

SỬ DỤNG CÂY SẬY ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHỨA KIM LOẠI NẶNG

PHẠM HƯƠNG SƠN, ĐẶNG XUYẾN NHƯ,
NGUYỄN THỊ LAN, NGUYỄN THỊ THANH MAI

Trung tâm Sinh học Thực nghiệm, Viện ứng dụng Công nghệ

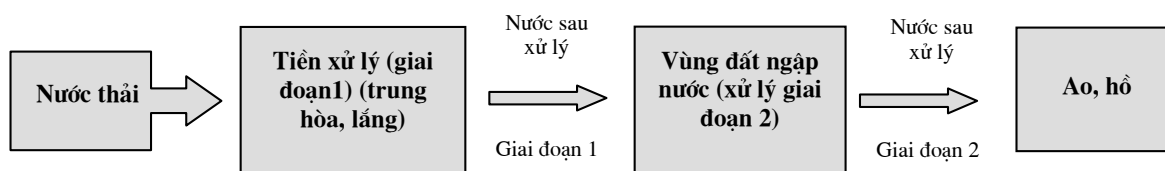
Nước thải, chất thải của nhiều ngành công nghiệp như: mạ, khai thác mỏ, thuộc da, luyện kim,... không được xử lý hoặc xử lý chưa triệt để xả ra ao, hồ, ngầm xuống nguồn nước ngầm gây ô nhiễm nghiêm trọng cho con người, vật nuôi và cây trồng. Các kim loại nặng (KLN) Hg, Pb, Cd, Cr, As.... và các hợp chất của chúng là các chất độc tích lũy và chỉ cần một lượng nhỏ đã có hại cho hầu hết các dạng sống. Trong đó cần chú ý đặc biệt đến nước thải trong công nghiệp khai thác mỏ và tuyển quặng chứa các tác nhân gây ô nhiễm chủ yếu như axit, KLN.... [2]. Trước đây, các KLN được tập trung nghiên cứu xử lý bằng biện pháp vật lý hoặc hóa học. Tuy nhiên, hai biện pháp này không hoàn toàn khống chế và kiểm soát được ô nhiễm KLN ở các khu công nghiệp khai thác và chế biến kim loại trên thế giới [12, 16]. Chính vì vậy, nhiều phòng thí nghiệm trên thế giới đã tập trung nghiên cứu các biện pháp sinh học, sinh hóa học để xử lý ô nhiễm môi trường, trong đó có ô nhiễm KLN với các ưu thế như: hiệu quả, giảm giá thành, dễ thực hiện, an toàn cho môi trường, giảm lượng bùn thải cần phải xử lý tiếp theo.... Ngoài ra, việc sử dụng hệ thống đất ngập nước nhân tạo (Constructed Wetlands-CWs) cũng đã được quan tâm chú ý. Đây là một cách tiếp cận mới

trong việc giảm thiểu sự ô nhiễm môi trường dựa trên khả năng làm sạch nước thải của các loài thực vật. Việc sử dụng các hệ thống đất ngập nước nhân tạo để xử lý nước thải sinh hoạt và công nghiệp đã được nghiên cứu và ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới (Đức, Mỹ, Canada, Trung Quốc, Ấn Độ, Nhật...). Mô hình này khá thích hợp với điều kiện kinh tế của Việt Nam. Đã có nhiều tác giả nghiên cứu sử dụng hệ thống đất ngập nước nhân tạo để xử lý nước thải từ các mỏ khai thác than, kim loại [4, 7, 11, 15, 20, 21].

Ở nước ta, đã có một số tác giả nghiên cứu xử lý nước thải chứa KLN [8, 9, 18]. Tuy nhiên, các nghiên cứu về ứng dụng hệ thực vật tạo các hệ thống đất ngập nước nhân tạo để loại bỏ KLN còn ít được nghiên cứu. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu sử dụng cây sậy để xử lý nước thải chứa KLN.

I. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Thiết lập mô hình xử lý nước thải công nghiệp ô nhiễm KLN bằng mô hình đất ngập nước nhân tạo chảy trên bề mặt (Free water surface - FWS) ở qui mô pilot (xử lý 5000 lít/ngày) theo mô hình sau:



Hình 1. Mô hình xử lý nước thải chứa kim loại nặng bằng hệ thống đất ngập nước nhân tạo chảy trên bề mặt

Sử dụng cây sậy (được chặt hết lá, có chiều cao khoảng 20-25 cm) để trồng trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo.

Mô hình xử lý (5 m³/ngày) được thiết lập tại

Trung tâm nghiên cứu thực nghiệm sản xuất mỏ và luyện kim Tĩnh Thái Nguyên, với thành phần kim loại nặng trong nước thải được ghi ở bảng 1.

Các chế độ vận hành hệ thống: cho nước thải chảy vào hệ thống liên tục với tốc độ dòng chảy: 3500 lít/ngày ở giai đoạn cây còn nhỏ. Sau đó, nâng tốc độ dòng chảy lên mức 5000 lít/ngày khi cây đã phát triển tốt.

Kiểm tra hàm lượng KLN của nước thải trước và sau xử lý bằng các chỉ tiêu phân tích As, Pb, Cu, Fe, Zn, Sn theo TCVN 6626: 2000 và TCVN 6193: 96 bằng máy AAS.

Bảng 1

Một số chỉ tiêu kim loại nặng trong mẫu nước thải công nghiệp trước khi xử lý

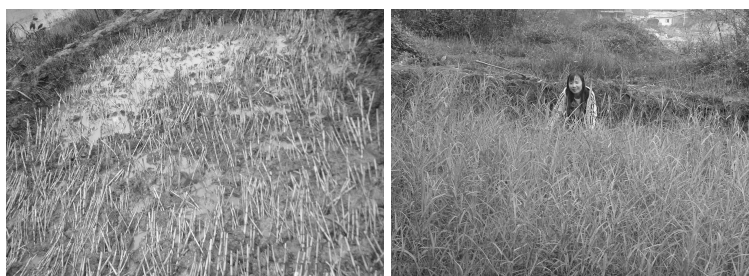
Tên kim loại	Hàm lượng (mg/L)	QCVN 24: 2009/BTNMT (B)
As	0,156 - 4,25	0,1
Cu	2,07 - 3,45	2
Fe	301 - 457	5
Pb	2,00 - 2,56	0,5
Zn	0,42 - 1,27	3
Sn	3,01 - 3,84	1

II. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sau khi tính toán, thiết lập hệ thống đất ngập nước nhân tạo chảy trên bề mặt, đã tiến hành xác định lượng nước thải xả ra và dựa vào nồng độ COD trong nước thải để xác định tốc độ dòng chảy, kích thước của hệ thống đất ngập nước.... và đưa mô hình xử lý ở qui mô pilot với công suất xử lý (5 m³/ngày). Độ sâu của nước là 0,3m với mặt ruộng bằng phẳng đã được lựa chọn để đảm bảo đúng thời gian lưu nước. Với độ sâu

này của nước, các điều kiện hiếu khí trong hệ thống đất ngập nước có thể diễn ra một cách tối đa và thời gian lưu nước của hệ thống là 1,68 ngày.

Các cây sậy đã được trồng khá dày, theo hàng, mỗi hàng cách nhau khoảng 20 cm. Trong giai đoạn nuôi cây, chỉ sử dụng nước ao để tưới. Sau 2 tháng, khi cây đã phát triển tốt, bắt đầu cho nước thải chảy vào hệ thống đất ngập nước để xử lý và đánh giá hiệu quả của hệ thống.



Hình 2. Cây sậy mới trồng trong hệ thống và sau 4 tháng



Hình 3. Nước thải trước và sau khi xử lý



Hình 4. Cây sậy sau 7 tháng

1. Sự tồn tại và phát triển của cây sậy trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo

Khoảng ngày thứ 15 sau khi trồng, 100%

cây sậy đều sống. Sau khi trồng sậy được khoảng 2 tháng, bắt đầu cho nước thải chảy vào hệ thống đất ngập nước nhân tạo để xử lý và đánh giá hiệu quả của hệ thống.

Bảng 2

Sự phát triển của cây sậy trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo

Thời gian	Chiều cao cây (cm)	Số chồi/ cây (bụi)
15 ngày sau khi trồng	15,1 ± 4,5	3,8 ± 1,5
Trước khi cho nước thải chảy vào	75,1 ± 11,3	4,3 ± 1,2
3 tháng sau khi xử lý	125,8 ± 15,8	5,4 ± 2,0
7 tháng sau xử lý	157,6 ± 14,3	2,4 ± 0,9

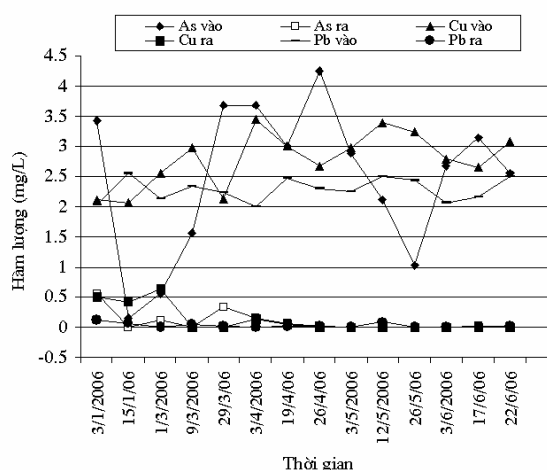
Để đánh giá hiệu quả xử lý kim loại nặng của hệ thống đất ngập nước nhân tạo trồng sậy, đã tiến hành đánh giá khả năng sinh trưởng của cây sậy trong hệ thống. Kết quả cho thấy, cây sậy phát triển khá tốt cả khi hệ thống đất ngập nước nhân tạo đã được cho nước thải có chứa kim loại nặng chảy vào. Sau 7 tháng xử lý, cây sậy phát triển chiếm ưu thế trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo bên cạnh các loài cây khác và che phủ gần như toàn bộ bề mặt hệ thống, cây sậy đã phát triển đạt mức tối đa cả về mật độ và chiều cao (bảng 2), mật độ cây đạt khoảng 80-100 cây/m². Điều này chứng tỏ cây sậy có khả năng thích ứng tốt với nguồn nước bị ô nhiễm. Kết quả này đánh giá khả năng xử lý KLN trong thí nghiệm sẽ được thể hiện ở phần sau. Các thí nghiệm sử dụng hệ thống đất ngập nước nhân tạo dạng chảy trên bề mặt ở qui mô pilot để xử lý nước thải công nghiệp của Chen và cộng sự (2006) [2] đã cho thấy, trong số 4 loại thực vật thử nghiệm, chỉ có cây sậy (*Phragmites communis*) là có thể sống sót trong nước thải công nghiệp. Các kết quả nghiên cứu sử dụng loài thực vật trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo để xử lý nước thải thuộc da, nước thải chứa KLN của Cristina S. C. Calheiros và cộng sự (2007) [6], Bonanno và cộng sự (2010) [1] cũng đã chứng minh hiệu quả của việc sử dụng cây sậy (*Phragmites australis*) và cỏ nến (*Typha latifolia*).

2. Hiệu quả loại bỏ các kim loại nặng

Kết quả đánh giá khả năng loại bỏ một số kim loại khỏi nước thải của hệ thống đất ngập nước được thể hiện ở hình 4, 5, 6.

Kết quả này cho thấy, trong 3 tháng đầu mới hoạt động (từ T1 đến T4/2006), khả năng loại bỏ

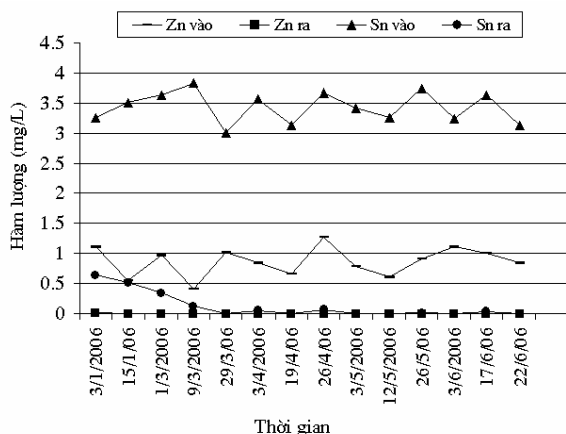
kim loại nặng của hệ thống đất ngập nước nhân tạo chưa tốt, hiệu quả loại bỏ As, Pb, Cu, Sn đạt tương ứng 90%, 97-98%, 75-96%, 85-90%. Sau 6 tháng hoạt động, gần như 99-100% As, Cu, Pb, Zn và Sn được loại bỏ hoàn toàn khỏi nước thải sau khi xử lý qua hệ thống đất ngập nước nhân tạo dạng chảy trên bề mặt.



Hình 4. Hiệu quả loại bỏ As, Cu, Pb của hệ thống đất ngập nước

Kết quả nhận được của chúng tôi tương tự kết quả của nhiều tác giả khác Polprasert và cộng sự (1996) [13] đã chứng minh rằng, hệ thống đất ngập nước nhân tạo trồng cây cỏ nến (*Typha*) có khả năng loại bỏ hơn 99% Cr, Ni trong nước thải khi nồng độ ban đầu của chúng trong nước thải dao động trong khoảng 1-50mg/L. Tại mỏ United Keno Hill, Úc, người ta đã thiết lập một vùng đất ngập nước nhân tạo qui mô pilot với kích thước 9 × 18,5m để xử lý nước thải. Kết quả cho thấy, hàm lượng Zn đã giảm từ 25 mg/L xuống 5 mg/L (hiệu quả loại bỏ đạt 80%) [22]. Theo Crites và cộng sự (2006)

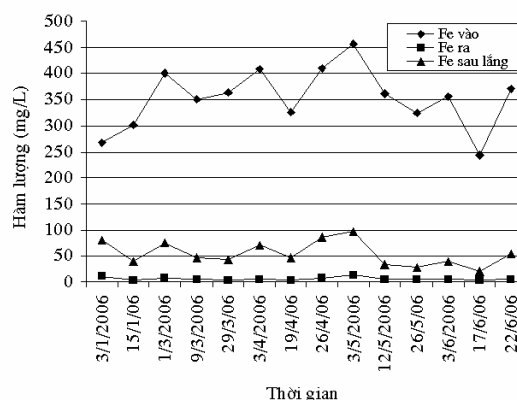
[5], hệ thống đất ngập nước nhân tạo dạng chảy trên bề mặt có thể loại bỏ được từ 0 đến 99% đối với As và Ni, đối với các kim loại khác hiệu quả đạt được từ 46 đến 99% tùy thuộc vào nồng độ ban đầu của chúng trong nước thải. Các kết quả nghiên cứu của Sardar Khan và cs. (2009) [14] cũng cho thấy, hệ thống đất ngập nước nhân tạo có khả năng loại bỏ Fe, Cu, Cd tốt nhất.



Hình 5. Hiệu quả loại bỏ Zn, Sn của hệ thống đất ngập nước

Địa điểm xử lý nước thải là một cơ sở tuyến quặng thiếc, nước thải có màu đỏ gạch và nhiều bùn, tuy nhiên trước khi cho nước thải chảy vào hệ thống đất ngập nước nhân tạo chúng tôi đã xử

lý sơ bộ cho lắng bớt cặn. Hàm lượng sắt khá cao trong nước thải đầu vào (301 - 457 mg/L) đã được giảm đáng kể sau bể xử lý sơ bộ hình 6), điều này đã giúp làm tăng hiệu quả và giảm tải cho quá trình xử lý kim loại nặng của hệ thống đất ngập nước nhân tạo đồng thời kéo dài thời gian hoạt động của hệ thống. Kết quả trình bày trên hình 6 cho thấy, hàm lượng Fe giảm rõ rệt trong quá trình xử lý và đạt hiệu quả loại bỏ 77 - 93%.



Hình 6. Hiệu quả loại bỏ Fe của hệ thống đất ngập nước

Các chỉ tiêu về kim loại nặng nhận được sau xử lý đều đạt QCVN 24:2009/BTNMT cho nước thải công nghiệp loại B.

Bảng 3

Nồng độ KLN trong đất của hệ thống đất ngập nước nhân tạo trồng cây sậy

Kim loại nặng	Nồng độ (mg/kg trọng lượng khô)		
	Lớp bùn phía trên cùng (3 cm)	Đất	Giới hạn trong đất cho phép sử dụng cho mục đích công nghiệp (TCVN 7209: 2002)
Cu	7,80	3,10	100
Fe	64,20	27,60	-
As	0,86	0,24	12
Pb	5,60	1,70	300
Zn	2,50	0,64	300
Sn	4,06	1,41	-

Theo Sriyaraj và Shutes (2001) [7], trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo tốc độ loại bỏ kim loại nặng bởi các loài thực vật khác nhau thì khác nhau, nó phụ thuộc vào tốc độ phát triển của thực vật và nồng độ kim loại nặng trong tế bào thực vật. Edroma (1974)[10] đã chứng minh rằng, phần lớn các kim loại nặng được hấp thụ vào mô thực vật thông qua sự hấp phụ vào các vị trí anion trên vách tế bào, các thực vật trong

đâm lầy có thể tích lũy một hàm lượng kim loại cao gấp 200 lần nồng độ kim loại trong các mô của chúng so với môi trường xung quanh. Hầu hết các nghiên cứu của các tác giả kể trên đều chứng minh lượng kim loại được hấp thụ chủ yếu ở phần rễ của thực vật.

3. Sự tích lũy các kim loại nặng trong đất của hệ thống đất ngập nước nhân tạo

Chúng tôi đã tiến hành đánh giá sự tích lũy kim loại nặng trong đất của hệ thống đất ngập nước nhân tạo.

Kết quả thu được cho thấy, kim loại nặng được tích tụ chủ yếu trong lớp bùn của hệ thống đất ngập nước nhân tạo trồng sậy, và nhiều nhất ở phân bùn phía tiếp nhận nước vào. Tại lớp bùn phía trên hàm lượng kim loại nặng đo được nhiều nhất là Fe 64,20 mg/kg trọng lượng khô, tiếp đó là đến Cu, Pb, Sn, Zn và As. Các nghiên cứu của chúng tôi mới duy trì được 1 năm nên hàm lượng kim loại tích lũy trong đất chưa nhiều. Theo các kết quả nghiên cứu của các tác giả nước ngoài thì thời gian hoạt động của một hệ thống đất ngập nước nhân tạo từ 10-20 năm [19].

III. KẾT LUẬN

Qua các kết quả thu được có thể thấy xử lý nước thải bằng biện pháp tạo hệ thống đất ngập nước nhân tạo dạng chảy trên bề mặt đem lại hiệu quả xử lý tốt. Hiệu quả xử lý As, Pb, Sn, Cu và Zn trong nước thải đạt 100% và 77-93% Fe đã được loại bỏ. Các chỉ tiêu này đều đạt QCVN 24:2009/BTNMT loại B.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Bonanno G. and Lo Giudice R.**, 2010: Ecological Indicators, 10(3): 639-645.
2. **Chen T. Y. et al.**, 2006: Chemosphere, 64: 497-502.
3. **Cohen R. R. H.**, 2006: J. Cleaner Production, 14(12,13): 1146-1157.
4. **Cole S.**, 1998: Journal of Environmental Science and Technology, 32(5): 218-223.
5. **Crites R. W., Middlebrooks E. J., Reed S. C.**, 2006: Natural Wastewater Treatment Systems; CRC, Taylor & Francis, Boca Raton, FL.
6. **Cristina S. C. Calheiros et al.**, 2007: Water Research, 41(8): 1790-1798.
7. **Debusk A. T., Laughlin R. B., Schwartz L. N.**, 1996: Water Research, 30(11): 2707-2716.
8. **Đặng Đình Kim**, 2003: Xử lý ô nhiễm một số kim loại nặng trong nước thải công nghiệp bằng phương pháp sinh học. Trung tâm Thông tin - Tư liệu. Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia.
9. **Đặng Xuyên Như và cs.**, 2003: Nghiên cứu xác định một số giải pháp sinh học (thực vật và vi sinh vật) để xử lý ô nhiễm kim loại nặng trong nước thải ở Thái Nguyên. Báo cáo đề tài cấp Bộ.
10. **Edroma E. L.**, 1974: Journal of Applied Ecology, 2: 1043-1056.
11. **Johnson D. B., Hallberg K. B.**, 2005: Science of the Total Environment, 338(1-2): 81-93.
12. **Kramer U., Smith R. D., Wenzel W. W., Raskin I., Salt D. E.**, 1997: Plant Physiol., 115: 1641-1650.
13. **Polprasert C., Dan N. P., Thayalakumaran N.**, 1996: Water Science and Technology, 34(11). 165-171.
14. **Sardar Khan et al.**, 2009: Journal of Environmental Management, 90(11): 3451-3457.
15. **Sheoran A. S., Sheoran V.**, 2006: Minerals Engineering, 19(2): 105-116.
16. **Srivastava H. S.** 2001: Bioremediation of the environment. In Reutilization of Industrial Effluents and Waste, R.K. Baslaas, Alok K. Srivastava. Pragati Prakashan, India, 22-29.
17. **Sriyraj K., Shutes R. B. E.**, 2001: Environment International, 26(5-6): 433-439.
18. **Trần Đức Hạ**, 2000: Kim loại nặng trong nước thải công nghiệp khu vực phía Bắc và các biện pháp xử lý, Tuyển tập công trình khoa học - Đại học Xây dựng, II: 15-26.
19. **Vandaele S., Thoeye C., Van Eygen B., Gueldre G.**, 2000: Wat. Sci.Tech., 41(1): 57-63.
20. **Ye Z. H., Whiting S. N., Qian J. H., Lytle C. M., Lin Z. Q., Terry N.**, 2001: Journal of Environmental Quality, 30: 1710-1719.
21. **Vymazal J.**, 2008: Encyclopedia of Ecology, 765-776.
22. [Http://technology.infomine.com/enviromine/wetlands/cw_cases.htm](http://technology.infomine.com/enviromine/wetlands/cw_cases.htm).

USING REED TO TREAT WASTEWATER CONTAINING HEAVY METALS

PHAM HUONG SON, DANG XUYEN NHU,
NGUYEN THI LAN, NGUYEN THI THANH MAI

SUMMARY

Industrial wastewaters are very complex and lead to water pollution if discharged untreated, especially due to its high heavymetal loading. In this study the constructed wetlands with free water surface in pilot scale designed for treatment of wastewater containing heavy metals has been monitored extensively with respect to removal of heavy metals. Metal concentrations in the influent wastewater, effluent and sediment were analyzed. The results indicated that reed was able to remove heavy metals directly from the contaminated water. All metals except Fe were efficiently removed in the CW, the metal concentrations in the effluent complied with standards for industrial wastewater (QCVN 24:2009/BTNMT-B). Removal efficiency varied between 77-93% for Fe and 99-100% for As, Zn, Pb, Cu and Sn. After 1 year of operation, the sediment in the area was not significantly contaminated with Zn, Cu, As, Pb, Fe, Sn.

Ngày nhận bài: 20-1-2010