



## ẢNH HƯỞNG CỦA NỒNG ĐỘ ĐẠM LÊN SINH TRƯỞNG CÂY BỒN BỒN TRÊN HỆ THỐNG ĐẤT NGẬP NƯỚC KIẾN TẠO

Trương Thị Phương Thảo<sup>1</sup> và Ngô Thụy Diễm Trang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Môi trường, Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>2</sup> Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

### Thông tin chung:

Ngày nhận: 27/03/2013

Ngày chấp nhận: 20/08/2013

### Title:

Effect of nitrogen on growth of *Typha orientalis* L. in constructed wetlands

### Từ khóa:

Đất ngập nước kiến tạo, Bồn bôn, nước thải sinh hoạt, đạm, sinh khối

### Keywords:

Constructed wetlands, *Typha orientalis* L., domestic wastewater, nitrogen, biomass

### ABSTRACT

Constructed wetland is one of the technology, which is capable application to improve wastewater from urban, industry, agriculture and stormwater. The research has performed in the pilot horizontal subsurface flow constructed wetland with plants used as Bon Bon (*Typha orientalis* C. Presl.) to treat mixed domestic wastewater and stormwater. The system was divided into 3 sections with the density of 15 plants/m<sup>2</sup>. The system was operated continuously with the flow rate of 0.6 m<sup>3</sup>/day and estimated hydraulic retention time of 15 days. The results showed that total nitrogen (TN) concentration decreased along the system. *T. orientalis* developed very well in the system, especially in the first section (the first 3 m). In addition, removal efficiency of TN corresponding to adaptation period (70 days) and perform period (98 days) were 88.5% and 60.8%. The study results indicated that nitrogen concentration played an important role for plant growth and *T. orientalis* did play well the role in wastewater treatment via biological uptake.

### TÓM TẮT

Đất ngập nước kiến tạo được xem như một trong những công nghệ có khả năng ứng dụng cao nhằm cải thiện chất lượng nước ô nhiễm từ đô thị, công nghiệp, nông nghiệp và nước mưa chảy tràn. Nghiên cứu được thực hiện trên mô hình đất ngập nước kiến tạo chảy ngầm theo phương ngang với cây trồng được sử dụng là Bồn bôn (*Typha orientalis* C. Presl.) xử lý nước thải sinh hoạt và nước mưa. Hệ thống được chia làm 3 phân đoạn với mật độ cây được trồng là 15 cây/m<sup>2</sup>. Lưu lượng nước được bơm ổn định 600 L/ngày với thời gian lưu tồn nước ước tính khoảng 15 ngày. Kết quả cho thấy nồng độ tổng Nitơ (TN) có xu hướng giảm dần dọc theo hệ thống. Bồn bôn phát triển rất tốt trên hệ thống, đặc biệt tại phân đoạn đầu tiên (3 m). Ngoài ra, hiệu suất xử lý TN tương ứng ở từng giai đoạn thích nghi (70 ngày) và giai đoạn hoạt động (98 ngày) của hệ thống là 88,5% và 60,8%. Kết quả nghiên cứu chứng minh nồng độ đạm đóng vai trò quan trọng cho sinh trưởng của thực vật và cây Bồn bôn góp phần xử lý chất ô nhiễm trong nước thải thông qua hấp thu sinh học.

## 1 GIỚI THIỆU

Tốc độ công nghiệp hóa và đô thị hóa đang diễn ra khá nhanh trong giai đoạn phát triển kinh tế toàn cảnh Việt Nam nói chung, và ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) nói riêng, cùng với sự gia tăng dân số đã và đang gây áp lực ngày càng

nhều đối với tài nguyên nước trong vùng và lãnh thổ. Theo Báo cáo Hiện trạng môi trường 2010 của Tổng Cục Môi trường, nước dùng trong sinh hoạt của dân cư các đô thị ngày càng tăng nhanh do tăng dân số và sự phát triển của các dịch vụ đô thị. Hiện nay, hầu hết các đô thị cũ đều chưa có hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt. Ở các đô thị mới

đã có một số trạm xử lý nước thải sinh hoạt tập trung thì tỷ lệ nước được xử lý còn rất thấp so với yêu cầu. Còn tại các khu vực ngoại ô của các đô thị thành phố, theo đánh giá của các chuyên gia tại Báo cáo Hội thảo xử lý nước thải phi tập trung (do Bộ Xây dựng hợp tác với Tổ chức Hợp tác Kỹ thuật Đức (GTZ) GmbH, hỗ trợ Kỹ thuật của GTZ do GFA thực hiện) tại Cần Thơ (18/01/2010), các nhà quy hoạch đô thị nên áp dụng phương án xử lý nước thải phi tập trung để phát triển hệ thống thoát nước là cần thiết.

Một trong những giải pháp xử lý nước thải phi tập trung có tiềm năng ứng dụng cao là Đất ngập nước kiến tạo (ĐNNKT) (Tuan *et al.*, 2005; Trang *et al.*, 2010). Hệ thống ĐNNKT được biết đến với nhiều lợi thế hơn các hệ thống xử lý truyền thống khác như: chi phí xây dựng và bảo trì thấp, vận hành dễ dàng và hiệu suất cao, có thể chịu đựng khoảng biến động cao nồng độ các chất ô nhiễm và lưu lượng tải nạp nước lớn (Brix, 1997; Trang & Brix, 2012).

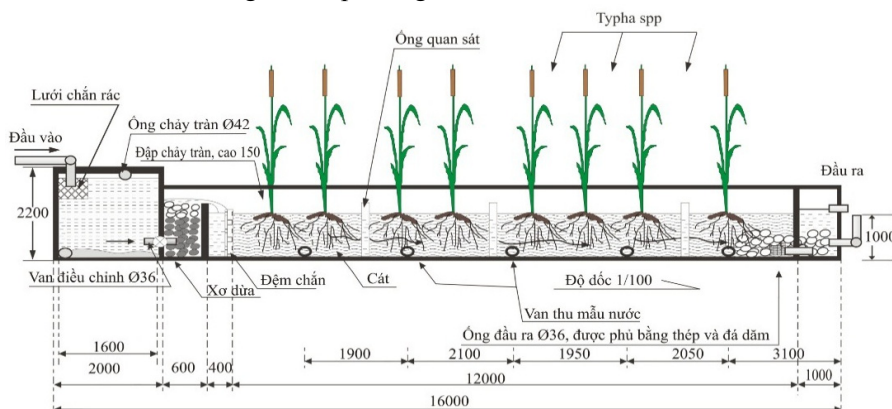
Góp phần vào tham gia nghiên cứu và tiến hành ứng dụng thực tiễn các công trình xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học ĐNNKT, mô hình ĐNNKT dòng chảy ngầm xử lý nước thải sinh hoạt đã được dự án VLIR-A2 hỗ trợ Trường Đại học Cần Thơ thiết kế, xây dựng tại Khu I, Đại học Cần Thơ. Hệ thống được hoàn thành năm 2002 và được thực hiện nghiên cứu với một lưu lượng nước thải đầu vào là 600L/ngày. Hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm với tải lượng này trong 3 năm đều cao và chất lượng nước đầu ra đạt TCVN 6772:2000 - Chất lượng nước - Tiêu chuẩn nước thải sinh hoạt (nay là QCVN 14:2008). Tuy nhiên, những nghiên cứu trên hệ thống chỉ tập trung

đánh giá về chất lượng nước và được các tác giả khuyến nghị nên thực hiện những nghiên cứu trên thực vật - vì thực vật cũng đóng vai trò quan trọng, góp phần vào xử lý nước thải của hệ thống (Tuân *et al.*, 2005; Trang *et al.*, 2010).

## 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Hệ thống đất ngập nước kiến tạo

Thí nghiệm được bố trí tại Khu thực nghiệm xử lý nước thải bằng ĐNNKT tại Khu I - Trường Đại học Cần Thơ. Hệ thống ĐNNKT chảy ngầm phương ngang được thiết kế xử lý hỗn hợp nước xám và nước mưa từ khu nhà tập thể của trường. Hệ thống gồm các bể đặt liên tục nhau: (1) Bể điều lưu (1,6m x 1,6m x 2m); (2) Bể lọc than được (0,5m x 1,6m x 1,3m) chứa than được đã được đập thành cục (60mm x 100mm), bên trên là lớp đá (4cm x 6cm) tạo độ nặng để than được bị nổi lên; sau bể than được, nước thải sẽ được chảy qua một đập tràn thành mỏng (0,15m x 0,1m x 0,1m) để đến (3) Bể lọc xơ dừa (0,4m x 1,6m x 1,05m), trong bể có kẹp xơ dừa và ngăn cách với bể xử lý phía sau bằng một tấm lưới thép; (4) Bể xử lý cát có trồng Bồn bồn (12 m x 1,6 m), 1 m đầu của bể là khu vực trồng với độ cao cát là 0,5 m chứa nước sau khi đã lọc qua bể xơ dừa và ngăn cách với bể lọc phía sau bằng một tấm thép. Chiều cao đầu và cuối khu đất là 1,75 m và 2 m, đáy bể được đặt nghiêng hướng bể đầu ra với độ dốc  $i = 1\%$ . Vật liệu lọc được sử dụng là cát xây dựng (0,25 - 0,43 mm,  $D_{10} - D_{60}$ ). Phía dưới dọc theo chiều dài của hệ thống có đặt 5 van lấy mẫu nước cách vị trí đầu vào lần lượt là 1,9; 3,8; 5,9; 7,9 và 9,9 m; sau cùng là (5) Bể đầu ra (0,8 m x 1,6 m x 1,2 m) (Hình 1).



**Hình 1: Mặt cắt đứng hệ thống đất ngập nước kiến tạo chảy ngầm theo phương ngang xử lý nước thải sinh hoạt (đơn vị: mm)**

Bồn bèo (*Typha orientalis* C. Presl.) được trồng với mật độ 15 cây/m<sup>2</sup>, tổng số cây được trồng là 264 cây. Trên bề lọc cát có trồng thực vật được phân thành 3 đoạn với độ dài mỗi đoạn lần lượt là 3, 4 và 4 m. Tổng số cây của đoạn đầu là 72 cây và 96 cây cho mỗi đoạn còn lại.

## 2.2 Vận hành hệ thống

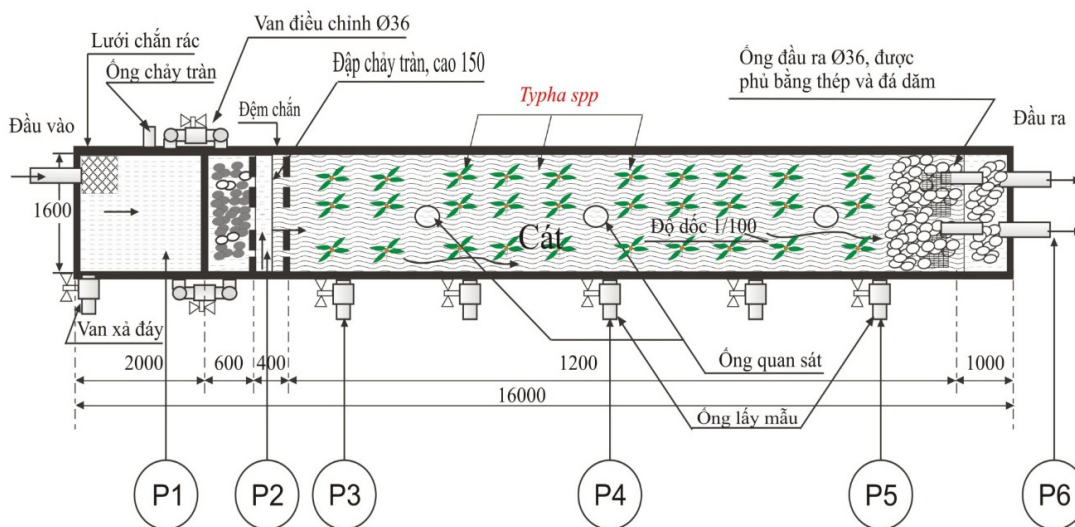
Nước thải được bơm trực tiếp từ ao tập trung nước xám và nước mưa vào bể điều lưu, sau đó sẽ chảy qua bể lọc than được và bể lọc xơ dừa bằng 2 van đặt cặp 2 bên đáy thành bể. Nước thải tiếp tục chảy vào bể lọc cát và chảy ngầm dọc theo chiều dài hệ thống đến điểm đầu ra (Hình 1).

Thời gian thực hiện nghiên cứu từ tháng 9/2011 đến tháng 6/2012, trong đó: hệ thống được

vận hành trong thời gian 70 ngày (Giai đoạn 1) nhằm để cây trồng và vi sinh vật thích nghi và phát triển (Konnerrup, 2009). Tiếp theo là giai đoạn hoạt động (Giai đoạn 2) với thời gian vận hành 98 ngày. Lưu lượng nước được bơm ổn định 600 L ở cả hai giai đoạn.

## 2.3 Thu mẫu và phân tích chất lượng nước

Mẫu nước được thu ở các vị trí: đầu vào (P1), đầu ra (P6) và 4 vị trí dọc theo hệ thống (P2, P3, P4 và P5) với khoảng cách cách vị trí đầu vào lần lượt là: 1,9; 3,8; 5,9 và 7,9 m (Hình 2). Tần suất thu mẫu 1 lần/tuần, khoảng thời gian thu mẫu từ 7h - 9h. Chỉ tiêu TN (Tổng nitơ) được phân tích theo phương pháp Perdulfate digestion method (máy Hach/DR 4000).



Hình 2: Mặt cắt ngang của hệ thống đất ngập nước kiến tạo chảy ngầm phương ngang và các vị trí thu mẫu (đơn vị: mm)

Ghi chú: P là vị trí thu mẫu

## 2.4 Tăng trưởng cây Bồn bèo

**Tốc độ tăng trưởng của Bồn bèo:** cây được đo chiều cao thân, độ dài rễ ở thời điểm bắt đầu và kết thúc mỗi giai đoạn vận hành hệ thống. Tốc độ tăng trưởng chiều dài thân và độ dài rễ là phần tăng thêm trong thời gian thí nghiệm.

**Sinh khối tươi của Bồn bèo:** trước khi trồng cây vào hệ thống, chọn ngẫu nhiên 6 cây cân trọng lượng tươi (được phân thành 2 phần: phần trên mặt đất và dưới mặt đất). Khi kết thúc giai đoạn 1, mẫu cây được thu ngẫu nhiên 9 cây dọc theo hệ thống (3 cây/đoạn) và 15 cây (5 cây/đoạn) khi kết thúc giai đoạn 2.

Đối với mỗi mẫu cây được thu ở từng giai đoạn, đếm số chồi mới trong từng bụi, sau đó cân trọng lượng tươi của cây cũ và chồi mới. Tính trọng lượng bình quân của chồi mới, từ đó ước tính trọng lượng chồi mới tăng thêm trên từng phân đoạn hệ thống theo công thức:

Tổng trọng lượng tươi tăng thêm trên từng phân đoạn của hệ thống = trọng lượng chồi mới + trọng lượng cây cũ tăng thêm

## 2.5 Phân tích và xử lý số liệu

Số liệu chất lượng nước và thực vật được thu thập, phân tích thống kê bằng phần mềm thống kê

Statgraphics Centurion XV (StatPoint, Inc., USA) và Excel.

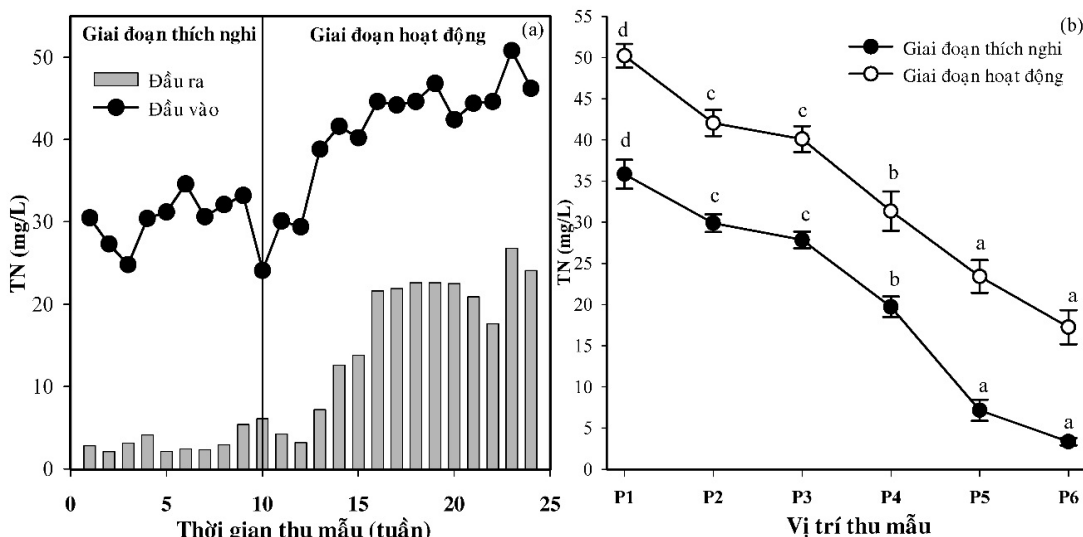
### 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1 Chất lượng nước

##### 3.1.1 Diễn biến nồng độ Nitơ tổng trên hệ thống

Nồng độ đạm tổng (TN) ở vị trí đầu ra có xu hướng giảm nhiều so với đầu vào ( $p < 0,05$ ). Giá trị TN đầu vào qua các đợt thu mẫu dao động trong khoảng  $37 \pm 1,6$  mg/L, sau khi qua hệ thống

xử lý, nồng độ TN giảm còn  $11,4 \pm 1,9$  mg/L (Hình 3a). Nồng độ TN có xu hướng tăng dần ở giai đoạn 2 của nghiên cứu. Trong giai đoạn sau của thí nghiệm, chất lượng nước được theo dõi trong mùa nắng của tháng 4, tháng nắng nóng nhất trong năm, có thể là một trong những nguyên nhân gây bốc thoát hơi nước nhiều, dẫn đến nồng độ nước thải đầu vào tăng lên. Điều này được ghi nhận tương tự trên cùng hệ thống trong nghiên cứu của Trang *et al.* (2010).



Hình 3: Diễn biến nồng độ TN (mg/L) (a) đầu vào và đầu ra, (b) và các vị trí thu mẫu dọc hệ thống ĐNNKT tại khu I, Trường Đại học Cần Thơ

*a,b,c*: khác ký tự chữ là khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% (dựa trên kiểm định Tukey) giữa các vị trí dọc theo hệ thống trong cùng giai đoạn thí nghiệm

**Bảng 1: Nồng độ TN (mg/L) trong nước đầu vào và đầu ra và hiệu suất xử lý (%) của hệ thống ĐNNKT**

Giai đoạn	TN đầu vào	TN đầu ra	Hiệu suất xử lý
Giai đoạn 1 (n=10)	35,8±1,8	3,3±0,4	88,5 ± 1,8 <sup>a</sup>
Giai đoạn 2 (n=14)	50,2±1,4	14,3±2	60,8 ± 4,1 <sup>b</sup>

Ghi chú: Trung bình ± Độ lệch chuẩn  
 Những giá trị trong cùng một cột có ký tự <sup>a,b</sup> giống nhau thì không khác biệt nhau về mặt thống kê ( $p > 0,05$ ; dựa vào kiểm định T-test)

Nồng độ TN trung bình đầu vào ở giai đoạn 1 là 35,8 mg/L, trong khi ở giai đoạn 2 là 50,2 mg/L, sau xử lý còn 3,3 và 14,3 mg/L tương ứng ở từng giai đoạn (Bảng 1). Các thành phần rắn lơ lửng có chứa TN trong nước thải sẽ bị giữ lại trên

bề mặt vật liệu lọc khi qua các bể lọc than được và xơ dừa, do đó nồng độ TN ở cả hai giai đoạn của vị trí P2 giảm và có sự khác biệt với vị trí đầu vào P1 ( $p < 0,05$ ), TN tiếp tục giảm nhiều ở các điểm còn lại dọc theo hệ thống lọc cát có trồng thực vật (từ P3 đến P6) (Hình 3b). Theo Vymazal (2007), các cơ chế loại bỏ đạm trong hệ thống đất ngập nước xử lý nước thải gồm:  $\text{NH}_3$  bay hơi, nitrate hóa, khử nitrate, cố định đạm, cây trồng và vi sinh vật hấp thụ N, khoáng hóa (ammonification), khử nitrate thành ammonium (nitrate-ammonification), oxy hóa amoniac trong điều kiện kỵ khí (Anammox), hấp phụ, giải hấp phụ, chôn vùi, và thấm lậu. Tuy nhiên, cơ chế loại bỏ đạm chủ yếu trong hệ thống đất ngập nước kiến tạo chầy ngầm phương ngang là các quá trình khoáng hóa, sự kết hợp của quá trình nitrate hóa - khử nitrate (Kadlec & Knight, 1996). Sự hấp



thu N của thực vật trong thí nghiệm này chiếm khoảng 29,1% ở giai đoạn 1 và giai đoạn 2 là 36,9% trong tổng số TN được xử lý trong bể lọc cát trồng Bồn bồn (Bảng 2). Theo Vymazal (2007), thu hoạch thực vật là một trong những cơ chế loại bỏ hoàn toàn N ra khỏi hệ thống.

### 3.1.2 Hiệu suất xử lý Nitơ tổng

Hiệu suất xử lý tổng nitơ (TN) của hệ thống ở giai đoạn 1 ( $88,5 \pm 1,8\%$ ) cao hơn ở giai đoạn 2 ( $60,8 \pm 4,1\%$ ) ( $p < 0,0001$ ) (Bảng 1). Hiệu suất xử lý TN tương đối cao ở giai đoạn đầu hoạt động của hệ thống. Kết quả này cao hơn so với những kết quả ghi nhận của Zhang *et al.* (2009) sử dụng ĐNNKT chảy ngầm theo phương ngang xử lý nước thải sinh hoạt và đô thị (có hiệu suất xử lý TN 56,1%). Nghiên cứu của Trang *et al.* (2010) trên cùng hệ thống với cây trồng là Sậy và hệ thống hoạt động với cùng mức tải nạp thủy lực cũng cho kết quả tương tự về hiệu suất xử lý TN đạt 84%.

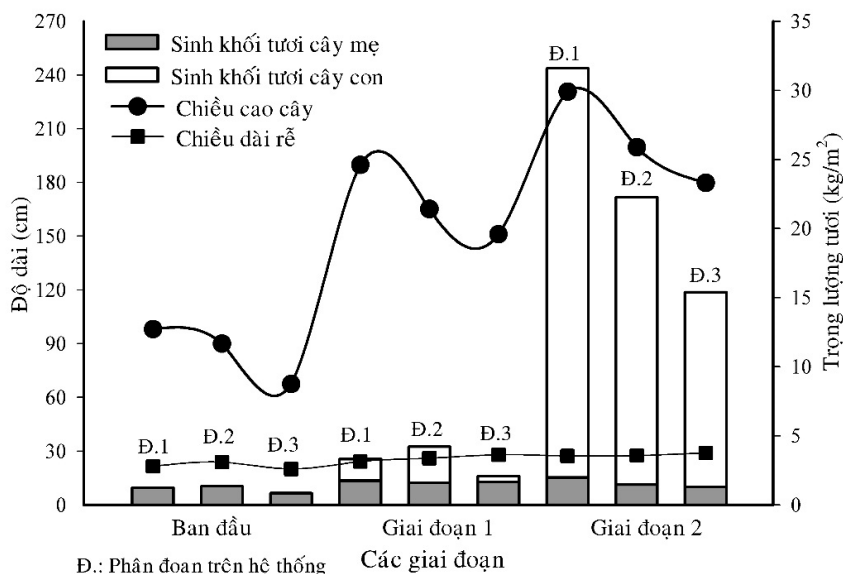
Hiệu suất xử lý giảm vào giai đoạn 2 có thể do nồng độ TN đầu vào cao hơn trong giai đoạn 2 có

thể gây sốc cho hệ vi sinh vật trên bề mặt vật liệu lọc (cát) hay bám trên bề mặt hệ rễ, chúng cần khoảng thời gian để thích nghi, sau đó mới hoạt động hiệu quả hơn.

### 3.2 Sự tăng trưởng của thực vật trên hệ thống

Bồn bồn phát triển rất tốt trên hệ thống ĐNNKT. Chiều dài thân và độ dài rễ trung bình của Bồn bồn được trồng vào hệ thống ban đầu tương ứng là 85,1 và 21,7 cm đã tăng lên 168,7 và 26 cm khi kết thúc giai đoạn thích nghi, đạt 203,4 và 28 cm ở giai đoạn hoạt động. Bồn bồn ở 3 m đầu của hệ thống phát triển tốt hơn so với hai phân đoạn còn lại (Hình 4), nguyên nhân có thể do đây là vị trí đầu vào của hệ thống ĐNNKT, vì vậy nồng độ N cũng như các dưỡng chất thiết yếu cho sự phát triển của thực vật vẫn còn cao (Hình 3b). Thực vật hấp thu N chuyển hóa vào sinh khối cây trồng, do đó càng về sau hệ thống, nồng độ N giảm dần, do đó sự phát triển của Bồn bồn cũng giảm so với vị trí đầu của hệ thống (Hình 4).

**Hình 4: Sự gia tăng sinh khối tươi ( $\text{kg/m}^2$ ) và chiều dài thân, độ dài rễ (cm) của cây Bồn bồn ở các giai đoạn thích nghi (1) và hoạt động (2) của hệ thống xử lý**



Sinh khối tươi ban đầu của Bồn bồn trên hệ thống là  $1,1 \text{ kg/m}^2$ , sau khi kết thúc từng giai đoạn, lượng sinh khối tươi tăng lên lần lượt là 3,2 và  $23,1 \text{ kg/m}^2$  (tương ứng giai đoạn 1 và 2) (Bảng 2), trong đó phần lớn sinh khối tăng lên chủ yếu ở cây con (chiếm 50% và 93% ở mỗi giai đoạn) (Hình 4). Kết quả này cũng tương ứng với tốc độ tăng trưởng của cây trồng (Bảng 2), cây mẹ phát

triển chủ yếu vào giai đoạn 1 (hệ số chồi trung bình là 2 chồi/cây và tốc độ phát triển của thân chồi đạt  $2,1 \text{ cm/ngày}$  và phân rễ  $0,3 \text{ cm/ngày}$ ). Vào giai đoạn 2, sự phát triển của Bồn bồn trên hệ thống chủ yếu ở cây con, hệ số cây con ở giai đoạn này là 6 chồi/cây với tốc độ phát triển phần thân và rễ tương ứng là  $2,5$  và  $0,2 \text{ cm/ngày}$ .

**Bảng 2: Tốc độ tăng trưởng (cm/ngày), tăng trưởng sinh khối tươi (kg/m<sup>2</sup>), và sự hấp thu N (%) của cây Bồn bồn ở giai đoạn 1 và 2 trên hệ thống ĐNNKT**

Giai đoạn	Tốc độ tăng trưởng cây mẹ		Tốc độ tăng trưởng cây con		Tăng trưởng sinh khối tươi	Hấp thu N
	Thân	Rễ	Thân	Rễ		
Giai đoạn 1 (n=9)	1,2	0,07	2,1	0,3	3,2	29,1
Giai đoạn 2 (n=15)	0,4	0,03	2,5	0,2	23,1	36,9

## 4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

### 4.1 Kết luận

– Hàm lượng đạm tổng trong nước thải được giảm khi qua hệ thống đất ngập nước kiến tạo chầy ngầm phương ngang xử lý nước thải sinh hoạt với thực vật được sử dụng là Bồn bồn (*Typha orientalis*).

– Bồn bồn phát triển rất tốt trên hệ thống ĐNNKT. Các cây mẹ được trồng ban đầu phát triển mạnh vào giai đoạn 1, tuy nhiên vào giai đoạn 2, sự phát triển của hệ thực vật trên hệ thống chủ yếu ở cây con được phát triển từ phần thân rễ của cây mẹ.

– Sinh khối cây trồng tập trung ở 3 m đầu của hệ thống và giảm dần ở hai phần đoạn còn lại, tương ứng với nồng độ các chất ô nhiễm cũng giảm dần dọc theo hệ thống.

### 4.2 Đề xuất

– Tiến hành nghiên cứu thêm trên hệ thống với thời gian kéo dài hơn để đánh giá được sự ổn định của vai trò xử lý ô nhiễm và tuổi thọ của hệ thống.

– Nghiên cứu thêm các loại cây trồng khác nhằm tìm ra được các loại cây phù hợp hơn, có giá trị về mặt kinh tế sau khi được thu hoạch hoặc trồng kết hợp nhiều loại thực vật.

– Nghiên cứu vai trò của vi sinh vật trên bề mặt vật liệu lọc và vi sinh vật xung quanh vùng rễ cây trồng để có thể đánh giá toàn diện cơ chế loại bỏ các chất ô nhiễm trên hệ thống.

– Tăng tải lượng TN đầu vào nhằm đánh giá khả năng xử lý cao nhất của hệ thống.

– Thu hoạch cây trồng là một trong những giải pháp loại bỏ TN ra khỏi hệ thống. Sinh khối thực vật từ hệ thống có thể giúp cải thiện thu nhập cho nông dân bằng cách ủ phân bón hay làm thức ăn cho gia súc.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Brix, H. (1997), “Do macrophytes play a role in constructed wetlands?”, *Water Science and Technology*, (35), 11 - 17.
2. Kadlec, R.H., R.L. Knight (1996), *Treatment Wetlands*, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
3. Konnerup, D., Koottatep T., Brix, H., (2009), “Treatment of domestic wastewater in tropical, subsurface flow constructed wetlands planted with *Canna* and *Heliconia*”, *Ecological Engineering* 35, 248 - 257.
4. Ngô Thụy Diễm Trang, Hans Brix (2012), Hiệu suất xử lý nước thải sinh hoạt của hệ thống Đất ngập nước kiến tạo nền cát vận hành với mức tải nạp thủy lực cao, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* 2012:21b, 161 - 171.
5. Sở Công Thương tỉnh An Giang. Hội thảo Báo cáo xử lý nước thải phi tập trung tại Cần Thơ. Truy cập ngày 05/07/2012 từ địa chỉ web: <http://socongthuong.angiang.gov.vn>.
6. Tổng cục môi trường – Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo Hiện trạng Môi trường Quốc gia 2010. Truy cập ngày 10/07/2012 từ trang web: <http://vea.gov.vn>.
7. Trang, N.T.D., Konnerup, D., Schierup, H.H., Chiem, N.H., Tuan, L.A., Brix, H. (2010), “Kinetics of pollutant removal from domestic wastewater in a tropical horizontal subsurface flow constructed wetland system: Effects of hydraulic loading rate”, *Ecological Engineering* 36, (4), 527 - 535.
8. Vymazal, J. (2003), *Type of Constructed Wetlands*, 1<sup>st</sup> International seminar on the use of aquatic macrophytes for wastewater treatment in constructed wetlands, Lisboa.
9. Zhang, D., Gersberg, R. M., Keat, T. S., (2009), “Constructed wetlands in China”, *Ecological Engineering* 35, 1367 - 1378.