

บทที่ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ประเทศในแถบลุ่มน้ำโขงเป็นประเทศทางการเกษตรกรรมเป็นหลัก และยังเป็นประเทศที่พึ่งพาผลผลิตจากอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก ดังนั้นจึงทำให้การเพิ่มขึ้นของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมและปริมาณผลผลิต จึงเป็พื้นที่สนใจ การขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการใช้ปุ๋ย และยาปราบศัตรูพืช ร่วมกับการขยายตัวของโรงงานในภาคอุตสาหกรรม(อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมสารปราบศัตรูพืช อุตสาหกรรมปิโตรเลียม อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก วนยานยนต์ และอุตสาหกรรมสิ่งทอ) ที่มีโอกาสเกิดของเสียอันตรายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากข้อมูลดังกล่าว จึงประเมินได้ว่ามีโอกาสเป็นไปได้ที่จะมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตร หรือการรั่วไหลของของเสียอันตรายที่เป็นโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือแหล่งน้ำชุมชนได้เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์อย่างตั้งใจและไม่ตั้งใจ และจากกิจกรรมของธรรมชาติ เช่น น้ำฝนที่ชะล้างของเสียอันตรายต่าง ๆ ไหลลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อาศัยในบริเวณนั้น โดยเฉพาะกลุ่มที่เป็นโลหะหนักหรือมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบนั้นสามารถก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมค่อนข้างมาก จากการสำรวจชนิดและปริมาณของเสียอันตรายที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมใน พ.ศ. 2537 พบการเจือปนโลหะหนักคงอยู่ในของน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น น้ำเสียจากโรงงานชุบทองหรือ อโลหะ การทำเหมืองแร่ และโรงงานฟอกหนัง มีถึงร้อยละ 73 - 75 และมีโอกาสที่เจือปนสู่สิ่งแวดล้อม อาทิเช่น ดิน และเสี่ยงต่อการปนเปื้อนต่อดินและน้ำผิวดิน (มัลลิกา 2542)

สารหนูจัดเป็นโลหะหนักหนึ่งที่ใช้ในด้านการเกษตร และด้านอุตสาหกรรม อย่างแพร่หลาย สำหรับทางการเกษตรได้แก่การใช้ในเคมีภัณฑ์ทางการเกษตรจำพวกปุ๋ยและยาฆ่าแมลง ตัวอย่างเช่น การใช้ปุ๋ย การใช้ในสารกำจัดวัชพืช การใช้ยาฆ่าแมลง และการใช้เป็นวัตถุเติมในการผลิตยากำจัดศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช น้ำยาถอนหน่อไม้ ซึ่งการใช้เคมีภัณฑ์ดังกล่าวนี้ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของสารหนูเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยตรงสำหรับในทางอุตสาหกรรมจะใช้สารหนูผสมกับโลหะเพื่อให้ทนต่อการกัดกร่อน ใช้เป็นทำวัสดุกึ่งตัวนำ เช่น ทรานซิสเตอร์ ใช้ในขั้วดีออกจากแก้วทำให้เนื้อแก้วใส ใช้ในอุตสาหกรรมกระจกเงา ใช้ใน

อุตสาหกรรมฟอกหนัง รวมถึงอุตสาหกรรมเหมืองแร่ การถลุงโลหะ ซึ่งการปนเปื้อนของสารหนูสู่สิ่งแวดล้อมนั้น
นั้นมักเกิดจากการการปนเปื้อนของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าว (ยุทธนา และ อำพร 2548)

การบำบัดที่มีการปนเปื้อนสารหนูสามารถทำได้โดยวิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ หรือใช้วิธีการบำบัด
หลายอย่างร่วมกัน วิธีที่นิยมใช้ในการบำบัดได้แก่ วิธีทางกายภาพ และเคมี ซึ่งได้แก่ การดูดซับและการ
ตกตะกอน แต่มีข้อจำกัดในด้านต้นทุนการบำบัด และเป็นการเติมสารเคมีลงในธรรมชาติ ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่าย
ในการเก็บรวบรวมและการนำตะกอนเคมีไปกำจัดภายหลังการบำบัดแล้ว ทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาและลด
ต้นทุนในการบำบัดได้แก่ การประยุกต์ใช้พืชที่มีความอดทนสูง และมีความสามารถในการดูดซับได้สูงมาใช้เป็น
ตัวดูดซับทางชีวภาพเพื่อการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะมีราคาถูกและลดการใช้สารเคมีในการบำบัดได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินศักยภาพของพืชน้ำ ในการกำจัดสารหนูในน้ำเสียสังเคราะห์

1.2.2 เพื่อศึกษาความสามารถของพืชน้ำ ในการกำจัดสารหนูในน้ำ

1.2.3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พืชน้ำ ในการบำบัดสารหนูในน้ำ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ทดสอบความสามารถในการดูดซับของสารหนูในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยพืชน้ำในบ่อทดสอบที่เตรียมขึ้น

1.3.2 ประเมินความเป็นไปได้ไปใช้ในระบบจริงโดยนำผลการทดลองจากข้อ 1.3.1 เพื่อการประยุกต์ใช้ในการ
บำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.4.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับประสิทธิภาพการบำบัดสารหนูในน้ำด้วยพืชน้ำ

2) วิธีการใช้จากพืชในการบำบัดสารพิษในสิ่งแวดล้อม

1.4.2 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) แหล่งชุมชนต่าง ๆ ที่อาจพบการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำ

2) โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนของโลหะหนัก

3) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เกิดองค์ความรู้สามารถนำไปพัฒนา-สานต่อให้เกิดประโยชน์ต่อ

นักศึกษา

1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การทดลองนี้ต้องการใช้พืชน้ำ ในกลุ่มพืชที่สามารถพบได้ทุกภาคในประเทศไทยเป็นพืชในการ
บำบัดสารหนูในน้ำเสียสังเคราะห์ในบ่อทดลอง เนื่องจากมีรายงานความสามารถในการดูดซับและสะสมสารหนู
ประกอบกับพืชพวกนี้สามารถได้ดีแหล่งน้ำขัง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำพืชน้ำมาใช้ในการกำจัด
สารหนูในน้ำ

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติทั่วไปของสารหนู

สารหนู (Arsenic) เป็นของแข็งของโลหะสีขาวหรือสีเทาเงิน มีความสามารถในการนำความร้อนและไฟฟ้าต่ำ จัดเป็นธาตุกึ่งโลหะอยู่ในหมู่ 5A ของตารางธาตุในอันดับที่ 33 โดยมีมวลอะตอมเท่ากับ 74.9215 และจัดอยู่ใน Material Data Sheet (MSDS) โดยมี CAS-No.7440-38-2 และ UN 1588 ตามลำดับ สารหนูเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับที่ 20 ของธาตุที่พบบนโลก และสามารถพบในธรรมชาติในรูปของธาตุและในรูปของสารประกอบ ทั้งสารประกอบอินทรีย์ และสารประกอบ อนินทรีย์ โดยสารประกอบอนินทรีย์ที่พบบ่อยจะอยู่ใน 2 รูปด้วยกันได้แก่ สารหนูที่มีอนุมูลประจุ 3+ หรือ อาร์ซีนิต (Arsenite) และ สารหนูที่มีประจุ 5+ หรืออาร์ซิเนต (Arsenete) ซึ่งทั้งสองแบบนี้เป็นสารหนูที่มีความเป็นพิษมากกว่าในรูปสารหนูบริสุทธิ์ที่เป็นธาตุ (As) (กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2549)

2.2 การแพร่กระจายของสารหนูในสิ่งแวดล้อม:

สารหนู เป็นแร่ที่สามารถพบได้มากในธรรมชาติโดยอยู่ในรูปองค์ประกอบของแร่ต่างๆกว่า 245 ชนิดด้วยกัน ดังนั้นจึงสามารถพบการกระจายตัวของสารหนูในธรรมชาติได้ นอกจากนั้นยังกิจกรรมของมนุษย์ยังสามารถส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายและการปนเปื้อนของสารหนูในสิ่งแวดล้อมได้ซึ่งชัยวัฒน์ (2547) สรุปแหล่งที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของสารหนูสู่ธรรมชาติไว้ดังนี้

- แหล่งธรรมชาติ: โดยที่การแพร่กระจายของสารหนูในสิ่งแวดล้อมสามารถเกิดขึ้นเองโดยกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น เกิดในรูปก๊าซจากภูเขาไฟ และเกิดจากการสีก่อน การชะล้างหรือการละลาย ของหินหรือแร่ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ เช่น arsenopyrite (FeAsS)

- เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ในด้านการเกษตร และด้านอุตสาหกรรม สำหรับทางการเกษตรได้แก่ การใช้ในเคมีภัณฑ์ทางการเกษตรจำพวกปุ๋ยและยาฆ่าแมลง ตัวอย่างเช่น การใช้ปุ๋ย (ปุ๋ย super phosphate) ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ) การใช้ในสารกำจัดวัชพืช (เช่น monosodium methanearsonate: MSMA และ

disodium methanearsonate: DAMA) การใช้ยาฆ่าแมลงในกลุ่มที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ (zine arsenate, calcium arsenate, lade arsenate และ sodium arsenate) และการใช้เป็นวัตถุพิษในการผลิตยากำจัดศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช น้ำยาถอนหน่อไม้ ซึ่งการใช้เคมีภัณฑ์ดังกล่าวนี้ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของสารหนูเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยตรง

ในทางอุตสาหกรรมจะใช้สารหนูในรูปของแข็งผสมกับโลหะอื่น เช่น ตะกั่ว ทองแดง เป็นโลหะอัลลอยด์เพื่อให้ทนต่อการกัดกร่อน ใช้เป็นวัสดุกึ่งตัวนำในเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ และเซลล์แบตเตอรี่ ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วและเซรามิก เพื่อขจัดสีออกจากแก้ว ทำให้เนื้อแก้วใส ใช้ในอุตสาหกรรมกระจกเงา ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง เพื่อรักษาสภาพหนัง อุตสาหกรรมเหมืองแร่ การถลุงโลหะ ซึ่งการปนเปื้อนของสารหนูสู่สิ่งแวดล้อมในกรณีนี้มักเกิดจากการการปนเปื้อนของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าว (ยุทธนา และ อำพร 2548)

ในประเทศไทยพบผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบจากสารหนูหรือไฮ ☐ ดำ ใน ต.ร ☐ อนพิบูลย์ ☐ จ. นครศรีธรรมราช โดยพบผู้ ☐ ป่วยครั้งแรกเมื่อปี ☐ พ.ศ.2530 โดยพบผู้ป่วยมี อาการทางผิวหนังโดยตามตัวมีลักษณะรอยดำ สลับขาว และ ☐ ามือหนามีเม็ดนูนแข็งเกิดขึ้น บางรายมีอาการตกสะเก็ด ผิวหนังลอก สาเหตุพบว่าที่ผู้ ☐ ป่วยได้ ☐ รับพิษมาจากการบริโภคน้ำและอาหารที่ปนเป ☐ อนของสารหนูที่เกิดจากการทำเหมืองแร่ ☐ ดินุกที่ทำต่อเนื่องเป ☐ นระยะเวลานานกว่า 50 ปี โดยที่กระบวนการลอยแร่ ☐ และน้ำทิ้งจากการแต ☐ งแร่ ☐ เป ☐ นสาเหตุให้ ☐ เกิดการแพร่ ☐ กระจายของสารหนูในสิ่งแวดล้อม ☐ วมก ☐ อให้ ☐ เกิดการปนเป ☐ อนของสารหนูในแหล่ง ☐ น้ำใต้ ☐ ดินและน้ำผิวดิน ทำให้ประชาชนบริโภค-อุปโภคน้ำที่ปนเป ☐ อนสารหนูสูงเกิน ☐ ามาตรฐานคุณ และแสดงอาการถึงพิษของสารหนู เมื่อสถาบันโรคผิวหนังกรมการแพทย์ ☐ ใด ☐ ส ☐ มตัวอยู่ ☐ างตรวจน้ำ ☐ อในเขตหมู่ ☐ ที่ 1,2,7,12 ตำบลร ☐ อนพิบูลย์ ☐ ผลปรากฏว่า มีปริมาณสารหนูปนเป ☐ อน อยู่ ☐ สูง และจากการศึกษาวิเคราะห์ ☐ การปนเป ☐ อนสารหนูในบ ☐ อน้ำดื่มของชาวบ ☐ านที่อาศัยอยู่ ☐ ในหมู่ ☐ ที่ 1,2,3,4,5,6,7,12,13 และ 14 จำนวน 150 บ ☐ อ ของกรมทรัพยากรธรณี เมื่อปี ☐ พ.ศ. 2531 พบว่าหมู่ ☐ ที่ 12 ,2 และ 13 มีปริมาณสารหนูปนเป ☐ อนสูงกว ☐ ่า 1.00 มก./ลิตร คิดเป ☐ นร ☐ อยละ 39,33 และ 25 ของจำนวนบ่อที่เก็บตัวอย่าง ☐ าง 41,24และ 31 บ ☐ อ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้อง ☐ กับการศึกษาวิเคราะห์ ☐ การปนเป ☐ อนสารหนูในน้ำบ่อดื่มที่ตำบลร ☐ อนพิบูลย์ ☐ ของกระทรวงสาธารณสุข เมื่อปี ☐

2530-2531 จำนวน 2421 บ่อ พบว่ามีสารหนูปนเปื้อนอยู่ในอัตราสูง โดยหม้อที่ 2 มีอัตราการพบสารหนูสูงสุด 35.4 % (วิไลวรรณและคณะ 2545)

สุวลีย์ 2539 และ Suwanmanee, 1991 สรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารหนูในพื้นที่อำเภอ ร่อนพิบูลย์ไว้ 2 กรณีได้แก่

- กระบวนการผุกร่อน ร่วมกับการชะล้าง ของดิน หินที่มีส่วนประกอบของแร่ arsenopyrite (FeAsS) ตามกระบวนการทางธรรมชาติ
- จากกระบวนการและกิจกรรมทำเหมืองแร่ เช่น การแต่งแร่ และการร่อนแร่ ร่วมกับการทิ้งกากแร่ กระจายตามบริเวณต่างๆ ทำให้แร่ arsenopyrite (FeAsS) สามารถทำปฏิกิริยากับอากาศ หรือถูกย่อยสลายโดย กระบวนการทางธรรมชาติ และถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภคได้

กำแหงและคณะ 2542 ศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินในพื้นที่ที่ปนเปื้อนสารหนูในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยวิธีทางธรณีฟิสิกส์เนื่องจากพบว่าปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำและน้ำใต้ดินในบางบริเวณมีความเข้มข้นสูง-ต่ำที่แตกต่างกันนั้นน่าจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะทางธรณีวิทยา ซึ่งผลการวิจัยพบว่ามีแนวหินที่มีลักษณะเป็นแอ่งที่สามารถเก็บกักสารหนูและส่งผลถึงการแพร่กระจายของสารหนูในน้ำน้อยลง

2.3 พิษของสารหนู

พิษของสารหนูอาจเกิดหลังการสัมผัส และ/หรือ อาจเกิดหลังหยุดการสัมผัสนานเป็นเดือน/ปี- เกิดเป็นแผลหรือรูในกระดุกที่ก้นของจมูก- ทำให้ผิวหนังหนาขึ้น มีรอยด่างดำเนื่องจากสูญเสียเม็ดสีผิว บางคนอาจมีเส้นสีขาวบนเล็บจนถึงทำลายตัว และมีผลกับกระเพาะอาหาร- ได้รับที่ความเข้มข้นสูงๆบ่อยครั้ง ทำลายประสาท มีความรู้สึกปวดแปลบ ปวดแสบปวดร้อน ชา และมีอาการอ่อนเพลียของแขนขาตามมาทีหลัง- มีฤทธิ์ก่อมะเร็งในมนุษย์ (มะเร็งผิวหนังและปอด)- อาจมีผลต่อทารกในระยะ 3 เดือนแรกของการตั้งครรภ์- สารประกอบบางตัวมีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์

การเข้าสู่ร่างกาย: สารหนูสามารถเข้าสู่ร่างกายคนเราได้โดยการสัมผัสผิวหนัง การหายใจ และการรับประทานอาหารและน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนของสารหนู แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะพบว่าสารหนูเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคอาหาร หรือน้ำที่ปนเปื้อนแล้วจะดูดซึมผ่านทางเดินอาหารมากกว่าวิธีอื่น

สำหรับความเป็นพิษของสารประกอบสารหนูสามารถเรียงลำดับตามความรุนแรงได้ดังนี้

กาซอาร์ซีน > สารประกอบอนินทรีย์อาร์เซไนต์ > สารประกอบอินทรีย์อาร์เซไนต์ > สารประกอบอนินทรีย์อาร์เซเนต > สารประกอบอินทรีย์อาร์เซเนต > สารประกอบอาร์โซเนียม > สารหนูที่อยู่ในรูปอิสระ (ปัทมาภรณ์, 2549)

มีรายงานการว่าสารหนูเข้าสู่ร่างกายด้วยการดื่มน้ำที่มีสารหนูปนเปื้อน และได้ส่งผลกระทบต่อมากกว่า 100 ล้านคน ในหลายประเทศ อาทิเช่น ประเทศบังคลาเทศ อินเดีย จีน ซิลี อาร์เจนตินา เม็กซิโก ไต้หวัน เวียดนาม ญี่ปุ่น นิวซีแลนด์ เยอรมัน และสหรัฐอเมริกา (Mondal *et al.*, 2006) สำหรับปริมาณสารหนูที่คนกินแล้วเป็นพิษ ถึงขั้นเสียชีวิตนั้นอยู่ในช่วง 1.5 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Arsenic trioxide) ถึง 500 มิลลิกรัม/น้ำหนัก ตัว 1 กิโลกรัม (ยุทธนา และ อำพร 2548)

ACGIH (The American Conference of Governmental Industrial Hygiene) ได้กำหนดค่า Threshold Limit Value-Time-Weighted Average (TLV-TWA) ของสารหนูมีค่าเท่ากับ 0.01 mg/m3 (สารหนู และสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนู) โดยที่มาตรฐานความปลอดภัยทางชีวภาพ (ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ):ระดับความเข้มข้นของสารเมตาบอไลต์ของสารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์การทำงาน (Inorganic arsenic metabolites in urine, end of workweek) มีค่า BEI = 50 ug/g creatinine ในขณะที่ OSHA (Occupational Safety and Health Administration) ได้กำหนดค่า PEL-STEL = 0.01 mg/m3 (สำหรับสาร

หนูอินทรีย์) PEL-STEL = 0.5 mg/m³ (สำหรับสารหนูอินทรีย์) สำหรับองค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) กำหนดปริมาณการได้รับสารหนูทั้งวันไม่เกิน 2 µg ของสารหนูอินทรีย์ต่อน้ำหนักของร่างกาย ซึ่งเป็นปริมาณที่ร่างกายสามารถลดความเป็นพิษและขับออกจากร่างกายได้ (ยุทธนา และอำพล 2548) สำหรับในประเทศไทยกรมควบคุมมลพิษได้กำหนดสำหรับค่ามาตรฐานของปริมาณสารหนูที่ยอมให้ปนเปื้อนในน้ำและดินได้ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 : ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำและดิน

แหล่งในธรรมชาติ	ปริมาณสารหนูที่ยอมรับได้ (ไม่เกิน)
น้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	0.01 มก/ล
น้ำใต้ดิน	0.01 มก/ล
อุตสาหกรรมน้ำสำหรับบริโภค	0.05 มก/ล
น้ำดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท	0.05 มก./ล
น้ำบาดาลที่ใช้ในการบริโภค	0.05 มก./ล
ดินที่ใช้เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม	3.9 มก./กก
ดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจาก การอยู่อาศัยและเกษตรกรรม	27 มก./กก

อ้างอิงจาก กรมควบคุมมลพิษ http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water01-03 .html และ

http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_soil01-03.html (accessed date 02/10/2005)

2.5 วิธีการกำจัดอาร์เซนิกในน้ำ

Braman (1983) ในแหล่งน้ำสามารถพบสารหนูในรูปของ สารอินทรีย์ ซึ่งในน้ำที่มีออกซิเจนจะพบสารหนูในรูปอาร์ซิเนตเป็นส่วนใหญ่ โดยอยู่ในรูปของประจุลบของ $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$, และ AsO_4^{3-} สำหรับในน้ำที่มีออกซิเจนน้อย เช่น ในบ่อน้ำบาดาล มักพบสารหนูในรูปของอาร์ซิไนต์โดยอยู่ในรูปไม่มีประจุ (H_3AsO_3) และอยู่ในรูปประจุลบ ($H_2AsO_3^-$)

การบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนสารหนูสามารถทำได้หลายวิธีตัวอย่างทั้งวิธีทางกายภาพ วิธีทางเคมี และวิธีทางชีวภาพ ตัวอย่างเช่น วิธีทางกายภาพและเคมี สามารถทำได้โดยใช้ FeCl_3 หรือ สารส้ม หรือ ปูนขาวในการตกตะกอน กระบวนการ oxidation ด้วย KMnO_4 ร่วมกับการกรองด้วยทรายเคลือบ manganese กระบวนการดูดซับด้วย activated alumina หรือ activated carbon กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน และ กระบวนการกรองแบบ Reverse osmosis เป็นต้น (Mohan และ Pittman 2007, ชัยวัฒน์ 2547) สำหรับวิธีทางชีวภาพสามารถทำได้โดยใช้สิ่งมีชีวิตได้แก่ สาหร่าย จุลินทรีย์ หรือพืช ในการดูดซับ-บำบัดสารหนูในน้ำ ซึ่งจัดเป็นการลดความเป็นพิษทางชีวภาพที่ไม่ต้องมีกระบวนการเติมสารเคมีลงในสิ่งแวดล้อมจึงไม่มีสารเคมีตกค้างหลังการบำบัด ซึ่งวิธีการนี้พืชและ/หรือจุลินทรีย์ทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายสารพิษออกจากสิ่งแวดล้อมทั้งในสภาพมีชีวิตและสภาพไม่มีชีวิต จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำ (เช่น การใช้หญ้าเป็นเครื่องมือในการกำจัดอาร์เซนิกและโลหะหนัก อื่น ๆ ในดิน น้ำดื่ม น้ำชะล้างจากหลุมฝังกลบขยะ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และน้ำทิ้งจากชุมชน (Eccles, H. 1999, Alkorta *et.al.*, a, b, 2004)

อย่างไรก็ตามการเลือกใช้กระบวนการใด ๆ ควรต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมต่างได้แก่ คุณลักษณะของน้ำก่อนการบำบัด คุณภาพน้ำที่ต้องการหลังการบำบัด พื้นที่ที่ใช้ในการบำบัด ค่าใช้จ่ายในการบำบัด ความยากง่ายในการเดินระบบ และความเป็นไปได้ในการกำจัดกากของเสียที่เหลือ หรือการนำของเสียมาใช้ใหม่ (สุชาติ 2547)

2.6 การบำบัด-การดูดซับโลหะหนักด้วยหญ้า

พืชสามารถดูดซับสารโลหะหนักที่ตกค้างในดินหรือแหล่งน้ำ โดยที่พืชเก็บสะสมโลหะหนักไว้ในส่วนต่างๆของพืชโดยตรง หรือเปลี่ยนโลหะหนักให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษโดยผ่านปฏิกิริยาทางชีวเคมีก่อนเก็บสะสม สำหรับพืชที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวหลักในการดูดซับ-บำบัดโลหะหนักในน้ำทิ้งนั้น ควรมีคุณสมบัติดังนี้คือ

- มีระบบรากที่ดี
- สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว
- สามารถดูดซับสารโลหะหนักได้ดี
- สามารถกักเก็บสารโลหะหนักได้ดี
- สามารถลำเลียงสารโลหะหนักได้ดี

(US.EPA., 2000)

มีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้พืชหลายชนิดด้วยกันในการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมจากการปนเปื้อนสารพิษ
ประเภทต่างๆในประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2: พืชที่มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการใช้ฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในประเทศไทย

ชนิดของพืช	ชนิดของสาร มลพิษ	ประสิทธิภาพ	อ้างอิง
ไชน้ำ (Wolffia alobosa)	แคดเมียม (Cd)	สะสม 80.65 mg/g	เบญจภรณ์,2542
Axonopus compressus	แคดเมียม	สะสม 1,540 mg/kg	Sao,2004
ประตู่กิ่งอ่อน (Pterocarpus indica)	แคดเมียม	สะสม 470 mg/g	Suekhum,2005
ขลุ้ (Pluchea indica)	โครเมียม	สะสม 51.3 mg/kg	Sampanpanish,2005
Cynodon dactylon,Pluchea indica	โครเมียม(Cr)	สะสม 152.1 และ 151.8mg/kg	Sampanpanish et al .,2006
แห่น้ำเต้า(Spirodela polyrrhiza)	นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb)	สะสมนิกเกิล 58-80% ตะกั่ว 68.25-91%	ปิยาภรณ์,2544
Buddleja asiatica	ตะกั่ว	สะสม 12,133- 21,667	Waranusantigul et al.,2008
ธูปฤาษี (Typha angustifolia Linn.)	ตะกั่ว	สะสม 7,492.6 mg/kg	Panich-pat et ai.,2004
หญ้าแฝกหอม (Vetiver zizanioides)	ตะกั่ว	สะสม 800 mg/kg	Chantachon et al.,2004
ทานตะวัน (Helianthus annuus)	ตะกั่ว	สะสม 0.86 mg/kg	สุพัตราและคณะ,2551
ทานตะวัน	คาร์บอนฟูลรอน	ย่อยสลาย 46.71mg/kg	Teerakun,2004
ดาวเรืองนกกะเต็น (Tagetes erecta)	สารหนู(As)	สะสม 42%ในใบ	Chintakovid et al.,2008
เผือก บอน (Colocasia esculenta)	สารหนู	สะสมในเผือก 40.34 mg/kg ในบอน 46.79 mg/kg	Tambamrung,2002
เฟิร์นใบมะขาม (Nephrolepis cordifolia)	น้ำมันเตา	ย่อยสลายได้ 59.46% ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 500 mg/kg	Sunphueak,2007
ข้าวโพด (Zea mays)	ฟีนอลีน(ฟีนอล)	ย่อยสลายได้ 90%ที่	Chouychai et

	เลข)	ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 mg/kg	al.,inpress
--	------	----------------------------------	-------------

ที่มา:วารสาร (2551)

ประกรณ์ (2544) ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณ ทองแดง เหล็ก และ ตะกั่วในน้ำเสีย
ห้องปฏิบัติการโดยใช้พืช 3 ชนิด ได้แก่ผักตบชวา จอก ผักบุ้ง และทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะโดยวิธีใช้เครื่อง
Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) พบว่าน้ำเสียจากบ่อผักตบชวา จอก และผักบุ้ง มีปริมาณทองแดง
ในน้ำลดลง 97.7 % 89.02 % และ 85.36 % ปริมาณเหล็กในน้ำลดลง 96.51 % 95.72 % และ 79.51 % และ
ปริมาณตะกั่ว ในน้ำลดลง 61.70 % 55.39 %และ 55.51 % ตามลำดับ

วิชรัตน์ (2545) ศึกษาผลของ EDTA ในการเพิ่มประสิทธิภาพสะสมสารหนูใน ผีเสื้อ และ บอน ผลการ
ทดลองพบว่า EDTA สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสะสมของสารหนูในพืช 2 ชนิดได้โดยในผีเสื้อและบอนมี
ค่าความเข้มข้นการสะสมสูงสุดที่ 40.3 มิลลิกรัม และ 46.79 มิลลิกรัมตามลำดับ

Fritioff (2005) ศึกษาการดูดซับโลหะหนักในน้ำเสีย (สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และ ตะกั่ว) ในบึง
ประดิษฐ์ ด้วยระบบที่มีโดยใช้ตัวกลางคือพืชน้ำได้แก่ *Potamogeton natans* และ ทำวิเคราะห์ปริมาณโลหะใน
หน่อ ใบ และรากของพืชเพื่อตรวจดูการดูดซับและระดับของการสะสมโลหะหนัก ซึ่งพบว่าพืชมีการสะสมโลหะ
หนัก 3 ชนิดได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี ที่ใบและหน่อ (โดยที่ปริมาณตะกั่วในหน่อจะมีสูงกว่าที่ใบ) แต่
ในรากมีระดับความเข้มข้นของทองแดงสูงมาก แต่ไม่พบการสะสมของ ตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสีเพราะ และ
ความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของพืชอยู่ระหว่าง 25% - 59%

Liu (2006) ศึกษาการดูดซับตะกั่วและแคดเมียม ในน้ำประปาและน้ำธรรมชาติ โดยพืช *Pang Da Hai*
และตรวจสอบโดยใช้ AAS พบว่า *Pang Da Hai* สามารถดูดซับตะกั่ว และ แคดเมียม ที่ 27.1 และ 17.5 mg g⁻¹
ตามลำดับ

Rotkittikhun et al (2005) ศึกษาความสามารถในการดูดและเก็บสะสมตะกั่วของพืช 48 species ใน
14 families ในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมเมืองแร่ อ.บ่อทอง จ.กาญจนบุรี ซึ่งพบว่ามีตะกั่วสะสมอยู่ที่ผิวดินถึง
325 – 142,400 mg/kg. พบว่ามีพืช 26 species มีตะกั่วสะสมอยู่มากกว่า 1,000 mg/kg ในหน่อ มี 3 species

คือ *Microstegium ciliatum*, *Polygala umbonata*, *Spermacoce mauritiana* สามารถสะสมตะกั่วในหน่อได้มากกว่าที่สดถึง 12,200 – 28,370 mg/kg และที่รากถึง 14,580 – 128,830 mg/kg และในจำนวนหญ้า ทั้งหมดนั้นมีหญ้าพันธุ์ *Panicum* คือ *Panicum maximum* สามารถสะสม ตะกั่วในดินได้ 3,520 mg/kg dry weight สะสมตะกั่วในหน่อ 920 mg/kg dry weight และสะสมในราก 954 mg/kg dry weight

Visoottiviset et al (2001) ศึกษาศักยภาพหญ้าพื้นเมืองสำหรับใช้เป็นพืชในการดูดสารหนู โดยตรวจสอบดินตัวอย่างจากพื้นที่บริเวณที่มีรายงานการปนเปื้อนของสารหนูในอำเภอร่อนพิบูล จังหวัดนครศรีธรรมราช และ อำเภอบางสะพาน จังหวัดยะลา ด้วยเครื่อง AAS ซึ่งพบว่าดินตัวอย่างใน อำเภอร่อนพิบูล และ อำเภอบางสะพาน มีความเข้มข้นของสารหนูในช่วง 21 - 14,000 mg g⁻¹ และ 540 -16,000 mg g⁻¹ ตามลำดับ จากนั้นจึงคัดเลือกพืชพื้นเมืองโดยมีหลักในการคัดเลือกคือ ต้องเป็นพืชที่มีความอดทนสูง มีความสามารถในการสะสมได้สูง มีช่วงชีวิตสั้น มีอัตราการแพร่พันธุ์ได้ดี มีรากที่ยาวและกระจายได้กว้าง ซึ่งทำได้พืชทั้งหมด 36 species มาทดสอบและผลการทดลองพบว่า มีเฟิร์น 2 species คือ *Pityrogramma calomelanos* และ *Pteris vittata* มีความเหมาะสม ที่จะใช้เป็นพืชในการดูดซับ-บำบัดสารหนูโดยที่เฟิร์นสามารถสะสมสารหนูไว้ในใบได้ถึง 8,350 mg g⁻¹ (dry mass) และในการศึกษานี้พบว่าหญ้าพันธุ์ *Panicum* หรือ หญ้าชันกาด (*Panicum repens* Linn) ในพื้นที่วิจัยอำเภอร่อนพิบูล เป็นพืชหนึ่งที่สามารถสะสมอาร์เซนิกได้ถึง 40 µg g⁻¹ (dry mass) แต่ไม่พบในหญ้าชนิดนี้บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยในอำเภอบางสะพาน

2.7 การใช้บึงประดิษฐ์

บึงประดิษฐ์เป็นกระบวนการบำบัดทางชีวภาพโดยใช้พืชเป็นหลักในการบำบัด เป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีประสิทธิภาพ ใช้ต้นทุนในการก่อสร้างต่ำ ดูแลรักษาง่ายไม่ต้องการผู้เชี่ยวชาญ ไม่ต้องการกระบวนการพิเศษเพิ่มเติม และไม่ใช้กระแสไฟฟ้าหรือสารเคมี จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าระบบบำบัดอื่นๆโดยทั่วไป

Mant et al (2005) ศึกษาการใช้บึงประดิษฐ์เพื่อกำจัดโครเมียมในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกหนัง โดยระบบที่มีตัวกลาง คือ พืชน้ำ 3 ชนิดได้แก่ *Penisetum purpureum* , *Brachiaria decumbens* และ *Phragmites australis* โดยใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 10 และ 20 mg Cr dm⁻³ เท้ากับความเข้มข้นของโครเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกหนัง และพบว่าระบบนี้สามารถกำจัดโครเมียมได้ 97– 99.6 % ใน 24 ชม.

