

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA DIỄN BIẾN MẶN TRÊN CÁC MÔ HÌNH CANH TÁC KHÁC NHAU Ở VÙNG ĐẤT NHIỄM MẶN THUỘC HUYỆN CẦN GIUỘC BẰNG MÔ HÌNH HYDRUS 1D

Nguyễn Ngọc Thy

Đại học Nông lâm TP HCM

Võ Khắc Trí

Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam

Hoàng Quang Huy

HaskoningDHV Vietnam Ltd

Tóm tắt: Đồng bằng sông Cửu long hiện nay đang chịu tác động mạnh do biến đổi khí hậu nhất là tại các vùng cửa sông ven biển. Vào mùa khô, thủy triều tiến sâu vào trong nội đồng gây nhiễm mặn nguồn nước và đất ảnh hưởng đến việc canh tác nông nghiệp. Thêm vào đó việc chuyển đổi cơ cấu cây trồng và canh tác thủy sản thất bại đã làm ô nhiễm một số lớn diện tích khó phục hồi. Vì vậy việc nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của diễn biến mặn trên các mô hình canh tác khác nhau bằng mô hình mô phỏng Hydrus 1D [1] để tìm kiếm giải pháp canh tác hợp lý trên các điều kiện tự nhiên của khu vực.

Từ khóa: Vùng cửa sông ven biển, Xâm nhập mặn, Mô hình canh tác, Mô hình mô phỏng Hydrus 1D.

Summary: The Mekong Delta is currently being strongly affected by climate change, especially in the coastal estuaries. In the dry season, the tide intrudes deep into the inland, causing salinization of water sources and soils, affecting agricultural cultivation. In addition, the restructuring of crops and failed aquaculture have polluted a large number of areas that are difficult to recover. Therefore, this study aims to evaluate the influence of salinity changes on different farming models by using the 1D Hydrus simulation model to find a reasonable farming solution on the natural conditions of the area.

Keywords: Coastal estuary, saline intrusion, farming model, 1D Hydrus simulation model

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Huyện Cần Giuộc thuộc tỉnh Long An cửa ngõ đầu tiên của các tỉnh ĐBSCL, là vùng đồng bằng cửa sông chịu nhiều tác động của đô thị hóa và biến đổi khí hậu (xâm nhập mặn, hạn...) trong sản xuất nông nghiệp. Đây là địa phương nằm trong các dự án phát triển nông nghiệp đặc biệt là nuôi trồng thủy sản, trồng trọt của tỉnh và đa dạng về các loại hình nông nghiệp điển hình. Trong những năm gần đây, những ảnh hưởng rõ nét về biến động sử dụng đất nông

nghiệp (việc chuyển đổi sang nuôi trồng thủy sản) thất bại và ảnh hưởng xâm nhập mặn tác động khá lớn làm diện tích một số vùng nông nghiệp đất bị nhiễm mặn tác động đến phát triển kinh tế xã hội của địa phương. Việc nghiên cứu nhằm đánh giá ảnh hưởng của diễn biến mặn trên các mô hình canh tác khác nhau bằng mô hình mô phỏng Hydrus 1D [1] để tìm kiếm giải pháp canh tác hợp lý trên các điều kiện tự nhiên của khu vực.

2. CƠ SỞ NGHIÊN CỨU CỦA MÔ HÌNH

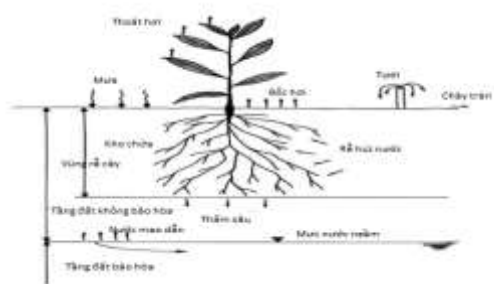
Ngày nhận bài: 05/11/2021

Ngày thông qua phản biện: 21/02/2022

Ngày duyệt đăng: 05/4/2022

HYDRUS 1D

Trong một hệ thống “đất - cây trồng - khí hậu” trong đó có sự liên kết giữa nước trong đất, chất hòa tan (muối), nước ngầm nông và cây trồng trên ruộng rất phức tạp với tác động bởi mưa, bốc thoát hơi và nước tưới (Hình 1). Việc đánh giá sự tương tác của các yếu tố này thông qua đo đạc thực địa là rất khó khăn và tốn nhiều công sức. Ngoài ra, biến động của chất tan thường rất nhỏ và không dễ phát hiện trong một mùa sinh trưởng. Vì vậy các mô hình mô phỏng sự chuyển động của nước trong đất, vận chuyển chất tan và sự hấp thụ nước của cây trồng sẽ cung cấp thêm các thông tin mà không thể thực hiện từ các đo đạc ở hiện trường.



Hình 1: Sơ đồ hóa các thành phần dòng chảy trong hệ thống đất - cây trồng - khí hậu

Từ những năm 1970, nhiều giải pháp số đã được phát triển để mô tả vận chuyển nước và chất tan (P. Forchheimer, 1930) [2], (P. Grathwohl, 1998) [3]. Hầu hết các mô hình này dựa trên các lời giải cho phương trình Richards về dòng chảy nước trong đất và phương trình phân tán đối lưu để vận chuyển chất tan.

2.1. Phương trình dòng chảy nước dưới đất

Dòng chảy trong đất một chiều (đồng nhất và cân bằng) được xác định theo phương trình Richards như sau:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \cos \alpha \right) \right] - S \quad (1)$$

Trong đó: h : cột nước (m); θ : độ ẩm (m^3/m^3); t : thời gian (phút); x : tọa độ không gian (mang dấu dương khi hướng lên); S : lưu lượng thêm

vào/mất đi trên một đơn vị thể tích (sink/ source term) ($\text{m}^3/\text{m}^3.\text{phút}$); α : góc được tạo bởi dòng chảy NĐĐ và trục thẳng đứng ($\alpha=0^\circ$ đối với dòng chảy thẳng đứng, 90° - dòng chảy ngang, và $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ - dòng chảy nghiêng); K : hệ số thấm không bão hòa ($\text{m}/\text{phút}$).

Việc giải phương trình (1) được thực hiện khi các điều kiện đầu và điều kiện biên cũng như mối quan hệ thủy lực giữa hệ số thấm $K(h)$ và độ ẩm $\theta(h)$ theo chiều cao cột nước được xác định cụ thể. Do việc xác định độ ẩm liên quan trực tiếp đến cấu tạo và kết cấu đất, và gián tiếp liên quan đến sự phân bố kích thước lỗ rỗng nên biểu thức độ ẩm $\theta(h)$, hệ số nhả nước theo chiều cao cột nước $S_e(h)$ và biểu thức hệ số thấm $K(h)$ sử dụng trong nghiên cứu được mô tả theo phương trình Van Genuchten (Maas, E.V. & Hoffman, G.J, 1977) [4]:

$$\theta(h) = \begin{cases} \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + |\alpha h|^n]^m} & h < 0 \\ \theta_s & h \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$S_e(h) = \frac{\theta(h) - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \frac{1}{[1 + |\alpha h|^n]^m} \quad (3)$$

$$K(h) = K_{sat} S_e^l [1 - (1 - S_e^{1/m})^m]^2 \quad (4)$$

với $m = 1 - 1/n$ $n > 1$

Trong đó: θ_r và θ_s : độ ẩm tự nhiên và độ bão hòa (m^3/m^3); K_{sat} : hệ số thấm bão hòa ($\text{m}/\text{phút}$); α : hệ số rỗng (không thứ nguyên); n : chỉ số phân bố kích thước lỗ rỗng; l : thông số kết nối lỗ rỗng được giả định bằng 0.5 - giá trị trung bình cho nhiều loại đất.

Lời giải của phương trình (1) là (dh/dx) và độ ẩm θ tại mỗi dx trên mặt cắt đất. Thay dh/dx vào định luật Darcy, lưu lượng Darcy (q) theo phương trình sau:

$$q_i = -K \frac{dh}{dx} \quad (5)$$

Khi đó, vận tốc nước qua lỗ rỗng được xác định:

$$v_i = \frac{q_i}{\theta} = -\frac{K}{\theta} \frac{dh}{dx} \quad (6)$$

2.2. Phương trình lan truyền chất

Trong Hydrus 1D, quá trình lan truyền chất tan dưới các điều kiện bão hòa khác nhau được xác định theo phương trình (M.J. Hendry and G.D. Buckland, 1990) [5]:

$$\theta \frac{\partial C}{\partial t} + \rho \frac{\partial \overline{C_s}}{\partial t} = \theta D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{\partial qC}{\partial x} - \Phi \quad (7)$$

Trong đó: Φ : thông số tính cho các dạng phản ứng khác nhau; D : hệ số phân tán được xác định theo công thức sau:

$$D = \lambda |v| \quad (8)$$

Với λ : độ phân tán dọc; v : vận tốc nước qua lỗ rỗng trung bình.

Mối quan hệ giữa nồng độ chất hòa tan và nồng độ chất hòa tan bị hấp phụ được Hydrus 1D mô tả theo dạng tổng quát của đường đẳng nhiệt hấp thụ và được thể hiện qua một trong dạng phương trình: Freundlich, Langmuir, Linear, Freundlich-Langmuir hỗn hợp. Trong đó, dạng hấp phụ tuyến tính được mô tả đại diện chung như sau:

$$\overline{C_s} = K_d C \quad (9)$$

Với K_d : hệ số phân vùng hấp phụ.

2.3. Các điều kiện ban đầu và điều kiện biên

Điều kiện ban đầu: Điều kiện đầu được xây dựng trên cơ sở phụ thuộc vào cơ cấu canh tác trên ruộng là lúa, tằm (có lớp nước h_0 hay độ ẩm θ_0) và nồng độ muối C_0 tại $t = t_0$.
 $h(x, t) = h_i$ và $C(x, t) = C_i$ (10)

Các điều kiện biên: Điều kiện biên tại $x = L$ được biểu diễn như sau [27]:

$$-K \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \cos \alpha \right) = q_{top}(t) \quad (11)$$

$$-\theta D \frac{\partial C}{\partial x} + qC = q_{top}(t) C_{top}(t) \quad (12)$$

Với q_{top} và C_{top} : lưu lượng dòng chảy và nồng độ chất hòa tan tại $x = L$.

Để đánh giá kết quả tối ưu hai thông số thống kê được sử dụng để so sánh trực tiếp giữa các mô hình và để đánh giá sự tương quan tốt nhất của các thông số được tối ưu là hệ số xác định (R^2) và sai số Nash Sutcliffe (NSE):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N [O_j(z, t_i) - E_j(z, t_i, b)]^2}{\sum_{i=1}^N [O_j(z, t_i) - \overline{Otb}]^2} \quad (13)$$

$$NSE = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^N [(O_j(z, t_i) - E_j(z, t_i, b))^2]}{\sum_{i=1}^N (O_j(z, t_i) - \overline{Otb})^2} \quad (14)$$

Trong đó: N là tổng số các bước thời gian, $O_j(z, t)$ là số liệu quan trắc và $E_j(z, t, b)$ là số liệu ước tính. Khi giá trị rất tốt: $0,75 < NSE \leq 1$, tốt $0,65 < NSE < 0,75$, chấp nhận $0,5 < NSE \leq 0,65$, không chấp nhận $NSE \leq 0,5$ và $R^2 > 0,7$ thường biểu thị kết quả ước tích hợp lý giữa các thông số được ước tính tối ưu với số liệu quan trắc.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Vị trí đo đạc thực nghiệm

Vị trí đo đạc thực nghiệm trên các mô hình canh tác được tiến hành đo độ mặn và thu thập các dữ liệu hóa lý đất ở các xã Mỹ Lộc, Long Phụng, Long An, Tân Tập, Phước Vĩnh Tây, Đông Thạnh, Phước Vĩnh Đông, Trường Bình. Vị trí lấy mẫu được xác định theo trục đề bao giữa vùng thượng và vùng hạ cách đề 10-50m, các mẫu khác lấy theo tuyến kênh và rạch vị trí cách bờ khoảng 10-50m.



Hình 2: Vị trí điểm đo đạc thực nghiệm trên các mô hình canh tác ở H. Cần Giuộc

Việc mô phỏng dựa trên 05 mô hình canh tác 01 lúa, 01 tôm, 01 lúa tôm và 02 mẫu ở mô hình tôm và tôm lúa thất bại bỏ hoang.

3.2. Đặc trưng các phẫu diện đất

Đặc điểm phẫu diện mẫu đất nghiên cứu cho lúa và cây trồng khác từ 0 - 100 cm: chọn số lớp phẫu diện điển hình là 3 lớp tương ứng cho tầng rễ cây 0 - 30 cm, 30 - 60 cm và 60 - 100 cm tương ứng với % các thành phần cơ giới có trong lớp đất. Phẫu diện đất CG02 ở mô hình chuyên lúa ở xã Phước Vĩnh Tây (PVT1) và mô hình nuôi tôm ở xã Phước Vĩnh Đông (PVD3), phẫu diện CG18 ở mô hình lúa-tôm ở Long Phụng (LP3).

Bảng 1: Phẫu diện đất CG02 ở mô hình chuyên lúa xã Phước Vĩnh Tây (PVT1)

Tầng đất (cm)	pH_{H_2O}	pH_{KCl}	Tổng số (%)			Đề tiêu mg/100g		Cation meq/100g		CEC meq/100g	Thành phần cơ giới (%)		
			N	P	K	N	P	Ca^{2+}	Mg^{2+}		Cát	Thịt	Sét
00-30	5,18	4,27	0,22	0,09	0,93	2,43	7,51	9,18	1,26	18,26	32	19	49
30-60	7,20	6,60	0,06	0,07	0,95	1,46	2,87	10,35	1,65	17,71	26	18	56
60-100	7,10	6,27	0,04	0,02	0,91	1,44	0,80	9,18	0,75	15	22	21	57

Bảng 2: Phẫu diện đất CG18 ở mô hình lúa tôm xã Long Phụng (LP3)

Tầng đất (cm)	pH_{H_2O}	pH_{KCl}	Tổng số (%)			Hợp chất hữu cơ (%)	Cation meq/100g		CEC meq/100g	Thành phần cơ giới (%)		
			N	P	K		Ca^{2+}	Mg^{2+}		Sét	Thịt	Cát
0- 30	5,79	4,78	0,50	0,08	1,12	9,78	19,28	16,00	17,00	51,20	19,28	29,52
30-60	5,74	4,58	0,31	0,05	1,34	5,12	12,00	12,50	17,00	48,48	22,00	29,52
60-100	5,29	4,35	0,15	0,05	1,30	6,64	11,50	10,50	19,50	52,48	24,00	23,52

3.3. Số liệu đầu vào mô hình Hydrus -1D

i) Các thông số thủy lực từ phương trình Van Genuchten

Các thông số này bao gồm đường cong giữ nước, liên hệ giữa hàm lượng nước thể tích với cột áp nước trong đất $\theta(h)$ và đường cong độ

dẫn thủy lực với cột áp $K(h)$ và $K(\theta)$. Các thông số thủy lực và đường cong giữ nước của đất mô tả bởi Van Genuchten (1980) [6] được ước tính bằng cách sử dụng chương trình Rosetta của USDA (United States Department of Agriculture) [7] ước tính được giá trị các thông số Van Genuchten (Bảng 3):

Bảng 3: Các thông số của phương trình Van Genuchten cho các phẫu diện đất

Phẫu diện đất/ Vị trí TN	Độ sâu cm	θ_r cm ³ /cm ³	θ_s cm ³ /cm ³	α 1/cm	n	K_s cm/day
CG02/	0 - 30	0.091	0.451	0.023	1.230	11.71
PVT1 (lúa 2 vụ)	30 - 60	0.095	0.470	0.022	1.202	15.55
	60 -100	0.096	0.479	0.020	1.216	17.90
	0 - 30	0.092	0.495	0.020	1.224	13.70
CG18/	30 - 60	0.091	0.456	0.021	1.244	12.33
LP3 (tôm lúa)	60 -100	0.094	0.473	0.019	1.241	17.10

ii) Điều kiện ban đầu và điều kiện biên

+ Thời gian bắt đầu mô phỏng là ngày 01/01/2017 đến 31/12/2017 trong khoảng 365 ngày cho 2 vụ lúa Đông Xuân và Hè Thu, với bước thời gian từ 0.001 ngày.

+ Điều kiện biên trên: ở bề mặt đất, điều kiện biên khí quyển là mưa, bốc hơi và thoát hơi cây trồng (hoặc vật nuôi) và lớp nước tưới được lấy tại trạm KTTV Tân An gồm có mưa, bốc hơi, thoát hơi ngày.

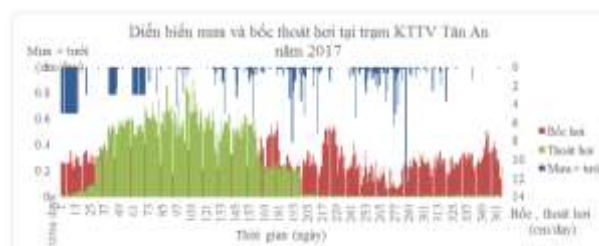
+ Điều kiện biên dưới (Lower Boundary Condition): Free Drainage (không có tầng không thấm). Mực nước ngầm cách mặt đất 100cm.

+ Điều kiện ban đầu: lớp nước mặt ruộng 5cm, độ mặn ban đầu trong dung dịch đất đo được 0, 64 g/l (trong tháng I).

+ Dựa trên vật liệu tầng chứa nước, độ dày và độ dẫn thủy lực, hệ số khuếch tán (Diffusion Coefficient) được cố định là 2 cm²/day.

+Yêu cầu về một số chỉ tiêu về nhu cầu nước và

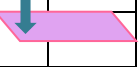
đặc tính rễ cây trồng dựa theo kết quả tính của [Wesseling, 1991] [8].



Hình 3: Diễn biến mưa và bốc thoát hơi tại trạm KTTV Tân An năm 2017

Vụ Đông Xuân bắt đầu được gieo sạ vào khoảng cuối tháng 11 đầu tháng 12 năm trước và thu hoạch vào cuối tháng 2, đầu tháng 3. Sau thời gian thu hoạch, đất được nghỉ khoảng 3 tháng. Đến giữa tháng 5 bắt đầu xuống giống vụ Hè Thu. Trong trường hợp có tưới thì thêm mức tưới theo công thức ướt khô xen kẽ với mức tưới 5 cm trong thời gian 10 ngày, 40 ngày và 70 ngày sau khi sạ đối với vụ Đông.

Bảng 4: Lịch thời vụ canh tác

Vụ mùa	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Đông Xuân												
Hè Thu												

Ghi chú: Thời đoạn tưới



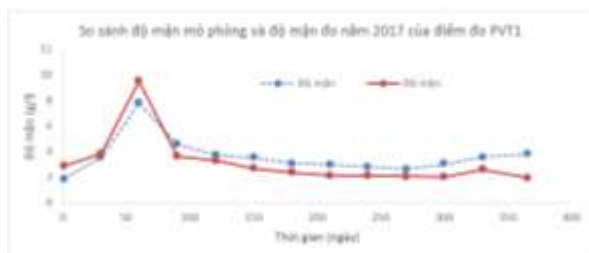
iii) Hiệu chỉnh mô hình

Trong nghiên cứu này, mô hình Hydrus-1D đã được hiệu chỉnh bằng cách sử dụng các điều kiện biên tại địa điểm nghiên cứu là vùng chuyên lúa Vĩnh Phước Tây và số liệu đo độ mặn của dung dịch đất trong năm 2017 tại điểm đo PVT1. Đây là vị trí được đánh giá là khả năng ảnh hưởng mặn đối với cây trồng là lúa cần được quan tâm và nằm hoàn toàn ở khu vực vùng hạ tranh chấp giữa mặn và ngọt. Kiểm chứng với số liệu mặn mô phỏng với số

liệu đo thực năm 2017 tại các thời điểm theo hai thông số thống kê được sử dụng để so sánh trực tiếp giữa các mô hình và để đánh giá sự tương quan tốt nhất của các thông số được tối ưu là hệ số xác định $R^2=0.78$ khá hợp lý giữa các giá trị ước tính với số liệu quan trắc và sai số $NSE=0.73$ đạt giá trị tốt được chấp nhận (Bảng 5, Hình 4). Vì vậy có thể sử dụng các thông số mô hình dùng cho việc mô phỏng và tính toán các kịch bản.

Bảng 5: So sánh độ mặn mô phỏng và độ mặn thực đo năm 2017 tại điểm đo PVT1

Ngày	Độ mặn mô phỏng (E_j)	Độ mặn quan trắc (O_j)	$[O_j - E_j]$	$[O_j - O_{tb}]$	$[O_j - E_j]^2$	$[O_j - O_{tb}]^2$
1	1.907	2.867	0.960	-0.301	0.9216	0.0906
30	3.548	3.869	0.321	0.701	0.1028	0.4908
60	7.791	9.536	1.745	6.368	3.0450	40.551
90	4.594	3.647	-0.947	0.479	0.8968	0.2294
120	3.738	3.302	-0.436	0.134	0.1901	0.0179
150	3.535	2.702	-0.833	-0.466	0.6939	0.2172
180	3.078	2.370	-0.708	-0.798	0.5015	0.6369
210	2.992	2.132	-0.860	-1.036	0.7396	1.0734
240	2.821	2.111	-0.710	-1.057	0.5047	1.1173
270	2.616	2.077	-0.539	-1.091	0.2905	1.1904
300	3.020	1.995	-1.025	-1.173	1.0506	1.3760
330	3.595	2.598	-0.997	-0.570	0.9930	0.3250
365	3.807	1.979	-1.828	-1.189	3.3416	1.4138
		$O_{tb} = 3.168$	$\Sigma[O_j - E_j] = 11.909$	$\Sigma[O_j - O_{tb}] = 15.363$	$\Sigma[O_j - E_j]^2 = 13.556$	$\Sigma[O_j - O_{tb}]^2 = 48.730$



Hình 4: Biểu đồ so sánh độ mặn mô phỏng và độ mặn năm 2017 của điểm đo PVT1 Xây dựng các kịch bản mô phỏng

Các kịch bản (KB) nhằm để hiểu được sự tương tác giữa nước trong đất, chất hòa tan (muối) đối với các loại hình sử dụng đất khác nhau và giả định dự báo xu thế độ mặn thay đổi theo thời gian để đánh giá khả năng thích nghi đất đai phù hợp với mục tiêu phát triển của vùng.

Bảng 6: Các kịch bản mô phỏng

Loại hình sử dụng đất	Tên kịch bản	Chi tiết kịch bản
LUT 1 Mô hình Lúa 3 vụ (ĐX - HT- TĐ)	KB1	Mô hình lúa 3 vụ (ĐX - HT- TĐ), thông số thủy lực CG02, tham chiếu dữ liệu KTTV, độ mặn năm 2017 tại VPT1.
	KB2	Độ sâu MNN tăng 30% so với độ sâu tham chiếu năm 2017, MNN + 30%.
	KB3	Độ sâu MNN giảm 30% so với độ sâu tham chiếu năm 2017, MNN-30%
	KB4	Độ mặn tăng 30% so với độ sâu tham chiếu năm 2017, C + 30%
LUT2 Mô hình Lúa – Tôm	KB5	Mô hình lúa – Tôm, thông số thủy lực CG18, tham chiếu dữ liệu KTTV, độ mặn năm 2017 tại LP3.
	KB6	Độ sâu MNN tăng 30% so với độ sâu tham chiếu năm 2017, MNN + 30%.
	KB7	Độ sâu MNN giảm 30% so với độ sâu tham chiếu năm 2017, MNN-30%.
	KB8	Độ mặn tăng 30% so với giá trị tham chiếu năm 2017, C + 30%.

Dựa trên yêu cầu đó có 2 loại hình sử dụng đất được mô phỏng sẽ bị tác động nhiều nhất khi áp dụng ở vùng nghiên cứu là: LUT1 Lúa 3 vụ (ĐX - HT- TĐ) và LUT2 Lúa – Tôm vì vị trí thuộc khu vực ảnh hưởng mặn ở 2 xã khác nhau của vùng hạ ngoài đê bao. Khu vực trong đê bao các loại hình sử dụng đất như rau màu, cây trồng lâu năm và đất vườn không được lựa chọn mô phỏng vì ảnh hưởng mặn không đáng kể.

Ngoài ra, kịch bản xây dựng giúp đánh giá xu hướng thay đổi của độ sâu mực nước ngầm (MNN) và độ mặn ảnh hưởng đến vùng canh tác lúa trong khu vực nghiên cứu. Tất cả các kịch bản mô phỏng này được liệt kê trong Bảng 6. Có tất cả 8 kịch bản được xây dựng trong đó KB1 và KB5 là kịch bản hiện trạng năm 2017 của 2 loại hình lựa chọn cho mô phỏng dự báo.

3.4. Kết quả mô phỏng các kịch bản

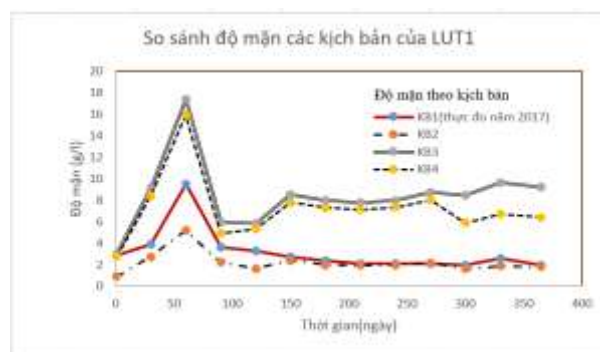
i) LUT 1 -Mô hình lúa 3 vụ (ĐX - HT- TĐ)

Mô hình lúa 3 vụ có thể được thực hiện tại những vùng có hệ thống thủy lợi hoàn chỉnh với đê bao ngăn lũ và cống ngăn mặn tiêu thoát nước tốt. Sử dụng các thông số thủy lực CG02, tham chiếu dữ liệu KTTV, độ mặn năm 2017 tại VPT1. Vụ Đông Xuân bắt đầu xuống giống từ đầu tháng 12 năm trước và thu hoạch vào khoảng tháng 3. Sau đó khoảng một tháng, đến đầu tháng 4 bắt đầu xuống giống vụ Hè Thu sớm và thu hoạch vào giữa tháng đến cuối tháng 7. Sau khi thu hoạch vụ Hè Thu sớm khoảng một tháng, tiếp tục xuống giống vụ Thu Đông vào khoảng cuối tháng 8 đến đầu tháng 9 và thu hoạch vào cuối tháng 11, đầu tháng 12. (Bảng 7).

Bảng 7: Lịch thời vụ của mô hình 3 vụ

Vụ mùa	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Đông Xuân												
Hè Thu												
Thu Đông												

Từ kết quả mô phỏng cho thấy diễn biến của dòng chảy ở lớp mặt theo thời gian tháng 12 đến cuối tháng 3 cho thấy lượng nước mặt là thấp nhất là do không đủ lượng nước tưới, cực điểm vào ngày 60 đến 90 (tháng 2, tháng 3). Tuy nhiên giai đoạn tháng 2 là giai đoạn lúa trổ đồng và ngâm hạt nên lượng nước rất quan trọng quyết định đến năng suất. Diễn biến mặn tăng dần trên tầng mặt từ tháng 11- đến tháng 3 nồng độ cao nhất 9.536g/l (KB1), 17.373 g/l (KB3), 15.925 g/l (KB4) đây là độ mặn không phù hợp cho sinh trưởng và phát triển của lúa. Tuy nhiên giai đoạn này ở KB1 vẫn có thể chấp nhận do đây là giai đoạn chờ thu hoạch. Độ mặn tích tụ theo độ sâu tầng đất xuất hiện rõ nét trên tầng mặt và tầng 0-20cm và giảm dần xuống các tầng bên dưới. Ở KB1 biến động tầng hút nước của rễ cho thấy lượng nước không thay đổi nhiều, độ mặn xuất hiện vào mùa khô lớn nhất là 3.250g/l ở tầng rễ vẫn an toàn trong giới hạn sinh học của cây (Hình 5, Bảng 8).



Hình 5: Biểu đồ độ mặn các kịch bản của LUT1

Bảng 8: Kết quả ước tính độ mặn các kịch bản của LUT1

Ngày	Độ mặn (g/l)			
	KB1(2017)	KB2	KB3	KB4
1	2.867	0.906	3.021	2.769
30	3.869	2.743	9.144	8.382
60	9.536	5.212	17.373	15.925
90	3.647	2.230	5.982	4.930
120	3.302	1.647	5.814	5.330
150	2.702	2.410	8.505	7.796
180	2.370	1.997	7.986	7.321
210	2.132	1.944	7.776	7.128
240	2.111	1.998	7.992	7.326
270	2.077	2.187	8.748	8.019
300	1.995	1.590	8.480	5.894
330	2.598	1.884	9.660	6.714
365	1.979	1.799	9.228	6.413

ii) LUT 2: Mô hình lúa – Tôm

Mô hình lúa - tôm sử dụng các thông số thủy lực CG18, tham chiếu dữ liệu KTTV, độ mặn năm 2017 tại LP3. Lúa Mùa được gieo cấy sau khi thu hoạch xong vụ tôm vào khoảng giữa tháng 9 và thu hoạch vào giữa tháng 1 năm sau. Việc sản xuất vụ lúa Mùa trên đất nuôi tôm phụ thuộc nhiều lượng mưa và chất lượng nước dưới đất (Bảng 9).

Bảng 9: Lịch thời vụ của LUT2

Vụ mùa	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Lúa mùa												
Tôm												

Từ kết quả mô phỏng cho thấy diễn biến của dòng chảy ở lớp mặt theo thời gian cho thấy lượng nước mặt khan hiếm, diễn biến mặn rõ nét độ mặn tăng cao từ tháng 3, 4 và giảm nhẹ vào tháng 5. Đối với kịch bản hiện trạng (KB5) thì thời điểm vụ lúa mùa từ tháng 10 đến tháng 12, tháng 1 năm sau nồng độ mặn vẫn có thể canh tác được lúa đến 3.20g/l vẫn có thể an toàn với cây lúa vào thời điểm chính vụ. Tuy nhiên với các KB7 và KB8 độ mặn vào các thời điểm này cao hơn độ mặn thấp nhất cũng ở ngưỡng 4.16-4.53g/l không phù hợp với các giống lúa nhạy cảm với độ mặn và nếu không tranh thủ thì sẽ hoàn toàn quá mặn với các loại cây trồng khi gieo hạt hoặc thu hoạch trễ, chỉ có thể thích hợp với loại hình tôm. Ở KB5 đến khi bắt đầu vụ tôm (tháng 3-giữa tháng 8) độ mặn tăng khá cao và kéo dài 2 tháng (3 và 4) do nước mặn được lấy từ kênh giảm dần vào giữa tháng 5 do mưa với nồng độ cao nhất là 9.9g/l và chỉ giảm cao hơn trên ngưỡng 4g/l. Đối với KB7, KB8 vụ tôm có nồng độ mặn cao hơn vào thời gian này lên đến 26.5g/l và 12.8g/l và sau đó giảm nhưng vẫn ở ngưỡng > 10 g/l kéo dài thời gian mặn hoàn toàn ở KB7 (Hình 6, Bảng 10).

Bảng 10: Kết quả ước tính độ mặn các kịch bản của LUT2

Ngày	Độ mặn (g/l)			
	<i>KB5(2017)</i>	<i>KB6</i>	<i>KB7</i>	<i>KB8</i>

1	3.201	2.913	4.532	4.161
30	3.389	4.012	13.716	5.446
60	9.903	11.003	26.060	12.874
90	9.256	4.524	15.251	12.033
120	6.224	3.392	10.915	8.091
150	4.745	4.253	12.758	6.169
180	4.980	3.993	11.979	6.474
210	4.300	3.888	11.264	5.590
240	4.301	3.996	11.988	5.591
270	4.152	4.374	11.976	5.398
300	3.783	3.392	9.816	4.918
330	3.278	3.864	10.385	4.261
365	3.044	3.691	9.920	3.957

Hình 6: Biểu đồ độ mặn các kịch bản của LUT2

Biến động tầng hút nước của rễ cho thấy vào các tháng mùa khô lượng nước và mặn (cao nhất vào giữa tháng 3, 4, 5 tăng và giảm dần vào mùa mưa. Do vậy việc cân chỉnh thời gian chuyển tiếp giữa 2 vụ (tháng 9, 10) bắt đầu và kết thúc (tháng 2,3) sẽ phải phụ thuộc vào nguồn nước ngọt từ mưa, mặn sẽ làm ảnh hưởng lớn đến năng suất lúa nếu thời gian trở gập mặn >3. 5- 4 g/l.

Xét theo kết quả mô phỏng các kịch bản cho thấy độ ẩm và tích tụ muối ở tầng rễ 0-20cm cho thấy độ ẩm của các KB3 và KB7 là thấp nhất do

mức nước ngầm giảm và đồng nghĩa với việc nước bề mặt thiếu nghiêm trọng, trong khi nếu tăng nồng độ mặn 30% ở kb4, kb8 thì khả năng thấm trong đất giảm, độ tích tụ muối làm kết cấu đất bị thay đổi kém tới xấp xỉ hơn so với thông số KB1, KB5. (Bảng 10). KB2, KB6 là điều kiện khá lý tưởng đồng nghĩa với việc đảm bảo ngăn mặn tốt và các biện pháp giữ ổn định MNN và độ mặn mô phỏng tương ứng thấp hơn độ mặn hiện trạng.



Hình 7: Biểu đồ nồng độ mặn phân bố theo Node tại 05 điểm mẫu năm 2017

Nồng độ mặn phân cấp theo phân cấp lớp của từng cột vị trí mẫu thực nghiệm theo mô hình Hydrus 1D mô phỏng từ 1-5 tương ứng các khoảng các node 20, 35, 50, 65, 80 cm cho thấy độ mặn tích tụ trên tầng mặt (1-20) tại các mẫu đo ĐT5, LP3, PVĐ3, TT1 cao > 5.5 g/l và tại tầng 2 (20 cm -35 cm) độ mặn giảm hẳn, mặn ít đối với PVT1 (2.6g/l) và còn mặn trung bình tại ĐT5 (3.5 g/l), TT1 (3.7 g/l), LP3 (3.8 g/l) và PVĐ3(4.1 g/l) (Hình 7).

iii) Đánh giá các kịch bản dự báo

Qua kết quả so sánh nồng độ mặn các kịch bản và độ mặn năm 2017 có thể dự báo:

* Độ sâu tới MNN tăng 30% so với độ sâu tham chiếu năm 2017, MNN + 30% (KB2, KB6)

Với kịch bản này MNN tăng 30% khả năng vẫn có thể sử dụng tốt các LUT1 và LUT2, lượng nước trong tầng 0-20cm và 20-50cm vẫn có thể sử dụng tốt trong mùa khô từ tháng 11 đến cuối tháng 03. Độ mặn chỉ xuất hiện trên bề mặt và

không đủ thời gian thấm, độ mặn sẽ giảm hẳn khi bắt đầu mưa và lượng nước ngầm tăng đủ có thể giữ trong tầng rễ trong mùa khô.

Điều này tương ứng với điều kiện thời tiết không có sự thay đổi và lượng nước ngọt cung cấp tốt vào mùa khô từ tháng 11 đến tháng 04. LUT1 sẽ thích hợp cho cây phát triển không quan tâm đến mặn, chỉ số độ mặn < 2-3.5 g/l trong ngưỡng an toàn với cây trồng, quan tâm đến lượng nước thoát vào mùa mưa. LUT2 sẽ đảm bảo được thời vụ do chưa ảnh hưởng của thời vụ, nhưng lại quan tâm đến giống tôm sao cho phù hợp do nồng độ mặn sẽ thấp hơn hiện tại. LUT2 sẽ được duy trì tốt do độ mặn thấp không ảnh hưởng đến vụ lúa, nhưng tôm phải chú trọng đến giống thích hợp (tôm thẻ chân trắng). Xu thế này tương ứng với sự cải thiện điều kiện tưới tốt đồng nghĩa với đầu tư kinh phí xây dựng cải tạo và biến đổi khí hậu không tác động.

* Độ sâu MNN giảm 30% so với độ sâu tham chiếu năm 2017(KB3, KB7)

Với kịch bản này, MNN giảm 30% và sự cân bằng của NĐĐ cho thấy sự thiếu hụt nước sẽ kéo dài bắt đầu từ đầu tháng 11 đến cuối tháng 5 năm sau. Độ mặn tích tụ trong các tầng đất (1, 2) sẽ thường xuyên hiện diện trong các tháng mùa khô và chỉ giảm rất ít vào giữa mùa mưa tháng 6,7.

LUT1 bị ảnh hưởng khá nhiều do lượng nước bề mặt hầu thiếu $C_0 = < 0$, lúa không thể canh tác thậm chí vào đầu mùa mưa. Vụ lúa đông xuân (tháng 12-tháng 3) sẽ ảnh hưởng nặng do thiếu nước nghiêm trọng. LUT2 sẽ chỉ có thể thay đổi thời gian trữ nước từ tháng 5,6,7,8,9 cho vụ tôm và thiếu hoàn toàn nước mặt và nước tích tụ

trong các tầng đất, nồng độ mặn ước tính tăng tỷ lệ nghịch với độ giảm mực nước ngầm. Kết quả ước tính độ mặn ở 2 kịch bản này cho thấy khá cao so với ngưỡng chịu mặn của cây trồng, ảnh hưởng đến năng suất nếu không khống chế được nước tưới các giai đoạn phát triển của cây lúa và gia tăng đột ngột độ mặn của vụ tôm.

** Độ mặn tăng 30% so với giá trị tham chiếu năm 2017(KB4, KB8)*

Với mô phỏng này cho mô hình LUT1 cho thấy không thể sử dụng được, độ mặn tích tụ đã hiện diện trong tầng rễ hoàn toàn thời gian mùa khô và mùa mưa. Thử nghiệm giả thuyết mặn tăng 30% cho thấy độ ẩm trong đất giảm sâu ở các lớp đất vào các tháng mùa khô sau đó tăng dần trong vụ mưa. Trái lại độ mặn tăng rất cao trong các tháng mùa khô và cao nhất trong khoảng thời gian từ ngày thứ 100 đến 150 (tháng 3,4) sau đó giảm dần vào các tháng 5,6,7 tuy nhiên ngưỡng mặn thấp nhất luôn vượt mức xa $> 4\text{g/l}$.

LUT2 có thể xem xét trong kịch bản nếu điều chỉnh được lượng nước rửa/tưới thời gian chuyển tiếp giữa vụ tôm và lúa (tháng 9-10) tuy nhiên với ngưỡng mặn này nên xem xét khả năng chịu mặn của các giống lúa.

Kịch bản MNN giảm (KB3, KB7) và độ mặn tăng (KB4, KB8) là 2 xu thế tất yếu có thể xem xét tương tự trong điều kiện biến đổi khí hậu gây hạn, mặn cho khu vực nghiên cứu. Tương ứng với diễn biến biến đổi khí hậu dự báo của Long An ở các kịch bản phát thải trung bình B2 và phát thải cao A1F1 đồng nghĩa với nhiệt độ và nước biển dâng 0,6-1m cho các diện tích cho LUT1, LUT2 hoàn toàn bị ảnh hưởng.

Nếu độ mặn ở các mô hình sử dụng đất không

tăng, tương ứng với việc địa phương phải sử dụng lượng nước ngọt tưới cho các loại hình lúa, lúa-tôm vào tháng 3, tháng 4 thì khả năng cân bằng nước trong đất giảm độ mặn ở tầng canh tác 0-20cm có thể sử dụng cho cây trồng, đòi hỏi người dân phải thật sự tuân thủ thời gian canh tác và lấy nước nghiêm ngặt. Riêng đối với loại hình tôm và mẩu đo bị nhiễm mặn nồng độ mặn ngay trong tầng canh tác vẫn ở mức độ $> 0.4\text{g/l}$ ngay trong mùa mưa và việc rửa mặn là không thể nên phải tìm cách sử dụng loại hình này cho loại hình sử dụng đất nông nghiệp truyền thống sẽ không khả thi.

Do sự của hiện tượng biến đổi khí hậu và nước biển dâng toàn cầu và ảnh hưởng nghiêm trọng đến khu vực nghiên cứu nên nồng độ mặn có khả năng sẽ tăng thêm trong thời gian tới, bằng chứng là tình trạng mặn ở các năm 2015, 2016, 2017 đã chứng minh nên độ mặn tăng lên, giả định với việc tăng thêm 30% và nước ngầm giảm 30% thì khả năng sử dụng nước tưới vào mùa khô là không khả thi đối với mô hình lúa và do vì lượng nước khu vực này vào mùa khô hoàn toàn mặn và độ mặn rất cao ở cách sông, kênh chính (Xoài Rạp, Cần Giuộc,...).

KẾT LUẬN

Mô hình HYDRUS-1D có thể cho các kết quả khá tốt được về sự vận chuyển nước và chất tan trong đất với các mô hình canh tác khác nhau khi có mưa hay bổ sung nước tưới và có thể dự báo ngắn hạn khi có sự biến động về nước ngầm hay

độ mặn xâm nhập vào trong đất. Mô hình HYDRUS-1D là công cụ khá hiệu quả để quản lý nông nghiệp. Dựa trên nhu cầu nước của cây trồng và vật nuôi, khả năng chịu mặn của cây và tổng lượng nước cần tưới có thể lựa chọn được cơ cấu canh tác phù hợp trong điều kiện tự nhiên của vùng đất nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Šimůnek, J., M. Sejna, M. Sakai, H. Saito, and M. Th. van Genuchten, The HYDRUS-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media. Version 4.0x. HYDRUS 1D series 3, Department of Environment. Science, Univ. of California, Riverside, CA, USA.
- [2] P. Forchheimer. 1930. Groundwasser Benequ xg in Hydraulik. Leipzig: B.G. Tubrier,
- [3] P. Grathwohl, "Diffusion in Natural Porous Media: Contaminant Transport, Sorption/Desorption and Dissolution Kinetics," in Topics in Environmental Fluid Mechanics. Kluwer Academic Publishers, 1998, p. 207.
- [4] Maas, E.V. & Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. J. Irrig. and Drainage Div., ASCE 103 (IR2): 115-134.
- [5] M.J. Hendry and G.D.Buckland .1990. Cause of soil salinitization : a basin in East central Alberta, canada. Ground Water, Vol.8, No. 8,pages: 544-550(47):
- [6] Schaap, M.G.; Leij, F.J.; Van Genuchten, M.T. 2001. Rosetta: A Computer Program for Estimating Soil Hydraulic Parameters with Hierarchical Pedotransfer Functions. J. Hydrol. 2001, 251, 163–176.
- [7] Van Genuchten, M. Th. 1987. A numerical model for water and solute movement in and below the root zone. Research Report No 121, U.S. Salinity laboratory, USDA, ARS, Riverside, California,
- [8] Wesseling JG. Multi-year simulations of groundwater resources for different soil types, aquifer settings and crops with the model SWATRE [in Dutch]. SC-DLO report 152, Wageningen, the Netherlands; 1991.