

การเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับโลหะหนักแคดเมียมโดย  
ต้นธูปฤาษีกับสาหร่ายหางกระรอก

The Quantity Comparison on Heavy Metal (Cadmium)

Adsorption by Cattail and Hydrilla

พูนฉวี สมบัติศิริ<sup>1\*</sup> และ โสภิษฐพร ศิลปภิรมย์สุข<sup>2</sup>

Punchavee Sombutsiri<sup>1\*</sup> and Sopittaporn Sillapapiromsuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพวงศ์

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพวงศ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักแคดเมียมในน้ำโดยใช้ต้นธูปฤาษีกับสาหร่ายหางกระรอก โดยการนำต้นธูปฤาษีและสาหร่ายหางกระรอกมาปลูกในน้ำที่มีโลหะหนักแคดเมียมปนอยู่ เพื่อทำการบำบัดน้ำให้มีสภาพที่ดีขึ้น จากการทดสอบทางเคมีพบว่าค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำที่มีต้นธูปฤาษีและสาหร่ายหางกระรอกอาศัยอยู่มีความเข้มข้นลดลง จากการเปรียบเทียบการดูดซับโลหะหนักแคดเมียมของพืชสองชนิดพบว่าพืชที่สามารถดูดซับโลหะหนักแคดเมียมได้ดีที่สุดคือ ต้นสาหร่ายหางกระรอกโดยที่ความเข้มข้นของแคดเมียม 4 มิลลิกรัม/ลิตร มีแคดเมียมลดลงสูงสุดคิดเป็น 86.64 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้นของแคดเมียม 2 มิลลิกรัม/ลิตร มีแคดเมียมลดลงสูงสุดคิดเป็น 85.18 เปอร์เซ็นต์ สำหรับต้นธูปฤาษีที่ความเข้มข้นแคดเมียม 4 มิลลิกรัม/ลิตร มีแคดเมียมลดลงสูงสุดคิดเป็น 72.65 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้นแคดเมียม 2 มิลลิกรัม/ลิตร มีแคดเมียมลดลงสูงสุดคิดเป็น 70.19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าแคดเมียมที่ลดลงในปริมาณที่น้อยกว่าต้นสาหร่ายหางกระรอก

**คำสำคัญ:** การดูดซับ โลหะหนักแคดเมียม ต้นธูปฤาษี สาหร่ายหางกระรอก

## Abstract

The objective of this research was to study and compare the ability of cattail and hydrilla to absorb heavy metals (in this case cadmium) in the treatment of wastewater. Cattail and hydrilla were grown in water contaminated with cadmium and subsequent chemical tests showed that the cadmium concentration decreased in both cases. A comparison of the rate of cadmium adsorption of the two plants revealed that hydrilla was more efficient at this than was cattail. At cadmium concentrations of 2 mg/l and 4 mg/l, the concentration decreased by respectively 81.85% and 86.64% in the hydrilla treatment but by 70.19% and 72.65% in the cattail treatment.

**Keywords:** adsorption of heavy metal (cadmium), cattail, hydrilla

## บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาเกี่ยวกับแหล่งน้ำเน่าเสียที่ไม่มีการจัดการอย่างจริงจัง และประชาชนส่วนใหญ่ยังไม่ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ปัจจัยสำคัญที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดมลพิษทางน้ำคือ น้ำเสียที่เกิดจากแหล่งชุมชน เนื่องจากจำนวนประชากรในประเทศเพิ่มขึ้นมาก ทำให้เขตชุมชน หรือเขตเมืองต่างๆ มีการขยายตัวตามไปด้วย แนวทางการลดปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้บ่อดกตะกอน บ่อเติมอากาศ เพื่อเป็นการบำบัดน้ำเสียเริ่มต้น ก่อนปล่อยทิ้งสู่แหล่งสาธารณะ แต่ระบบดังกล่าวใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง ในขณะที่วิธีบำบัดทางกายภาพ เคมี กายภาพ-เคมี และวิธีทางชีวภาพเป็นการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติเป็นตัวช่วยในการกำจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำเสีย ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ต้นทุนต่ำและมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสูง (สุมล, 2562) การบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พระองค์ทรงมีพระราชประสงค์ให้เป็นเทคโนโลยีที่ง่าย สะดวกและเป็นวิธีการที่อาศัยธรรมชาติให้ช่วยเหลือธรรมชาติด้วยตนเอง โดยการอาศัยพืชช่วยในการกรองหรือฟอกน้ำให้สะอาดขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการที่พืชดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสีย และจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินนำไปใช้ในการเจริญเติบโตประกอบกัน (สุภาพร และคณะ, 2555) นอกจากนี้การใช้พืชน้ำในการกรองน้ำเสียจะได้รับผลพลอยได้ในการนำพืชน้ำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นตลอดจนช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบำบัดน้ำเสียที่ต้องลงทุนสูง การบำบัดน้ำเสียด้วยพืช โดยใช้วิธีปลูกพืชในน้ำโดยตรง ซึ่งมีแพเป็นสิ่งค้ำจุนโดยใช้สาหร่ายทางกระรอกและธูปฤๅษีเป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากพืชทั้งสองสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีโลหะหนัก จึงเป็นที่น่าสนใจในการคัดเลือกมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียซึ่งน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภทจะมีโลหะหนักเจือปนอยู่ในปริมาณสูง เช่น  $\text{Cu}^{2+}$   $\text{Ni}^{2+}$   $\text{Cr}^{3+}$  เป็นต้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการบำบัดไอออนของโลหะหนักบางชนิดคือ ไอออนของแคดเมียมโดยใช้สาหร่ายทางกระรอก (พืชนิตลอยน้ำ) และธูปฤๅษี (พืชนิตอวน้ำ) เนื่องจากเป็นสารละลายที่มีสีจึงสังเกตได้ง่าย โดยมุ่งหมายว่า ผลการศึกษานี้จะทราบถึงประสิทธิภาพในการบำบัดแคดเมียมในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยใช้พืชที่มีอยู่มากในท้องถิ่น

## วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมจากสาหร่ายหางกระรอกและรูปธาตุซี
2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติบำบัด

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. เตรียมอุปกรณ์และสถานที่ปลูกพืช

เตรียมท่อปูนซีเมนต์วงขนาด 80 เซนติเมตร จำนวน 1 ท่อ นำดินใส่ลงในท่อปูนซีเมนต์ให้ได้ 2 ใน 3 ของขนาดท่อปูนซีเมนต์ แล้วนำท่อปูนซีเมนต์ไปวางไว้ในสถานที่ที่มีแดดส่องถึง จากนั้นนำน้ำใส่ลงไปลงในท่อปูนซีเมนต์ให้ดินมีสถานะอึมน้ำ

### 2. ขั้นตอนการปลูกและเตรียมพืช

การเตรียมต้นรูปธาตุซี นำต้นรูปธาตุซีปลูกลงในท่อปูนซีเมนต์ที่เตรียมไว้ โดยปักต้นรูปธาตุซีให้ห่างกันพอประมาณ เฉลี่ยให้ทั่วท่อซีเมนต์ เมื่อปลูกเสร็จให้เอาน้ำใส่ในท่อปูนซีเมนต์และใส่ปุ๋ยเป็นระยะ จนต้นรูปธาตุซีแตกหน่อเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ใช้เวลาในการปลูก 3 เดือน การเตรียมสาหร่ายหางกระรอก นำสาหร่ายหางกระรอกที่ได้จากแหล่งน้ำที่สะอาดมาใส่ในกะละมังที่มีน้ำสะอาด ทิ้งไว้ 1 คืน

### 3. ขั้นตอนการเตรียมน้ำและบ่อจำลอง

ล้างทำความสะอาดบ่อจำลองจำนวน 4 ตู้ โดยใช้ตู้ปลาแทนบ่อจำลอง ตวงน้ำกลั่นใส่บ่อจำลองขนาดใหญ่จำนวน 4 บ่อ บ่อละ 37 ลิตร และตวงน้ำกลั่นใส่บ่อจำลองขนาดเล็ก จำนวน 4 บ่อ บ่อละ 6 ลิตร

### 4. ขั้นตอนการเตรียมสารละลายแคดเมียมในบ่อจำลองใหญ่ที่ความเข้มข้นแคดเมียม 2 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม 2 มิลลิกรัม/ลิตร ชั่งแคดเมียม 0.15 มิลลิกรัม ต่อน้ำ 37 ลิตร และที่ความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม 4 มิลลิกรัม/ลิตร ชั่งแคดเมียม 0.30 มิลลิกรัม ต่อน้ำ 37 ลิตร แล้วนำแคดเมียมไปละลายกับน้ำกลั่นในบ่อจำลองความเข้มข้นละ 4 บ่อ จากนั้นนำน้ำที่มีแคดเมียมละลายอยู่ ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) เพื่อหาความเข้มข้นของสารให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการเริ่มต้น

## 5. การเตรียมสารละลายแคดเมียมในบ่อจำลองเล็กที่ความเข้มข้นแคดเมียม 2 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ความเข้มข้นแคดเมียม 2 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งแคดเมียม 0.02 มิลลิกรัมต่อน้ำ 6 ลิตร และที่ความเข้มข้นแคดเมียม 4 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งแคดเมียม 0.05 มิลลิกรัมต่อน้ำ 6 ลิตร แล้วนำแคดเมียมไปละลายกับน้ำกลั่นในบ่อจำลองความเข้มข้นละ 4 บ่อ จากนั้นนำน้ำที่มีแคดเมียมละลายอยู่ ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) เพื่อหาความเข้มข้นของสารให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการเริ่มต้น

## 6. ขั้นตอนการปลูกพืช

6.1 เตรียมดินที่จะใช้ปลูกต้นธูปฤๅษี คือดินเหนียวจำนวน 8 ก้อน ก้อนละ 1 กิโลกรัม โดยใส่ดินในบ่อจำลองใหญ่ตุ้ละ 2 ก้อน ให้ครบ 4 บ่อ

6.2 เตรียมต้นธูปฤๅษี โดยใช้ธูปฤๅษี 1 กิโลกรัม ต่อบ่อทดลอง 1 ตู โดยจะปลูกต้นธูปฤๅษีจำนวน 2 บ่อ ได้แก่บ่อที่มีสารละลายแคดเมียมเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร และอีกบ่อที่มีสารละลายแคดเมียมเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใส่เฉพาะดินเหนียว แต่ไม่มีต้นธูปฤๅษีเพื่อเป็นบ่อควบคุม (Blank)

6.3 เตรียมต้นสาหร่ายหางกระรอก โดยใช้สาหร่ายหางกระรอก 1 กิโลกรัม ต่อบ่อทดลอง 1 ตู โดยจะปลูกต้นสาหร่ายหางกระรอกจำนวน 2 บ่อ ได้แก่บ่อที่มีสารละลายแคดเมียมเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร และอีกบ่อที่มีสารละลายแคดเมียมเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใส่เฉพาะน้ำแต่ไม่มีต้นสาหร่ายหางกระรอกเพื่อเป็นบ่อควบคุม (Blank)

## 7. ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อจำลองน้ำเสีย

การเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อจำลองน้ำเสียเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นแคดเมียม โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากการปลูกพืช 1 วัน และหลังจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำในวันที่ 3, 5 และ 7 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำวันละ 3 ข้ว เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นเขียนชื่อของตัวอย่างน้ำใส่ลงในกระดาษ Label ติดไว้ที่ขวดเพื่อนำไปย่อยและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำต่อไป

## 8. ขั้นตอนการย่อยตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ปีเปตกรดไนตริก 65% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในน้ำตัวอย่างปริมาตร 100 มิลลิลิตรที่เตรียมไว้ เขย่าน้ำตัวอย่างให้เข้ากัน นำน้ำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปย่อยบนเตาให้ความร้อนจนกว่าน้ำตัวอย่างจะเหลือประมาณ 5-10 มิลลิลิตร หรือเมื่อเห็นควันขาวพุ่งลอยขึ้นมา แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้อง แล้วนำตัวอย่างที่เย็นแล้วไปกรองด้วยกระดาษกรอง

ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เพื่อเอาตะกอนออก ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการปรับปริมาตรแล้วไปวิเคราะห์หา ความเข้มข้นของโลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

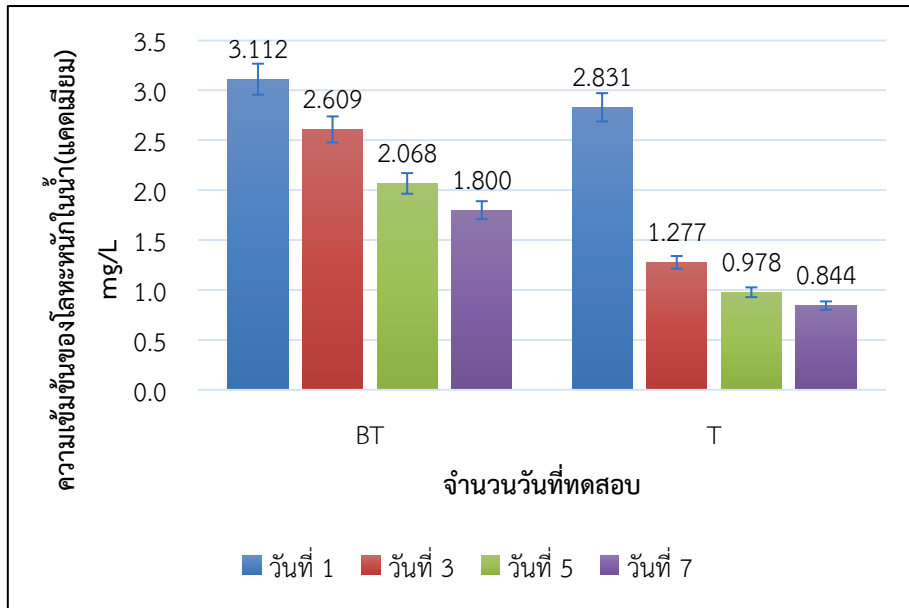
## ผลการวิจัย

### 1. ลักษณะของพืชที่ใช้ในการบำบัดโลหะหนักแคดเมียมในน้ำ

จากการจำแนกชนิดพืชที่ใช้ในกระบวนการบำบัดโลหะหนักแคดเมียมในน้ำ ด้วยวิธีการปลูกพืชบำบัดโดยกระบวนการที่เรียกว่า การฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อมด้วยพืช (Phytoremediation) ซึ่งศึกษาพืชอยู่ 2 ชนิด คือ ต้นรูปฤาษี (พืชชอบน้ำ) และสาหร่าย ทางกระรอก (พืชลอยน้ำ) เมื่อนำน้ำที่ผ่านการปลูกพืชบำบัดไปวิเคราะห์โดยใช้ เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer : AAS) พบว่าความเข้มข้นของแคดเมียมมีค่าลดลงไปตามลำดับ และแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ใช้ในการบำบัด โดยเมื่อปลูกพืชในน้ำที่มีสารละลาย แคดเมียมเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าในช่วงแรกของการทดลองต้นรูปฤาษีมีสี เขียวทั้งต้น อวบน้ำและรากมีลักษณะของการถูกตัดบ้าง เนื่องจากการขาดธาตุอาหารออกมา เพื่อมาปลูกในบ่อทดลอง ส่วนน้ำในตุ้มมีสีขุ่นเนื่องจากการนำดินเหนียวใส่ในตุ้มเพื่อปลูกพืช หลังจากนั้นอีก 7 วัน ต้นรูปฤาษียังคงสภาพมีสีเขียวเหมือนเดิมแต่รากงอกเพิ่มมากขึ้น น้ำในตุ้มทดลองมีความขุ่นเล็กน้อยสำหรับต้นสาหร่ายทางกระรอกที่ความเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร ในช่วงแรกของการทดลองพบว่าต้นสาหร่ายทางกระรอกมีสีเขียวทั่วทั้งตุ้ม ทดลอง รากอวบและพันกันเป็นจำนวนมาก น้ำในตุ้มทดลองมีสีใส และหลังจากนั้นอีก 7 วัน พบว่าต้นสาหร่ายทางกระรอกยังคงสภาพต้นมีสีเขียวเหมือนเดิม แต่รากมีจำนวนเพิ่มขึ้น มากกว่าเริ่มต้น น้ำในตุ้มทดลองมีความขุ่นเล็กน้อย

### 2. ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมจากบ่อดินรูปฤาษีที่ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร

ผลการวัดค่าความเข้มข้นของแคดเมียมจากบ่อดินรูปฤาษีกับบ่อควบคุม ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 แสดงดังภาพที่ 1



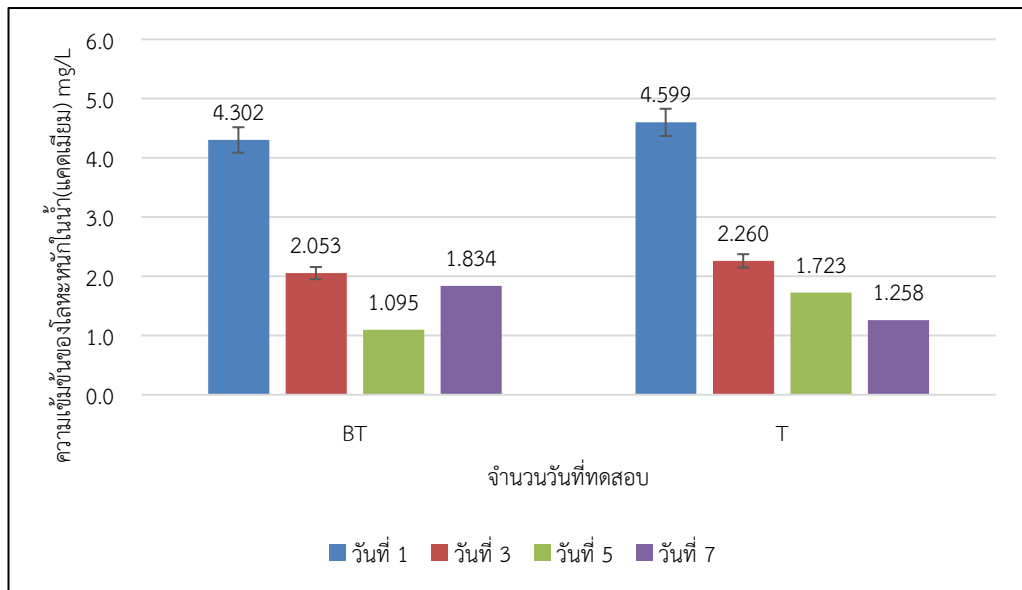
\*หมายเหตุ BT = บ่อควบคุมต้นรู่ปลาชี่ T = บ่อทดลองที่ปลูกต้นรู่ปลาชี่

ภาพที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยแคดเมียมที่วัดได้จากบ่อต้นรู่ปลาชี่ 2 มิลลิกรัม/ลิตร

จากภาพที่ 1 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของเริ่มต้นแคดเมียมที่วัดได้จากบ่อควบคุมที่ปลูกต้นรู่ปลาชี่ มีค่าเท่ากับ 3.112 มิลลิกรัม/ลิตร และในวันที่ 7 มีความเข้มข้นลดลงเหลือ 1.800 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าการลดลงคิดเป็น 42.16% สำหรับบ่อทดลองที่ปลูกต้นรู่ปลาชี่มีความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมเริ่มต้นเท่ากับ 2.831 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 7 มีความเข้มข้นแคดเมียมลดลงเหลือ 0.844 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าการลดลงคิดเป็น 70.19% โดยการลดลงของความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำความต่างสุทธิระหว่างบ่อทดลองกับบ่อควบคุมเท่ากับ 28.03%

### 3. ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมจากบ่อต้นรู่ปลาชี่ที่ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ลิตร

ผลการวัดค่าความเข้มข้นของแคดเมียมจากบ่อที่ปลูกต้นรู่ปลาชี่กับบ่อควบคุม 4 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 แสดงดังภาพที่ 2



\*หมายเหตุ BT = บ่อควบคุมต้นรูปถั่ว T = บ่อดลองที่ปลูกต้นรูปถั่ว

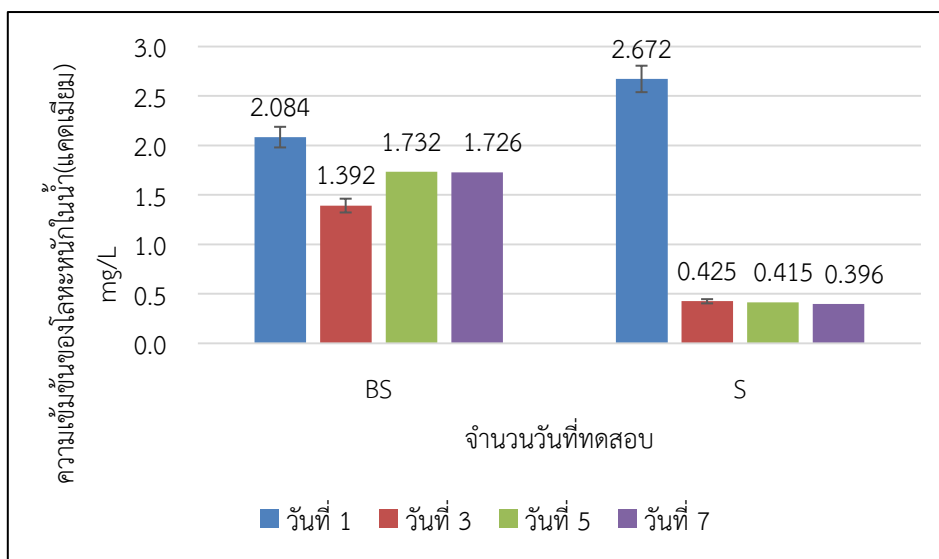
## ภาพที่ 2 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยแคดเมียมที่วัดได้จากบ่อต้นรูปถั่ว 4 มิลลิกรัม/ลิตร

จากภาพที่ 2 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมที่เริ่มต้นวัดได้จากบ่อควบคุมที่ปลูกต้นรูปถั่ว มีค่าเท่ากับ 4.302 มิลลิกรัม/ลิตร และในวันที่ 7 มีความเข้มข้นลดลงเหลือ 1.834 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าการลดลงคิดเป็น 57.37% สำหรับบ่อดลองที่ปลูกต้นรูปถั่วมีความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมเริ่มต้นเท่ากับ 4.599 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 7 มีความเข้มข้นแคดเมียมลดลงเหลือ 1.258 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าการลดลงคิดเป็น 72.65% โดยการลดลงของความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำมี ความต่างสุทธิระหว่างบ่อดลองกับบ่อควบคุมเท่ากับ 15.28%

## 4. ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมจากบ่อต้นสาหร่ายทางกระรอกที่ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร

ผลการวัดค่าความเข้มข้นของแคดเมียมจากบ่อที่ปลูกต้นสาหร่ายทางกระรอกกับบ่อควบคุม 2 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 แสดงดังภาพที่ 3





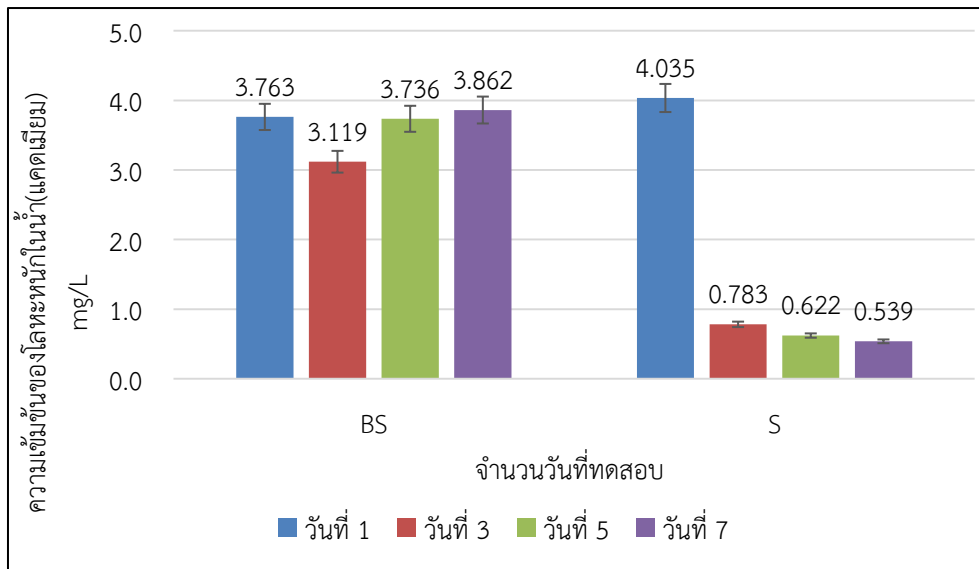
\*หมายเหตุ BS = บ่อควบคุมต้นสาหร่ายหางกระรอก S = บ่อทดลองที่ปลูกต้นสาหร่ายหางกระรอก

ภาพที่ 3 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยแคดเมียมที่วัดได้จากบ่อต้นสาหร่ายหางกระรอก 2 มิลลิกรัม/ลิตร

จากภาพที่ 3 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของเริ่มต้นที่วัดได้จากบ่อควบคุมที่ปลูกต้นสาหร่ายหางกระรอก มีค่าเท่ากับ 2.084 มิลลิกรัม/ลิตร และในวันที่ 3 มีความเข้มข้นลดลงเป็น 1.392 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นวันที่ 5 มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 1.732 มิลลิกรัม/ลิตร และความเข้มข้นแคดเมียมลดลงอีกครั้งในวันที่ 7 เหลือ 1.726 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าการลดลงคิดเป็น 17.18% สำหรับบ่อทดลองที่ปลูกต้นสาหร่ายหางกระรอกมีความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมเริ่มต้นเท่ากับ 2.672 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 7 มีความเข้มข้นแคดเมียมลดลงเหลือ 0.396 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าการลดลงคิดเป็น 85.18% จากกราฟจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นแคดเมียมบ่อควบคุมมีความเข้มข้นขึ้นๆ ลงๆ แต่ความเข้มข้นแคดเมียมในบ่อทดลองต้นสาหร่ายหางกระรอกมีความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำลดลงเรื่อยๆ โดยการลดลงของแคดเมียมในน้ำมีความต่างสุทธิตะหว่างบ่อทดลองกับบ่อควบคุมเท่ากับ 68.00%

### 5. ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมจากบ่อต้นสาหร่ายหางกระรอกที่ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ลิตร

ผลการวัดค่าความเข้มข้นของแคดเมียมจากบ่อที่ปลูกต้นสาหร่ายหางกระรอกกับบ่อควบคุม 4 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 แสดงดังภาพที่ 4



\*หมายเหตุ BS = บ่อควบคุมต้นสาหร่ายทางกระรอก S = บ่อทดลองที่ปลูกต้นสาหร่ายทางกระรอก

ภาพที่ 4 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยแคดเมียมที่วัดได้จากบ่อต้นสาหร่ายทางกระรอก 4 มิลลิกรัม/ลิตร

จากภาพที่ 4 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมเริ่มต้นที่วัดได้จากบ่อควบคุมที่ปลูกต้นสาหร่ายทางกระรอก มีค่าเท่ากับ 3.763 มิลลิกรัม/ลิตร และในวันที่ 3 มีความเข้มข้นลดลงเหลือ 3.119 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นวันที่ 5 มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 3.736 มิลลิกรัม/ลิตร และความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอีกครั้งในวันที่ 7 เป็น 3.862 มิลลิกรัม/ลิตร มีความเข้มข้นแคดเมียมเพิ่มขึ้นคิดเป็น 2.63% สำหรับบ่อทดลองที่ปลูกต้นสาหร่ายทางกระรอกมีความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมเริ่มต้นเท่ากับ 4.035 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 7 มีความเข้มข้นแคดเมียมลดลง 0.539 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าการลดลงคิดเป็น 86.64% จากกราฟจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นแคดเมียมบ่อควบคุมมีแนวโน้มว่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ความเข้มข้นแคดเมียมในบ่อทดลองต้นสาหร่ายทางกระรอกมีความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำลดลงเรื่อยๆ โดยการลดลงของแคดเมียมในน้ำความต่างสุทธิระหว่างบ่อทดลองกับบ่อควบคุมเท่ากับ 89.27%

## อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไอออนของโลหะแคดเมียม ผู้วิจัยได้แบ่งบ่อทดลองเป็น 4 บ่อ จำนวน 2 ชุด โดยบ่อที่ 1 ของแต่ละชุด เป็นบ่อควบคุมจะเติมน้ำกลั่น และไม่มีพืชชนิดใดบ่อที่ 2 ปลูกต้นรู่ฤาษี และบ่อที่ 3 ปลูกต้นสาหร่ายหางกระรอก โดยชุดที่ 1 จะเติมน้ำเสียที่มีไอออนของแคดเมียมผสมอยู่ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร บ่อละ 37 ลิตร ชุดที่ 2 จะเติมน้ำเสียที่มีไอออนของแคดเมียมผสมอยู่ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ลิตร บ่อละ 6 ลิตร และปลูกทิ้งไว้ในสภาพแวดล้อมเดียวกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยจะทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับด้วยการเก็บน้ำตัวอย่างจำนวน 10 มิลลิลิตร มาวิเคราะห์ทุกๆ 2 วัน ด้วยเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์ฟชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

จากการศึกษาเปรียบเทียบการดูดซับโลหะหนักแคดเมียมโดยใช้ต้นรู่ฤาษีและสาหร่ายหางกระรอก ในสารละลายแคดเมียมความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ มีความเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร ผลการศึกษาวิจัยพบว่าพืชที่สามารถดูดซับแคดเมียมได้มากที่สุดคือ ต้นสาหร่ายหางกระรอก โดยที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม 2 มิลลิกรัม/ลิตร ต้นสาหร่ายหางกระรอกสามารถดูดซับแคดเมียมได้ลดลงมากที่สุดคิดเป็น 85.18% และที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม 4 มิลลิกรัม/ลิตร ความเข้มข้นแคดเมียมลดลงมากที่สุดคิดเป็น 86.64% ส่วนต้นรู่ฤาษีที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร มีแคดเมียมลดลงมากที่สุดคิดเป็น 70.19% และที่ระดับความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ลิตร มีแคดเมียมลดลงมากที่สุดคิดเป็น 72.65% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าต้นสาหร่ายหางกระรอกมีการดูดซับและทนทานต่อโลหะหนักแคดเมียมได้ดีว่าต้นรู่ฤาษี และนอกจากนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะสังเกตเห็นได้ว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียมของบ่อจำลองที่ปลูกพืชจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงระหว่างวันที่ 1 กับวันที่ 3 จึงทำให้ทราบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของแคดเมียมสูงอัตราการดูดซับของพืชก็จะสูงตามไปด้วย และพืชที่ทำการทดลองครั้งนี้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในบ่อจำลองที่มีโลหะหนักแคดเมียมอยู่ โดยพืชไม่เหี่ยวเฉาแต่อย่างใด ดังเช่นงานวิจัยของภิญโญ และคณะ (2557) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำโดยพืช 3 ชนิด คือ หล้าแฝกสายพันธุ์มอนโต ผักตบชวา และสาหร่ายหางกระรอก พบว่าพืชทั้ง 3 ชนิด สามารถบำบัดแคดเมียมในน้ำได้ โดยสาหร่ายหางกระรอกสามารถบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนแคดเมียมได้ดีที่สุดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ โดยที่ความเข้มข้นที่ 5 มิลลิกรัม/ลิตร สาหร่ายหางกระรอกสามารถบำบัดแคดเมียมในน้ำเหลือ 0.10 รองลงมาคือหล้าแฝกสายพันธุ์มอนโตเหลือ 0.22 และผักตบชวาเหลือ 0.93 ตามลำดับ ดังนั้นสาหร่ายหางกระรอกสามารถดูดซับแคดเมียมได้ 98% ซึ่งความเข้มข้นแคดเมียมลดลงมากกว่ากับงานวิจัย (86.64 %) อาจเป็นเพราะงานวิจัยนี้มีความเข้มข้นของแคดเมียมเริ่มต้นน้อยกว่าพืชจึงดูดซับได้น้อยกว่า

## สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบอัตราการลดลงของแคดเมียมในน้ำโดยมีต้นธูปฤาษีและสาหร่ายหางกระรอก พบว่าพืชที่สามารถดูดซับโลหะหนักแคดเมียมได้ดีที่สุดคือ ต้นสาหร่ายหางกระรอก ที่ความเข้มข้นของแคดเมียม 4 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณแคดเมียมที่ลดลงสูงสุดคิดเป็น 86.64% ซึ่งมีการดูดซับได้ดีกว่าต้นธูปฤาษี 13.99% โดยมีความเข้มข้นแคดเมียมเหลือ 0.539 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับความเข้มข้นของแคดเมียมที่ 2 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณแคดเมียมลดลงที่สูงที่สุดคิดเป็น 85.18% ซึ่งมีการดูดซับได้ดีกว่าต้นธูปฤาษี 14.99% โดยมีความเข้มข้นของแคดเมียมเหลือ 0.396 มิลลิกรัม/ลิตร โดยลักษณะภายนอกของต้นสาหร่ายหางกระรอกยังคงสภาพปกติไม่เหี่ยวเฉาแต่อย่างใด

## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2553. คู่มือการเก็บตัวอย่างตะกอนดิน. กรุงเทพมหานคร: บริษัทอิซซ์ จำกัด.
- กฤษณะ จิรสารสวัสดิ์. 2557. การบำบัดโครเมียมโดยใช้ผักตบชวาด้วยบึงประดิษฐ์. น. 202-209. ใน: การประชุมระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1. คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, นนทบุรี.
- ภิญโญ กรุดรูป และปิยะดา วชิระวงศกร. 2557. ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำโดยพืช. [วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต]. [พิษณุโลก]. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- สุภาพร จันรุ่งเรือง และพิสบุษย์ จิตวาพรวนิช. 2555. ศีรษะภัยภาพการใช้ธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์รวมสาส์น.
- สมถ นิลรัตน์นิศากร. 2562. “ธูปฤาษี” พืชไร้ค่าที่ช่วยบำบัดน้ำเสีย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: <https://www.thaihealth.or.th/Content/22030>. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 เมษายน 2562.