



ẢNH HƯỞNG DẠNG ĐẠM VÔ CƠ LÊN KHẢ NĂNG SINH TRƯỞNG VÀ XỬ LÝ ĐẠM CỦA CỎ MÒM MỠ (*Hymenachne acutigluma*)

Lê Diễm Kiều¹, Nguyễn Thị Anh Đào¹, Lê Quang Thuận¹, Huỳnh Như Ý¹, Phạm Quốc Nguyên¹, Hans Brix² và Ngô Thụy Diễm Trang³

¹Khoa Tài nguyên và Môi trường, Trường Đại học Đồng Tháp

²Bộ môn Khoa học Sinh học, Đại học Aarhus, Đan Mạch

³Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 28/07/2017

Ngày nhận bài sửa: 18/10/2017

Ngày duyệt đăng: 26/10/2017

Title:

Effects of inorganic nitrogen forms on growth and nitrogen uptake capacity of *Hymenachne acutigluma*

Từ khóa:

Cỏ Mồm mỡ, đạm amonium, đạm nitrate, hấp thu, sinh khối

Keywords:

Biomass, *hymenachne acutigluma*, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, uptake

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the effects of five $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ ratios (in mol) of 4:0, 3:1, 1:1, 1:3, and 0:4 on the growth of *Hymenachne acutigluma*. The experiment was arranged in a completely randomized design with 12 replications for each treatment. The growth of *H. acutigluma* and water quality were determined every 2 weeks for 8 weeks. The results showed that dry weight of *H. acutigluma* were high in the $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ ratio of 1:3 and 0:4. The presence and increment of both nitrogenous forms $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ in catfish wastewater helped to enhance $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ content and uptake capacity in the shoots and roots of *H. acutigluma*. The high $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration ($\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ ratios of 4:0 and 3:1) had negative effect on *H. acutigluma* root growth. The leaves had senescence and rotting symptoms in the eighth week of the experiment. The results indicated that nitrate is the preferable inorganic nitrogenous form for *H. acutigluma*'s growth and nitrogen uptake. Therefore, *H. acutigluma* had high potential use in constructed wetlands for wastewater treatment from intensive catfish pond with high nitrate concentration.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của 5 tỷ lệ (mol) $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ là 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 và 0:4 đến khả năng sinh trưởng và hấp thu đạm của cỏ Mồm mỡ (*Hymenachne acutigluma*). Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 12 lần lặp lại ở mỗi nghiệm thức. Sinh trưởng của Mồm mỡ và chất lượng nước được đánh giá sau mỗi 2 tuần trong 8 tuần. Kết quả cho thấy ở tỷ lệ $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ 1:3 và 0:4 cỏ Mồm mỡ có khả năng tăng trưởng sinh khối khô tốt. Nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ và $\text{NH}_4\text{-N}$ trong nước thải tăng giúp tăng hàm lượng và khả năng hấp thu $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ trong cả thân và rễ. Ở nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ cao (tỷ lệ 4:0 và 3:1) có dấu hiệu gây ngộ độc cho cây với biểu hiện rễ kém phát triển và úng lá ở tuần thứ 8. Kết quả cho thấy đạm nitrate thích hợp hơn cho sinh trưởng và hấp thu đạm của cỏ Mồm mỡ. Vì vậy, cỏ Mồm mỡ có tiềm năng trong việc ứng dụng vào các hệ thống đất ngập nước để xử lý nước thải ao nuôi thâm canh cá tra có nồng độ đạm nitrate cao.

Trích dẫn: Lê Diễm Kiều, Nguyễn Thị Anh Đào, Lê Quang Thuận, Huỳnh Như Ý, Phạm Quốc Nguyên, Hans Brix và Ngô Thụy Diễm Trang, 2017. Ảnh hưởng dạng đạm vô cơ lên khả năng sinh trưởng và xử lý đạm của cỏ mồm mỡ (*Hymenachne acutigluma*). Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu (1): 100-109.

1 GIỚI THIỆU

Nước thải ao nuôi thâm canh cá tra có nồng độ đạm TAN dao động trong khoảng 0,03-9,19 mg/L (Nguyễn Hữu Lộc, 2009; Phạm Quốc Nguyên và *ctv.*, 2014) và đạm $\text{NO}_3\text{-N}$ trong khoảng 0,02-4,1 mg/L (Huỳnh Trường Giang và *ctv.*, 2008). Do đó, để sản xuất 1 tấn cá tra lượng nước cần là 6,4 triệu lít (Lamet *et al.*, 2009) thì lượng TAN và $\text{NO}_3\text{-N}$ thải ra tương ứng là 0,2-58,8 và 0,14-26,0 kg. Để đảm bảo chất lượng môi trường nước ao nuôi người nuôi cá tra thay nước thường xuyên khoảng 30-35% lượng nước/ngày (Phạm Quốc Nguyên và *ctv.*, 2014) và hầu hết thải trực tiếp ra môi trường không qua xử lý (Cao Văn Thích, 2008). Lượng nước thải này nếu bơm trực tiếp ra sông, kênh rạch sẽ gây suy giảm chất lượng nước mặt và có thể là tác nhân làm lây lan bệnh dịch giữa các hệ thống nuôi trồng thủy sản (Thien *et al.*, 2007).

Cỏ Mồm mớ (*Hymenachne acutigluma*) có khả năng sinh trưởng và phát triển trong môi trường thủy vực có nồng độ COD, TN và TP lần lượt là 32,07-138,47, 3,89-33,79 và 2,86-11,14 mg/L (Trương Hoàng Đan và *ctv.*, 2012). Khi trồng trong nước thải ao nuôi cá tra được bổ sung đạm NH_4NO_3 có nồng độ 5-40 mg N/L, cỏ Mồm mớ có khả năng xử lý $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ và TKN tương ứng với 69,7-96,9; 96,6-97,3; 99,3-99,9; 48,5-73,5% (Lê Diễm Kiều và *ctv.*, 2015). Khả năng sinh trưởng và hấp thu dinh dưỡng của thực vật thủy sinh không những phụ thuộc vào nồng độ dinh dưỡng mà còn phụ thuộc vào dạng dinh dưỡng, tuy nhiên, nhóm tác giả Lê Diễm Kiều và *ctv.* (2015) chưa xác định được dạng đạm vô cơ thích hợp hơn cho sự sinh trưởng của cỏ Mồm mớ. Theo Armstrong (1982) dạng đạm vô cơ thực vật có thể hấp thu bao gồm NH_4^+ và NO_3^- , trong đất

thoáng khí với $\text{pH} > 4$ thì NO_3^- là dạng đạm phổ biến và NH_4^+ chỉ ở nồng độ thấp, ngược lại trong đất ngập nước NH_4^+ là dạng đạm phổ biến. NH_4^+ có thể trở nên độc và ức chế sự sinh trưởng của thực vật ở một nồng độ nhất định (Cao *et al.*, 2008). Do đó, đề tài này được thực hiện nhằm tìm hiểu sự ảnh hưởng của dạng đạm, cụ thể là $\text{NH}_4\text{-N}$ và $\text{NO}_3\text{-N}$, đến khả năng sinh trưởng và hấp thu đạm của cỏ Mồm mớ.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện tại Trường Đại học Đồng Tháp, trong điều kiện nhà lưới, gồm 5 nghiệm thức (Bảng 1). Các nghiệm thức được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 12 lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức. Dựa theo kết quả thăm dò về khả năng sinh trưởng của cỏ Mồm mớ khi trồng trong điều kiện nồng độ 0, 30, 60 và 120 mg N/L kết hợp với 0, 5, 10 và 20 mg P/L, nhóm nghiên cứu đã ghi nhận được cỏ Mồm mớ sinh trưởng tốt nhất ở 120 mg N/L và 5 mg P/L. Do đó, thí nghiệm này chọn 2 mức N, P trên để tiếp tục nghiên cứu về sự đáp ứng của cỏ Mồm mớ với hai dạng đạm hòa tan. Nồng độ đạm và lân trong nước thải ao nuôi cá tra thường thấp hơn nhiều so với nồng độ đạm và lân cho sinh khối cao của cỏ Mồm mớ, nên có thể đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng của cỏ Mồm mớ và tăng khả năng xử lý của hệ thống bằng cách tăng lưu lượng nước thải qua hệ thống xử lý. Ngoài ra, theo Lưu Hữu Mạnh và *ctv.* (2007) thời gian thu sinh khối của cỏ Mồm mớ trồng từ chồi là sau 60 ngày. Nghiên cứu của Bùi Trường Thọ (2010) cũng đánh giá khả năng xử lý nước thải hầm tự hoại bằng cỏ Mồm mớ trong 60 ngày, vì vậy thí nghiệm này chọn thời gian thực hiện trong 8 tuần.

Bảng 1: Tỷ lệ, nồng độ, dạng hợp chất bổ sung $\text{NH}_4\text{-N}$ và $\text{NO}_3\text{-N}$ của các nghiệm thức

Nghiệm thức	Tỷ lệ mol $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$	Nồng độ (mg/L)		Hợp chất đạm bổ sung	
		$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$
4:0	4:0	120	0	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	-
3:1	3:1	90	30	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	KNO_3
1:1	1:1	50	50	NH_4NO_3	
1:3	1:3	30	90	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	KNO_3
0:4	0:4	0	120	-	KNO_3

Chồi cỏ Mồm mớ được thu là những chồi mới sinh trưởng từ gốc và có khoảng 2-3 đốt thân từ các kênh tự nhiên tại thành phố Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp và được dưỡng một tuần bằng nước thải ao nuôi thâm canh cá tra trước khi đưa vào bố trí thí nghiệm. Thí nghiệm được bố trí trong chậu nhựa 45 L, có đường kính và chiều cao tương ứng là 38 và 50 cm. Mỗi chậu chứa 30 L nước và 7 L bùn (ẩm độ 46%, có hàm lượng N, P là 0,9 và 7,7 g/kg). Mỗi chậu nhựa trồng 3 chồi cỏ Mồm mớ có

chiều cao cây khoảng $85,5 \pm 11,2$ cm ($n=180$) và trọng lượng tươi trung bình khoảng $50,1 \pm 2,5$ g/chậu ($n=60$).

*Chuẩn bị môi trường dinh dưỡng

Nghiên cứu nhằm đánh giá khả năng hấp thu dạng đạm vô cơ để có thể ứng dụng cỏ Mồm mớ xử lý nước thải ao nuôi cá tra, vì vậy đề phù hợp với điều kiện thực tế thí nghiệm này đã sử dụng nước thải ao nuôi cá tra làm môi trường nền. Nước

thải ao nuôi thâm canh cá tra được thu ở ao nuôi cá tra ở tháng 5-6 (cuối vụ nuôi) thu về được phân tích $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, TKN, $\text{PO}_4\text{-P}$ và TP với nồng độ lần lượt là $0,14 \pm 0,09$, $0,05 \pm 0,02$, $2,2 \pm 0,1$, $11,6 \pm 4,3$, $1,0 \pm 0,5$ và $1,8 \pm 0,3$ mg/L, sau đó bổ sung đạm (Bảng 1) và lân phù hợp với từng nghiệm thức. Lân được bổ sung với hợp chất KH_2PO_4 sao cho đạt nồng độ 5 mg P/L, như đã trình bày ở mục 2.1.

2.2 Phương pháp thu mẫu và phân tích mẫu

2.2.1 Các chỉ tiêu sinh trưởng và hấp thu đạm của cỏ Mồm mỡ

Cỏ Mồm mỡ được thu sau mỗi 2 tuần (thu ngẫu nhiên 3 lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức, thu tất cả mẫu cây, bùn và nước thải). Cây được rửa sạch rễ bằng nước máy, đo chiều cao cây và chiều dài rễ, đếm số chồi và cân khối lượng tươi của thân (thân, lá, chồi, hoa) và rễ. Mẫu cây được sấy 60°C đến khi trọng lượng không đổi dùng để phân tích TKN, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ và sấy ở 105°C để xác định sinh khối khô (thu mẫu đại diện). Lượng đạm cỏ Mồm mỡ hấp thu được tính theo công thức sau:

Lượng đạm thực vật hấp thu (mg/chậu) = (Tổng sinh khối khô của cây khi thu mẫu * Hàm lượng N có trong mẫu thực vật khi thu) - (Tổng sinh khối khô của cây khi bố trí * Hàm lượng N có trong mẫu thực vật khi bố trí).

2.2.2 Chất lượng nước

Nước được thay mới sau mỗi 2 tuần, sự chuyển hóa của NH_4^+ sang NO_2^- (nitrite hóa) và NO_3^- (nitrate hóa) diễn ra như trong điều kiện tự nhiên để phù hợp với điều kiện thực tế khi ứng dụng xử lý nước thải. Mẫu nước được thu 2 tuần 1 lần trước khi thay nước mới. Tổng cộng có 4 đợt thu mẫu. Các chỉ tiêu nhiệt độ, pH, EC, và DO được đo trực tiếp tại khu thí nghiệm bằng các máy cầm tay tương ứng HI 8314, HI 98303 và HI 9146 (Hanna Instruments, Hungary). Mẫu nước được thu vào chai nhựa 500 mL trữ lạnh để phân tích $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ và TKN trong vòng 24 giờ. Phương pháp phân tích mẫu nước và cây được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2: Phương pháp phân tích thông số hóa học của nước và thực vật

Mẫu	Thông số	Đơn vị	Phương pháp
Nước	$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/L	Phương pháp Colorimetric (APHA <i>et al.</i> , 1998)
	$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/L	Phương pháp Salicylate (APHA <i>et al.</i> , 1998)
	$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/L	Phương pháp Indophenol blue (APHA <i>et al.</i> , 1998)
	TKN	mg/L	Phương pháp Kjeldahl (APHA <i>et al.</i> , 1998)
Thực vật	$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/g	Ly trích mẫu bằng dung dịch acid acetic 20%
	$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/g	Ly trích mẫu bằng nước cất không đậm
	TKN	mg/g	Công phá mẫu bằng H_2SO_4 đ và hỗn hợp công phá K_2SO_4 , CuSO_4 và Se. Phương pháp Kjeldahl (APHA <i>et al.</i> , 1998)

2.3 Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được tổng hợp bằng phần mềm Excel 2010. Sử dụng phần mềm SPSS 22 để phân tích phương sai một nhân tố các thông số chất lượng nước, sinh trưởng và hấp thu đạm của thực vật. So sánh trung bình giữa 5 nghiệm thức dựa vào kiểm định Tukey ở mức ý nghĩa 5%. Sử dụng phần mềm Sigmpot 12.5 để vẽ biểu đồ.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Diễn biến nồng độ đạm trong nước sau mỗi đợt thu mẫu

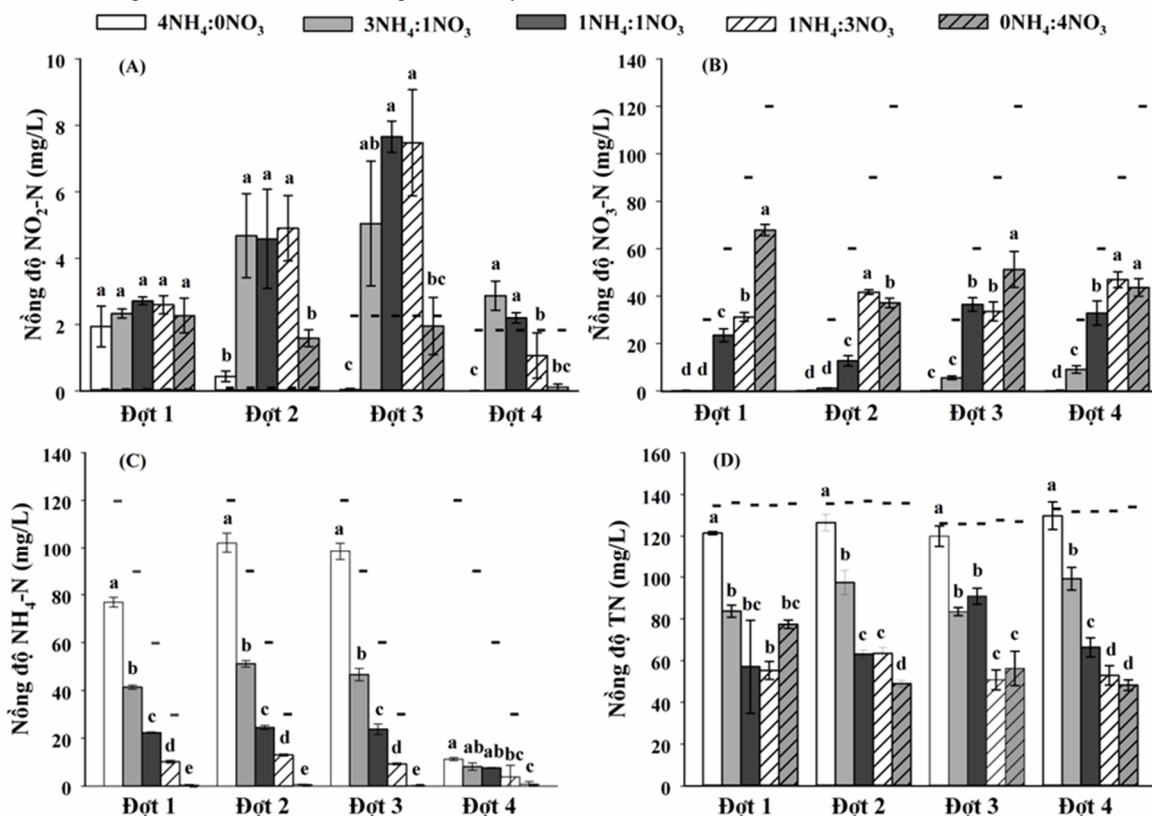
Nhìn chung, nồng độ $\text{NO}_2\text{-N}$ trong môi trường nước của các nghiệm thức sau mỗi đợt thu mẫu đều tăng so với nồng độ ban đầu (Hình 1A). Nồng độ $\text{NO}_2\text{-N}$ trong môi trường nước đầu vào thấp ($0,14 \pm 0,09$ mg/L) chủ yếu là nồng độ $\text{NO}_2\text{-N}$ trong nước thải ao nuôi cá tra và đều tăng trong thời gian xử lý. Cụ thể, nghiệm thức có tỷ lệ $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ là 3:1, 1:1 và 1:3 có nồng độ $\text{NO}_2\text{-N}$ trung bình sau 4 đợt thu mẫu tăng ($9,9\text{-}13,9$ mgN/L) so với ban

đầu, ngược lại hai nghiệm thức chỉ có hiện diện $\text{NH}_4\text{-N}$ hoặc $\text{NO}_3\text{-N}$ (nghiệm thức $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ là 4:0 hoặc 0:4) có xu hướng giảm ($0,5$ mgN/L) nồng độ $\text{NO}_2\text{-N}$ trung bình sau 4 đợt thu mẫu. Điều này chứng minh khi có sự hiện diện của cả hai dạng $\text{NH}_4\text{-N}$ và $\text{NO}_3\text{-N}$ sẽ thúc đẩy quá trình nitrate hóa không hoàn toàn xảy ra sản sinh ra nhiều $\text{NO}_2\text{-N}$ và quá trình phản nitrate cũng xảy ra đồng thời. Kết quả được minh chứng qua nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ sau mỗi đợt thu mẫu của các nghiệm thức đều giảm so với đầu vào (Hình 1B) và giảm càng nhiều khi có sự hiện diện $\text{NO}_3\text{-N}$ trong nước đầu vào càng cao. Nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ trong nước đầu vào của nghiệm thức 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 và 0:4 lần lượt là 0,05 (nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ trong nước thải), 30, 60, 90 và 120 mg/L (Bảng 1). Nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ của các nghiệm thức đều giảm với hiệu suất 68,9-99,8, 39,4-78,9, 47,9-65,4 và 43,5-69,1% ở nghiệm thức tương ứng 3:1, 1:1, 1:3 và 0:4. Tuy nhiên, nghiệm thức 4:0 tăng 2,5-34,6% so với nồng độ ban đầu (Hình 1B). Kết quả này tương tự như khi trồng cỏ Mồm mỡ bổ sung 5-40 mg N/L (tỷ lệ $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ là 1:1) với

hiệu suất giảm $\text{NO}_3\text{-N}$ là 99,3-99,9% (Lê Diễm Kiều và *ctv.*, 2015).

Nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ đầu vào của nghiệm thức 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 và 0:4 lần lượt là 120, 90, 60, 30 (bổ sung NH_4^+ ; Bảng 1) và 2,2 mg/L (nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ trong nước thải nuôi cá tra) và đều giảm ở các đợt khảo sát. Ở đợt thu mẫu thứ 4, nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ của nghiệm thức 4:0, 3:1, 1:1 giảm nhiều với hiệu suất 87,8-90,8% (Hình 1C). Như đã thảo luận ở trên, sự giảm đồng thời nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ và $\text{NO}_3\text{-N}$ trong tất cả các nghiệm thức kết hợp với sự tăng ít nồng độ $\text{NO}_2\text{-N}$ trong các đợt thu mẫu chứng tỏ có xảy ra

quá trình chuyển hóa đạm, cụ thể nitrite hóa và khử nitrate. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, quá trình thực vật hấp thu hay bay hơi đạm ở dạng NH_3 đã góp phần rất đáng kể. Kết quả ghi nhận nồng độ TN giảm đi so với đầu vào trong các nghiệm thức với hiệu suất ở nghiệm thức 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 và 0:4 tương ứng là 5,6-22,3, 28,9-50,9, 28,0-63,3, 57,5-71,5 và 48,3-68,1% (Hình 1D) có liên quan đến sự hiện diện của $\text{NO}_3\text{-N}$ trong nước đầu vào. Hay nói khác đi, lượng giảm và xu hướng giảm $\text{NO}_3\text{-N}$ giữa các nghiệm thức đã góp phần dẫn đến lượng TN giảm trong các đợt thu mẫu.



Hình 1: Nồng độ $\text{NO}_2\text{-N}$ (A), $\text{NO}_3\text{-N}$ (B), $\text{NH}_4\text{-N}$ (C) và TN (D) ban đầu (đường gạch ngang) và còn lại (cột) của các nghiệm thức sau mỗi đợt thu mẫu

Ghi chú: -: Nồng độ đạm đầu vào ở từng đợt của từng nghiệm thức. Những cột trong cùng một thời điểm thu mẫu có chữ cái (a, b, c) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% dựa vào kiểm định Tukey

3.2 Sinh trưởng và sinh khối của cỏ Mồm mễ

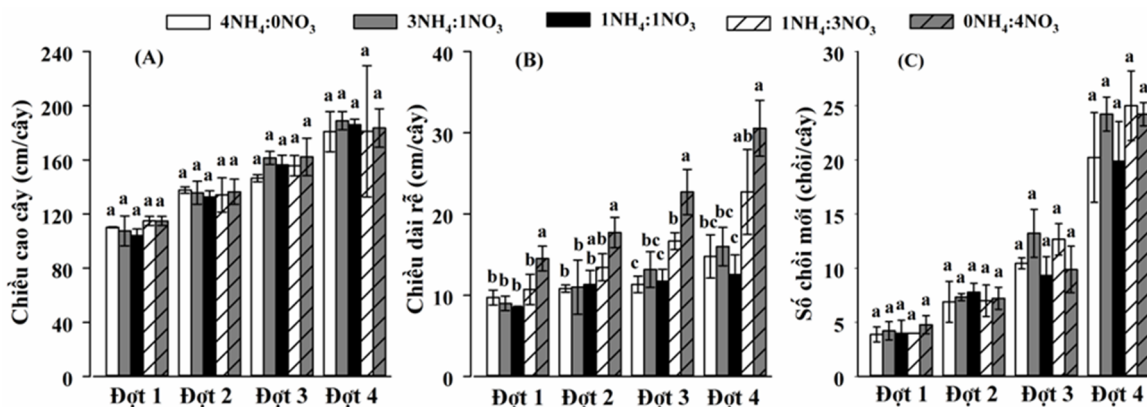
Tỷ lệ $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ không ảnh hưởng đến chiều cao và số chồi của cỏ Mồm mễ trong từng đợt thu mẫu ($p>0,05$; Hình 2A và 2C). Sau 56 ngày thí nghiệm, chiều cao cây Mồm mễ tăng gấp 1,9-2,3 lần so với cây trồng ban đầu, với tốc độ tăng trưởng là 1,15-2,5 cm/ngày (Hình 2A). Kết quả ghi nhận tương tự như khi trồng Mồm mễ trong nước thải hầm tự hoại với chiều cao tăng 2,6 lần sau 60 ngày tương ứng 1,09 cm/ngày (Bùi Trường Thọ, 2010). Tương tự, số chồi của cỏ Mồm mễ tăng 20-

25 lần so với lúc bắt đầu thí nghiệm, tốc độ tăng trưởng chồi cao nhất là giai đoạn 42-56 ngày (đợt 3 và 4) với số chồi tăng ở các nghiệm thức xấp xỉ 2 lần (Hình 2C).

Khác với sự tăng trưởng chiều cao cây, tỷ lệ $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ ảnh hưởng đến sinh trưởng của rễ cỏ Mồm mễ. Nhìn chung, rễ của cỏ Mồm mễ ở nghiệm thức 0:4 có chiều dài cao hơn các nghiệm thức còn lại ($p<0,05$; Hình 2B). Ở nghiệm thức 4:0 và 3:1 rễ cỏ mồm có dấu hiệu bị tổn thương như rễ bị nâu đen, ngắn. Bên cạnh đó, lá cỏ Mồm mễ ở

nghiệm thức 4:0 ($\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$) đã có dấu hiệu bị úng ở tuần thứ 8. Những biểu hiện này tương tự như ghi nhận của Jampeetong and Brix (2009) và Saunkaew *et al.* (2011) về triệu chứng của độc tính NH_4^+ là lá bị tổn thương, rễ ngừng phát triển. Vì khi thực vật hấp thu NH_4^+ sẽ phóng thích H^+ làm giảm pH môi trường bên ngoài vùng rễ (Goodchild and

Givan, 1990; Schubert and Yan, 1997) và sự acid hóa vùng rễ là một trong những nguyên nhân chính của nhiễm độc NH_4^+ (Dijk and Grootjans, 1998). Kết quả khảo sát pH nước đã ghi nhận pH nước ở các nghiệm thức 4:0 và 3:1 thấp hơn các nghiệm thức còn lại.

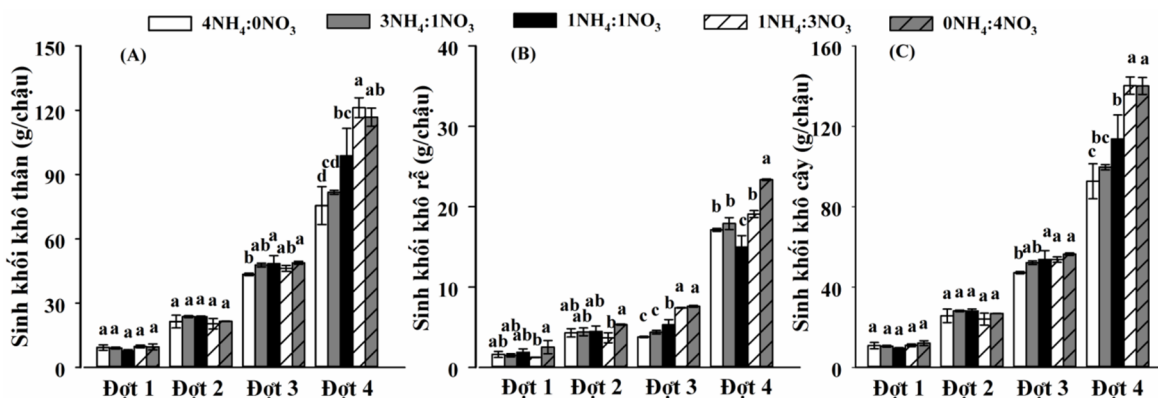


Hình 2: Chiều cao cây (A), chiều dài rễ (B) và số chồi (C) của cỏ Mồm mỡ theo thời gian

Ghi chú: Những cột trong cùng một thời điểm có chữ cái (^{a, b, c}) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% dựa vào kiểm định Tukey

Sinh khối khô thân, rễ và cả cây của cỏ Mồm mỡ tăng theo thời gian thu mẫu và cao nhất ở ngày thứ 56. Trong đó, sinh khối khô thân ở nghiệm thức 0:4 cao hơn nghiệm thức 4:0 ở thời điểm 42 ngày, đến thời điểm 56 ngày thì cao hơn cả nghiệm thức 4:0 và 3:1 ($p < 0,05$; Hình 3A, C). Như vậy, khi nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ trong môi trường cao tạo điều kiện thuận lợi cho sinh trưởng thân của cỏ Mồm mỡ hơn so với khi hiện diện nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ cao trong môi trường. Tương ứng với tăng trưởng sinh khối của thân (Hình 3A) và chiều dài rễ (Hình 2B), sinh khối khô của rễ cỏ Mồm mỡ ở nghiệm thức 0:4 luôn cao hơn các nghiệm thức khác ở tất cả các thời điểm thu mẫu ($p < 0,05$; Hình 3B). Kết quả này tương tự như nghiên cứu trên *Actinoscirpus grossus* với số lượng rễ và sinh khối rễ bị ức chế khi nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ trong môi trường trên 70 mg (Piwpuan *et al.*, 2014), kết quả tương tự cũng được ghi nhận ở các loài cây khác (Britto and Kronzucker, 2002; Jampeetong and Brix, 2009; Saunkaew *et al.*, 2011). Như vậy, ở nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$

N cao có thể gây độc cho cây trồng do hầu hết các loài thực vật không thể điều chỉnh lượng NH_4^+ hấp thu (Britto and Kronzucker, 2002). Kết quả là NH_4^+ có thể tích tụ trong mô cây trồng và gây ra nhiều thay đổi về sinh lý như sự suy giảm các cation thiết yếu (Britto and Kronzucker, 2002), sự mất cân bằng pH (Raven and Smith, 1976), tăng hô hấp và tăng đồng hóa NH_4^+ (Kronzucker *et al.*, 2001). Sự hiện diện của K với nồng độ khác nhau được bổ sung vào 5 nghiệm thức $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ 4:0, 3:1; 1:1; 1:3 và 0:4 tương ứng là 5,0; 88,5; 5,0; 255,6 và 339,2 mg K/L hầu như không ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và sinh khối khô cả cây của cỏ Mồm mỡ. Sinh khối khô của thân cao hơn 5,5 lần so với sinh khối khô của rễ, như vậy sự gia tăng sinh khối cỏ Mồm mỡ chủ yếu là gia tăng sinh khối của thân. Tóm lại, tỉ lệ $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ ảnh hưởng đến sinh trưởng của rễ và sinh khối của cỏ Mồm mỡ, tăng tỉ lệ $\text{NO}_3\text{-N}$ giúp cỏ Mồm mỡ tăng trưởng rễ và sinh khối tốt hơn.



Hình 3: Sinh khối khô thân (A), sinh khối khô rễ (B) và sinh khối khô cây (C) của cỏ Mồm mỡ theo thời gian

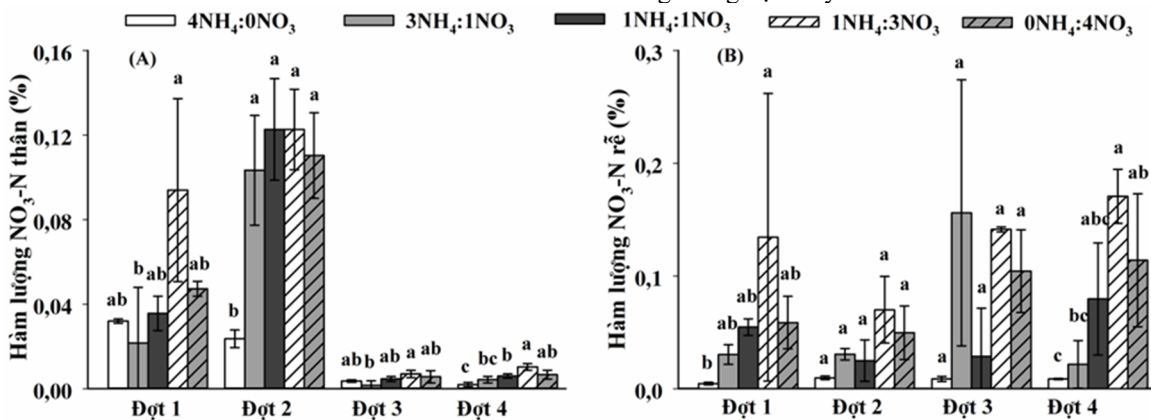
Ghi chú: Những cột trong cùng một thời điểm thu mẫu có chữ cái (^{a, b, c}) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% dựa vào kiểm định Tukey

3.3 Hàm lượng và khả năng hấp thu đạm của cỏ Mồm mỡ

3.3.1 Hàm lượng đạm trong thân và rễ cỏ Mồm mỡ

Hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ trong thân và rễ của cỏ Mồm mỡ tăng theo nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ có trong môi trường nước. Trong đó, hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ trong thân của cỏ Mồm mỡ ở nghiệm thức 1:3 cao hơn so với nghiệm thức 3:1 ở thời điểm 14, 42 và 56 ngày ($p < 0,05$; Hình 4A). Ở thời điểm 42 và 56 ngày thí nghiệm, hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ trong thân của cỏ Mồm mỡ giảm, ngược lại hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ ở rễ lại tăng

(Hình 4). Nguyên nhân hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ trong thân cỏ Mồm mỡ giảm có thể là do NO_3^- trong thân đã được trữ trong các không bào và chuyển hóa thành NH_4^+ (Britto and Kronzucker, 2002). Hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ trong rễ của hầu hết các nghiệm thức đều cao hơn trong thân và thể hiện rõ ở thời điểm 42 và 56 ngày. Nồng độ K trong môi trường tăng tương ứng với nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ (trình bày ở mục 3.2), tuy nhiên hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ trong thân và rễ của cỏ Mồm mỡ không cùng xu hướng với sự hiện diện của K trong môi trường dinh dưỡng. Do đó, K cũng không ảnh hưởng đến sự hấp thu $\text{NO}_3\text{-N}$ trong thí nghiệm này.

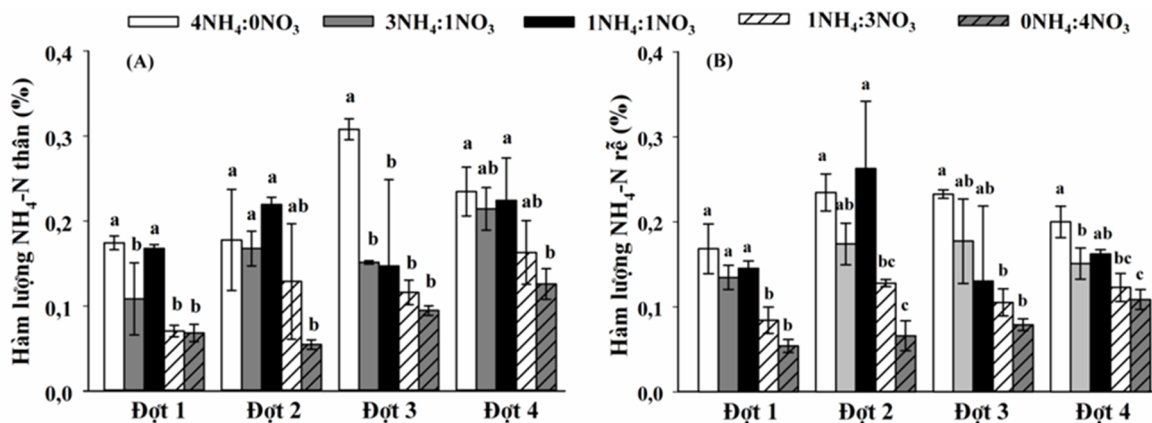


Hình 4: Hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ (A) trong thân và (B) rễ của cỏ Mồm mỡ theo thời gian

Ghi chú: Những cột trong cùng một thời điểm thu mẫu có chữ cái (^{a, b, c}) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% dựa vào kiểm định Tukey

Tương tự hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$, hàm lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ trong thân và rễ cỏ Mồm mỡ cũng tăng theo nồng độ của $\text{NH}_4\text{-N}$ trong môi trường nước. Hàm lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ của các nghiệm thức 4:0 và 3:1 thường cao hơn các nghiệm thức 1:3 và 0:4

($p < 0,05$). Hàm lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ trong thân và rễ của cỏ Mồm mỡ bị ảnh hưởng bởi các tỷ lệ $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ ($p < 0,05$) và đều tăng so với thời điểm bắt đầu thí nghiệm, cụ thể ở các nghiệm thức 4:0, 3:1 và 1:1 (Hình 5).

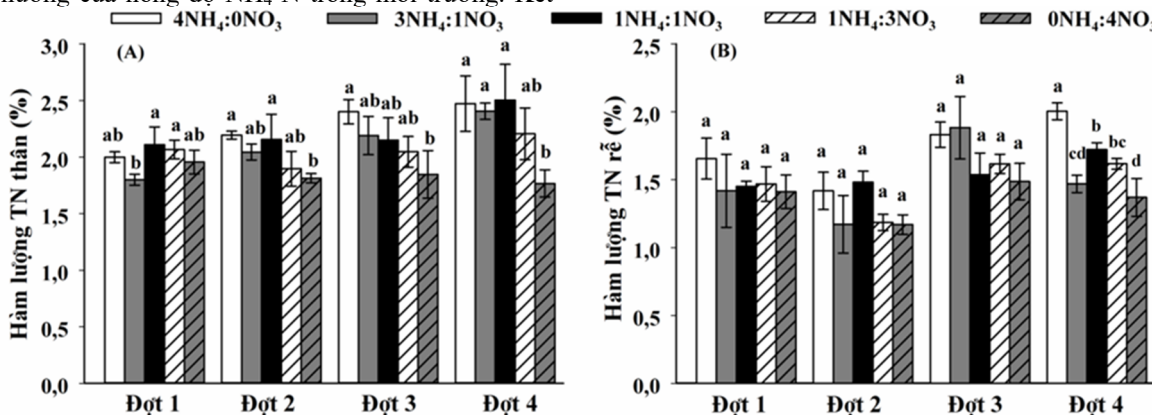


Hình 5: Hàm lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ (A) trong thân và (B) rễ của cỏ Mồm mỡ theo thời gian

Ghi chú: Những cột trong cùng một thời điểm thu mẫu có chữ cái (a, b, c) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% dựa vào kiểm định Tukey

Hàm lượng TN trong thân cỏ Mồm mỡ ở các tỷ lệ đạm khác nhau cũng có sự khác biệt, nhưng ở rễ thì chỉ khác biệt ở thời điểm 56 ngày (Hình 6). Hàm lượng TN trong thân và rễ có xu hướng tăng khi nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ trong môi trường nước tăng (Hình 5). Vì hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ trong thân của cỏ Mồm mỡ thấp hơn so với lượng $\text{NH}_4\text{-N}$, nên hàm lượng TN trong cỏ Mồm mỡ chủ yếu chịu ảnh hưởng của nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ trong môi trường. Kết

quả này tương tự như nghiên cứu của Munzarova *et al.* (2006) ghi nhận trên Sậy (*Phragmites australis*) khi được trồng ở điều kiện nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ cao thì có lượng N trong mô cao tương tự như ở cỏ Mồm mỡ, trong khi *Glyceria maxima* có nồng độ N trong mô cao nhất khi được trồng trong điều kiện chỉ có NO_3^- . Hàm lượng TN trong cỏ Mồm mỡ cũng không tăng hay giảm tương ứng với nồng độ.



Hình 6: Lượng TN (A) trong thân và (B) trong rễ của cỏ Mồm mỡ theo thời gian

Ghi chú: Những cột trong cùng một thời điểm thu mẫu có chữ cái (a, b, c) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% dựa vào kiểm định Tukey

Nồng độ đạm trong môi trường tăng giúp tăng hàm lượng đạm trong thân và rễ cỏ Mồm mỡ sẽ giúp cỏ Mồm mỡ hấp thu đạm tốt hơn trong những môi trường ô nhiễm đạm cao hay khi nồng độ đạm trong môi trường tăng, tạo điều kiện thuận lợi trong ứng dụng xử lý nước thải.

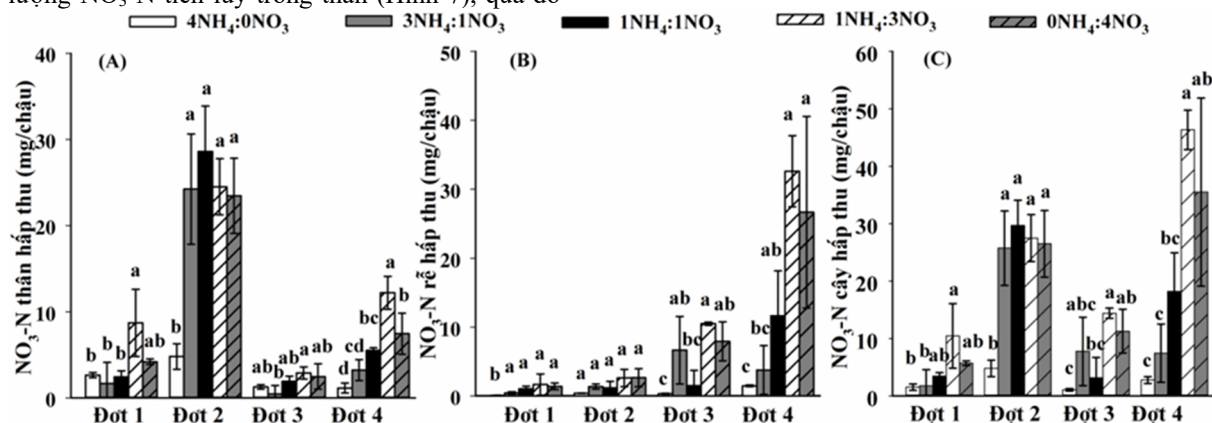
3.3.2 Khả năng hấp thu đạm của cỏ Mồm mỡ

Vai trò của thực vật nói chung, thực vật thủy sinh nói riêng trong xử lý đạm trong nước thải thể hiện qua lượng đạm chúng hấp thu. Lượng đạm cỏ Mồm mỡ hấp thu được xác định dựa vào hàm

lượng đạm nhân với sinh khối của cỏ. Lượng đạm $\text{NO}_3\text{-N}$ tích lũy trong thân và rễ của cỏ Mồm mỡ tăng khi nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ trong môi trường tăng (Hình 7). Lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ tích lũy trong thân cỏ Mồm mỡ cao nhất thời điểm 28 ngày, sau thời điểm này lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ trong thân cỏ Mồm mỡ ở các nghiệm thức đều giảm (Hình 7A). Nguyên nhân là do hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ trong thân cỏ Mồm mỡ giảm (Hình 5A). Khác với lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ tích lũy trong thân, lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ tích lũy trong rễ cỏ Mồm mỡ tăng qua các tuần và cao nhất ở thời điểm 56 ngày. Nghiệm thức 1:3 và 0:4 có lượng $\text{NO}_3\text{-N}$

tích lũy cao hơn các nghiệm thức khác ở thời điểm 42 và 56 ngày. Ở các tuần cuối lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ tích lũy ở rễ của cỏ Mồm mỡ cao hơn 3 lần so với lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ tích lũy trong thân (Hình 7), qua đó

cho thấy khi tiếp xúc với nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ trong môi trường cao thì khả năng chuyển NO_3^- từ rễ lên thân có khuynh hướng giảm.

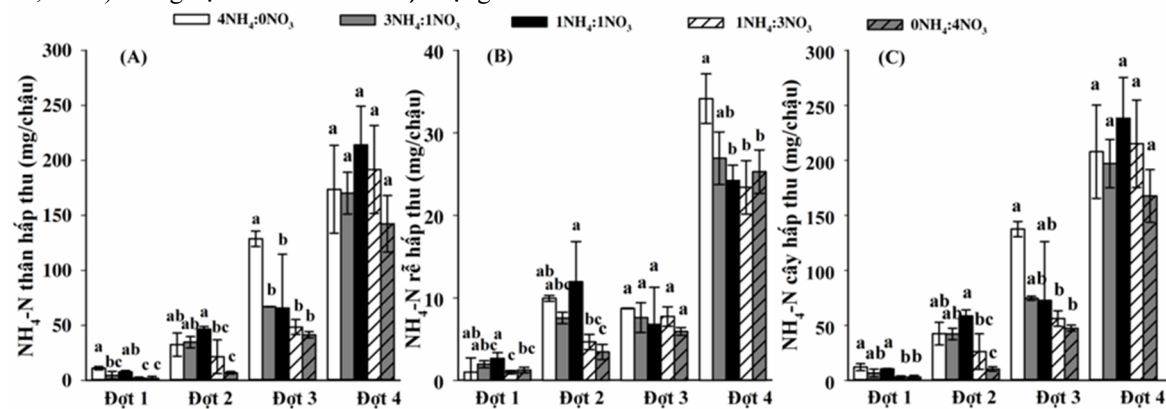


Hình 7: Lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ thân Mồm mỡ hấp thu (A), rễ hấp thu (B) và cây hấp thu theo thời gian

Ghi chú: Những cột trong cùng một thời điểm thu mẫu có chữ cái (^{a, b, c}) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% dựa vào kiểm định Tukey

Cỏ Mồm mỡ được trồng ở điều kiện có nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ cao cũng có khả năng hấp thu lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ tốt hơn các nghiệm thức được trồng ở điều kiện nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ thấp (Hình 8). Ngược lại với xu hướng tích lũy $\text{NO}_3\text{-N}$, lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ tích lũy trong thân cao hơn 5-14 lần so với lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ tích lũy trong rễ ở 42 và 56 ngày thí nghiệm (Hình 8). Kết quả này tương tự như ghi nhận của Piwpuan *et al.* (2014) trên loài *Actinoscirpusgrossus* và thực vật thường tăng khả năng hấp thu NH_4^+ khi tiếp xúc với môi trường có nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ cao, nên dẫn đến sự tích lũy $\text{NH}_4\text{-N}$ trong thực vật cao (Britto *et al.*, 2001). Ở nghiệm thức 4:0 và 3:1, lượng $\text{NH}_4\text{-N}$

N tích lũy trong cỏ Mồm mỡ cao hơn so với nghiệm thức 1:3 và 0:4, tuy nhiên đến thời điểm 56 ngày lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ tích lũy trong cỏ giữa các nghiệm thức không khác nhau. Khả năng hấp thu và tích lũy NH_4^+ và NO_3^- phụ thuộc vào từng loài, cụ thể *Canna indica* có khả năng hấp thu $\text{NO}_3\text{-N}$ cao hơn $\text{NH}_4\text{-N}$, nhưng *Schoenoplectus validus* hấp thu $\text{NH}_4\text{-N}$ cao hơn $\text{NO}_3\text{-N}$ (Zhang *et al.*, 2009). Trong một nghiên cứu về bốn loài thực vật đất ngập nước, Fang *et al.* (2007) cũng nhận thấy hai loài *Bacopa monnieri* và *Azolla* spp. thích hợp với dạng đạm NO_3^- , trong khi *Ludwigia repens* có khả năng thích nghi với cả hai dạng đạm.



Hình 8: Lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ thân Mồm mỡ hấp thu (A), rễ hấp thu (B), cây hấp thu (C) theo thời gian

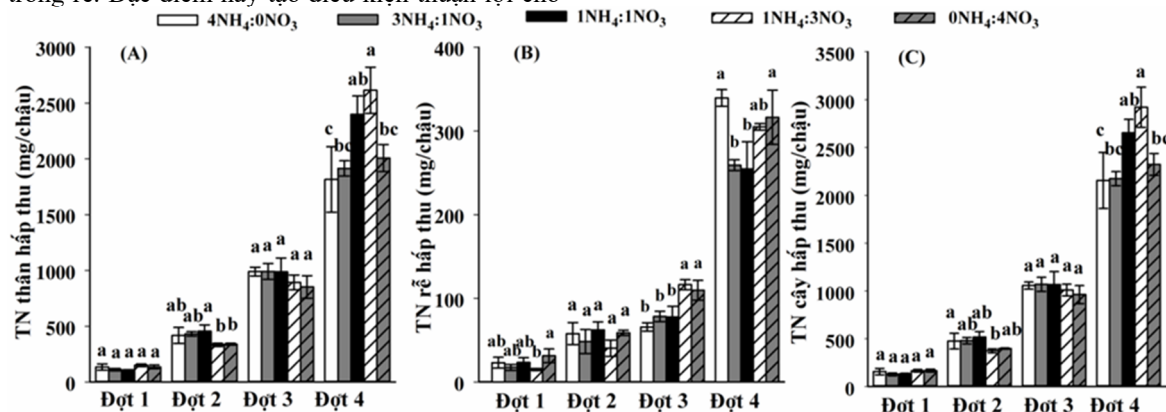
Ghi chú: Những cột trong cùng một thời điểm thu mẫu có chữ cái (^{a, b, c}) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% dựa vào kiểm định Tukey

Lượng TN tích lũy trong thân và rễ cỏ Mồm mỡ của các nghiệm thức đều tăng theo thời gian. Ở thời điểm 56 ngày cỏ Mồm mỡ được trồng ở tỉ lệ

$\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ là 0:4 và 4:0 không có sự khác biệt về lượng TN rễ hấp thu (Hình 9). Lượng TN tích lũy trong thân và cả cây của cỏ Mồm mỡ ở nghiệm

thức 1:3 cao hơn các nghiệm thức khác. TN tích lũy trong thân cao gấp 10 lần so với lượng TN trong rễ. Đặc điểm này tạo điều kiện thuận lợi cho

việc loại bỏ đạm ra khỏi hệ thống xử lý khi thu hoạch sinh khối.



Hình 9: Lượng TN thân cỏ Mồm hấp thu (A), rễ hấp thu (B), cây hấp thu (C) theo thời gian

Ghi chú: Những cột trong cùng một thời điểm thu mẫu có chữ cái (a, b, c) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% dựa vào kiểm định Tukey

4 KẾT LUẬN

Sinh trưởng rễ và sinh khối của cỏ Mồm tăng trưởng tốt hơn trong điều kiện nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$ cao. Sinh trưởng của rễ và lá cỏ Mồm ở điều kiện chỉ bổ sung dạng đạm này đã bị ảnh hưởng vào thời điểm tuần thứ 8. Lượng $\text{NH}_4\text{-N}$ và $\text{NO}_3\text{-N}$ cây hấp thu trong thân và rễ tăng theo sự hiện diện và nồng độ của hai dạng đạm này có trong môi trường nước. Khả năng hấp thu đạm đạt hiệu quả cao ở điều kiện ở tỷ lệ nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ 1:3. Trong điều kiện thí nghiệm, đạm nitrate thích hợp hơn cho sinh trưởng và hấp thu đạm của cỏ Mồm. Đề ứng dụng của cỏ Mồm vào các hệ thống đất ngập nước xử lý nước thải ao nuôi thâm canh cá tra thì phải có hệ thống bổ sung khí cải thiện điều kiện chuyển hóa TAN sang $\text{NO}_3\text{-N}$ trong nước cho cây phát triển tốt.

LỜI CẢM Ạ

Đề tài này được hỗ trợ kinh phí từ đề tài cấp bộ mã số B2015.20.02. Tác giả chân thành cảm ơn Khoa Tài nguyên và Môi trường, và Trung tâm phân tích Hóa học, trường Đại học Đồng Tháp đã hỗ trợ phòng thí nghiệm, giúp chúng tôi hoàn thành tốt kết quả nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Control Federation (WCF), 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed. Washington D.C., USA.

Armstrong W. 1982. Waterlogged soils. In: Etherington JR, ed. Environment and plant ecology, 2nd edn. John Wiley and Sons. 290-330.

Britto, D.T. and Kronzucker, H.J., 2002. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. Plant Physiol. 159: 567-584.

Britto, D.T., Siddiqi, M.Y., Glass, A.D.M., and Kronzucker, H.J., 2001. Futile transmembrane NH_4^+ cycling: A cellular hypothesis to explain ammonium toxicity in plants. Pnas. 98 (7): 4255-4258.

Bùi Trường Thọ, 2010. Đặc điểm sinh học, khả năng hấp thu dinh dưỡng của môn nước (*Colocasia esculenta*), Lục bình (*Eichhonia crassipes*), cỏ mồm (*Hymenachne acutigluma*) trong nước thải sinh hoạt. Luận văn cao học. Trường Đại học Cần Thơ.

Cao Văn Thích, 2008. Chất lượng nước và tích lũy vật chất dinh dưỡng trong ao nuôi cá tra thâm canh ở quận Ô Môn – TP. Cần Thơ. Luận văn cao học. Trường Đại học Cần Thơ.

Cao, Y., Fan, X.R., Sun, S.B., Xu, G.H., Hu, J. and Shen, Q.R., 2008. Effect of nitrate on activities and transcript levels of nitrate reductase and glutamine synthetase in rice. Pedosphere. 18: 664-673.

Dijk, E. and Grootjans, AB., 1998. Performance of four *Dactylorhiza* species over a complex trophic gradient. Acta Bot Neerl 47: 351-368.

Fang, Y.Y., Babourina, O., Rengel, Z., Yang, X.E. and Pu, P.M., 2007. Ammonium and nitrate uptake by the floating plant *Landoltia punctata*. Annals of Botany. 99, 365-370.

Goodchild, JA. and Givan, CV., 1990. Influence of ammonium and extracellular pH on the amino and organic acid contents of suspension culture cells of *Acer pseudoplatanus*. Physiol Plant. 78: 29-37.

Jampeatong, A. and Brix, H., 2009. Effects of NH_4^+ concentration on growth, morphology and NH_4^+

- uptake kinetics of *Salvinia natans*. Ecological engineering.35,695-702.
- Kronzucker, H.J., Britto, D.T., Davenport, R.J. and Tester, M., 2001. Ammonium toxicity and the real cost of transport. Trends in Plant Science. 6, 335-337.
- Lam, P.T., Tam, B.M., Thuy N.T.T., Gooley G.J., Ingram, B.A., Hao N.V., Phuong N.T. and De Silv, S.S., 2009. Current status of farming practices of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in the Mekong Delta, Vietnam. Aquaculture. 296: 227-236.
- Lê Diễm Kiều, Phạm Quốc Nguyên, Ngô Thụy Diễm Trang, Trần Thị Huỳnh Như, 2015. Diễn biến thành phần đạm của nước thải ao nuôi thâm canh cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) trong điều kiện thủy canh cỏ Mồm mỡ (*Hymenachne acutigluma*). Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Môi trường: 80-87.
- Lưu Hữu Mạnh, Nguyễn Nhật Xuân Dung và Trần Phùng Ngõi, 2007. Ảnh hưởng của khoảng cách trồng lên đặc tính sinh trưởng và tính năng sản xuất của cỏ mồm (*Hymenachne acutigluma*) và cỏ lông tây (*Brachiaria mutica*) trồng tại thành phố Cần Thơ. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 7: 49-57.
- Munzarova, E., Lorenzen, B., Brix, H., Vojtiskova, L. and Votrubova, O., 2006. Effect of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ availability on nitrate reductase activity and nitrogen accumulation in wetland helophytes *Phragmites australis* and *Glyceria maxima*. Environmental and Experimental Botany. 55, 49-60.
- Phạm Quốc Nguyên, Lê Hồng Y, Nguyễn Văn Công và Trương Quốc Phú, 2014. Diễn biến một số chỉ tiêu chất lượng nước trong ao nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) thâm canh. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 34A: 128-136.
- Piwpuan, N., Zhai, X. and Brix, H., 2014. Ammonium tolerance and toxicity of *Actinoscirpus grossus* – A candidate species for use in tropical constructed wetland systems. Aquatic Botany. 106: 42– 51.
- Raven, J.A. and Smith, F.A., 1976. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. New Phytol. 76, 415-431.
- Saunkaew, P., Wangpakapattanawong, P. and Jampeetong, A., 2011. Growth, morphology, ammonium uptake and nutrient allocation of *Myriophyllum brasiliense* Cambess. under high NH_4^+ concentrations. Ecotoxicology 20, 2011–2018.
- Schubert, S. and Yan, F., 1997. Nitrate and ammonium nutrition of plants: Effects on acid/base balance and adaptation of root cell plasmalemma H^+ ATPase. Z Pflanzenernaehr Bodenkd. 160: 275-281.
- Thien, P.C., Dalsgaard, A., Thanh, B.N., Olsen, A. and Murrell, K.D., 2007. Prevalence of fishborne zoonotic parasites in important cultured fish species in the Mekong Delta, Vietnam. Parasitology Research. 101: 1277-1284.
- Tổng cục thủy sản, 2017. Tình hình sản xuất, tiêu thụ cá tra năm 2016. Công thông tin điện tử [https://tongcucthuysan.gov.vn/nu%C3%B4i-tr%E1%BB%93ng-th%E1%BB%A7y-s%E1%BA%A3n-nu%C3%B4i-th%E1%BB%A7y-s%E1%BA%A3n/doc-tin/006780/2017-01-05/tinh-hinh-san-xuat-tieu-thu-ca-tra-nam-2016\(10/5/2017\)](https://tongcucthuysan.gov.vn/nu%C3%B4i-tr%E1%BB%93ng-th%E1%BB%A7y-s%E1%BA%A3n-nu%C3%B4i-th%E1%BB%A7y-s%E1%BA%A3n/doc-tin/006780/2017-01-05/tinh-hinh-san-xuat-tieu-thu-ca-tra-nam-2016(10/5/2017)).
- Trương Hoàng Đan, Nguyễn Phương Duy và Bùi Trường Thọ, 2012. Sự phân bố của thủy sinh thực vật bậc cao trong các thủy vực ô nhiễm hữu cơ vào mùa mưa ở Thành phố Cần Thơ. Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ. 23A: 283-293.
- Zhang, Z., Rengel, Z. and MeneyK., 2009. Kinetics of ammonium, nitrate and phosphorus uptake by *Canna indica* and *Schoenoplectus validus*. Aquatic Botany. 91: 71-74.