

ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำโดยพืช Efficiency removal of lead and cadmium contaminated water by plant

ภิญโญ กรตุทโทบ¹ และ ปิยะดา วชิระวงศ์²

Phinyo Krutthoob and Piyada Wachirawongsakorn

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดตะกั่วและแคดเมียมของหญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโต ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอก โดยทำการทดลองในระดับความเข้มข้น 1, 5, 10 และ 15 มิลลิกรัม/ลิตร โดยการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่เหลืออยู่ในน้ำและความทนทานของพืชทั้ง 3 ชนิดทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าผักตบชวามีประสิทธิภาพในการบำบัดตะกั่วได้ดีกว่าหญ้าแฝกและสาหร่ายหางกระรอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกระดับความเข้มข้น ในขณะที่ประสิทธิภาพในการบำบัดแคดเมียมของพืชทั้งสามชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ยังพบว่าผักตบชวาไม่สามารถทนต่อพิษของแคดเมียมได้และตายในสัปดาห์ที่ 6 ของการทดลอง

คำสำคัญ : มลพิษทางน้ำ การฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อมด้วยพืช โลหะหนัก

Abstract

This research aims to study lead and cadmium treatment efficiency of vetivergrass (*Montoya*), water hyacinth and hydrilla. The experiment carried out under various concentrations of 1, 5, 10 and 15 mg/L. Lead and cadmium in water were determined and inspected the tolerance of all plants week by week throughout 8 weeks. The results showed that water hyacinth was significantly higher lead treatment efficiency than vetivergrass and hydrilla for every concentration levels ($p \leq 0.05$), while the lead treatment efficiency was not significantly difference ($p \leq 0.05$). Moreover, the results showed that water hyacinth could not tolerate cadmium toxicity and dead at the 6th week of experiment period.

Keywords : Water pollution, Phytoremediation, Heavy metal

¹ วิชาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล

สงคราม อ.เมืองจ.พิษณุโลก 65000. E-mail: ackkrub_psnru@hotmail.com โทร. 080 - 4544259

² ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมืองจ.พิษณุโลก 65000. E-mail: piyada333@hotmail.com โทร. 094 - 5366515

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีปัญหาด้านทรัพยากรน้ำเนื่องจากมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและ กิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ส่วนใหญ่เป็นสาเหตุให้น้ำในแหล่งน้ำเน่าเสียและเสื่อมโทรมอย่างเห็นได้ชัด ไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำ ลำคลอง ล้วนถูกใช้เป็นที่ทิ้งขยะและสิ่งปฏิกูล (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) ทางเลือกอีกแนวทางหนึ่งในการจัดการน้ำเสียคือ การใช้พืชเข้ามาช่วยในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากพืชน้ำหลายชนิดสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ทั้งสิ้น การเลือกใช้พืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียมีหลายประเภท บางประเภทลอยน้ำ เช่น ผักตบชวา บางชนิดอยู่ใต้น้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอกบางชนิดมีคุณสมบัติดูดน้ำเค็มไปลอยน้ำ เช่น บัวต้งๆ เป็นต้น (ฉัฐภัทร คุ่มภู, 2551)

จากการศึกษาผลงานวิจัยของ (ธนิยา เจตยานกรกุล, 2539) โดยศึกษาความเป็นไปได้ของหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ต่างๆ ในการบำบัดน้ำทิ้ง พบว่า ปริมาณโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมที่พบในส่วนรากมีปริมาณสูงกว่าส่วนที่เป็นต้นของหญ้าแฝก โดยรากพันธุ์หญ้าแฝกพันธุ์ราชสีห์มีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมสูงกว่าแหล่งพันธุ์อื่นในขณะที่ดินหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซียจะมีปริมาณตะกั่ว 4.9 ppm ส่วนต้นหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ราชสีห์และสุราษฎร์ธานีพบว่าปริมาณแคดเมียมสูงกว่าต้นหญ้าแฝกสายพันธุ์อื่น (Eva stoltz and Maria, 2002) ได้ทดลองการดูดซับแคดเมียมและตะกั่วจากสารละลายธาตุอาหารของพืช โดยสาหร่ายหางกระรอก มีความสามารถในการดูดซับโลหะหนัก โดยระดับความเข้มข้นไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถดูดซับซีลีเนียมได้ถึง 100% และ Ebel และคณะ (2007) ที่ได้ศึกษาการใช้ผักตบชวา (*Eichhorniacrassipes*) มาบำบัดไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำอันเกิดจากการทำเหมือง พบว่า หลังจากใช้ผักตบชวาไปแล้ว 23-32 ชั่วโมง สามารถกำจัดไซยาไนด์ที่ความเข้มข้น 5.8 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรได้หมด และเมื่อดูการสะสมของไซยาไนด์ในส่วนต่างๆ ของผักตบชวา พบว่า ไซยาไนด์สะสมในใบมากที่สุด

ซึ่งจากการศึกษาผลงานวิจัยข้างต้น พบว่า ยังไม่มีผู้วิจัยท่านใดได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหญ้าแฝก ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอกในการบำบัดโลหะหนัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาวิจัยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เพื่อหาพืชที่เหมาะสมกับน้ำเสียที่ปนเปื้อนตะกั่วและแคดเมียม เพราะการใช้พืชบำบัดน้ำเสียมีราคาถูก ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีสูง ซึ่งได้คัดเลือกพืช 3 ชนิด ได้แก่ หญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโด เพราะหญ้าแฝกมีคุณสมบัติในการดูดซับพวกโลหะเป็นพิษได้ดี ผักตบชวาซึ่งเป็นพืชเขตร้อนสามารถขยายพันธุ์ได้เร็ว มีปริมาณมากและยังหาง่ายในท้องถิ่น และสาหร่ายหางกระรอกเป็นพืชที่มีความทนทานต่อสภาพน้ำเสียที่ปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำ ซึ่งการใช้หญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโด ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอกเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนตะกั่วและแคดเมียมอีกทั้งยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาเลือกพืชให้เหมาะสมต่อการบำบัดตะกั่วและแคดเมียมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

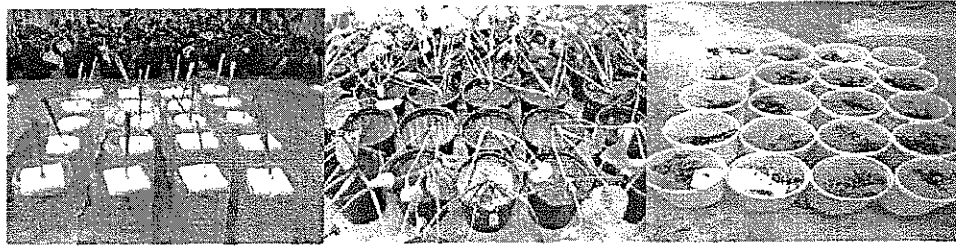
1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดตะกั่วและแคดเมียมระหว่างหญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโด ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอก
2. ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานของหญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโด ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอกต่อการได้รับสารพิษพวกตะกั่วและแคดเมียมที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การนำเอากระบวนการ Phytoremediation มาประยุกต์ใช้เพราะการใช้พืชบำบัดน้ำเสียถือว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนโลหะหนัก โดยหญ้าแฝกเป็นพืชในอุดมคติสำหรับบำบัดสารพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม หญ้าแฝกมีความทนทานสูงต่อความเป็นพิษของโลหะหนัก เช่น Cd, Pb, Hg และ Zn นอกจากนี้ยังดูดซับ Cd และ Pb ที่ละลายน้ำที่ปนเปื้อนได้ (Truong & Baker, 1998) ในประเทศออสเตรเลียมีการใช้หญ้าแฝกบำบัดมลพิษในพื้นที่ทิ้งขยะพบว่าสามารถดูดซับน้ำชะขยะได้ดี (Truong, 1999) ในประเทศจีนมีการใช้หญ้าแฝกปลูกในบริเวณกองขยะและฟาร์มสุกร ก็พบว่าสามารถขจัดกลิ่นที่ไม่ดีได้เป็นอย่างดี ส่วน Eva stoltz and Maria (2002) ได้ทดลองการดูดซับแคดเมียมและตะกั่วจากสารละลายธาตุอาหารของพืชโดยใช้สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla Verticillata Royle*) ในการดูดซับซีลีเนียม ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงไปเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ซึ่งสาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla Verticillata Royle*) มีความสามารถในการดูดซับโลหะหนักมากที่สุดโดยระดับความเข้มข้นไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถดูดซับซีลีเนียมได้ถึง 100% และเมื่อความเข้มข้นของซีลีเนียม 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการดูดซับลดลง แต่ยังสามารถในการดูดซับถึงร้อยละ 92 ขึ้นไป และ Ebek และคณะ (2007) ที่ได้ศึกษาการใช้ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) มาบำบัดไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำอันเกิดจากการทำเหมือง พบว่า หลังจากใช้ผักตบชวาไปแล้ว 23-32 ชั่วโมง สามารถกำจัดไซยาไนด์ที่ความเข้มข้น 5.8 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้หมด และเมื่อดูการ สะสมของไซยาไนด์ในส่วนต่างๆ ของผักตบชวา พบว่า ไซยาไนด์สะสมในใบมากที่สุด และได้สรุปผลการทดลองว่าผักตบชวาสามารถใช้เป็นพืชบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนไซยาไนด์จากการทำเหมืองทองคำขนาดเล็กได้

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการทดลองจะคัดเลือกพืช 3 ชนิด ได้แก่ หญ้าแฝกสายพันธุ์ม่อนโค ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอก มาบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนตะกั่วและแคดเมียมในระดับความเข้มข้น 1, 5, 10 และ 15 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ละความเข้มข้นจะทดลองทั้งหมด 3 ข้ำ โดยพืชแต่ละชนิดจะใส่ลงในถังทดลองจำนวน 1 ต้น/ถัง โดยใช้หญ้าแฝกสายพันธุ์ม่อนโคที่กำหนดความสูงของใบเท่ากับ 20 เซนติเมตร และความยาวราก 8 เซนติเมตร ผักตบชวาจะกำหนดให้ลำต้นเท่ากันคือ 4 ลำต้น มีความยาวของลำต้นโดยเฉลี่ย 55 – 60 เซนติเมตร และความยาวราก 15 เซนติเมตร และสาหร่ายหางกระรอกจะใช้น้ำหนักเท่ากับ 16 กรัม (ภาพที่ 1) และทุก ๆ 1 สัปดาห์จะเก็บน้ำมาตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในน้ำ ซึ่งใช้เวลาในการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อทำการทดลองครบ 8 สัปดาห์ จะทำการตรวจวัดปริมาณของตะกั่วและแคดเมียมที่สะสมในพืชทั้ง 3 ชนิด โดยด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตเมเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS รุ่น MoldAA-6200 Shimadzu Japan)



(ก) หนุ่้าแฝกสายพันธุ์ม่อนโต

(ข) ผักตบชวา

(ค) สาหร่ายหางกระรอก

ภาพที่ 1 การทดลองปลูกหนุ่้าแฝกสายพันธุ์ม่อนโต ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอก ในถังที่บรรจุน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วและแคดเมียม (ก) หนุ่้าแฝกสายพันธุ์ม่อนโตบรรจุถังน้ำ 5 ลิตร (ข) สาหร่ายหางกระรอกบรรจุถังน้ำ 10 ลิตร และ (ค) ผักตบชวาบรรจุถังน้ำ 15 ลิตร

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การเปรียบเทียบความทนทานของพืชหลังจากใช้น้ำบัดน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วและแคดเมียม

เมื่อเปรียบเทียบความทนทานของหนุ่้าแฝกสายพันธุ์ม่อนโต ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอก พบว่าหนุ่้าแฝกสายพันธุ์ม่อนโต ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอกมีความทนทานต่อตะกั่วไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยทนพิษของตะกั่วได้ถึง 8 สัปดาห์ สำหรับการบำบัดแคดเมียม หนุ่้าแฝกสายพันธุ์ม่อนโตและสาหร่ายหางกระรอกมีความทนทานต่อแคดเมียมในทุกระดับความเข้มข้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสามารถบำบัดแคดเมียมได้ดีกว่าผักตบชวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 1) โดยที่ผักตบชวาไม่สามารถทนพิษแคดเมียมได้และตายในสัปดาห์ที่ 6 ของการทดลองซึ่งสอดคล้องกับกนกพร บุญส่ง (2549) อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กล่าวว่า หนุ่้าแฝกมีประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสียดีกว่าผักตบชวา ทั้งยังสามารถควบคุมการเจริญเติบโต ส่วนรากที่ยาวสามารถชอนไชไปดูดสารพิษของเสียได้ดี อีกทั้งหนุ่้าแฝกยังทนต่อสารพิษและโลหะหนักต่างๆ ได้มากกว่าผักตบชวาและยังสอดคล้องกับ Devi & Devi (1981) ได้ศึกษาผลของตะกั่วและแคดเมียมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพบว่าสาหร่ายแต่ละสายพันธุ์มีความทนทานต่อโลหะหนัก ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการเจริญเติบโต โดยแสดงผลออกมาอย่างชัดเจนเมื่อได้รับโลหะหนัก

ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมที่เหลืออยู่ในน้ำหลังจากการบำบัด

พืชทั้ง 3 ชนิดสามารถกำจัดตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำได้ ซึ่งผักตบชวาและสาหร่ายหางกระรอกสามารถที่บำบัดน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วได้ดีกว่าหนุ่้าแฝกสายพันธุ์ม่อนโต โดยมีปริมาณตะกั่วเหลือในน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งพืชทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพในการบำบัดตะกั่วให้มีปริมาณที่ปนเปื้อนในน้ำลดลงจนผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่กำหนดให้มีปริมาณตะกั่วไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539) สำหรับการบำบัดแคดเมียมในน้ำ พบว่าสาหร่ายหางกระรอกสามารถบำบัดแคดเมียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกระดับความเข้มข้นแต่ระหว่างการทดลองผักตบชวาไม่สามารถทนพิษแคดเมียมได้และตายในสัปดาห์ที่ 6 ของการทดลอง โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Mohammed and Makert, 2006) กล่าวว่า ผลความเป็นพิษของโลหะหนักมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้น ชนิดของสิ่งมีชีวิต และช่วงเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1 ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่เหลือยู่ในน้ำ และความทนทานของหญ้าแฝกหญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโต ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอกหลังจากการบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วและแคดเมียมเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้น (mg/l)	ปริมาณตะกั่วที่เหลือยู่ในน้ำ			ปริมาณแคดเมียมที่เหลือยู่ในน้ำ			ความทนทานของพืช (สัปดาห์)					
	มอนโต	ผักตบชวา	สาหร่ายฯ	มอนโต	ผักตบชวา	สาหร่ายฯ	ตะกั่ว			แคดเมียม		
							มอนโต	ผักตบชวา	สาหร่ายฯ	มอนโต	ผักตบชวา	สาหร่ายฯ
1	0.07b	0.01a	0.01a	0.16a	0.24a	0.18a	8a	8a	8a	8a	5b	8a
5	0.13b	0.01a	0.03a	0.22b	0.93c	0.10a	8a	8a	8a	8a	5b	8a
10	0.14b	0.02a	0.04a	0.09a	1.59b	0.15a	8a	8a	8a	8a	5b	8a
15	0.11b	0.02a	0.02a	0.23b	2.01c	0.03a	8a	8a	8a	8a	5b	8a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่สะสมในหญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโต ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอก

ปริมาณของตะกั่วที่สะสมในหญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโต ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอก มีปริมาณการสะสมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยสาหร่ายหางกระรอกมีปริมาณการสะสมของตะกั่วมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ หญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโต และผักตบชวา ตามลำดับ สำหรับแคดเมียมจะพบปริมาณการสะสมแคดเมียมมากที่สุดในสาหร่ายหางกระรอก โดยมีปริมาณการสะสมแคดเมียมสูงกว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโตและผักตบชวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05(ตารางที่2)

ตารางที่ 2 ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่สะสมในหญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโต ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอก

โลหะหนัก(mg/l)	ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในพืช(ppm)		
	หญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโต	ผักตบชวา	สาหร่ายหางกระรอก
ตะกั่ว	1	0.24b	0.01c
	5	2.25b	0.12c
	10	5.38b	0.02c
	15	4.08b	0.34c
แคดเมียม	1	1.10b	1.31b
	5	1.94b	1.10b
	10	1.42b	1.70b
	15	1.35b	1.31b

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในแต่ละระดับความเข้มข้น (แถวแนวนอน)

สรุปผลการศึกษา

ผักตบชวาและสาหร่ายหางกระรอกสามารถบำบัดตะกั่วได้ดีที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น รองลงมา ได้แก่ หญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโต ในขณะที่สาหร่ายหางกระรอกเป็นพืชบำบัดแคดเมียมได้ดีที่สุด รองลงมา ได้แก่ หญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโต และผักตบชวา ตามลำดับ ทั้งนี้ผักตบชวาไม่สามารถทนพิษของแคดเมียมได้และตายก่อนสิ้นสุดการทดลอง แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าพืชทั้ง 3 ชนิดสามารถใช้บำบัดน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วและ

แลกเปลี่ยนได้โดยสามารถบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนจนถึงที่ระดับความเข้มข้นที่ทำให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้
โดยกรมควบคุมมลพิษ

เอกสารอ้างอิง

- กนกพร บุญส่ง.(2549).ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกที่ปลูกด้วยเทคนิคแทนลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียชุมชน.
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2538). ศัพท์และบัญญัตินิยามสิ่งแวดล้อมน้ำ. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. เรือนแก้วการพิมพ์.
- ธนียาเจติยานุกรกุล. (2539). ความเป็นไปได้ของการใช้หญ้าแฝกจากแหล่งพันธุ์ต่างๆในการบำบัดน้ำทิ้ง. วิทยานิพนธ์วท.ม.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฉัฐภัทรตุ้มภู. (2551). ลดความเป็นด่างและเพิ่มคุณภาพของน้ำให้ดีขึ้นนางสีสุสาระ.
- Devi, P. P. V., & Devi. P. P. S. (1981). Effect of cadmium, lead and nickel on tree freshwater green algae. Water, Air, and Soil pollution, 17, 263 – 268.
- Ebel, M., Evangelou, M.W. and Schaeffer, A. (2007). Cyanide phytoremediation by water hyacinths (*Eichhornia crassipes*). Chemosphere. Vol.66 (5): 816-23.
- Eva. S. and Gerg. M.. (2002). Root penetration through sealing layers at mine deposit sites. Waste management & research : The journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, Vol.24 (6): 552-9.
- Mohammed, H.M., & Makert. B. (2006). Toxicity of heavy metals on *Scenedesmus quadricauda* (Turp) de Brebisson in batch cultures [Abstract]. Retrieved January 5, 2007, from <http://www.Springerlink.com/content/t54q627p02856778>.
- Truong, P., (1999). Vetiver grass technology for mine rehabilitation. PRVN Technical Bulletin No. 1999/2. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.
- Truong. P. N. and Baker, D. (1998). Vetiver Grass System for Environmental Protection. Royal Development Projects Protection. Technical Bulletin No. 1998/1. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.