# ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica* Forsk) ที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีน

วีรยาภรณ์ รัตนไพบูลย์ *, นฤชิต ดำปิน และเกษม จันทร์แก้ว

# The quantity of heavy metal accumulated in Water Spinach (*Ipomoea aquatic*a Forsk) Cultured in Tha Chin River

Weerayaporn Rattanapaiboon *, Narouchit dampin and Kasem Chankao

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10903
Department of Environmental Science, Faculty of Environment, Kasetsart University, Bangkok Thailand, 10903
* Corresponding author. E-mail address: friend_za@hotmail.com

**บทคัดย่อ**

การศึกษาปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) และนิกเกิล (Ni) ที่สะสมในผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica* Forsk) คือ ราก ลำต้นแก่ ลำต้นแขนง ใบ และยอด ที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีน อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ถึง อ.สามพราน จ. นครปฐม ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 จากการศึกษา พบว่า ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในน้ำมากที่สุดคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าอยู่ในช่วง 0.0061 – 0.0072, 0.0015 – 0.0019, 0.0005 – 0.0019 และ 0.0007 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ส่วนปริมาณโลหะหนักที่สะสมในผักบุ้ง พบว่า รากมีการสะสมโลหะหนักมากที่สุด รองลงมาคือ ลำต้นแก่ ลำต้นแขนง ใบ และยอด โลหะหนักที่พบสะสมในผักบุ้งมากที่สุดคือสารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท มีค่าเท่ากับ 9.882±0.479, 5.486±0.413, 2.286±0.592 และ 0.018±0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณโลหะหนักในยอดพบสารหนูมากที่สุด รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท มีค่าเท่ากับ 0.323±0.068, 0.100±0, 0.079±0.006 และ 0.0.015±0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง และความเค็ม มีผลต่อการละลายของโลหะหนักในน้ำได้มากขึ้น จึงส่งผลให้โลหะหนักสะสมในผักบุ้งมากด้วยเช่นกัน

**คำสำคัญ:** แม่น้ำท่าจีน โลหะหนัก ผักบุ้ง

**Abstract**

The study on quantity of 4 type heavy metals Arsenic (As) , Lead (Pb) , Mercury (Hg) and Nickel (Ni) accumulated in the roots, stems, branches, leaves and shoots of Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk) , growing in the Tha Chin River; Songphenong district, Suphan Buri to Sampran district , Nakhon Pathom, In May 2014. The results showed that the highest of heavy metals in water were Arsenic, Nickel, Lead and Mercury respectively, with values ranging from 0.0061 – 0.0072, 0.0015 – 0.0019, 0.0005 – 0.0019 and 0.0007 mg/l, which lower than recorded values in the water quality standards. The highest of heavy metal accumulated in the Water Spinach were roots, stems, branches, leaves and shoots. The heavy metal accumulated in roots of Water Spinach show is the most arsenic, followed by nickel, lead and mercury were 9.882 ± 0.479, 5.486 ± 0.413, 2.286 ± 0.592 and 0.018 ± 0 mg/kg. respectively, The shoots of Water Spinach accumulated heavy metals show is the most arsenic, followed by nickel, lead and mercury were 0.323 ± 0.068, 0.100 ± 0, 0.079 ± 0.006 and 0.0.015 ± 0.004. mg/kg. The pH and salinity effects to increase dissolution of heavy metals in water and accumulated in the Water Spinach as well.

**Keywords**: Tha-chin River, Heavy Metals, Water Spinach (Ipomoea aquatica Forsk)

## บทนำ

แม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำสายสำคัญในเขตที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย มีความยาวประมาณ 325 กิโลเมตร ไหลผ่านจังหวัดชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐม และไหลสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2540) มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม มีการนำน้ำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและเกิดน้ำเสียปล่อยลงสู่แม่น้ำ ทำให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนเสื่อมโทรม เกิดวิกฤตการณ์น้ำเน่าเสียอย่างรุนแรงในปี พ.ศ. 2543 (ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม, 2545) จากการที่แม่น้ำท่าจีนเป็นพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ มีการปนเปื้อนของสารเคมี สารกำจัดศัตรูพืช และโลหะหนัก มีการแพร่กระจายของปริมาณโลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี) ทั้งในน้ำ ดิน ตะกอน และพืชน้ำ ส่วนใหญ่มีการแพร่กระจายของโลหะหนักอยู่บริเวณตอนล่างของแม่น้ำ และมีเพียงบางพื้นที่ที่มีปริมาณตะกั่วและทองแดงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน มาจากน้ำที่ผ่านพื้นที่เกษตรกรรมและโรงงานอุตสาหกรรมในแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง (อรอิงค์ เวชสิทธิ์, 2551) ในปี 2555 แม่น้ำท่าจีนตอนล่างมีปริมาณโลหะมากที่สุดคือสารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว ปรอท และแคดเมียม ตามลำดับ มีบางบริเวณมีปริมาณสารหนูที่เกินค่ามาตรฐาน (จินตนันท์ วัชรสิงห์, 2556) ซึ่งโลหะหนักที่แพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำได้ส่งผลกระทบต่อพืชน้ำบริเวณนั้น โดยพืชน้ำในแม่น้ำท่าจีนจะดูดซับโลหะหนักจากน้ำได้โดยตรงผ่านรากด้วยกลไกแบบอาศัยพลังงาน (Active ion absorption) หรือกลไกแบบไม่อาศัยพลังงาน (Passive ion absorption) ปริมาณการสะสมขึ้นกับความเข้มข้นของโลหะหนักที่ละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำ พืชน้ำต่างชนิดกันจะสะสมปริมาณโลหะหนักได้ไม่เท่ากัน (Bryan, 1969, pp. 235–234) ผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica* Forsk) ที่มีการปลูกอย่างหนาแน่นริมฝั่งแม่น้ำท่าจีน สามารถดูดซับและมีการสะสมโลหะหนักเอาไว้ด้วยเช่นกัน ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นจึงเลือกผักบุ้งเป็นพืชน้ำสำหรับศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากผักบุ้งเป็นพืชเศรษฐกิจของชุมชนริมแม่น้ำท่าจีนและเป็นพืชน้ำที่ได้สำรวจมาแล้วว่ามีการเพาะปลูกกันมากในบริเวณพื้นที่แม่น้ำท่าจีน โดยเริ่มทำการปลูกอย่างหนาแน่นตั้งแต่อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ถึงอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม เพราะผักบุ้งที่ปลูกในบริเวณดังกล่าวเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง ดังนั้นจึงศึกษาปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) และนิกเกิล (Ni ) ที่สะสมในผักบุ้ง และปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแม่น้ำบริเวณแปลงปลูกผักบุ้ง

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) และนิกเกิล (Ni) ที่สะสมในผักบุ้ง ได้แก่ ราก ลำต้นแก่ ลำต้นแขนง ใบ และยอด ที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีนบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรีถึงจังหวัดนครปฐม
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำต่อการสะสมโลหะหนักในผักบุ้ง

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำประกอบด้วย แผนที่และเครื่องมือในการหาพิกัดภูมิศาสตร์ GPS (Global Position System) ยี่ห้อ Garmin รุ่น 60 กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ (Water Sampler) ขนาด 1 ลิตร ขวดเก็บตัวอย่างน้ำชนิดโพลีเอทีลีน ขนาด 1 ลิตร เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนาม ได้แก่ เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ (DO meter) ยี่ห้อ WTW รุ่น Multi3410 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter) ยี่ห้อ WTW รุ่น Cond3210 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ (Flow meter) และเครื่องวัดความเป็นกรด – เบสของน้ำ (pH meter) ยี่ห้อ WTW รุ่น pH3210 และอุณหภูมิ (Thermometer) เป็นต้น
2. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างผักบุ้งประกอบด้วยกรอบสุ่มตัวอย่าง (Quadrat) ขนาด 1x1 $ม^2$ มีด ถุงพลาสติก ขวดน้ำกลั่น และเครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นต้น

3. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย เครื่องวิเคราะห์โลหะหนัก (Inductive Coupled Plasma Mass Spectrometer: ICP-MS) เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weighing apparatus) และเครื่องย่อย (Microwave Digestion and Extraction) เป็นต้น

**วิธีการศึกษา**

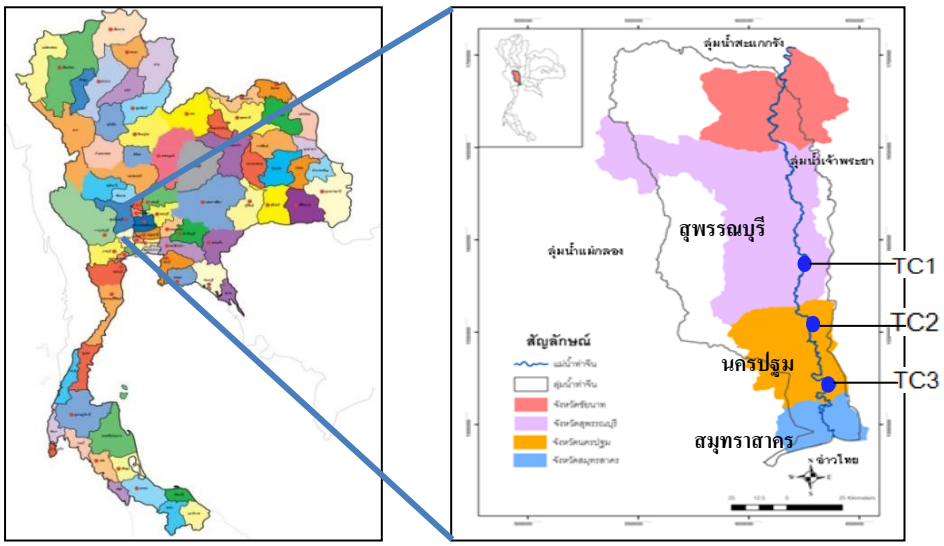
1. พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาบริเวณที่มีการปลูกผักบุ้งหนาแน่นริมฝั่งแม่น้ำท่าจีน ตั้งแต่ จังหวัดสุพรรณบุรี ถึง จังหวัดนครปฐม โดยทำการเลือกสถานีเก็บตัวอย่าง จำนวน 3 สถานี (รูปที่ 1) ได้แก่

สถานีที่ 1 (TC1) บริเวณวัดโบสถ์ดอนลำแพน ต. บางตาเถร อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี

สถานีที่ 2 (TC2) บริเวณ ต. บางเลน อ.บางเลน จ.นครปฐม

สถานีที่ 3 (TC3) บริเวณ วัดบางช้างเหนือ อ. สามพราน จ.นครปฐม




**รูปที่ 1** สถานีเก็บตัวอย่างผักบุ้งและน้ำในแม่น้ำท่าจีน ตั้งแต่ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ถึง อ.สามพราน จ.นครปฐม

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 เก็บตัวอย่างผักบุ้ง

เก็บตัวอย่างผักบุ้งโดยกำหนดแปลงปลูกที่ห่างจากชายฝั่งแม่น้ำไม่น้อยกว่า 5 เมตร ความยาวแปลง 30 – 60 เมตร สุ่มเก็บตัวอย่างผักบุ้งตามความยาวของแปลง โดยแบ่งเป็น ตอนบนของแปลง ตอนกลางของแปลง และตอนล่างของแปลงผักบุ้ง โดยเก็บตัวอย่างผักบุ้งในขนาดพื้นที่ 1x1 ตารางเมตร ล้างให้สะอาดชั่งน้ำหนักสด แยกส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ราก (Roots) ลำต้นแก่ (Stems) ลำต้นแขนง (Branches) ใบ (Leaves) และยอด (Shoots) โดยแต่ละส่วนมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม นำไปวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว(Pb) สารหนู (As) ปรอท(Pb) และนิกเกิล(Ni)

2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณแปลงปลูกผักบุ้ง ที่ระดับความลึก 0.3 เมตรจากผิวน้ำ ด้วยกระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ (Water Sampler) เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำภาคสนาม ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง (pH) อุณหภูมิ (Temperature) ความเค็ม (Salinity) อัตราการไหลของน้ำ (Water Flow Rate) ค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity : EC) และค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO) ตัวอย่างน้ำอีกส่วนบรรจุในขวดพลาสติกชนิดโพลีเอทีลีน รักษาตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส นำส่งห้องปฏิบัติการของน้ำ คณะสิ่งแวดล้อม เพื่อวิเคราะห์หาค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (Biochemical Oxygen Demand : BOD) ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) ความเป็นด่าง (Alkalinity) และของแข็งแขวนลอย (Total Dissolve Solid : TDS) ส่วนตัวอย่างน้ำสำหรับวิเคราะห์

โลหะหนักทำการรักษาตัวอย่างด้วยกรดไนตริก ($HNO_3$) ก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเคมีของน้ำ คณะสิ่งแวดล้อมเพื่อหาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว(Pb) สารหนู(As) ปรอท(Pb) และนิกเกิล(Ni)

3. ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง
เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2557

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำของแม่น้ำท่าจีนโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ เทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) ค่าระดับของธาตุที่ถือเป็นค่าปกติที่พบในพืช ค่าวิกฤติที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช และค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 273 (กระทรวงสาธารณสุข, 2546) (ตารางที่ 2) นำเสนอข้อมูลในเชิงสถิติ (ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักที่สะสมในแต่ละของผักบุ้ง และในแต่ละสถานี ประกอบด้วยวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูล (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักที่สะสมในส่วนต่าง ๆของผักบุ้ง ตามวิธีของ Ducan's Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการสะสมโลหะหนักของผักบุ้ง ด้วยวิธี Correlation analysis

## ผลการศึกษา

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ลักษณะของพื้นที่ในสถานีเก็บตัวอย่างของแม่น้ำท่าจีน จำนวน 3 สถานี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สถานีที่ 1 ตำบลบางตาเถร อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี แม่น้ำมีความกว้าง 47 เมตร อัตราการไหลของน้ำ 20.88 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำในแม่น้ำมีสีเขียวอมเหลือง แปลงผักบุ้งส่วนใหญ่กว้าง 2 เมตร ยาว 30 เมตร มีการปลูกผักบุ้งล้ำเข้าไปในแม่น้ำท่าจีนฝั่งละ 10 เมตร ตามแนวขนานกับแม่น้ำทั้งสองฝั่ง ตลิ่งเตี้ยราบไปในแม่น้ำ บริเวณโดยรอบเป็นชุมชนมีบ้านเรือนกระจายอยู่ห่าง ๆ มีกิจกรรมทำเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่น นาข้าว และ ปลูกพืชผัก เป็นต้น นอกจากนี้ บริเวณเหนือจุดเก็บตัวอย่างขึ้นไปเป็นชุมชนเมือง มีแปลงผักบุ้งเล็กน้อย เนื่องจากขนาดแม่น้ำแคบและมีการทำเขื่อนกั้นริมแม่น้ำ

สถานีที่ 2 ตำบลบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม แม่น้ำมีความกว้าง 100 เมตร อัตราการไหลของน้ำ 13.84 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำในแม่น้ำมีสีเหลืองอมน้ำตาล แปลงผักบุ้งส่วนใหญ่กว้าง 2 เมตร ยาว 30-40 เมตร มีการปลูกผักบุ้งล้ำเข้าไปในแม่น้ำท่าจีนฝั่งละ 10 เมตร ตามแนวขนานกับแม่น้ำทั้งสองฝั่ง มีผักตบชวาลอยตามลำน้ำ บริเวณโดยรอบเป็นชุมชนขนาดกลาง มีบ้านเรือนกระจายตัวทั้งสองฝั่ง บริเวณโดยรอบมีการทำเกษตรกรรมปลูกผักบุ้งตลอดแนวและมีบ้านเรือนกระจายอยู่ห่าง ๆ เหนือสถานีเก็บตัวอย่างมีโรงงานอุตสาหกรรม โรงสีข้าว และบ่อเลี้ยงกุ้ง ในเวลากลางวันน้ำลดจากฝั่งลงไป ประมาณ 3-4 เมตร

สถานีที่ 3 ตำบลคลองใหม่ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม แม่น้ำมีความกว้าง 130 เมตร อัตราการไหลของน้ำ 12.96 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำในแม่น้ำมีสีเหลืองอมเขียว แปลงผักบุ้งส่วนใหญ่กว้าง 3 เมตร ยาว 30-60 เมตร มีการปลูกผักบุ้งล้ำเข้าไปในแม่น้ำท่าจีน 7 เมตร มีแปลงผักบุ้งเพียงฝั่งเดียวของแม่น้ำเนื่องจากตลิ่งสูงมีการทำเขื่อนกั้นน้ำริมฝั่งแม่น้ำ และมีเรือขนส่งขนาดใหญ่วิ่งผ่าน บริเวณโดยรอบเป็นชุมชน มีบ้านเรือนกระจายตัวทั้งสองฝั่งแม่น้ำ มีร้านอาหาร วัด เหนือสถานีเก็บตัวอย่างขึ้นไปมีชุมชนและบ้านเรือนจำนวนมาก มีโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานย้อมผ้า โรงงานวุ้นเส้น และโรงงานกระดาษ เป็นต้น การทำเกษตรกรรม มีการปลูกผักบุ้งเป็นแนวยาวขนานไปตามแม่น้ำ แปลงผักกระเฉด สวนกล้วยไม้ นาข้าว และฟาร์มปศุสัตว์ (ฟาร์มสุกร) มีคลองที่รับน้ำทิ้งจากชุมชนระบายลงสู่แม่น้ำ

2. คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน

คุณภาพน้ำทั่วไปในแม่น้ำท่าจีนบริเวณแปลงปลูกผักบุ้ง พบว่า มีอุณหภูมิ (Temperature) สูงสุดที่สถานีที่ 3 รองลงมาคือ สถานีที่ 2 และ 1 มีค่าเท่ากับ 32.7, 32.4 และ 32.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด – เบส (pH) สูงสุดที่สถานีที่ 2 รองลงมาคือ สถานีที่ 3 และ 1 มีค่าเท่ากับ 7.5, 7.3 และ 7.2 ตามลำดับ ค่าความเค็ม (Salinity) สูงสุดที่สถานีที่ 3 รองลงมาคือ

สถานีที่ 2 และ 1 มีค่าเท่ากัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.2 และ 0.1 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid) สูงสุดที่สถานีที่ 3 รองลงมาคือ สถานีที่ 2 และ 1 มีค่าเท่ากับ 388, 239 และ 236 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) สูงสุดที่สถานีที่ 3 รองลงมาคือ สถานีที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 165, 160 และ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolve Oxygen) สูงสุดที่สถานีที่ 2 รองลงมาคือ สถานีที่ 3 และ 1 มีค่าเท่ากับ 4.40, 2.04 และ 1.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (Biochemical Oxygen Demand) สูงสุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือ สถานีที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 3.10, 2.00 และ 1.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) สูงสุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือ สถานีที่ 3 และ 2 มีค่าเท่ากับ 298, 204 และ 190 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity) สูงสุดที่สถานีที่ 3 รองลงมาคือ สถานีที่ 2 และ 1 มีค่าเท่ากับ 580, 357 และ 352 us/cm ตามลำดับ ซึ่งคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน และมีความใกล้เคียงกันในแต่ละสถานี (ตารางที่ 1)

**ตารางที่ 1** คุณภาพน้ำทั่วไปในแม่น้ำท่าจีน บริเวณ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ถึง อ.สามพราน จ.นครปฐมในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557

| ดัชนี | สถานีที่ | | | ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน* |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Temperature ($^{o}$C) | 32.2 | 32.4 | 32.7 | ตามธรรมชาติ |
| 2. pH | 7.2 | 7.5 | 7.3 | pH 5-9 |
| 3. Salinity (ppt) | 0.1 | 0.1 | 0.2 | น้ำจืด <0.5 ppt<br>น้ำกร่อย 0.5 – 30 ppt |
| 4. Water Flow Rate (km/hr) | 20.88 | 13.84 | 12.96 | ไม่ได้กำหนด |
| 5. Total Dissolve Solid (mg/l) | 236 | 239 | 388 | ไม่ได้กำหนด |
| 6. Alkalinity (mg/l $CaCO_3$) | 160 | 140 | 165 | ไม่ได้กำหนด |
| 7. Dissolve Oxygen (mg/l) | 1.88 | 4.40 | 2.04 | แหล่งน้ำประเภทที่ 2: 4-6 mg/l<br>แหล่งน้ำประเภทที่ 3: 2-4 mg/l<br>แหล่งน้ำประเภทที่ 4: <2mg/l |
| 8. Biochemical Oxygen Demand, BOD (mg/l) | 3.10 | 2.00 | 1.30 | แหล่งน้ำประเภทที่ 2: <1.5 mg/l<br>แหล่งน้ำประเภทที่ 3: 1.5-4 mg/l<br>แหล่งน้ำประเภทที่ 4: >4 mg/l |
| 9. Total Hardness (mg/l $CaCO_3$) | 298 | 190 | 204 | ไม่ได้กำหนด |
| 10. Electric Conductivity (us/cm) | 352 | 357 | 580 | ไม่ได้กำหนด |
| 11. Arsenic (As) (mg/l) | 0.0072 | 0.0061 | 0.0071 | สูงสุดไม่เกิน 0.01 |
| 12. Lead (Pb) (mg/l) | 0.0019 | 0.0012 | 0.0005 | สูงสุดไม่เกิน 0.05 |
| 13. Mercury (Hg) (mg/l) | 0.0007 | 0.0007 | 0.0007 | สูงสุดไม่เกิน 0.002 |
| 14. Nickel (Ni) (mg/l) | 0.0019 | 0.0015 | 0.0015 | สูงสุดไม่เกิน 0.1 |

**ที่มา:** * = คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2537)

ปริมาณโลหะหนักในแม่น้ำท่าจีนบริเวณสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่า โลหะหนักที่สะสมในน้ำปริมาณมากที่สุด คือ สารหนู (As) รองลงมาคือ นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และ ปรอท (Hg) ตามลำดับ มีค่าอยู่ในช่วง 0.0061 – 0.0072, 0.0015 – 0.0019, 0.0005 – 0.0019 และ 0.0007 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณสารหนูพบมากสุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือ สถานีที่ 3 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.0072, 0.0071 และ 0.0061 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณตะกั่วพบมากสุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือ สถานีที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.0019,

0.0012 และ 0.0005 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณปรอทมีค่าเท่ากันทั้ง 3 สถานี มีค่าเท่ากับ 0.0007 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ปริมาณนิกเกิลพบมากสุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือ สถานีที่ 2 และ 3 มีปริมาณเท่ากัน มีค่าเท่ากับ 0.0019 และ 0.0015 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินทั้ง 3 สถานี (ตารางที่ 1 และรูปที่ 2)

3. ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในผักบุ้ง

จากการศึกษาปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด (สารหนู ตะกั่ว ปรอท และนิกเกิล) ที่สะสมในส่วนต่างๆ ของผักบุ้ง พบว่า ปริมาณโลหะหนักที่พบสะสมในผักบุ้งมากที่สุดคือ สารหนู (As) รองลงมาคือ นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่สะสมที่รากของผักบุ้งมากที่สุด รองลงมาคือ ลำต้นแก่ ลำต้นแขนง ใบ และยอด ตามลำดับ ยกเว้น ปรอท ที่มีปริมาณโลหะหนักสะสมใกล้เคียงกันในแต่ละส่วนของผักบุ้ง (ตารางที่ 2 รูปที่ 2)

สถานีที่ 1 ปริมาณโลหะหนักสะสมมากที่สุดในรากผักบุ้ง รองลงมาคือ ลำต้นแขนง ลำต้นแก่ ใบ และสะสมน้อยที่สุดในยอดผักบุ้ง โดยโลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดในรากคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.882±0.479, 5.486±0.413, 1.107±0.014 และ 0.013±0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในลำต้นแขนงมากที่สุดคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.912±0.272, 0.314±0.156, 0.092±0.024 และ 0.013±0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในลำต้นแก่มากที่สุดคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.402±0.027, 0.117±0.024, 0.052±0.016 และ 0.010±0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในใบมากที่สุดคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.585±0.138, 0.123±0.020, 0.080±0.007 และ 0.010±0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณโลหะหนักที่สะสมในยอดพบ สารหนู มากที่สุด รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.323±0.068, 0.100±0, 0.075±0 และ 0.01±0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สถานีที่ 2 ปริมาณโลหะหนักสะสมมากที่สุดในรากผักบุ้ง รองลงมาคือ ลำต้นแก่ ใบ ลำต้นแขนง และยอด โดยโลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดในรากคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.545±0.446, 2.370±0.148, 1.891±0.154 และ 0.013±0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดในลำต้นแก่คือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.839±0.093, 0.163±0.023, 0.145±0.021 และ 0.013±0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดในใบคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.586±0.056, 0.100±0, 0.079±0.001 และ0.018±0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดในใบคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.433±0.051, 0.100±0, 0.075±0 และ 0.010±0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณโลหะหนักที่สะสมในยอดพบ สารหนู มากที่สุด รองลงมา คือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.308±0.020, 0.100±0, 0.079±0.006 และ 0.01±0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สถานีที่ 3 ปริมาณโลหะหนักสะสมมากที่สุดในรากผักบุ้ง รองลงมาคือ ลำต้นแก่ ใบ ลำต้นแขนง และยอดผักบุ้ง ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักที่พบมากที่สุดในรากคือ สารหนู รองลงมาคือ ตะกั่ว นิกเกิล และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.492±0.748, 2.286±0.592, 1.715±1.108 และ 0.015±0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดในลำต้นแก่คือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.573±0.014, 0.147±0.029, 0.125±0.036 และ 0.010±0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดในใบคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

0.361±0.024, 0.100±0, 0.059±0.026 และ 0.010±0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดในลำต้นแขนงคือ สารหนู รองลงมา คือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.285±0.023, 0.100±0, 0.075±0 และ0.013±0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณโลหะหนักที่สะสมในยอดพบสารหนู มากที่สุด รองลงมา คือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.172±0.019, 0.100±0, 0.054±0.020 และ 0.013±0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

**ตารางที่ 2** ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในผักบุ้งที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีน บริเวณ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ถึง อ.สามพราน จ.นครปฐม ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557

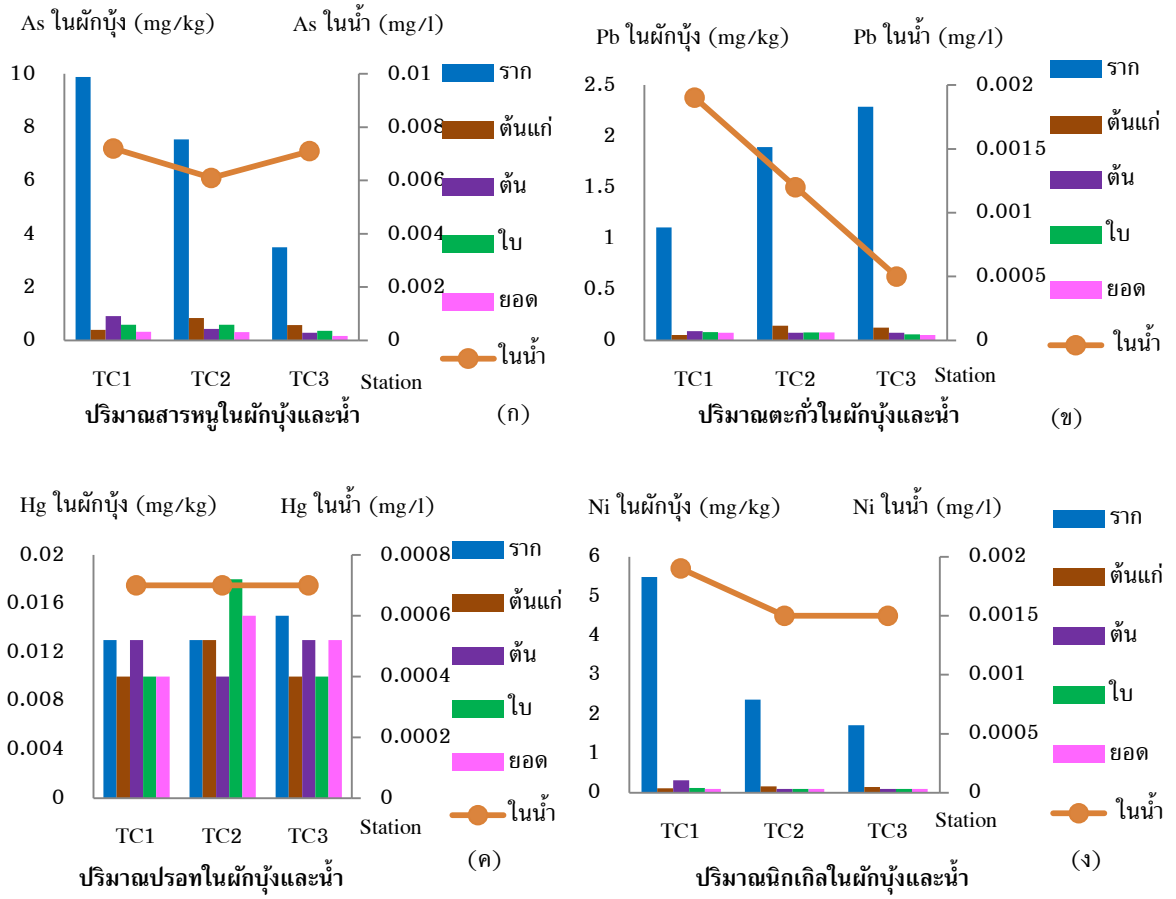
| สถานีที่ | ประเภท | ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก (mg/kg) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | สารหนู (As) | ตะกั่ว (Pb) | ปรอท (Hg) | นิกเกิล (Ni) |
| 1 | ราก | 9.882±0.479[a] | 1.107±0.014[b] | 0.013±0.004[a] | 5.486±0.413[a] |
| | ต้นแก่ | 0.402±0.027[a] | 0.052±0.016[a] | 0.010±0[a] | 0.117±0.024[a] |
| | ต้นแขนง | 0.912±0.272[a] | 0.092±0.024[a] | 0.013±0.004[a] | 0.314±0.156[a] |
| | ใบ | 0.585±0.138[a] | 0.080±0.007[a] | 0.010±0[a] | 0.123±0.020[a] |
| | ยอด | 0.323±0.068[a] | 0.075±0[a] | 0.01±0[a] | 0.1±0[a] |
| 2 | ราก | 7.545±0.446[b] | 1.891±0.154[ab] | 0.013±0.004[a] | 2.370±0.148[b] |
| | ต้นแก่ | 0.839±0.093[a] | 0.145±0.021[a] | 0.013±0.004[a] | 0.163±0.023[a] |
| | ต้นแขนง | 0.433±0.051[a] | 0.075±0[a] | 0.010±0[a] | 0.100±0[a] |
| | ใบ | 0.586±0.056[a] | 0.079±0.001[a] | 0.018±0[a] | 0.100±0[a] |
| | ยอด | 0.308±0.020[a] | 0.079±0.006[a] | 0.015±0.004[a] | 0.100±0[a] |
| 3 | ราก | 3.492±0.748[c] | 2.286±0.592[a] | 0.015±0.004[a] | 1.715±1.108[b] |
| | ต้นแก่ | 0.573±0.014[a] | 0.125±0.036[a] | 0.010±0[a] | 0.147±0.029[a] |
| | ต้นแขนง | 0.285±0.023[a] | 0.075±0[a] | 0.013±0.004[a] | 0.100±0[a] |
| | ใบ | 0.361±0.024[a] | 0.059±0.026[a] | 0.010±0[a] | 0.100±0[a] |
| | ยอด | 0.172±0.019[b] | 0.054±0.020[a] | 0.013±0.004[a] | 0.100±0[a] |
| *ปริมาณ | ค่าปกติ | 0.1 – 5 | 0.1 – 10 | n.a. | 1 |
| ในพืช | เป็นพิษต่อพืช | 15 – 50 | 100 – 400 | 2 – 5 | 100 |
| **มาตรฐานโลหะหนักในอาหาร | | 2.0 | 1.0 | 0.5 | – |

**หมายเหตุ:** n.a. = เป็นไปตามธรรมชาติ

[a]...[b] = ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

**ที่มา:** * = ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา (2545)

** = กระทรวงสาธารณสุข (2546)




**รูปที่ 2** ปริมาณสารหนู (ก) ปริมาณตะกั่ว (ข) ปริมาณปรอท (ค) และปริมาณนิกเกิล (ง) ที่สะสมในผักบุ้งและน้ำที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีน บริเวณ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ถึง อ.สามพราน จ.นครปฐม

4. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำต่อการสะสมโลหะหนักในผักบุ้ง

คุณภาพน้ำบางชนิดมีผลต่อการละลายของโลหะหนักในน้ำ จึงมีโอกาสทำให้เกิดการสะสมโลหะหนักในผักบุ้งเพิ่มขึ้นจะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเค็มปริมาณตะกั่ว และนิกเกิลในน้ำมีความสัมพันธ์ในทางผันตรง (+) กับปริมาณโลหะหนักในผักบุ้ง ในขณะที่คุณภาพน้ำบางประการที่มีความสัมพันธ์ในทางผกผัน (-) กับปริมาณโลหะหนักในผักบุ้ง ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณสารหนูในน้ำ ส่วนปริมาณปรอทในน้ำ และนิกเกิลในยอดผักบุ้ง ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากมีค่าแต่ละค่าเป็นค่าเดียวกันหรือใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าออกมาได้ (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 3** สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างคุณภาพน้ำกับการสะสมโลหะหนักในผักบุ้ง (Ipomoea aquatica Forsk) ในแม่น้ำท่าจีนทั้ง 3 สถานี

| โลหะหนักในผักบุ้ง \ คุณภาพน้ำ | | Temp | pH | Salinity | Arsenic | Lead | Mercury | Nickel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arsenic | ราก | −.976** | −.175 | −.911** | −.070 | .966** | .[a] | .761** |
| | ลำต้นแก่ | −.645* | −.011 | −.645* | −.153 | .626* | .[a] | .439 |
| | ลำต้นแขนง | −.715* | .333 | −.855** | −.523 | .653* | .[a] | .276 |
| | ใบ | −.707* | .149 | −.772** | −.332 | .667* | .[a] | .383 |
| | ยอด | −.804** | .086 | −.844** | −.293 | .768** | .[a] | .487 |
| Lead | ราก | .774** | .404 | .614* | −.217 | −.797** | .[a] | −.766** |
| | ลำต้นแก่ | .332 | .586* | .096 | −.515 | −.391 | .[a] | −.580 |
| | ลำต้นแขนง | .607* | .571 | .378 | −.430 | −.655* | .[a] | −.756** |
| | ใบ | −.489 | .077 | −.523 | −.204 | .464 | .[a] | .281 |
| | ยอด | −.575 | .226 | −.670* | −.378 | .530 | .[a] | .248 |
| Mercury | ราก | .250 | −.087 | .287 | .152 | −.232 | .[a] | −.115 |
| | ลำต้นแก่ | −.347 | .071 | −.378 | −.161 | .327 | .[a] | .189 |
| | ลำต้นแขนง | .459 | −.094 | .500 | .214 | −.433 | .[a] | −.250 |
| | ใบ | −.115 | .945** | −.500 | −.997** | .000 | .[a] | −.500 |
| | ยอด | .229 | .567 | .000 | −.522 | −.289 | .[a] | −.500 |
| Nickel | ราก | −.820** | −.590* | −.585* | .395 | .863** | .[a] | .910** |
| | ลำต้นแก่ | −.538 | −.439 | −.363 | .312 | .573 | .[a] | .629* |
| | ลำต้นแขนง | −.401 | −.378 | −.250 | .285 | .433 | .[a] | .500 |
| | ใบ | −.550 | −.518 | −.342 | .390 | .593* | .[a] | .685* |
| | ยอด | .[a] | .[a] | .[a] | .[a] | .[a] | .[a] | .[a] |

**หมายเหตุ**: * ที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$

** ที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.01$

a. คือ ไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงหรือค่าเท่ากัน

## อภิปรายผล

จากผลการศึกษา พบว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน และมีความแตกต่างกันของคุณภาพน้ำเล็กน้อย เนื่องจากระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างซึ่งแตกต่าง นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในด้านต่าง ๆ ทำให้มีไอออนและตะกอนแขวนลอยในแม่น้ำ ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด (สารหนู ตะกั่ว ปรอท และนิกเกิล) ที่ตรวจพบในน้ำบริเวณแปลงผักบุ้งพบมากที่สุดคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ สถานีที่พบปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด คือสถานีที่ 1 (บริเวณ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี) ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนมาก มีการปนเปื้อนจากสารกำจัดศัตรูพืชลงสู่แหล่งน้ำได้ ตรงกับรายงาน การพบปริมาณสารหนูในแม่น้ำท่าจีนตอนล่างในฤดูแล้งมากกว่าฤดูน้ำหลาก ในบริเวณ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี (จินตนันท์ วัชรสิงห์, 2556)

ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในผักบุ้งพบมากที่สุดคือสารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ ปริมาณสารหนูที่พบมากเนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่รอบ ๆ บริเวณแปลงผักบุ้งเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ปลูกพืชผัก และทำนา จึงมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสารหนูมีการนำมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรกรรมเป็นสารฆ่าแมลงและสารกำจัดศัตรูพืชในรูปของสารประกอบชนิดต่าง ๆ (มนูญ ไพบูลย์ และสิทธิชัย อินทรงาม, 2520, น. 78) ทำให้พบสารหนูตกค้างที่สถานีที่ 1 มากที่สุด ปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในผักบุ้ง พบว่าสะสมอยู่มากที่สุดที่สถานีที่ 3 รองลงมาคือ สถานีที่ 2 และ 1

ตามลำดับ โดยสะสมในรากมากที่สุด สัดส่วนระหว่างตะกั่วในรากและส่วนอื่น ๆ มีความแตกต่างกันมาก มีการศึกษาพบว่าตะกั่วมีแนวโน้นสะสมในรากพืชมากกว่าในลำต้น และสะสมในลำต้นมากกว่าในใบและเมล็ด (Lagerwerff, Armiger, & Specht, 1973, pp. 455-460) ส่วนปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในน้ำมีแนวโน้มลดลงโดยสะสมมากที่สุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือสถานีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ (รูปที่ 3) การสะสมตะกั่วในพืชและการตรวจพบตะกั่วในน้ำแปรผันกันอาจมีสาเหตุมาจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในสถานีที่ 1 ต่ำกว่าทุก ๆ สถานี มีการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำขึ้นกับค่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ ถ้ามีค่าต่ำจะพบตะกั่วปริมาณมาก (Onodera, 1985) ส่วนตะกั่วที่พบมากในผักบุ้งนอกจากมีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ และแปลงเกษตรอื่นอยู่ใกล้แปลงผักบุ้งแล้ว ยังมีการใส่ปุ๋ยให้แก่ผักบุ้ง ซึ่งตะกั่วถูกนำมาใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรมในรูปของปุ๋ย สารเคมี และสารกำจัดศัตรูพืชเพื่อเพิ่มผลผลิต (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2541) ทำให้พบตะกั่วตกค้างในผักบุ้งที่สถานีที่ 3 มากที่สุด ส่วนในสถานีที่ 1 แม้จะพบปริมาณตะกั่วในน้ำมากแต่เนื่องจากความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกั่วในพืชได้น้อย ผักบุ้งในสถานีที่ 1 จึงดูดซับตะกั่วไว้ได้ในปริมาณน้อย ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในผักบุ้ง พบว่ามีปริมาณน้อยมากและใกล้เคียงกันมากทั้งในราก ลำต้นแก่ ลำต้นแขนง ใบ และยอด มีการสะสมในใบมากที่สุดที่สถานีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.018 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สอดคล้องกับปริมาณปรอทในน้ำที่มีปริมาณปรอทอยู่น้อยและเท่ากันในทุกสถานี ปริมาณนิกเกิลที่ตรวจพบในผักบุ้งมีการสะสมอยู่ในบริเวณรากมากที่สุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือสถานีที่ 2 และ 3 ลดลงตามลำดับ และสะสมที่น้อยสุดในยอด ซึ่งสัดส่วนระหว่างนิกเกิลในรากและส่วนอื่น ๆ มีความแตกต่างกันมาก สอดคล้องกับปริมาณนิกเกิลในน้ำที่สุดที่สถานีที่ 1 ส่วนสถานีที่ 2 และ 3 พบปริมาณนิกเกิลในน้ำเท่ากัน

ความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดที่สะสมในผักบุ้ง สอดคล้องกับรายงานความสามารถในการเคลื่อนย้ายโลหะหนักในพืชที่ พบว่า นิกเกิล แคดเมียม และสังกะสี มีความสามารถในการเคลื่อนย้ายได้ง่าย ทองแดง มีความสามารถเคลื่อนย้ายได้ปานกลาง ส่วนตะกั่ว ปรอท และโครเมียม มีความสามารถเคลื่อนย้ายได้น้อย เป็นต้น (Davis, 1984, pp. 349 - 357) จะเห็นได้ว่าโลหะหนักแต่ละชนิดส่วนใหญ่สะสมอยู่ที่รากของผักบุ้งมากที่สุด รองลงมาคือ ลำต้นแก่ ลำต้นแขนง ใบ และสะสมน้อยที่สุดในยอด เนื่องจากรากพืชดูดซับโลหะหนักจากน้ำโดยตรงผ่านบริเวณราก อาจเกิดโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) หรือวิธีการคายน้ำ (Convection) (Cutler, & Rains, 1974, pp. 67-71) เมื่อเข้าสู่แวคิวโอล (Vacuole) ซึ่งมีโทโนพลาสต์ (Tonoplast) คุณสมบัติเหมือนเยื่อหุ้มเซลล์ กำจัดของเสียประเภทโลหะหนักซึ่งเป็นพิษต่อเซลล์จะถูกดูดเก็บไว้ที่แวคิวโอล (นิตย์ ศกุนรักษ์, 2542) แวคิวโอลเป็นแหล่งสะสมของเสียในเซลล์พืช โดยปกติโทโนพลาสต์จะไม่ยอมให้ของเสียเหล่านั้นไหลกลับเข้าสู่ไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) ได้อีก โลหะหนักจึงถูกเก็บสะสมไว้ที่บริเวณราก

ความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ที่สะสมในลำต้นแก่ ลำต้น(แขนง) ใบ และยอดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณโลหะหนักในรากมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) เนื่องจากมีโลหะหนักสะสมในรากเป็นปริมาณมากที่สุด และโลหะหนักแต่ละชนิดมีปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละสถานี

ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำบางประการต่อปริมาณโลหะหนักในผักบุ้งพบว่า อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความเค็ม ที่ส่งผลให้เกิดการละลายของโลหะหนักในน้ำ ทำให้มีความเข้มข้นของโลหะหนักที่ละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำแตกต่างกัน นอกจากยังขึ้นกับการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งในด้านชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมของพื้นที่รอบบริเวณแปลงปลูกผักบุ้ง โดยพืชสามารถดูดซึมโลหะหนักในรูปเกลืออินทรีย์ (Organic Complexes) ได้ดีกว่าโลหะที่เป็นสารประกอบของกากตะกอน (Chaney, 1982) รวมถึงกระบวนการคายน้ำของพืช เนื่องจากขณะที่พืชคายน้ำมีการดูดน้ำทดแทนเมื่ออัตราการดูดเร็วกว่าอัตราการคายน้ำ ทำให้เกิดภาวะ Concentration gradient อย่างกะทันหันที่บริเวณรากพืช โลหะหนักจึงเคลื่อนเข้าสู่พืชได้ (Cutler, & Rains, 1974, pp. 67-71) จากสาเหตุดังกล่าว ทำให้พืชมีการ

สะสมโลหะหนักแต่ละชนิดแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดที่สะสมในผักบุ้ง เมื่อเทียบกับปริมาณโลหะหนักที่แสดงอาการเป็นพิษต่อพืช (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545) พบว่า ไม่มีปริมาณโลหะหนักที่ส่งผลเป็นพิษต่อพืช ส่วนโลหะหนักที่สะสมในยอดผักบุ้งซึ่งเป็นส่วนที่ใช้สำหรับบริโภค เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานโลหะหนักในอาหาร (กระทรวงสาธารณะสุข, 2546) พบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานโลหะหนักในอาหาร จึงมีความปลอดภัยในการเลือกบริโภคยอดผักบุ้งที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีนได้

## สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด (สารหนู ตะกั่ว ปรอท และนิกเกิล) ที่สะสมในผักบุ้ง พบว่าปริมาณโลหะหนักสะสมมากที่สุดในรากผักบุ้ง รองลงมาคือ ลำต้นแก่ ลำต้นแขนง ใบ และยอดตามลำดับ ซึ่งไม่มีปริมาณโลหะหนักชนิดใดสะสมเกินค่าที่เป็นพิษต่อพืช และยอดผักบุ้งซึ่งใช้สำหรับบริโภคไม่พบปริมาณโลหะหนักเกินค่ามาตรฐานโลหะหนักในอาหารด้วยเช่นกัน จึงใช้เป็นข้อมูลได้ว่ายอดผักบุ้งที่ปลูกบริเวณแม่น้ำท่าจีนสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย สำหรับคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน ความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักในแต่ละสถานีขึ้นกับชนิดของโลหะหนักและการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมฝั่งแม่น้ำท่าจีน นอกจากนี้พบว่าคุณภาพน้ำมีผลต่อการละลายของโลหะหนักในน้ำ คือ ความเป็นกรดของน้ำ และค่าความเค็ม มีผลต่อการละลายของโลหะหนักในน้ำ ดังนั้น ปริมาณโลหะหนักที่พบปนเปื้อนในน้ำมาก จะพบสะสมในผักบุ้งมากเช่นกัน

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ และภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการใช้ห้องปฏิบัติการและการวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2540). *เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย.* กรุงเทพฯ: กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2545). *รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหาทางน้ำปี 2544-2545.* กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

*กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน*. (24 กุมภาพันธ์ 2537). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่111 (ตอนที่ 16 ง). หน้า 73.

จินตนันท์ วัชรสิงห์. (2556). *ศักยภาพของน้ำและดินตะกอนในแม่น้ำท่าจีนต่อการรองรับปริมาณโลหะหนักบางประการตั้งแต่นครชัยศรีถึงปากแม่น้ำท่าจีน*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิตย์ ศกุนรักษ์. (2542). *สรีรวิทยาของพืช.* เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

มนูญ ไพบูลย์ และสิทธิชัย อินทรงาม. (2520). *ระดับปรอทในปัสสาวะของประชากรที่อาศัยในน่านน้ำไทย.* กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

*มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน (ฉบับที่ 2).* (16 กรกฎาคม 2546). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่127 (ตอนที่ 77 ง). หน้า 10.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. (2545). *ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. (2541). *มลพิษสิ่งแวดล้อม.* กรุงเทพฯ: สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอิงค์ เวชสิทธิ์. (2551). *การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอนและพรรณไม้น้ำบางชนิดบริเวณแม่น้ำท่าจีน*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bryan, G. W. (1969). *The absorption of zine and other metols by the brown seaweed laminariadigitate. J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 49, 235-234.

Chaney, R. L. (1982). *Fate of toxic substances in sludge applied to cropland, Cited by H. Kuntz, E. Pluquet, J.H. Stark and S. Coopoia. Current techniqunes for evaluation of metal problems due to sludge.* Holland: D. Reidal Publishing Company.

Cutler, J. M., & Rains, D. W. (1974). Characterization of Cadmium Uptake by Plant Tissuse. *Plant Physiology*, 54, 67-71.

Davis, R. D. (1984). *Crop uptake of metals (cadmium, lead, mercury, copper, nickel, zinc and chromium) from sludge-treated soil and its implication for soil fertility and for the human diet*. Holland: D. Reidal Publishing Company.

Lagerwerff, J. V., Armiger, W. H., & Specht, A. W. (1973). Uptake of Lead by alfalfa and corn from soil and air. *Soil Science*, 115(6), 455-460.

Onodera, S. (1985). *A Case Study on Water Quality Evaluation of the Lower Chao Phraya River and Klongs along the River*. Bangkok: Laboratory and Research Section Environmental Quality Standard Division.