

BIẾN ĐỘNG CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÀ MỘT SỐ NGUYÊN TỐ TRONG CÁ LÓC VÀ RAU CẢI XANH TRONG MÔ HÌNH AQUAPONICS

Nguyễn Phúc Cẩm Tú^{1*}, Nguyễn Ngọc Hà²

TÓM TẮT

Aquaponic, hệ thống canh tác đa bậc dinh dưỡng gồm có một hệ thống nuôi thủy sản tuần hoàn và hệ thủy canh, là một trong những hệ thống sản xuất thực phẩm bền vững đầy hứa hẹn. Trong nghiên cứu này, hai hệ thủy canh bè nổi (BN) và giá thể sỏi (GTS) được sử dụng để sản xuất cá lóc đen (*Channa striata*) và rau cải xanh (*Brassica juncea*). Cá được nuôi trong vòng 167 ngày với ba đợt trồng và thu hoạch rau. Chất dinh dưỡng thực vật cũng như tích lũy kim loại nặng và nitrát trong cá lóc và rau cải xanh được đánh giá trong ba chu kỳ sản xuất rau. Kết quả cho thấy hàm lượng của các chất dinh dưỡng thực vật theo dõi hàng tuần (tổng nitơ, photpho hòa tan, kali, canxi, magiê, bo và sắt) ở nghiệm thức GTS cao hơn có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức BN ($p < 0,05$). Hàm lượng của các kim loại nặng (cadimi, chì và thủy ngân) và nitrát trong cá lóc và rau khi thu hoạch thấp hơn giới hạn cho phép được khuyến cáo bởi Tổ chức Y tế Thế giới, Cộng đồng kinh tế châu Âu và Bộ Y tế Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc nuôi kết hợp cá lóc và trồng rau thủy canh trong mô hình aquaponic hoàn toàn thân thiện với môi trường và tạo ra sản phẩm cá và rau an toàn. Cần có các nghiên cứu tiếp theo để xác định tỷ lệ tối ưu giữa lượng ăn của cá và diện tích trồng rau cho các đối tượng thủy sản và cây trồng khác.

Từ khóa: Aquaponic, cá lóc đen, cải xanh, kim loại nặng, nitrát.

1. GIỚI THIỆU

Cá lóc là loại thủy sản có giá trị dinh dưỡng cao, thơm ngon, ít xương, được nhiều người ưa chuộng, nên nhu cầu tiêu thụ cá lóc rất lớn. Ngoài ra, do cá lóc có thể thích nghi tốt với điều kiện môi trường khắc nghiệt, tăng trưởng nhanh nên các mô hình nuôi thâm canh ở mật độ cao ngày càng phát triển. Tuy nhiên, cùng với sự phát triển của nghề nuôi, vấn đề ô nhiễm môi trường ao nuôi/vùng nuôi do thức ăn dư thừa, chất thải bài tiết,...ngày càng tăng. Do đó, nghiên cứu các công nghệ xử lý nước thải/tuần hoàn tái sử dụng nước cho các mô hình nuôi cá lóc là thực sự cần thiết.

Mô hình aquaponic là sự kết hợp giữa hệ thống nuôi thủy sản tuần hoàn (*recirculating aquaculture systems*, RAS) và trồng rau thủy canh (*hydroponics*) và là một công nghệ đầy hứa hẹn hướng tới một chuỗi sản xuất thực phẩm bền vững. Mục đích chính của aquaponic là tái sử dụng chất dinh dưỡng thải ra từ cá nuôi để trồng rau. Mô hình aquaponic thường

gồm có bể nuôi cá, tách cặn, lọc sinh học, hệ thủy canh và bơm. Có nhiều loại hệ thủy canh khác nhau đã được sử dụng để trồng cây: tưới nhỏ giọt (TNG), bè nổi (BN), giá thể sỏi (GTS) và màng dinh dưỡng (NFT) [1]. Tuy nhiên, có rất ít công trình nghiên cứu đánh giá hiệu quả và sự thích hợp của các hệ thủy canh này trong mô hình aquaponic. Khi so sánh ba phương pháp canh tác BN, GTS và NFT trong trồng rau xà lách, Lennard và Leonard (2006) [2] nhận thấy hệ NFT có năng suất rau và hiệu quả loại bỏ dinh dưỡng từ cá thấp hơn hai hệ còn lại. Trong khi đó, Schmautz *et al.* (2016) [3] ghi nhận năng suất và chất lượng quả cà chua trồng trong ba hệ thủy canh TNG, BN và NFT là như nhau.

Mặc dù có nhiều ưu điểm, nhưng việc áp dụng aquaponic ở Việt Nam hiện nay còn mang tính tự phát, tiềm ẩn nhiều rủi ro do công nghệ này đòi hỏi người nuôi phải có trình độ kỹ thuật cao, biết cách quản lý môi trường nuôi tốt, chi phí đầu tư cho hệ thống cao,... Vì vậy, cần có nghiên cứu xác định loại hệ thủy canh tối ưu và đánh giá các biến động môi trường cũng như chất lượng của cá và rau thu hoạch trong hệ thống aquaponic phù hợp với điều kiện nuôi cá lóc qui mô hộ gia đình ở Việt Nam.

¹ Khoa Thủy sản, Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh

*Email: npctu@hcmuaf.edu.vn

² Viện Nghiên cứu Công nghệ Sinh học và Môi trường, Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh

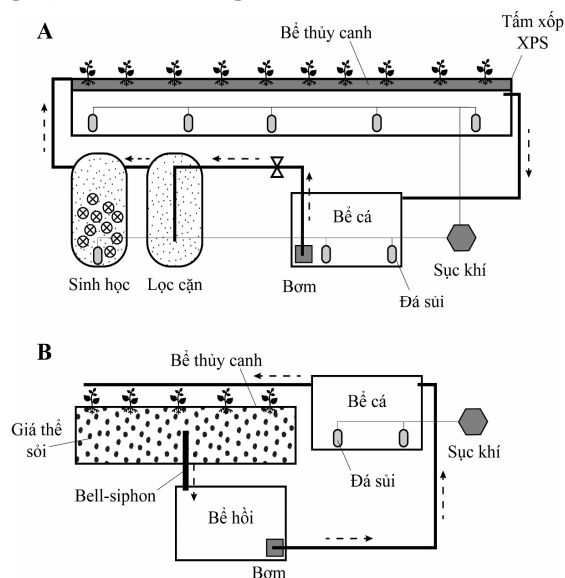
2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Nghiên cứu được tiến hành ở khu thí nghiệm của Viện Nghiên cứu Công nghệ Sinh học và Môi trường (RIBE), Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh. Cá lóc giống được mua ở trại cá giống ở Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai. Cá được nuôi thích nghi với điều kiện thí nghiệm. Khi cá đạt khối lượng khoảng 9,5 – 10,5 g/con thì tiến hành bố trí thí nghiệm. Mỗi bể cá (thể tích bể 100 L duy trì thể tích nước ở mức 80 L) trong hệ thống được thả 40 con có khối lượng tương đối đều nhau. Nguồn nước sử dụng trong toàn bộ thí nghiệm là nước máy.

2.2. Hệ thống thí nghiệm và vận hành

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên với hai nghiệm thức (NT) là hai hệ thống thủy canh: hệ thống bể nổi (BN) và hệ thống giá thể sỏi (GTS), mỗi NT lặp lại 3 lần. Toàn bộ hệ thống thí nghiệm được đặt trong nhà lưới.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống aquaponic thí nghiệm: (A) hệ thống bể nổi; (B) hệ thống giá thể sỏi

Hệ thống thí nghiệm bố trí theo Nguyễn Phúc Cẩm Tú và ctv (2021) [4]. Mô tả một cách ngắn gọn, hệ thống BN gồm có bể cá (80 L), bể lọc cặn (35 L, kiểu tự lắng), bể lọc sinh học (35 L, chứa 15 L hạt nhựa Kaldnes) và bể trồng rau (5,7 m² dùng tấm xốp XPS). Mỗi hệ thống bể nổi có tổng cộng 171 lỗ (mật độ 30 cây/m²). Nước từ bể cá được bơm vào bể lọc cặn, tự chảy qua bể lọc sinh học đến bể trồng rau và tuần hoàn trở lại bể cá. Lưu lượng nước chảy trong

toàn bộ hệ thống là 360 L/giờ (Hình 1A). Hệ thống BN được thiết kế dựa theo tỷ lệ lượng thức ăn/điện tích trồng cây là 60 g/m² [5]. Sinh khối cá dự kiến đạt 12 kg/bể với tỷ lệ cho ăn 3% khối lượng thân, lượng ăn tối đa là 360 g/ngày.

Hệ thống GTS gồm có bể cá (100 L), bể rau (1,2 m², thể tích 240 L có khoảng 180 L hạt sét nung) và bể hồi nước (100 L). Nước từ bể cá tự chảy qua bể rau, bể rau có lắp một bell-siphon để tự động rút nước ở đáy và chảy về bể hồi. Máy bơm sẽ bơm nước ngược từ bể hồi lên bể cá và chảy sang bể rau. Ở hệ thống này, một chu kỳ bơm và xả cạn là 16 phút. Mỗi hệ thống GTS có tổng cộng 50 rọ trồng cây (mật độ khoảng 42 cây/m²) (Hình 1B). Hệ thống GTS được thiết kế theo tỷ lệ 1 thể tích cá nuôi/2 thể tích GTS [6].

Thời gian thí nghiệm kéo dài 167 ngày (từ ngày 7/8/2020 đến 21/1/2021). Thức ăn thí nghiệm là thức ăn dành cho cá lóc của Công ty TNHH Khoa kỹ Sinh vật Thăng Long (cỡ viên 2 – 6 mm, độ đậm 42 – 44%). Cá lóc được cho ăn hai lần trong ngày (7 giờ và 17 giờ), với lượng ăn thỏa mãn nhu cầu, mỗi lần cho ăn kéo dài khoảng 1 giờ. Sau khi cá ngừng ăn, tiến hành thu và ghi nhận lượng thức ăn thừa để tính lượng ăn. Thức ăn cho ăn được bổ sung thêm vitamin C (với liều 0,5%) bằng cách hòa tan vitamin C vào nước và phun lên viên thức ăn. Hạt giống rau được gieo vào xốp ươm (94 lỗ/tấm). Sau khi hạt nảy mầm được 10 – 12 ngày, cây có 1 – 2 lá thật, bắt đầu chuyển cây vào hệ thống, sau 30 ngày tiến hành thu hoạch rau. Trong thời gian thí nghiệm, có tổng cộng ba đợt trồng và thu hoạch rau. Phòng ngừa sâu bệnh gây hại cho rau bằng một số biện pháp như: bẫy màu, phun thuốc sinh học,... Để duy trì giá trị pH trong hệ thống nằm trong khoảng 6,8 – 7,0 [1, 7], định kỳ bổ sung với bột CaCO₃. Sắt chelate (DTPA Fe) được thêm vào hệ thống với nồng độ 2 mg/L mỗi 2 tuần/lần.

2.3. Lấy và phân tích mẫu nước

Tổng nitơ Kjeldahl (N), photpho hòa tan (P), kali (K), canxi (Ca) và magie (Mg) được đo một tuần một lần (định kỳ thứ hai hàng tuần) tại hai vị trí/hệ thống: bể cá và đầu ra của bể rau. Bo (B) và sắt (Fe) được đo hai tuần một lần (ngày thứ hai mỗi hai tuần) tại hai vị trí/hệ thống: bể cá và đầu ra bể rau. Tất cả các chỉ tiêu được phân tích tại Phòng Độc chất học Môi trường, RIBE theo các phương pháp chuẩn của APHA [8].

2.4. Phân tích kim loại nặng (Cd, Pb, Hg)

Các phân tích kim loại nặng (KLN) được thực hiện tại Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh. Mẫu cá (mẫu gộp của 3-4 con/bể) được phi lê và lấy phần thịt hai bên dùng để phân tích kim loại nặng. Mẫu rau (đã loại bỏ rễ) của đợt thu hoạch thứ ba được dùng phân tích KLN là mẫu gộp của 20 cây/bể. Mẫu cá và rau được sấy khô ở 60°C trong 24 giờ và xay nhuyễn. Mẫu cá và rau sau khi xay nhuyễn được cho vào ống COD có nắp lót teflon, thêm 2 mL HNO₃ đặc, đun ở 150°C trong 2 giờ đến tan hoàn toàn mẫu. Để nguội, thêm 1 mL H₂O₂, tiếp tục đun trong 1 giờ đến khi dung dịch trong suốt hoặc có màu vàng nhạt. Để nguội, thêm 1 mL HCl đặc, định mức 25 mL. Để xác định Cd và Pb: mẫu dung dịch sau công phá được pha loãng bằng nước cất 2 lần và được đo bằng phương pháp khối phổ ghép cặp cảm ứng cao tần (ICP - MS). Tiến hành đo Hg bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử - kỹ thuật hóa hơi lạnh tích góp trên bể vàng (CV - Amalgam - AAS).

2.5. Nitrát trong rau

Sau mỗi đợt thu hoạch rau, tiến hành xác định nitrát trong rau dựa theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8742 : 2011 [9]. Mẫu rau xác định nitrát là mẫu gộp 20 cây/bể. Chiết xuất nhanh nitrát trong mẫu rau tươi trong môi trường nước bằng năng lượng vi sóng

và xác định hàm lượng theo phương pháp so màu phenoldisulfonic.

2.6. Phân tích thống kê

Các phân tích thống kê thực hiện theo hướng dẫn của Gomez và Gomez (1984) [10] và Bhujel (2008) [11]. Để đánh giá sự biến động các chỉ tiêu chất lượng nước giữa hai NT theo thời gian thu mẫu: phân tích thống kê bằng phương sai một yếu tố với đo lường lặp lại (repeated measures ANOVA) với các NT (hai loại bể thủy canh) là yếu tố thí nghiệm và đợt (tuần thu mẫu) là yếu tố đo lường lặp lại. Trong cùng một NT, để so sánh sự biến động của các chỉ tiêu chất lượng nước giữa bể cá và bể rau sử dụng kiểm định *t* hai mẫu liên hệ. So sánh hàm lượng KLN (Cd, Pb, Hg) trong cá và rau và hàm lượng nitrát trong rau giữa hai NT sử dụng kiểm định *t* hai mẫu độc lập. Số liệu được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Mức xác suất $p < 0,05$ được chấp nhận như tiêu chuẩn đánh giá sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Tất cả các phân tích thống kê được thực hiện bằng phần mềm IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19.0 (Armonk, NY: IBM Corp).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hàm lượng của các chất dinh dưỡng cây trồng

Hàm lượng của các chất dinh dưỡng trong nước ở mỗi nghiệm thức được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Hàm lượng của các chất dinh dưỡng trong nước ở các nghiệm thức

Chỉ tiêu (mg/L)	Giá thể sỏi		Bè nổi		Mức ý nghĩa [#] (giá trị xác suất <i>p</i>)		
	Bể cá	Đầu ra bể rau	Bể cá	Đầu ra bể rau	NT	Đợt	NT×Đợt
N	14,5 $\pm$ 18,7 ^{†ax}	13,9 $\pm$ 18,9 ^y	3,53 $\pm$ 1,61 ^{bx}	2,78 $\pm$ 1,03 ^y	***	***	***
P	7,59 $\pm$ 7,72 ^{ax}	7,69 $\pm$ 7,77 ^x	8,97 $\pm$ 5,63 ^{bx}	8,68 $\pm$ 5,40 ^y	**	***	***
K	120 $\pm$ 79 ^{ax}	120 $\pm$ 83 ^x	21,7 $\pm$ 13,3 ^{bx}	21,9 $\pm$ 13,4 ^x	***	***	***
Ca	135 $\pm$ 50 ^{ax}	134 $\pm$ 48 ^x	57,7 $\pm$ 17,7 ^{bx}	59,0 $\pm$ 19,2 ^x	***	***	***
Mg	19,1 $\pm$ 8,7 ^{ax}	19,2 $\pm$ 9,9 ^x	7,63 $\pm$ 3,76 ^{bx}	6,38 $\pm$ 2,98 ^y	***	***	***
B	1,68 $\pm$ 1,04 ^{ax}	1,64 $\pm$ 1,04 ^x	0,666 $\pm$ 0,231 ^{bx}	0,655 $\pm$ 0,240 ^x	***	***	***
Fe	0,222 $\pm$ 0,287 ^{ax}	0,234 $\pm$ 0,282 ^x	0,067 $\pm$ 0,044 ^{bx}	0,073 $\pm$ 0,050 ^x	***	***	***

Ghi chú: [†] trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. [#] kết quả từ phân tích phương sai mẫu đo lường lặp lại: NT = nghiệm thức; đợt = các đợt lấy mẫu và NT×Đợt = tương tác giữa nghiệm thức và đợt lấy mẫu. Các giá trị trung bình trong cùng một hàng của bể cá có cùng ký tự (^{ab}) chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa ($p > 0,05$). *, ** và *** chỉ mức ý nghĩa ở $p < 0,05$, $< 0,01$ và $< 0,001$ ($p > 0,05$). Các giá trị trung bình trong cùng một hàng của cùng nghiệm thức có cùng ký tự (^y) chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa ($p > 0,05$) (kiểm định *t* hai mẫu liên hệ).

Trong cùng hệ thống, hàm lượng N trung bình ở đầu ra bể rau thấp hơn so với bể cá. Trong khi đó, hàm lượng N trung bình ở nghiệm thức GTS cao hơn

có ý nghĩa thống kê so với BN. Bảng 1 cho thấy, hàm lượng N trung bình ở bể cá của GTS là 14,5 mg/L và ở đầu ra của bể rau là 13,9 mg/L. Trong khi đó, ở hệ

thống BN, hàm lượng N trung bình ở bể cá và đầu ra bể rau lần lượt là 3,53 mg/L và 2,78 mg/L. Hàm lượng N trung bình ở bể cá và đầu ra bể rau của GTS cao hơn từ 4 – 5 lần so với bể cá và đầu ra bể rau của hệ thống BN. Hàm lượng N ở hai hệ thống có xu hướng tăng cao vào cuối thí nghiệm, nhưng hàm lượng N ở hệ thống GTS có xu hướng tăng nhanh hơn so với hệ thống BN, đặc biệt là ở giai đoạn cuối. Điều này có lẽ là do bộ lọc cặn ở hệ thống BN đã hoạt động hiệu quả, giữ được hầu hết cặn trong bộ lọc. Ngoài ra, có thể là do thể tích nước trong BN cao hơn GTS 10 lần đã hòa loãng chất ô nhiễm.

Phốt pho (P) là một trong những chất dinh dưỡng cần thiết cho sự phát triển của cây rau. Hàm lượng P hòa tan trung bình ở hệ thống GTS ở bể cá (7,59 mg/L) khác biệt không có ý nghĩa so với đầu ra bể rau (7,69 mg/L) ($p > 0,05$). Trong khi, ở hệ thống BN, hàm lượng P hòa tan trung bình ở bể cá (8,97 mg/L) cao hơn có ý nghĩa so với đầu ra bể rau (8,68 mg/L) (Bảng 1). Hàm lượng P hòa tan trung bình ở hệ thống BN cao hơn có ý nghĩa so với hệ thống GTS ($p < 0,05$). Cũng giống như N, P hòa tan cũng có xu hướng tăng dần theo thời gian nuôi do sinh khối cá và vật chất hữu cơ tăng. Kết quả của nghiên cứu này cũng tương tự các nghiên cứu khác: hàm lượng P trong hệ thống aquaponic dao động trong khoảng 1 – 17 mg/L [12]. Nhưng nồng độ P khuyến cáo trong các dung dịch thủy canh tiêu chuẩn nằm trong khoảng 40 – 60mg/L [13]; do đó cần phải bổ sung thêm P vào trong hệ thống.

Hàm lượng kali (K) trung bình ở hệ thống GTS và BN có sự khác biệt lớn, K ở hệ thống GTS cao hơn hệ thống BN gần 5,5 lần ($p < 0,05$) (Bảng 1). Ở hệ thống GTS, sự khác biệt về hàm lượng K trung bình trong hệ thống GTS giữa bể cá (120 mg/L) và đầu ra bể rau (120 mg/L) không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Tương tự, ở hệ thống BN, hàm lượng K trung bình giữa bể cá (21,7 mg/L) và ở đầu ra bể rau (21,9 mg/L) khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Hàm lượng K ở hệ thống BN tương đối ổn định trong suốt quá trình nuôi. Đối với hệ thống GTS, hàm lượng K biến động không ổn định, có xu hướng tăng dần theo quá trình nuôi, tăng nhanh vào giai đoạn cuối của quá trình nuôi do sự tích tụ các vật chất hữu cơ cao. Kali tham gia vào rất nhiều quá trình sinh hóa ở thực vật và nó có vai trò quan trọng thứ hai sau nitơ. Nhu cầu về K của thực vật rất cao (> 100 mg/L). Trong hệ thống aquaponic, thức ăn của

thủy sản nuôi thường không cung cấp đủ K cho thực vật, vì vậy K thường được bổ sung vào nước thông qua việc điều chỉnh pH và độ kiềm bằng KOH [14-15]. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy hàm lượng K trong nước ở hệ thống BN quá thấp so với nhu cầu của cây.

Hàm lượng Ca ở hệ thống GTS cao hơn so với hệ thống BN ($p < 0,05$). Ở hệ thống GTS, hàm lượng Ca trung bình ở bể cá là 135 ± 50 mg/L và ở đầu ra của bể rau là 134 mg/L. Ở hệ thống BN, hàm lượng Ca trung bình ở bể cá là 57,7 mg/L và ở đầu ra bể rau là 59,0 mg/L (Bảng 1). Trong cùng hệ thống, hàm lượng Ca trung bình không có sự khác biệt giữa bể cá và đầu ra của bể rau ($p > 0,05$). Hàm lượng Ca ở hai hệ thống đã có sự khác biệt ngay ở đầu giai đoạn nuôi. Canxi ở hệ thống BN ổn định hơn so với hệ thống GTS và có xu hướng tăng theo thời gian nuôi. Tương tự như với K, thức ăn và phân cá chứa rất ít Ca và không đáp ứng đủ nhu cầu Ca cho thực vật (> 100 mg/L). Trong hệ thống aquaponic, thường phải bổ sung thêm Ca vào nước thông qua việc điều chỉnh pH và độ kiềm bằng CaCO_3 hoặc Ca(OH)_2 [14 - 15]. Trong nghiên cứu này, hàm lượng Ca trong nước luôn được duy trì ở ngưỡng < 100 mg/L, đặc biệt là ở hệ thống BN. Mặc dù định kỳ bón vôi CaCO_3 vào trong hệ thống để nâng độ kiềm và điều chỉnh pH, tuy nhiên hàm lượng Ca trong nước vẫn thấp so với nhu cầu của thực vật.

Hàm lượng Mg trung bình ở hệ thống GTS cao hơn hệ thống BN ($p < 0,05$). Ở hệ thống GTS, hàm lượng Mg trung bình ở bể cá và ở đầu ra của bể rau lần lượt là 19,1 mg/L và 19,2 mg/L. Trong khi đó, ở hệ thống BN, hàm lượng Mg trung bình ở bể cá là 7,63 mg/L và ở đầu ra bể rau là 6,38 mg/L (Bảng 1). Giá trị Mg trung bình ở bể cá và bể rau của hệ thống GTS không có sự khác biệt ($p > 0,05$), còn ở hệ thống BN giá trị Mg trung bình ở đầu ra bể rau thấp hơn so với bể cá ($p < 0,05$). Điều này có lẽ do sinh khối rau trong hệ thống BN thường cao hơn GTS, rau đã hấp thu một phần Mg có trong nước. Ở đầu giai đoạn thí nghiệm giá trị Mg ở hai hệ thống là gần như nhau. Sau thời gian nuôi, giá trị Mg ở hệ thống GTS cao hơn so với BN, nhưng hàm lượng Mg biến động không theo quy luật. Magie cũng là một trong những nguyên tố đa lượng cần cho thực vật, nhưng nhu cầu Mg thấp hơn so với N, P, K và Ca, chỉ khoảng vài chục mg/L. Trong hệ thống aquaponic, Mg chủ yếu

có nguồn gốc từ thức ăn và thường tích tụ trong chất thải của cá [15].

Bo (B) và sắt (Fe) là hai trong những nguyên tố vi lượng cần cho sự phát triển của cây. Hàm lượng B ở bể cá và ở đầu ra bể rau trong hệ thống GTS cao hơn trong hệ thống BN ($p < 0,05$). Ở hệ thống GTS, hàm lượng B trung bình ở bể cá là $1,68 \pm 1,04$ mg/L và ở đầu ra bể rau là 1,64 mg/L. Trong khi đó, ở hệ thống BN, hàm lượng B ở bể cá là 0,666 mg/L và ở đầu ra bể rau là 0,655 mg/L. Trong cùng một hệ thống, hàm lượng B ở bể cá và đầu ra ở bể rau khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) (Bảng 1). Bo là một nguyên tố vi lượng cần cho sự tăng trưởng và phát triển bình thường của cây; tuy nhiên ngưỡng giới hạn mức B tối ưu và mức gây độc của B trong cây trồng rất thấp. Nói chung, hàm lượng B trong đất $< 0,5$ ppm được xem là thiếu, trong khi chỉ vài ppm có thể gây độc. Abreu *et al.* (2005) [16] đã tổng kết các phát hiện của họ và các nghiên cứu khác và đề xuất ngưỡng giới hạn B trong đất như sau: 0,0 – 0,2 ppm là thấp, 0,21 – 0,6 ppm là trung bình, 0,61 – 1,1 ppm là cao, 1,2 – 3,0 ppm là rất cao và $> 3,0$ ppm là ngưỡng độc. Trong hệ thống thủy canh, hàm lượng B tối ưu cho cây trồng là $0,573 \pm 0,134$ [17]. Điều đó cho thấy hàm lượng B trong hệ thống BN tương đối phù hợp cho cây, nhưng ở hệ thống GTS hàm lượng B ở giai đoạn cuối thí nghiệm có thể gây độc cho cây.

Hàm lượng Fe ở bể cá và ở đầu ra bể rau trong hệ thống GTS cao hơn trong hệ thống BN ($p < 0,05$). Ở hệ thống GTS, hàm lượng Fe trung bình ở bể cá và đầu ra bể rau lần lượt là 0,222 mg/L và 0,234 mg/L. Trong khi đó, ở hệ thống BN, hàm lượng Fe ở bể cá là 0,067 mg/L và ở đầu ra bể rau là 0,073 mg/L. Trong cùng một hệ thống, hàm lượng Fe ở bể cá và đầu ra ở bể rau khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) (Bảng 1). Trong thời gian thí nghiệm, hàm lượng Fe trung bình ở hệ thống BN (dao động trong khoảng 0,01 – 0,17 mg/L) thường thấp hơn so với hệ thống GTS (dao động trong khoảng 0,01 – 0,94 mg/L). Sắt cũng là một nguyên tố vi lượng cần thiết cho cây trồng và thường thiếu trong hệ thống aquaponic do Fe ở dạng thích hợp cho sự hấp thụ của cây trồng ở pH cao. Ngoài ra, khoảng 24% Fe có trong thức ăn sẽ tích tụ trong cặn lắng [18]. Hàm lượng Fe được khuyến cáo nên duy trì ở mức 2 mg/L bằng cách bổ sung Fe ở dạng phức chelate (EDTA, DTPA,...) định kỳ 2 – 4 tuần/lần [1, 15, 18, 19]. Hàm lượng Fe trong nghiên cứu này tương đối thấp so với

khuyến cáo, mặc dù Fe chelate ở dạng DTPA vẫn được bổ sung với liều lượng là 2 mg/L mỗi 2 tuần lần.

Kết quả cho thấy do sự khác biệt về thể tích nước giữa hai hệ thống, các chỉ tiêu dinh dưỡng thực vật như N, P, K, Ca, Mg, B và Fe ở hệ thống thủy canh BN đều thấp hơn so với hệ thống thủy canh GTS. Nguyên nhân của sự khác biệt này là do thể tích nước của toàn hệ thống BN (1.447 lít) lớn hơn so với hệ thống GTS (145 lít), do đó nước trong hệ thống BN được hòa loãng hơn so với hệ thống GTS. Nghiên cứu của Nguyễn Phúc Cẩm Tú và ctv (2021) cũng ghi nhận hàm lượng của các thông số chất lượng nước như amôn, nitrit, nitrat, photpho tổng và độ kiềm ở nghiệm thức GTS cao hơn so với nghiệm thức BN. Đồng thời, khối lượng trung bình của cá lóc cuối thí nghiệm, tăng trưởng tuyệt đối và tương đối và tỷ lệ sống ở hệ thống GTS cũng cao hơn và FCR thấp hơn so với hệ thống BN. Tuy nhiên, năng suất rau thu hoạch ở hệ thống BN luôn cao hơn rất đáng kể so với hệ thống GTS [4]. Điều này cho thấy hàm lượng các chất dinh dưỡng thực vật ở bể thủy canh BN luôn được duy trì ở điều kiện tốt hơn cho sự phát triển của rau.

3.2. Hàm lượng kim loại nặng trong cá lóc

Mô hình aquaponic là một hệ thống tuần hoàn, không có sự đào thải hay thay nước, do đó khi vận hành hệ thống có sự tích lũy các chất cặn thải của cá hay một phần thức ăn thừa có thể gây tích lũy một số KLN trong nước và có thể gây ra sự tích tụ KLN trong cá nuôi. Cá lóc cuối thí nghiệm được thu mẫu và phân tích, kết quả được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Hàm lượng kim loại nặng (mg/kg) trong cá ở hai nghiệm thức

(tính theo khối lượng tươi)			
Kim loại	Giá thể sỏi (GTS)	Bè nổi (BN)	QCVN 8 – 2:2011/BYT [20]
Cd	$0,002 \pm 0,001^a$	$0,002 \pm 0,000^a$	0,05
Pb	$0,016 \pm 0,007^a$	$0,016 \pm 0,005^a$	0,3
Hg	$0,002 \pm 0,001^a$	$0,002 \pm 0,000^a$	0,5

Các giá trị trung bình trong cùng một hàng có cùng ký tự chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa ($p > 0,05$) (Kiểm định t hai mẫu độc lập).

Hàm lượng Cd, Pb và Hg ở nghiệm thức GTS lần lượt là 0,002; 0,016; 0,002 mg/kg. Ở nghiệm thức BN, hàm lượng Cd, Pb và Hg lần lượt là 0,002; 0,016; 0,002 mg/kg. Hàm lượng các KLN tích lũy trong cá ở

hai nghiệm thức rất thấp, không có sự khác biệt giữa hai NT ($p > 0,05$) và đều nằm dưới giới hạn cho phép theo QCVN 8 – 2:2011/BYT [20]. Điều này chứng tỏ, cá lóc sản xuất từ mô hình aquaponic không có sự tích lũy các KLN độc hại nên an toàn đối với sức khỏe con người.

3.3. Hàm lượng kim loại nặng và nitrát trong rau

Việc kết hợp giữa trồng rau thủy canh và nuôi cá đang được áp dụng rộng rãi. Mô hình hoàn toàn để xây dựng vì là mô hình tuần hoàn nước nên không cần tiêu tốn quá nhiều nước. Do mô hình không có sự đào thải hay thay nước, nên có khả năng gây tích lũy nitrát và các KLN trong rau. Mẫu rau sau khi thu hoạch, được tiến hành phân tích Cd và Pb để kiểm tra độ an toàn thực phẩm sản xuất từ mô hình aquaponic (Bảng 3).

Bảng 3. Hàm lượng kim loại nặng trong cải xanh ở đợt thu hoạch thứ ba (tính theo khối lượng tươi)

Kim loại	Giá thể sỏi (GTS)	Bè nổi (BN)	QCVN 8 – 2:2011/BYT [20]
Cd (mg/kg)	$0,027 \pm 0,006^a$	$0,003 \pm 0,001^b$	0,2
Pb (mg/kg)	$0,045 \pm 0,001^a$	$0,025 \pm 0,006^b$	0,3

Ghi chú: Các giá trị trung bình trong cùng một hàng có cùng ký tự chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa ($p > 0,05$) (kiểm định t hai mẫu độc lập).

Hàm lượng của Cd và Pb trong rau ở cả hai NT đều thấp. Hàm lượng Cd trung bình trong rau ở NT Giá thể sỏi ($0,027$ mg/kg) cao hơn NT Bè nổi ($0,003$ mg/kg) ($p < 0,05$) (Bảng 3). Đối với Pb, rau thu được ở NT GTS có hàm lượng Pb trung bình là $0,045$ mg/kg cao hơn ở NT BN là $0,025$ mg/kg ($p < 0,05$) (Bảng 3). Tuy nhiên, hàm lượng Cd và Pb trong rau của hai NT đều đạt quy chuẩn của Bộ Y tế (QCVN 8 – 2:2011).

Sau mỗi đợt thu hoạch rau, tiến hành thu mẫu rau để phân tích hàm lượng nitrát trong rau (Bảng 4). Hàm lượng nitrát trong rau cải xanh ở hệ thống BN luôn cao hơn hệ thống GTS; tuy nhiên, chỉ có ở đợt 3 hàm lượng nitrát trong rau ở hệ thống BN (124 mg/kg) cao hơn có ý nghĩa so với rau trong hệ thống GTS ($39,8$ mg/kg) ($p < 0,05$). Rau thu hoạch ở cả ba đợt đều có hàm lượng nitrát đạt quy chuẩn theo quy định của Tổ chức Y tế thế giới (WHO) và Cộng đồng kinh tế châu Âu (EC), giới hạn hàm lượng nitrát trong rau không quá 300 mg/kg. Do đó, rau sản xuất

từ mô hình aquaponic an toàn đến sức khỏe người tiêu dùng.

Bảng 4. Hàm lượng nitrát (mg/kg) trong cải xanh ở các đợt thu mẫu (tính theo khối lượng tươi)

Đợt rau trồng	Nghiệm thức	Nitrát
1	Giá thể sỏi	$74,6 \pm 4,8^{†a}$
	Bè nổi	$98,3 \pm 17,1^a$
2	Giá thể sỏi	$58,3 \pm 0,7^a$
	Bè nổi	$74,4 \pm 10,6^a$
3	Giá thể sỏi	$39,8 \pm 8,5^b$
	Bè nổi	124 ± 13^a

Ghi chú: † trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($n = 3$). Ở cùng 1 đợt trồng rau, các giá trị trung bình trong cùng một cột có cùng ký tự chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa ($p > 0,05$) (kiểm định t hai mẫu độc lập).

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy, cá lóc và rau được sản xuất từ mô hình thủy canh kết hợp nuôi cá (aquaponic) hoàn toàn an toàn, hàm lượng các KLN và nitrát tích tụ không gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe của con người.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy các chỉ tiêu dinh dưỡng thực vật như N, P, K, Ca, Mg, B và Fe ở hệ thống thủy canh BN đều thấp hơn so với hệ thống thủy canh GTS. Hàm lượng của hầu hết các chất dinh dưỡng này chưa đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng của cây, nhưng hàm lượng B tích lũy cao ở BN có thể gây độc cho rau. Hàm lượng của các KLN (Cd, Pb và Hg) và nitrát tích tụ trong sản phẩm thu hoạch (cá lóc và cải xanh) từ mô hình aquaponic đều nằm dưới giới hạn cho phép của Tổ chức Y tế thế giới (WHO), Cộng đồng kinh tế châu Âu (EC) và Bộ Y tế. Cùng với kết quả của nghiên cứu trước, kết quả của nghiên cứu này cho thấy rau cải xanh phù hợp trồng trong hệ thống thủy canh BN trong mô hình aquaponic. Nuôi cá lóc kết hợp trồng rau cải xanh trong mô hình aquaponic thân thiện về mặt môi trường và tạo ra các sản phẩm (rau, cá) an toàn đáp ứng nhu cầu người tiêu dùng. Cần có các nghiên cứu tiếp theo để xác định tỷ lệ tối ưu giữa lượng ăn của cá và diện tích trồng rau trong hệ thống aquaponic cho các đối tượng thủy sản và cây trồng khác.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí thực hiện đề tài này (Mã số: CS-CB19-TS-01).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Somerville C., Cohen M., Pantanella E., Stankus A. & Lovatelli A. (2014). *Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming* (pp. 262). Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>
2. Lennard W.A. & Leonard B.V. (2006). A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an aquaponic test system. *Aquaculture International*, 14 (6), pp. 539-550, DOI: 10.1007/s10499-006-9053-2.
3. Schmautz Z., Loeu F., Liebisch F., Graber A., Mathis A., Griessler Bulc T. & Junge R. (2016). Tomato productivity and quality in aquaponics: comparison of three hydroponic methods. *Water*, 8 (11), pp. 533.
4. Nguyễn Phúc Cẩm Tú, Nguyễn Ngọc Hà, Thái Thị Thanh Thủy, Trần Triệu Phong, Nguyễn Như Trí (2021). So sánh ảnh hưởng của hai hệ thống thủy canh lên chất lượng nước và phát triển của cá lóc và cải bẹ xanh trong mô hình aquaponic. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển*, 20 (2), pp. 27-35.
5. Rakocy J.E., Masser M.P. & Losordo T.M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics—integrating fish and plant culture *SRAC Publication* (Vol. 454, pp. 16).
6. Timmons M.B. & Ebeling J.M. (2010). *Recirculating aquaculture* (2nd ed.). Ithaca, New York, USA: Cayuga Aqua Ventures.
7. Sallenave R. (2016). Important water quality parameters in aquaponics systems (pp. 8): College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State University.
8. APHA (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington DC, US: American Public Health Association.
9. Tổng cục Tiêu chuẩn, Đo lường và Chất lượng (2011). Cây trồng – Xác định nitrit và nitrat bằng phương pháp so màu TCVN 8742 : 2011.
10. Gomez K. A. & Gomez A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). United States: John Wiley & Sons.
11. Bhujel R.C. (2008). *Statistics for aquaculture*. Wiley-Blackwell.
12. Goddek S., Delaide B., Mankasingh U., Ragnarsdottir K.V., Jijakli H. & Thorarinsdottir R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability*, 7 (4), pp. 4199-4224.
13. Resh H. M. (2013). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower* (7th ed.). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
14. Donaldson G. (2008). *The urban aquaponics manual* (2nd Edition ed.).
15. Lennard W. (2017). *Commercial aquaponic systems – integrating recirculating fish culture with hydroponic plant production* W. Lennard (Ed.) (pp. 420).
16. Abreu C. A. d., Raji B. v., Abreu M. F. d. & González A. P. (2005). Routine soil testing to monitor heavy metals and boron. *Scientia Agricola*, 62 (6), pp. 564-571, DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000600009>.
17. Bittsanszky A., Uzinger N., Gyulai G., Mathis A., Junge R., Villarroel M., Kotzen B. & Komives T. (2016). Nutrient supply of plants in aquaponic systems. *Ecocycles*, 2 (2), pp. 17-20, DOI: 10.19040/ecocycles.v2i2.57.
18. Eck M., Körner O. & Jijakli M.H. (2019). Nutrient cycling in aquaponics systems. In S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen & G.M. Burnell (Eds.), *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future* (pp. 231-246). Cham: Springer International Publishing.
19. Rakocy J.E. (2012). Aquaponics—Integrating fish and plant culture. In J.H. Tidwell (Ed.), *Aquaculture Production Systems* (pp. 343-386): John Wiley & Sons, Inc.
20. Bộ Y tế (2011). Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia đối với giới hạn ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm, QCVN 8-2: 2011/BYT.

**ASSESSING WATER QUALITY VARIATIONS AND QUALITY OF SNAKEHEAD FISH AND
LEAF MUSTARD IN AQUAPONICS**

Nguyen Phuc Cam Tu¹, Nguyen Ngoc Ha²

¹*Faculty of Fisheries, Nong Lam University, Ho Chi Minh city*

²*Research Institute for Biotechnology and Environment, Nong Lam University, Ho Chi Minh city*

Email: npctu@hcmuaf.edu.vn

Summary

Aquaponics (AP), a multi-trophic fish and plants production system consisting of a recirculating aquaculture system and hydroponic elements, is one of the most promising sustainable food farming systems. In this study, two hydroponic systems consisting of floating raft (FR) and media filled bed (MB) are examined to produce snakehead fish (*Channa striata*) and leaf mustard (*Brassica juncea*). The fish were reared for 167 days while the vegetables were grown thrice within the period. Plant nutrients in water as well as the accumulation of heavy metals and nitrate in snakehead fish and leaf mustard were assessed in three different plant production cycles. The results showed that the levels of the plant nutrients weekly tested (total Kjeldahl nitrogen, soluble reactive phosphorous, potassium, calcium, magnesium, boron, and iron) in the MB were significantly higher than those in the FR ($p < 0.05$). At the harvesting time, the levels of heavy metals (cadmium, lead and mercury) and nitrate in snakehead fish and leaf mustard were lower than permissible limits recommended by the World Health Organization, the European Commission, and the Vietnamese Ministry of Health. These results indicated that the integration of snakehead fish farming and hydroponic cultivations of leaf mustard in the aquaponics is environmentally friendly and produce fish and vegetables that meet standards of safety and hygiene. Further study is needed to determine optimal ratio between the fish feeding rate and plant growing area for other fish and vegetables.

Keywords: *Aquaponics, heavy metals, leaf mustard, nitrate, snakehead fish.*

Người phản biện: GS.TS. Nguyễn Xuân Cự

Ngày nhận bài: 6/9/2021

Ngày thông qua phản biện: 7/10/2021

Ngày duyệt đăng: 14/10/2021