

Influence of cultivation densities and harvesting rates on the environmental parameters, growth and productivity of eelgrass, *Vallisneria spiralis*

Kha V. Tran, & Thao T. T. Ngo*

College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University, Can Tho, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: April 27, 2024

Revised: May 24, 2024

Accepted: May 29, 2024

Keywords

Density

Growth

Harvesting rate

Vallisneria spiralis

Yield

*Corresponding author

Ngo Thi Thu Thao

Email:

thuthao@ctu.edu.vn

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate effects of planting density and harvest rate on the growth and yield of eelgrass (*Vallisneria spiralis*). Experiment 1 aimed to evaluate the effects of different planting densities including three treatments of eelgrass planting density with three repetitions: 1) 0.25 kg/m²; 2) 0.50 kg/m² and 3) 0.75 kg/m². The results showed that the growth rate (3210 mg/day) and increase in biomass (83 g) when planted at a density of 0.50 kg/m² were similar to those when planted at a density of 0.75 kg/m² ($P > 0.05$), however, the yield was high (0.896 kg/m²) when eelgrass was planted at a density of 0.75 kg/m². Experiment 2 evaluated effects of different harvest rates, including 4 treatments and was also repeated 3 times per each treatment: No harvest and harvest 15, 25, 35% total biomass/time after every 15 days of planting. The results of the 15 and 25% harvest rates did not differ in growth and yield of eelgrass ($P > 0.05$), however, the 35% harvest rate clearly reduced growth rate, biomass increase and productivity of *V. spiralis*.

Cited as: Tran, K. V., & Ngo, T. T. T. (2025). Influence of cultivation densities and harvesting rates on the environmental parameters, growth and productivity of eelgrass, *Vallisneria spiralis*. *The Journal of Agriculture and Development* 24(5), 38-47.

Ảnh hưởng của mật độ trồng và tỷ lệ thu hoạch đến các chỉ tiêu môi trường nước, sinh trưởng và năng suất của cây hệ nước (*Vallisneria spiralis*)

Trần Văn Kha & Ngô Thị Thu Thảo*

Trường Thủy Sản, Trường Đại Học Cần Thơ, Cần Thơ

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 27/04/2024

Ngày chỉnh sửa: 24/05/2024

Ngày chấp nhận: 29/05/2024

Từ khóa

Cây hệ nước

Mật độ

Năng suất

Sinh trưởng

Tỷ lệ thu hoạch

*Tác giả liên hệ

Ngô Thị Thu Thảo

Email: thuthao@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của mật độ trồng và tỷ lệ thu hoạch đến sinh trưởng và năng suất của cây hệ nước (*Vallisneria spiralis*). Thí nghiệm 1 nhằm đánh giá ảnh hưởng của các mật độ trồng khác nhau gồm có ba nghiệm thức mật độ trồng hệ nước với ba lần lặp lại là: 1) 0,25 kg/m²; 2) 0,50 kg/m² và 3) 0,75 kg/m². Kết quả cho thấy tốc độ tăng trưởng (3210 mg/ngày) và tỷ lệ tăng sinh khối (83 g) khi trồng với mật độ 0,50 kg/m² tương đương với mật độ 0,75 kg/m² ($P > 0,05$), tuy nhiên năng suất đạt cao (0,896 kg/m²) khi hệ được trồng ở mật độ 0,75 kg/m². Thí nghiệm 2 đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ thu hoạch khác nhau, trong đó có 4 nghiệm thức (tương ứng với 4 tỷ lệ thu hoạch) và cũng được lặp lại 3 lần là: Không thu hoạch và thu 15, 25, 35% tổng sinh khối/lần sau mỗi 15 ngày trồng. Kết quả tỷ lệ thu hoạch 15 và 25% không khác biệt về tăng trưởng và năng suất hệ thu được ($P > 0,05$), tuy nhiên với tỷ lệ thu hoạch 35% đã làm giảm rất rõ các chỉ tiêu như tốc độ tăng trưởng, tỷ lệ tăng sinh khối và năng suất của hệ nước.

1. Đặt Vấn Đề

Hệ nước (*Vallisneria spiralis*) còn được gọi là *Vallisneria* thẳng, cỏ băng, hoặc cỏ lươn là một loại cây thủy sinh phổ biến ưa ánh sáng tốt và chất nền giàu dinh dưỡng. Hệ nước đã cho thấy vai trò là đối tượng khá phổ biến trong các bể cá cảnh bởi nó có các vai trò: Cung cấp oxy cho bể, ổn định các thông số nước bằng cách hấp thụ amoniac và CO₂ mà cá tạo ra. Một số nghiên cứu trước đây cho thấy hệ nước có khả năng hấp thu kim loại nặng như Chromium (Cr) (Vajpayee & ctv., 2001; Sinha & ctv., 2002; Shukla & ctv., 2007), hoặc xử lý nước thải chứa đồng (Enochs & ctv., 2023). Liu & ctv. (2014) báo cáo hệ nước

còn có khả năng xử lý trầm tích bị ô nhiễm bởi hydrocarbon thơm đa vòng (PAHs).

Nhằm cải thiện chất lượng nước trong nuôi trồng thủy sản, các nghiên cứu trước đây sử dụng nhóm động vật thân mềm ăn lọc như vẹm xanh, hào... hoặc nuôi kết hợp với nhóm thực vật thủy sinh thượng đẳng như cây sậy và cỏ Vetiver (Nguyen & ctv., 2020); bốn bồn *Typha orientalis* (Tian & ctv., 2009); cây lát chiếu (*Cyperus papyrus* và *Miscanthidium violaceum*) (Kyambadde & ctv., 2005); cỏ mồm mỡ (*Hymenachne acutigluma*) (Le & ctv., 2017); lục bình (Pham & ctv., 2015); bèo tai tượng (Dao & ctv., 2013). Tuy nhiên, cho đến nay chưa có nghiên cứu về sự sinh trưởng và

vai trò của hệ nước trong hệ thống nuôi thủy sản cũng như khả năng cải thiện chất lượng nước của loài này. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của mật độ hệ nước và tỷ lệ thu hoạch đến sự phát triển và năng suất của hệ nước với các tỷ lệ thu hoạch khác nhau. Kết quả thu thập được sẽ góp phần cung cấp thêm thông tin về đặc điểm sinh học của cây hệ nước, đồng thời làm cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về khả năng sử dụng loại thực vật thủy sinh này trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản.

2. Vật Liệu và Phương Pháp Nghiên Cứu

2.1. Vật liệu

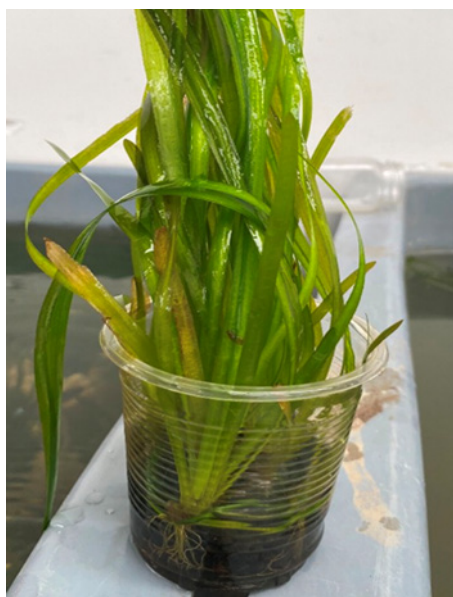
Đối tượng nghiên cứu là cây hệ nước (*Vallisneria spiralis*) được thu từ ruộng lúa ở Tỉnh Hậu Giang, giữ nguyên phần rễ và thân. Cây hệ còn sống được vận chuyển về trại thực nghiệm ODA, Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ để ương giống và khi đạt đủ sinh khối sẽ được sử dụng để bố trí thí nghiệm (Hình 1). Nguồn nước thải từ hệ thống nuôi ốc bươu đông thâm canh được sử dụng để cung cấp cho các bể

trồng hệ: hằng ngày bể nuôi ốc sẽ được rút cạn lắng để loại bỏ chất thải và trữ trong bể chứa 2 m³, định kỳ sau mỗi 15 ngày nước từ bể chứa này sẽ được cấp vào các bể trồng hệ nước.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của mật độ trồng đến sự sinh trưởng và năng suất của cây hệ nước

Bể trồng hệ là bể composite hình chữ nhật có thể tích 250 L (kích thước 80 x 60 x 60 cm), chiều cao cột nước trong bể trồng hệ nước được duy trì ở mức 50 cm. Trong mỗi bể đều có đặt các cọc nhựa nhỏ để trồng cây, số lượng cọc tùy theo mật độ hệ trồng (3, 6, 9 cọc), cọc được đổ đầy bùn trước khi trồng hệ nước. Khi bắt đầu trồng, cây được nhổ cả rễ từ các bể ương, sau đó cắt ngắn lá để còn lại 5 - 6 cm, khối lượng hệ (cả gốc, rễ và lá) được cân rồi cắm vào các chậu nhựa trong bể. Sau mỗi 15 ngày trồng, cây hệ nước sẽ được thu cả lá và rễ đem cân khối lượng để tính tốc độ tăng trưởng và năng suất thu hoạch. Thí nghiệm được thực hiện trong 45 ngày, gồm có 3 nghiệm thức mật độ và được lặp lại 3 lần là: 1) 0,25 kg/m²; 2) 0,50 kg/m² và 3) 0,75 kg/m².



Hình 1. Hệ nước *Vallisneria spiralis* và cọc trồng hệ sử dụng cho nghiên cứu.

2.2.2. Ảnh hưởng các tỷ lệ thu hoạch khác nhau đến sự sinh trưởng của hệ nước

Hệ nước được bố trí dựa trên mật độ trồng đạt kết quả tốt nhất từ Thí nghiệm 1 ($0,5 \text{ kg/m}^2$). Nguồn nước cung cấp và bể trồng hệ nước cũng tương tự như Thí nghiệm 1. Thí nghiệm 2 được thực hiện trong 45 ngày, có 4 nghiệm thức tỷ lệ thu hoạch hệ nước và mỗi tỷ lệ thu hoạch được lặp lại 3 lần là: (1) Không thu hoạch; (2) Thu 15% tổng sinh khối/lần; (3) Thu 25% tổng sinh khối/lần; (4) Thu 35% tổng sinh khối/lần.

2.3. Các chỉ tiêu theo dõi

2.3.1. Chỉ tiêu sinh trưởng, phát triển của cây hệ nước

Sự phát triển và sinh khối của hệ nước được xác định sau mỗi 15 ngày (tính từ khi trồng hệ nước vào cốc và đặt vào các bể nuôi). Các chỉ tiêu theo dõi bao gồm:

Tốc độ tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng:
 $\text{DGRw (mg/ngày)} = (W_2 - W_1)/T$

Tốc độ tăng trưởng tương đối về khối lượng:
 $\text{SGRw (\%/ngày)} = 100 \times (\ln W_2 - \ln W_1)/T$

Tỷ lệ tăng sinh khối của hệ (g) = $W_2 - W_1$

Trong đó: W_1 : Khối lượng hệ ban đầu (g); W_2 : Khối lượng hệ lúc kết thúc thí nghiệm (g)

Năng suất hệ nước (g/m^2) = khối lượng của hệ thu hoạch/diện tích trồng.

2.3.2. Các chỉ tiêu môi trường nước

Các chỉ tiêu môi trường được theo dõi bao gồm: Nhiệt độ được đo 2 lần/ngày bằng nhiệt kế vào lúc 7 giờ sáng và 14 giờ chiều hằng ngày. Hàm lượng TAN (Total ammonia nitrogen, NH_4/NH_3), NO_2^- , NO_3^- và pH được theo dõi 15 ngày/lần bằng bộ test SERA (sản xuất tại Đức).

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu về sự tăng trưởng của hệ nước thu thập và sử dụng bằng phần mềm Microsoft Office Excel để tính các giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, vẽ đồ thị. Phương pháp phân tích ANOVA một nhân tố trong phần mềm SPSS 20.0 được sử dụng để so sánh thống kê các giá trị trung bình giữa các nghiệm thức ở mức $P < 0,05$ bằng phép thử Duncan.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Ảnh hưởng các mật độ trồng khác nhau đến sự sinh trưởng và năng suất của cây hệ nước

3.1.1. Biến động của các yếu tố môi trường

Trung bình nhiệt độ buổi sáng khá ổn định và ít biến động giữa các nghiệm thức dao động ($26,58 - 26,7^\circ\text{C}$). Trung bình nhiệt độ cao nhất ở mật độ $0,50 \text{ kg/m}^2$ ($26,7^\circ\text{C}$) tuy nhiên không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ($P > 0,05$) (Bảng 1). Tương tự đối với buổi chiều trung bình nhiệt độ dao động ($29,58 - 29,74^\circ\text{C}$). Trung bình nhiệt độ buổi chiều cũng đạt cao nhất ở mật độ $0,50 \text{ kg/m}^2$ ($29,74^\circ\text{C}$). Nhiệt độ giữa buổi sáng và buổi chiều biến động từ $2,56 - 3,23^\circ\text{C}$, trung bình $2,94^\circ\text{C}$. Theo Boyd (1998), các loài sinh vật ưa nước ấm sinh trưởng tốt nhất ở khoảng nhiệt độ $25 - 32^\circ\text{C}$. Như vậy, nhiệt độ trong thí nghiệm đều nằm trong khoảng thích hợp cho sự sinh trưởng của hệ nước.

Giá trị pH trong thí nghiệm dao động khá ổn định giữa các nghiệm thức từ ($6,44 - 6,72$). Trung bình giá trị pH của mật độ $0,75 \text{ kg/m}^2$ ($6,72$) cao hơn so với mật độ $0,25 \text{ kg/m}^2$ ($6,44$) hoặc $0,50 \text{ kg/m}^2$ ($6,56$), tuy nhiên không khác biệt nhau giữa các nghiệm thức ($P > 0,05$). Espinosa-Moya & ctv. (2018) cho rằng pH trong hệ thống thủy

canh nên được duy trì trong khoảng từ 5,5 đến 6,5 để đạt được sự hấp thụ chất dinh dưỡng và tăng trưởng thực vật tối ưu. Bên cạnh đó, mức độ pH có thể ảnh hưởng đến khả năng cung cấp chất dinh dưỡng và sinh khối thực vật vì sản

lượng thực vật giảm ở mức độ pH tương đối cao (Pinho & ctv., 2017). Do đó, kết quả đo đạc và ghi nhận hàm lượng pH trong nghiên cứu này là tương đối phù hợp.

Bảng 1. Giá trị trung bình của các yếu tố môi trường ở các mật độ hệ nước khác nhau

Các chỉ tiêu	Mật độ hệ nước (kg/m ²)		
	0,25	0,50	0,75
Nhiệt độ sáng (°C)	26,58 ± 0,07 ^a	26,70 ± 0,05 ^a	26,62 ± 0,09 ^a
Nhiệt độ chiều (°C)	29,62 ± 0,03 ^a	29,74 ± 0,12 ^a	29,58 ± 0,08 ^a
pH	6,44 ± 0,25 ^a	6,56 ± 0,48 ^a	6,72 ± 0,10 ^a
Oxy (mg/L)	4,83 ± 0,17 ^a	5,06 ± 0,19 ^{ab}	5,33 ± 0,17 ^b
NH ₃ (mg/L)	0,67 ± 0,06 ^b	0,54 ± 0,04 ^{ab}	0,57 ± 0,07 ^a
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,67 ± 0,09 ^b	0,50 ± 0,07 ^a	0,48 ± 0,04 ^a
NO ₃ ⁻ (mg/L)	17,78 ± 0,96 ^b	14,44 ± 0,96 ^a	12,78 ± 2,55 ^a

^{a,b}Các giá trị trong cùng một hàng có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Hàm lượng oxy cao nhất ở mật độ 0,75 kg/m² (5,33 mg/L), tương đương với mật độ 0,50 kg/m² (5,06 mg/L) và khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) so với mật độ 0,25 kg/m² (4,83). Điều này cho thấy các mật độ khác nhau có ảnh hưởng đến hàm lượng oxy trong bể thí nghiệm. Oxy và pH đóng vai trò rất quan trọng trong nuôi trồng thủy sản giúp duy trì ổn định và phát triển bình thường của động vật thủy sản (Boyd, 1998). Đặc biệt, trong hệ thống aquaponic hai yếu tố này được xem là yếu tố có ảnh hưởng đến sự phát triển và hiệu quả hoạt động của vi khuẩn có lợi trong hệ thống nhằm cung cấp dinh dưỡng cho hệ thống thủy canh (Rakocy & ctv., 2006).

Trung bình hàm lượng NH₃ cao nhất ở mật độ hệ 0,25 kg/m² (0,67 mg/L) và khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) so với mật độ 0,75 kg/m², tuy nhiên tương đương với mật độ 0,50 kg/m². Theo Boyd & Tucker (1998), trạng thái cân bằng của hai dạng NH₃ và NH₄⁺ thay đổi tùy thuộc vào giá trị pH, nhiệt độ và độ mặn của nước. Trong nghiên cứu này giá trị pH trung bình ghi nhận

được dao động (6,44 - 6,72) điều này làm ảnh hưởng khả năng hấp thụ NH₃ của hệ nước.

Trung bình hàm lượng NO₂⁻ cao nhất ở mật độ 0,25 kg/m² (0,67 mg/L) và khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) với mật độ 0,50 kg/m² (0,50 mg/L) và 0,75 kg/m² (0,48 mg/L). Nghiên cứu của Gichana & ctv. (2019) cũng nhận thấy ở mật độ rau cao thì hàm lượng NO₂⁻ ở mức thấp và khác biệt rõ so với không bổ sung rau trong hệ thống thủy canh.

Hàm lượng NO₃⁻ đạt cao nhất ở mật độ 0,25 kg/m² (17,78 mg/L) và khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) so với mật độ 0,50 kg/m² (14,44 mg/L) và 0,75 kg/m² (12,78 mg/L) (Bảng 1). Kết quả cũng cho thấy mật độ hệ cao thì hàm lượng NO₃⁻ thấp hơn mật độ thấp.

3.1.2. Tăng trưởng và sinh khối của hệ nước

Sau 45 ngày thí nghiệm, khối lượng hệ nước ghi nhận cao nhất ở mật độ 0,75 kg/m² (457 g) và khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) với mật độ 0,50 kg/m² (343 g) và mật độ 0,25 kg/m² (207 g).

Tốc độ tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng của hệ nước giảm liên tục trong suốt quá trình nuôi (Bảng 3). Trung bình tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng của hệ nước ở mật độ 0,50 kg/m² là cao nhất (3210 mg/ngày) kể đến là mật độ 0,75 kg/m² và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) với mật độ 0,25 kg/m². Tuy nhiên, tăng trưởng khối lượng của hệ ở mật độ 0,50 kg/m² với mật độ 0,75 kg/m² tương đương nhau ($P > 0,05$). Qua 3 đợt thu mẫu ghi nhận mật độ 0,50 kg/m² luôn cho tốc độ tăng trưởng cao hơn các mật độ còn lại.

Tỷ lệ tăng sinh khối ở các nghiệm thức với mật độ trồng khác nhau có sự dao động lớn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$). Trung bình tỷ lệ tăng sinh khối cao nhất ở mật độ 0,50 kg/m² (83 g), kể đến là mật độ 0,75 kg/m² (78 g) và 0,25 kg/m² (63 g). Kết quả Bảng 2 cũng cho thấy có thể ở mật độ cao (0,75 kg/m²) có sự cạnh tranh về không gian và khả năng tiếp xúc với ánh sáng khiến cho hiệu quả hấp thu dinh dưỡng và quang hợp của hệ nước kém hơn. Nghiên cứu của Endut & ctv. (2010) cho thấy mật độ cây trồng tăng cao có thể làm giảm khối lượng thu hoạch.

Bảng 2. Trung bình tốc độ tăng trưởng, tỷ lệ tăng sinh khối và năng suất hệ nước ở các mật độ khác nhau

Chỉ tiêu tăng trưởng	Mật độ trồng hệ nước (kg/m ²)		
	0,25	0,50	0,75
Khối lượng ban đầu (g)	130 ± 0	250 ± 0	370 ± 0
Khối lượng kết thúc (g)	207 ± 15,28 ^a	343 ± 30,55 ^b	457 ± 11,55 ^c
Tăng trưởng tuyệt đối (mg/ngày)	2383 ± 378 ^a	3210 ± 130 ^b	3012 ± 260 ^b
Tăng trưởng tương đối (%/ngày)	1,50 ± 0,20 ^b	1,11 ± 0,04 ^{ab}	0,74 ± 0,06 ^a
Mức tăng sinh khối (g)	63 ± 8,82 ^a	83 ± 5,77 ^b	78 ± 5,09 ^b
Năng suất (g/m ²)	387 ± 17,64 ^a	667 ± 11,55 ^b	896 ± 10,18 ^c

^{a-c}Các giá trị trong cùng một hàng có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ thu hoạch đến sinh trưởng và năng suất cây hệ nước

3.2.1. Các yếu tố môi trường

Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị pH cao (7,25) ở tỷ lệ thu hoạch 0% và khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$) so với các tỷ lệ thu hoạch 15% (7,08) và 25% (6,83). Giá trị pH là một trong những thông số chất lượng nước quan trọng trong hệ thống thủy canh, có ảnh hưởng rất lớn đến tất cả các thành phần, đặc biệt là thực vật và vi khuẩn. Vi khuẩn nitrate hóa hoạt động tối ưu ở pH > 7,5 và khi pH < 6,0 vi khuẩn ngưng

hoạt động. Do đó, để duy trì hoạt động tối ưu của cả ba thành phần cá - rau - vi khuẩn, giá trị pH nên nằm trong khoảng 6,8 - 7,0 (Somerville & ctv., 2014; Sallenave, 2016).

Hàm lượng NH₃ ở các nghiệm thức khá cao và biến động trong khoảng 0,33 - 0,68 mg/L. Hàm lượng NH₃ cao nhất ở nghiệm thức thu hoạch 35% (0,68 mg/L), tương đương với thu hoạch 25% (0,53 mg/L) và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) so với tỷ lệ thu hoạch 15% (0,45 mg/L) và 0% (0,33 mg/L).

Bảng 3. Trung bình các chỉ tiêu môi trường ở các tỷ lệ thu hoạch hệ nước khác nhau

	Tỷ lệ thu hoạch hệ nước (%)			
	0	15	25	35
Nhiệt độ sáng (°C)	26,25 ± 0,05 ^a	26,35 ± 0,07 ^a	26,26 ± 0,05 ^a	26,29 ± 0,03 ^a
Nhiệt độ chiều (°C)	29,56 ± 0,08 ^b	29,63 ± 0,05 ^b	29,41 ± 0,07 ^a	29,31 ± 0,02 ^a
pH	7,25 ± 0,25 ^b	7,08 ± 0,29 ^{ab}	6,83 ± 0,14 ^{ab}	6,67 ± 0,38 ^a
Oxy (mg/L)	5,67 ± 0,14 ^b	4,92 ± 0,14 ^{ab}	4,75 ± 0,25 ^a	4,67 ± 0,38 ^a
NH ₃ (mg/L)	0,33 ± 0,06 ^a	0,45 ± 0,05 ^{ab}	0,53 ± 0,06 ^{bc}	0,68 ± 0,18 ^c
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,37 ± 0,12 ^a	0,57 ± 0,08 ^b	0,53 ± 0,06 ^b	0,63 ± 0,06 ^b
NO ₃ ⁻ (mg/L)	12,50 ± 2,50 ^a	15,83 ± 1,44 ^b	17,50 ± 0,00 ^b	20,83 ± 1,44 ^c

^{a-c}Các giá trị trong cùng một hàng có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Trung bình hàm lượng NO₂⁻ ở các nghiệm thức dao động từ 0,37 - 0,63 mg/L. Ở nghiệm thức thu hoạch 35% hàm lượng này tương đối cao (0,63 mg/L), tuy nhiên so với các nghiệm thức thu hoạch 15% và 25% không có sự khác biệt ($P > 0,05$). Với tỷ lệ thu hoạch 35% có thể dẫn đến tổn thương ngọn và các lá non, hệ tái phát triển chậm dẫn đến hiệu quả hấp thu NO₂⁻ có thể kém hơn. Ở nghiệm thức thu hoạch 15% và 25% hệ duy trì tốc độ sinh trưởng ổn định cho nên hấp thu và chuyển hóa NO₂ tốt hơn.

Sau 30 ngày thí nghiệm, trung bình hàm lượng NO₃⁻ dao động trong khoảng 12,50 - 20,83 mg/L, đạt cao nhất ở nghiệm thức thu hoạch 35% (20,83 mg/L) và khác biệt có ý nghĩa so với các tỷ lệ thu hoạch còn lại ($P < 0,05$). Trong mô hình thủy canh, nitrate là 1 trong những nguồn dinh dưỡng quan trọng cho sự phát triển của rau trong hệ thống, nitrate là sản phẩm của quá trình oxy hóa TAN và NO₂⁻ thông qua 2 dòng vi

khuẩn chính là *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* và bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như oxy, pH, thức ăn, phát triển của cây thủy sinh (Ebeling & ctv., 2006).

3.2.2. Tăng trưởng và sinh khối hệ nước

Sau 30 ngày thí nghiệm, sinh khối hệ nước có sự gia tăng và đạt cao nhất ở nghiệm thức không thu hoạch (453 g), khác biệt ($P < 0,05$) so với các tỷ lệ thu hoạch 15, 25 và 35% (Bảng 4). Tuy nhiên khối lượng hệ nước ở tỷ lệ thu hoạch 15% và 25% không có sự khác biệt nhau ($P > 0,05$).

Tốc độ tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng (mg/ngày) của hệ tương đối ổn định và có xu hướng giảm dần theo thời gian thí nghiệm (Bảng 4). Sau 30 ngày trồng với 2 chu kỳ thu hoạch, trung bình tốc độ tăng trưởng tương đối về khối lượng của hệ cao nhất ở nghiệm thức không thu hoạch (7056 mg/ngày) và khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) với các tỷ lệ thu hoạch 15, 25 và 35%.

Bảng 4. Trung bình tốc độ tăng trưởng, tỷ lệ tăng sinh khối và năng suất hệ nước ở các tỷ lệ thu hoạch

	Tỷ lệ thu hoạch hệ nước (%)			
	0	15	25	35
Khối lượng ban đầu (g)	250 ± 0	250 ± 0	250 ± 0	250 ± 0
Khối lượng kết thúc (g)	453 ± 20,82 ^c	353 ± 20,82 ^b	337 ± 11,55 ^b	280 ± 10,00 ^a
Tăng trưởng tuyệt đối (mg/ngày)	7056 ± 855 ^b	3444 ± 694 ^a	3333 ± 667 ^a	2278 ± 255 ^a
Tăng trưởng tương đối (%/ngày)	2,20 ± 0,22 ^c	1,56 ± 0,25 ^b	1,17 ± 0,23 ^a	0,83 ± 0,09 ^a
Mức tăng sinh khối (g)	157 ± 17,56 ^c	95 ± 18,03 ^b	72 ± 7,64 ^b	42 ± 5,77 ^a
Năng suất (g/m ²)	709 ± 23,41 ^c	627 ± 24,04 ^b	596 ± 10,18 ^b	556 ± 7,70 ^a

^{a-c}Các giá trị trong cùng một hàng có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Tốc độ tăng trưởng tương đối về khối lượng (%/ngày) của hệ nước khá ổn định và có xu hướng giảm dần theo thời gian thí nghiệm. Trung bình tốc độ tăng trưởng khối lượng tương đối cao nhất ở nghiệm thức không thu hoạch (2,20%/ngày) và có sự khác biệt so với các tỷ lệ thu hoạch khác ($P < 0,05$). Ở tỷ lệ thu hoạch 35% các lá hệ non bị tổn thương dẫn đến ngừng sinh trưởng hoặc sinh trưởng rất chậm. Nhìn chung, hệ nước được thu hoạch với các tỷ lệ khác nhau có sự tăng trưởng kém hơn so với không thu hoạch, đặc biệt là tỷ lệ thu hoạch 35%. Kết quả nghiên cứu này tương đồng với kết quả của Irhayyim & ctv. (2020) khi nuôi kết hợp cá chép (*Cyprinus carpio*) và cải xoong (*Nasturtium officinale*) trong hệ thống thủy canh với 4 chu kỳ thu hoạch cho thấy mức tăng sinh khối trung bình và tốc độ tăng trưởng tương đối (SGRP) ở nghiệm thức không thu hoạch cao hơn đáng kể ($P < 0,05$) so với các nghiệm thức có tỷ lệ thu hoạch 33% và 50% nhưng có sự tương đương với tỷ lệ thu hoạch 25%. Các tác giả cũng ghi nhận khi tăng tỷ lệ thu hoạch lên 50% sinh khối rau có sự suy giảm rất rõ.

Sau 30 ngày trồng, trung bình tỷ lệ tăng sinh khối có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ($P < 0,05$). Tỷ lệ tăng sinh khối thu được cao nhất ở

nghiệm thức thu hoạch 0% (157 g), kế đến là thu hoạch 25% (95 g), 15% (72 g) và 35% (42 g). Tuy nhiên tỷ lệ tăng sinh khối ở các nghiệm thức thu hoạch 15% và 25% không có sự khác biệt ($P > 0,05$). Ở nghiệm thức thu hoạch 0% cho tỷ lệ tăng sinh khối cao nhất một phần là cây hệ nước ít bị tổn thương do thao tác thu hoạch. Nghiên cứu của Irhayyim & ctv. (2020) cũng ghi nhận tỷ lệ tăng sinh khối cao nhất ở nghiệm thức thu hoạch 0% (2340 g) và thấp nhất ở tỷ lệ thu hoạch 50% (1319,6 g).

Năng suất của hệ nước đạt cao nhất ở nghiệm thức thu hoạch 0% (709 g/m²) và khác biệt có nghĩa ($P < 0,05$) so với các tỷ lệ thu hoạch khác, tuy nhiên ở nghiệm thức thu hoạch 15% và 25% có năng suất tương đương nhau ($P > 0,05$). Năng suất của hệ nước trong nghiên cứu này giảm dần khi tăng tỷ lệ thu hoạch và có sự tương đồng với các nghiên cứu trước đây. Các nghiên cứu với các loài thực vật khác nhau cũng phát hiện ra rằng việc thu hoạch lặp đi lặp lại với tỷ lệ thu hoạch cao có thể làm chậm quá trình phát triển sinh khối, cây trồng không hấp thu đủ chất dinh dưỡng cho sự phát triển, do đó dẫn đến sản lượng sinh khối rất thấp so với không được thu hoạch (Kim & Geary, 2001; Jinadasa & ctv., 2008; Jeke & ctv., 2019). Ở một nghiên cứu khác,

Verhofstad & ctv. (2017) kết luận rằng, việc tăng tần suất thu hoạch *Myriophyllum spicatum* có ảnh hưởng lớn đến độ che phủ, chiều cao và sinh khối của loài này, cụ thể thu hoạch với tần suất một lần hoặc năm lần trong sáu tháng đã làm giảm sinh khối khoảng 32% và 27% so với khi thu hoạch chỉ hai lần.

4. Kết Luận

Hệ nước trồng ở mật độ 0,50 kg/m² cho tốc độ tăng trưởng tương đối (3210 mg/ngày) và sinh khối thu được nhiều nhất (83 g). Trong điều kiện không thu hoạch, hệ nước cho tốc độ tăng trưởng và năng suất cao nhất. Tỷ lệ thu hoạch 35% sẽ làm giảm sinh trưởng và năng suất cây hệ nước so với không thu hoạch hoặc thu hoạch ít hơn. Mật độ hệ nước càng tăng (từ 0,25 đến 0,75 kg/m²) đã làm giảm hàm lượng các chất dinh dưỡng trong môi trường nước, kết quả này góp phần đề xuất nghiên cứu sử dụng hệ nước trong việc cải thiện chất lượng nước trong nuôi trồng thủy sản.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và chưa từng được công bố trong bất kỳ nghiên cứu nào khác.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Boyd, C. E. (1998). *Water quality in pond for aquaculture*. Alabama, USA: Alabama Agricultural Experiment Station - Auburn University.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). *Aquaculture water quality management*. Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publishers.
- Dao, Q. B., Lam, N. N. H., & Ngo, T. D. T. (2013). Water quality variation in the integrated system of intensive culture snakeskin gourami (*Trichogaster pectoralis*) and water lettuce (*Pistia stratiotes*). *CTU Journal of Science* 28, 64-72.
- Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257(1-4), 346-358. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>.
- Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Nik, W. W., & Hassan, A. (2010). A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresource Technology* 101(5), 1511-1517.
- Enochs, B., Meindl, G., Shidemantle, G., Wuerthner, V., Akerele, D., Bartholomew, A., & Hua, J. (2023). Short and long-term phytoremediation capacity of aquatic plants in Cu-polluted environments. *Heliyon* 9(1), e12805. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12805>.
- Espinosa-Moya, A., Álvarez-González, A., Albertos-Alpuche, P., Guzmán-Mendoza, R., & Martínez-Yáñez, R. (2018). Growth and development of herbaceous plants in aquaponic systems. *Acta Universitaria* 28(2), 1-8. <http://dx.doi.org/10.15174/au.2018.1387>.
- Gichana, Z., Meulenbroek, P., Ogello, E., Drexler, S., Zollitsch, W., Liti, D., & Waidbacher, H. (2019). Growth and nutrient removal efficiency of sweet wormwood (*Artemisia annua*) in a recirculating aquaculture system for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Water* 11(5). <http://dx.doi.org/10.3390/w11050923>.
- Irhayyim, T., Fehér, M., Lelesz, J., Bercsényi, M., & Bársony, P. (2020). Nutrient removal efficiency and growth of watercress (*Nasturtium officinale*) under different harvesting regimes in integrated recirculating aquaponic systems for rearing common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Water* 12(5), 1419. <https://doi.org/10.3390/w12051419>.
- Jeke, N. N., Zvomuya, F., Cicek, N., Ross, L., & Badiou, P. (2019). Nitrogen and phosphorus

- phytoextraction by cattail (*Typha* spp.) during wetland-based phytoremediation of an end of life municipal lagoon. *Journal of Environmental Quality* 48(1), 24-31. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.05.0184>.
- Jinadasa, K. B. S. N., Tanaka, N., Sasikala, S., Werellagama, D. R. I. B., Mowjood, M. I. M., & Ng, W. J. (2008). Impact of harvesting on constructed wetlands performance - A comparison between (*Scirpus grossus*) and (*Typha angustifolia*). *Journal of Environmental Science and Health Part A* 43(6), 664-671. <https://doi.org/10.1080/10934520801893808>.
- Kim, S. Y., & Geary, P. M. (2001). The impact of biomass harvesting on phosphorus uptake by wetland plants. *Water Science and Technology* 44(11-12), 61-67. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0810>.
- Kyambadde, J., Kansiime, F., & Dalhammar, G. (2005). Nitrogen and phosphorus removal in substrate-free pilot constructed wetlands with horizontal surface flow in Uganda. *Water, Air and Soil Pollution* 165(1), 37-59. <https://doi.org/10.1007/s11270-005-4643-6>.
- Le, K. D., Nguyen, V. N., Nguyen, T. T. L., Pham, Q. N., Brix, H., & Ngo, T. D. T. (2017). Effect of planting density on growth and nitrogen, phosphorus absorption of grass *Hymenachne acutigluma*. *CTU Journal of Science - Special Issue: Environment and Climate Changes* (1), 13-21. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2017.025>.
- Liu, Y. H., Meng, B. F., Tong, D. Y., & Chi, J. (2014). Effect of plant density on phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons contaminated sediments with *Vallisneria spiralis*. *Ecological Engineering* 73, 380-385. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.084>.
- Nguyen, K. M., Nguyen, M. C., Phan, M. V., Nguyen, H. T. Q., Phan, S. T., & Nguyen, D. A. (2020). Comparison and assessment of the nutrient removal capacity by reed grass (*Phragmites australis* L.) and vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.). *Science and Technology Development Journal: Natural Sciences* 4(2), 441-457. <https://doi.org/10.32508/stdjns.v4i2.702>.
- Pham, N. Q., Truong, P. Q., Nguyen, C. V., & Doan, L. C. (2015). Assessment of removal pollutants ability from wastewater intensive catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) by constructed wetlands combined water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *CTU Journal of Science - Special Issue: Environment and Climate Changes*, 58-70.
- Pinho, S. M., Molinari, D., Mello, G. L., Fitzsimmons, K. M., & Emerenciano, M. G. C. (2017). Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. *Ecological Engineering Part A* 103, 146-153. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.009>.
- Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics integrating fish and plant culture. *Southern Regional Aquaculture Center* 454.
- Sallenave, R. (2016). *Important water quality parameters in aquaponics systems*. New Mexico, USA: College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State University.
- Shukla, O. P., Rai, U. N., & Dubey, S. (2009). Involvement and interaction of microbial communities in the transformation and stabilization of chromium during the composting of tannery effluent treated biomass of *Vallisneria spiralis* L. *Bioresource Technology* 100(7), 2198-2203. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.036>.
- Sinha, S., Saxena, R., & Singh, S. (2002). Comparative studies on accumulation of Cr from metal solution and tannery effluent under repeated metal exposure by aquatic plants: Its toxic effects. *Environmental Monitoring and Assessment* 80, 17-31. <https://doi.org/10.1023/a:1020357427074>.

- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming* (FAO fisheries and aquaculture reports technical paper No. 589). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of The United Nations).
- Tian, Z., Zheng, B., Liu, M., & Zhang, Z. (2009). *Phragmites australis* and *Typha orientalis* in removal of pollutant in Taihu Lake, China. *Journal of Environmental Sciences* 21(4), 440-446. [https://doi.org/10.1016/s1001-0742\(08\)62289-5](https://doi.org/10.1016/s1001-0742(08)62289-5).
- Vajpayee, P., Rai, U. N., Ali, M. B., Tripathi, R. D., Yadav, V., Sinha, S., & Singh, S. N. (2001). Chromium-induced physiologic changes in *Vallisneria spiralis* L. and its role in phytoremediation of tannery effluent. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 67(2), 246-256. <https://doi.org/10.1007/s001280117>.
- Verhofstad, M. J. J. M., Poelen, M. V., Van Kempen, M. M. L., Bakker, E. S., & Smolders, A. J. P. (2017). Finding the harvesting frequency to maximize nutrient removal in a constructed wetland dominated by submerged aquatic plants. *Ecological Engineering* 106, 423-430. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.012>.