017693.

21. Shahid, S. (2011), Impacts of Climate Change on IrrigationWater Demand in Northwestern Bangladesh, *Climatic Change*, 105(3-4), 433-453.

22. Thornthwaite, C. W. (1948), An approach toward a rational classification of climate, *Geographical Review*, 38, 55-94.

23. Sumner, D.M. and J.M. Jacobs, (2005), Utility of penman-monteith, priestley-taylor, reference evapotranspiration and pan evaporation methods to estimate pasture evapotranspiration, *Journal of Hydrology.*, 308, 81-104.

24. Seyed Reza Saghravani, Sa'ari Mustapha, Shaharin Ibrahim and Elias Randjbaran (2009). Comparison of Daily and Monthly Results of Three Evapotranspiration Models in Tropical Zone: A Case Study, *American Journal of Environmental Sciences,* 5(6), 698-705.

25. Sở tài nguyên môi trường tỉnh An Giang, (2009), B*áo cáo kết quả đề án " Quy hoạch bảo vệ môi trường tỉnh An Giang 2020"*.

26. Tanner, C.B. (1968), Evaporation of water from plants and soils. In: T.T. Kozlowski (Editor), *Water Deficits and Plant Growth,* Vol. 1. Development, Control, and Measurement. Academic Press, New York, NY, 73-106.

27. Thornthwaite, C.W. (1948), An approach toward a rational classification of climate, *Geogr. Rev.,* 38, 55-94.

28. Tomar.V.S, and Otoole.J.C. (1980), Water use in lowland rice cultivation in Asia: A Review of Evapotranspiration, *Agricultural Water Management*, 3, 83-106.

29. Trajkovic, S. (2005), Temperature-based approaches for estimating reference evapotranspiration, *Journal ofIrrigation and Drainage Engineering*., 131, 316-323.

30.Van Bavel, C.H.M. (1966), Potential evaporation: the combination concept and its experimental verification, *Water Resour. Res*, 2, 455-467.

31. Webb, E.K. (1965), Aerial microclimate. In: P.E. Waggoner (Editor), *Agricultural Meteorology*, Meteorological Monographs 6 (28), AMS, Boston, 27-58.

THE COMPARISON OF DIFFERENT METHODS IN ESTIMATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN SOUTHERN OF VIETNAM

Tran Thi Hong Ngoc[1], Mark Honti[2]

[1] Faculty of Environment - Technology - Engineering, An Giang University

[2]MTA-BME Water Research Group, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Műegyetem rkp. 3, 1111 Hungary.

Abstract: *Reference evapotranspiration (ET_0) is an important parameter that needs to be estimated accurately for numerous hydrological and water resources applications, such as planning irrigation. In this paper, three models of ET_0, the Penman-Monteith, the Hargreaves & Samani, and the Priestley & Taylor models are used to estimate ET0 by the meteorological data of Long Xuyen Quadrangle-An Giang from 2010 - 2015. The model results are compared and their accuracy is evaluated in reference to the standard Penman-Monteith as a benchmark. It is evaluated how these models could be applied in management, planning and calculating of water demand to design for irrigation works in Long Xuyen Quadrangle - An Giang, Southern Vietnam. The results showed that the ET0 values of Hargreaves & Samani, Priestley & Taylor and Penman-Monteith models were 4.83; 4.24 and 3.73 respectively. The errors of three models were similar. The Hargreaves & Samani model correlated strongly between ET_0 and temperature than the other two with $R^2 = 0.89$. However, this model, as well as the Priestley & Taylor model, failed in analyzing the correlation between ET_0 and radiation parameter compared to the Penman-Monteith model ($R^2 = 0.85$). Based on available data, the Penman-Monteith model was proposed to use and collect the required meteorological data in the area to estimate ET_0 for the calculation of water demand in agriculture, aquaculture and planning of the design of irrigation works for research areas in Southern Vietnam in the future.*

Keywords: *ET_0, Hargreaves & Samani, Priestley & Taylor, Penman-Monteith, Long Xuyen Quadrangle - An Giang.*