

บทที่ 5 สรุป วิจัยรณัผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและวิจัยรณัผลการทดลอง

จากคัดเลือกพืชน้ำที่เหมาะสมในบำบัดสารหนูในน้ำนั้นนั้นพิจารณาจากข้อเด่นต่างดังต่อไปนี้

- เป็นพืชพื้นถิ่น
- มีความสามารถในการครอบคลุมพื้นที่
- มีความยาวของรากที่เหมาะสม
- ความยาก- ง่ายในการเก็บกวาดออกจากแหล่งน้ำ

พบว่าพืชน้ำที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกมีอยู่ 3 ชนิดด้วยกันได้แก่ จอกผักกาด แหนแดง และสาหร่ายหางกระรอก

การเปรียบเทียบคุณสมบัติของพืชน้ำพบว่าจอกผักกาดมีคุณสมบัติเด่นคือมีขนาดใหญ่ มีรากยาว ซึ่งน่าจะทำให้เกิดการดูดซับสารหนูในน้ำได้ดีกว่าพืชน้ำอื่นๆและสามารถเก็บกวาดจากแหล่งน้ำง่าย ในขณะที่แหนแดง มีขนาดเล็ก รากสั้น แต่มีจุดเด่นในด้านการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่น้ำได้ดีกว่าจอกผักกาด สำหรับสาหร่ายหางกระรอกมีข้อเด่น คือ ทุกส่วนของพืชอยู่ในน้ำซึ่งอาจทำให้สามารถดูดซับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำได้ แต่มีข้อเสียคือเก็บกวาดจากแหล่งน้ำยากและเมื่อใช้ในสภาวะแวดล้อมจริงอาจไม่สามารถเจริญแข่งกับพืชท้องถิ่นที่เจริญครอบคลุมส่วนบนของผิวน้ำได้

จากผลการทดลองหาผลของความเข้มข้นต่อการเจริญของพืชน้ำโดยจอกผักกาดพบว่า ความเข้มข้นที่สามารถใช้ในการทดลองคือ 100 $\mu\text{g/L}$ หรือ 10 เท่าของค่ามาตรฐานของสารหนูในน้ำ เพราะเมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นของสารหนูเป็น 20 เท่า (200 $\mu\text{g/L}$) พบว่าจอกผักกาดแสดงอาการเหี่ยว ใบสีเหลือง เน่า และตายภายใน 7 วัน

จากผลความสามารถในการลดความเข้มข้นของสารหนูในน้ำของพืชทั้ง 3 ชนิด พบว่าพืชน้ำทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถในการลดความเข้มข้นของสารหนูในน้ำได้ตั้งแต่ 60 – 80 % โดยพืชน้ำแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพและช่วงเวลาในการลดความเข้มข้นของสารหนูในน้ำที่ต่างกันออกไป แหนแดงเป็นพืชน้ำชนิดแรกที่ทำให้ประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของสารหนูได้ดีที่สุดในช่วงเวลา 7 วันแรก โดยมีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นสูงถึง 74.47% ในขณะที่สาหร่ายหางกระรอกและจอกผักกาดมีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นเท่ากับ 71.48 และ 51.85 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำค่าความสามารถมาเรียงลำดับก็จะสามารถเรียงได้ดังนี้ในเวลา 7 วัน ประสิทธิภาพการลดความเข้มข้นสารหนู: แหนแดง > สาหร่ายหางกระรอก > จอกผักกาด

แต่เมื่อระยะเวลาการทดลองเพิ่มขึ้นพบว่าประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของสารหนูของແໜ່ງແໜ່ງ
ลดลงในขณะที่สาหร่ายหางกระรอก และจอกผักกาดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่ 82.76 และ 63.89 %
ในวันที่ 14 ซึ่งเมื่อนำค่าความสามารถมาเรียงลำดับก็จะสามารถเรียงได้ดังนี้

ในเวลา 14 วัน ประสิทธิภาพการลดความเข้มข้นสารหนู: สาหร่ายหางกระรอก > แหนแดง > จอกผักกาด

ดังนั้นจากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของพืชทั้ง 3 ชนิดพบว่าจอกผักกาดที่มีรากยาว และมีขนาดใหญ่
ใหญ่นั้นไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้จอกผักกาดสามารถดูดซับโลหะหนักในแหล่งน้ำได้ดีกว่าແໜ່ງແໜ່ງ
สาหร่ายหางกระรอก และพบว่าสาหร่ายหางกระรอกที่มีข้อเด่น คือ ทุกส่วนของพืชอยู่ในน้ำนั้นสามารถดูดสาร
หนูได้ดีที่สุดตามที่ตั้งข้อสังเกตไว้ในตอนแรก

ในส่วนของการลดลงของชีวมวลในระหว่างการเพาะเลี้ยงและการทดสอบพบว่าจอกผักกาดเป็นพืชน้ำ
ชนิดเดียวที่มีการลดลงของชีวมวลน้อยที่สุด ในขณะที่ແໜ່ງແໜ່ງมีการลดลงของชีวมวลมากที่สุด ทั้งนี้อาจเกิดจาก
ความสามารถในการทนต่อความเป็นพิษของสารหนูในพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากันนั่นเอง

จากผลการทดลองที่พบว่าพืชทั้ง 3 ชนิด จะปล่อยสารหนูกลับสู่น้ำอีกครั้งหลังจากผ่านระยะเวลาที่พืช
น้ำสามารถลดความเข้มข้นของสารหนูได้สูงสุด ซึ่งส่งผลให้ความเข้มข้นของสารหนูกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ซึ่ง
ปรากฏการณ์นี้สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าพืชทั้ง 3 ชนิดใช้กระบวนการดูดซับในการลดความเข้มข้นของสารหนูในน้ำ
ทั้งนี้ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่ปริมาณสารหนูในน้ำที่มันนั้นสามารถเพิ่มกลับมาอีกครั้งหนึ่งบ่งชี้ว่าสารหนูไม่ได้
เปลี่ยนรูปหรือถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืชเลย ดังนั้นการปล่อยสารหนูกลับสู่น้ำอีกครั้ง
หลังจากผ่านระยะเวลาหนึ่งสามารถอธิบายได้ ใน 4 แนวทางด้วยกันคือ

- ผิวเซลล์ของพืชน้ำอิมมิดด้วยสารหนู เซลล์จึงไม่สามารถดูดซับเพิ่มได้อีกแต่เกิดการย้อนกลับของ
ปฏิกิริยาจึงทำให้เกิดการละลายกลับของสารหนู

- เนื่องจากความเป็นพิษของสารหนูเพื่อเข้าสู่เซลล์ของพืชน้ำ ดังนั้นพืชน้ำพยายามกำจัดสารหนูที่มี
ความเข้มข้นสูงออกจากเซลล์ จึงส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารหนูในน้ำ

- การสูญเสียความสามารถในการดูดซับของผิวชีวมวลเนื่องจากพิษของสารหนู ทำให้ผิวชีวมวลไม่
สามารถดูดซับสารหนูจึงปล่อยให้สารหนูละลายกลับในน้ำ

- พีชน้ำทั้ง 3 ชนิดตายเนื่องจากความเป็นพิษของสารหนู ทำให้เกิดการปล่อยสารหนูที่เก็บกักภายใน ส่วนต่างๆของพืชกลับสู่น้ำอีกครั้งซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของมวลชีวภาพพืชหลังการทดลอง (ซึ่งน่าจะเกิด จากตายหรือแตกสลายของเซลล์พืช)

ซึ่งทั้ง 4 แนวทางนี้สามารถทำการตรวจสอบได้โดยการวิเคราะห์ปริมาณของสารหนูในพืชตามระยะเวลาการ ทดลอง แต่เนื่องงบประมาณและเวลาที่จำกัดงานวิจัยนี้จึงไม่ได้ทำการตรวจสอบแนวทางทั้ง 4 ที่กล่าวมาใน ข้างต้น

จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

- พีชน้ำทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถในการลดความเข้มข้นของสารหนูในน้ำ
- สำหรับกรณีที่ต้องการลดค่าความเข้มข้นของสารหนูในแหล่งน้ำให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐาน กำหนดจำเป็นต้องใช้การปริมาณพีชน้ำที่มากขึ้นหรือ ใช้พีชน้ำลดความเข้มข้นของสารหนูมากกว่า 1 ครั้งขึ้นไป
- การลดความเข้มข้นของสารหนูในน้ำโดยพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิดนี้ เกิดจากกระบวนการดูดซับทาง ชีวภาพ
- ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ให้การดูดซับสารหนูสูงสุดของพีชน้ำแตกต่างกันออกไปโดยในการบำบัดที่ 7 วันควรใช้แหนแดง หรือสาหร่ายหางกระรอกในการดูดซับสารหนู และในการบำบัดที่ 14 วัน ควรใช้สาหร่ายหาง กระรอกในการดูดซับสารหนู
- เมื่อพ้นระยะที่ให้การดูดซับสูงสุดของพีชน้ำแต่ละชนิดจะต้องรีบเก็บพีชน้ำออกทันทีเพื่อป้องกันการ ปล่อยสารหนูกลับสู่น้ำอีกครั้งหนึ่ง

แต่อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ยังไม่สามารถสรุปผลได้อย่างสมบูรณ์เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อ การดูดซับสารหนูซึ่งได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังแสดงในงานวิจัยของ ปัทมาภรณ์ 2549, Goyal, *et.al* 2003, Vilar *et.al.* 2005 ที่พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ส่งผลต่อประจุบนผนังเซลล์สามารถทำให้เกิดส่งเสริม หรือยับยั้ง การเกาะติดที่ของโลหะหนักกับผนังเซลล์ได้ ดังรายงานผลวิจัยของ Hansen *et.al* , 2006 ทำการทดลองผลของ ค่าความเป็นกรด-ด่างต่อความสามารถในการดูดซับสารหนูด้วยสาหร่าย *Lessonia nigrescens* พบว่าค่าความ เป็นกรด-ด่างที่ 2.5 จะให้การดูดซับสารหนูสูงสุด ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 6.5 จะให้ค่าการดูดซับต่ำ ที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรทำการวิจัยเพื่อหาข้อสรุปสำหรับ 4 แนวทางในปรากฏการณ์การเพิ่มขึ้นของสารหนูในน้ำหลังจากการดูดซับสูงสุดของพีชน้ำ
- ควรทำวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการดูดซับของเซลล์พีชน้ำที่มีชีวิตและเซลล์ไม่มีชีวิต
- ควรทำวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีอื่นๆที่อาจส่งผลต่อการดูดซับของพีชน้ำต่อสารหนู
- ควรหาวิธีการกำจัดที่เหมาะสมให้กับพีชน้ำหลังการดูดซับสารหนู