



ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica* Forsk) ที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีน
วีระยาภรณ์ รัตนไพบูลย์ *, นฤชิต ดำปิ่น และเกษม จันทร์แก้ว

The quantity of heavy metal accumulated in Water Spinach
(*Ipomoea aquatica* 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 0.0015 ± 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 0.0015 ± 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 (ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2545) จากการที่แม่น้ำท่าจีนเป็นพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ มีการปนเปื้อนของสารเคมี สารกำจัดศัตรูพืช และโลหะหนัก มีการแพร่กระจายของปริมาณโลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี) ทั้งในน้ำ ดิน ตะกอน และพืชน้ำ ส่วนใหญ่มีการแพร่กระจายของโลหะหนักอยู่บริเวณตอนล่างของแม่น้ำ และมีเพียงบางพื้นที่ที่มีปริมาณตะกั่วและทองแดงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน มาจากน้ำที่ผ่านพื้นที่เกษตรกรรมและโรงงานอุตสาหกรรมในแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง (อรวิงค์ เวชสิทธิ์, 2551) ในปี 2555 แม่น้ำท่าจีนตอนล่างมีปริมาณโลหะมากที่สุดคือสารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่วปรอท 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 เนื่องจากผักบุ้งเป็นพืชเศรษฐกิจของชุมชนริมแม่น้ำท่าจีนและเป็นพืชน้ำที่ได้สำรวจมาแล้วว่ามีการเพาะปลูกกัน

มากในบริเวณพื้นที่แม่น้ำท่าจีน โดยเริ่มทำการปลูกอย่างหนาแน่นตั้งแต่อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ถึงอำเภอสองพี่น้อง 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 ลำต้นอ่อน ใบ และยอด ที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีนบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรีถึงจังหวัดนครปฐม
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำต่อการสะสมโลหะหนักในผักบุ้ง

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำประกอบด้วย แผนที่และเครื่องมือในการทำภูมิศาสตร์ GPS (Global Position System) ยี่ห้อ Garmin รุ่น 60 กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ (Water Sampler) ขนาด 1 ลิตร ขวดเก็บตัวอย่างน้ำชนิดโพลีเอทิลีน 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. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างผักบุ้งประกอบด้วยกรอบสี่เหลี่ยม (Quadrat) ขนาด 1x1 ม² มีด ถูพลาสติก 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

ดำเนินการศึกษาระยะที่มีการปลูกผักบุ้ง หนานเนรมิผ้งแม่น้ำท่าจีน ตั้งแต่ จังหวัดสุพรรณบุรี ถึง

จังหวัดนครปฐม โดยทำการเลือกสถานีเก็บตัวอย่าง จำนวน 3 สถานี (รูปที่ 1) ได้แก่

สถานีที่ 1 (TC1) บริเวณวัดโบสถ์ดอนลำแพน

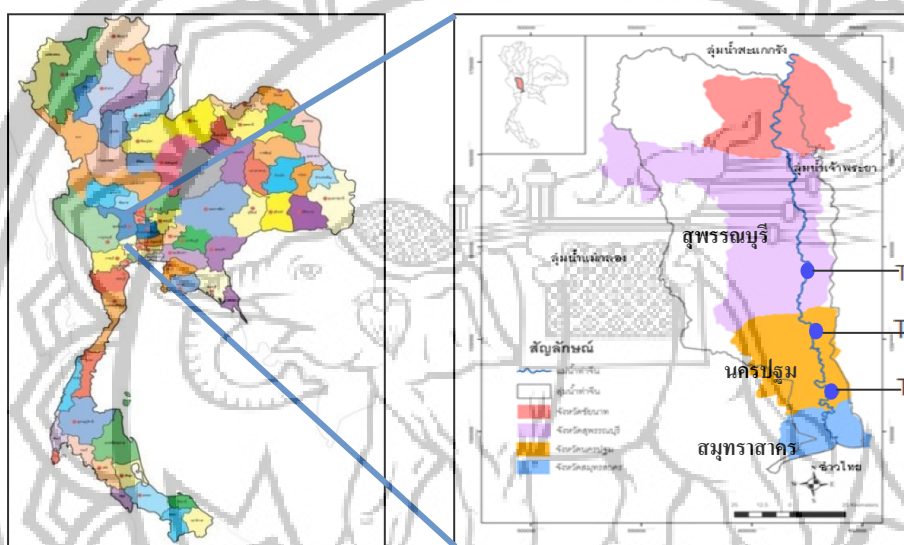
ต. บางตาเถร อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี

สถานีที่ 2 (TC2) บริเวณ ต. บางเลน อ.บาง

เลน 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

เก็บตัวอย่างผักบุ้งโดยกำหนดแปลงปลูกที่ ห่างจากชายฝั่งแม่น้ำไม่น้อยกว่า 5 เมตร ความยาวแปลง 30 – 60 เมตร สุ่มเก็บตัวอย่างผักบุ้งตามความยาวของ แปลง โดยแบ่งเป็น ตอนบนของแปลง ตอนกลางของ แปลง และตอนล่างของแปลงผักบุ้ง โดยเก็บตัวอย่าง ผักบุ้งในขนาดพื้นที่ 1x1 ตารางเมตร ล้างให้สะอาดชั่ง น้ำหนักสด แยกส่วนต่างๆ ได้แก่ ราก (Roots) ลำต้นแก่ (Stems) ลำต้นแขนง (Branches) ใบ (Leaves) และ ยอด (Shoots) โดยแต่ละส่วนมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม นำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจ วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว(Pb) สารหนู (As) ปรอท(Pb) และนิกเกิล(Ni)

2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณแปลงปลูก ผักบุ้ง ที่ระดับความลึก 0.3 เมตรจากผิวน้ำ ด้วย กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ (Water Sampler) เพื่อตรวจ วิเคราะห์คุณภาพน้ำภาคสนาม ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง (pH) อุณหภูมิ (Temperature) ความเค็ม (Salinity) อัตราการไหลของน้ำ (Water Flow Rate) ค่าการนำ ไฟฟ้า (Electric Conductivity : EC) และค่าออกซิเจน ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO) ตัวอย่างน้ำอีก ส่วนบรรจุในขวดพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน รักษาตัวอย่าง น้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส นำส่งห้องปฏิบัติการ ของน้ำ คณะสิ่งแวดล้อม เพื่อวิเคราะห์หาค่าความต้องการ ออกซิเจนทางชีวภาพ (Biochemical Oxygen Demand : BOD) ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) ความ เป็นด่าง (Alkalinity) และของแข็งแขวนลอย (Total Dissolve Solid : TDS) ส่วนตัวอย่างน้ำสำหรับวิเคราะห์

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

3. ระยะเวลากการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2557

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำของแม่น้ำท่าจีนโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ เทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) ค่าระดับของธาตุที่ถือเป็นค่าปกติที่พบในพืช ค่าวิกฤติที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช และค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 273 (กระทรวงสาธารณสุข, 2546) (ตารางที่ 2) นำเสนอข้อมูลในเชิงสถิติ (ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักที่สะสมในแต่ละของผักบุง และในแต่ละสถานี ประกอบด้วยวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูล (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักที่สะสมในส่วนต่างๆของผักบุง ตามวิธีของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการสะสมโลหะหนักของผักบุง ด้วยวิธี Correlation analysis

ผลการศึกษา

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ลักษณะของพื้นที่ในสถานีเก็บตัวอย่างของแม่น้ำท่าจีน จำนวน 3 สถานี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สถานีที่ 1 ตำบลบางตาเถร อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี แม่น้ำมีความกว้าง 47 เมตร อัตราการไหลของน้ำ 20.88 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำในแม่น้ำมีสีเขียวอมเหลือง แปลงผักบุงส่วนใหญ่กว้าง 2 เมตร ยาว 30 เมตร มีการปลูกผักบุงล้าเข้าไปในแม่น้ำท่าจีนฝั่งละ 10 เมตร ตามแนวขนานกับแม่น้ำทั้งสองฝั่ง ตลิ่งเตี้ยราบไปในแม่น้ำ บริเวณโดยรอบเป็นชุมชนมีบ้านเรือนกระจายอยู่ห่างๆ มีกิจกรรมทำเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่

เช่น นาข้าว และ ปลูกพืชผัก เป็นต้น นอกจากนี้ บริเวณเหนือจุดเก็บตัวอย่างขึ้นไปเป็นชุมชนเมือง มีแปลงผักบุงเล็กน้อย เนื่องจากขนาดแม่น้ำแคบและมีการทำเขื่อนกันริมแม่น้ำ

สถานีที่ 2 ตำบลบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม แม่น้ำมีความกว้าง 100 เมตร อัตราการไหลของน้ำ 13.84 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำในแม่น้ำมีสีเหลืองอมน้ำตาล แปลงผักบุงส่วนใหญ่กว้าง 2 เมตร ยาว 30-40 เมตร มีการปลูกผักบุงล้าเข้าไปในแม่น้ำท่าจีนฝั่งละ 10 เมตร ตามแนวขนานกับแม่น้ำทั้งสองฝั่ง มีผักตบชวาลอยตามลำน้ำ บริเวณโดยรอบเป็นชุมชนขนาดเล็ก มีบ้านเรือนกระจายตัวทั้งสองฝั่ง บริเวณโดยรอบมีการทำเกษตรกรรมปลูกผักบุงตลอดแนวและมีบ้านเรือนกระจายอยู่ห่างๆ เหนือสถานีเก็บตัวอย่างมีโรงงานอุตสาหกรรม โรงสีข้าว และบ่อเลี้ยงกุ้ง ในเวลากลางวัน น้ำลดจากฝั่งลงไป ประมาณ 3-4 เมตร

สถานีที่ 3 ตำบลคลองใหม่ อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดนครปฐม แม่น้ำมีความกว้าง 130 เมตร อัตราการไหลของน้ำ 12.96 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำในแม่น้ำมีสีเหลืองอมเขียว แปลงผักบุงส่วนใหญ่กว้าง 3 เมตร ยาว 30-60 เมตร มีการปลูกผักบุงล้าเข้าไปในแม่น้ำท่าจีน 7 เมตร มีแปลงผักบุงเพียงฝั่งเดียวของแม่น้ำเนื่องจากตลิ่งสูงมีการทำเขื่อนกันน้ำริมฝั่งแม่น้ำ และมีเรือนสงขนาดใหญ่วิ่งผ่าน บริเวณโดยรอบเป็นชุมชน มีบ้านเรือนกระจายตัวทั้งสองฝั่งแม่น้ำ มีร้านอาหาร วัด เหนือสถานีเก็บตัวอย่างขึ้นไปมีชุมชนและบ้านเรือนจำนวนมาก มีโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานย้อมผ้า โรงงานปูนเส้น และโรงงานกระดาษ เป็นต้น การทำเกษตรกรรม มีการปลูกผักบุงเป็นแนวยาวขนานไปตามแม่น้ำ แปลงผักกระเจด ส่วนกล้วยไม้ นาข้าว และฟาร์มปศุสัตว์ (ฟาร์มสุกร) มีคลองที่รับน้ำทั้งจากชุมชนระบายลงสู่แม่น้ำ

2. คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน

คุณภาพน้ำทั่วไปในแม่น้ำท่าจีนบริเวณแปลงปลูกผักบุง 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.นครปฐม ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557

ดัชนี	สถานีที่			ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน*
	1	2	3	
1. Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	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 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 แหล่งน้ำประเภทที่ 3: 2-4 mg/l แหล่งน้ำประเภทที่ 4: <2mg/l
8. Biochemical Oxygen Demand, BOD (mg/l)	3.10	2.00	1.30	แหล่งน้ำประเภทที่ 2: <1.5 mg/l แหล่งน้ำประเภทที่ 3: 1.5-4 mg/l 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) และปรอท (Hg) ตามลำดับ มีค่าอยู่ในช่วง 0.0061 - 0.0072, 0.0015 - 0.0019, 0.0005 - 0.0019 และ

0.0007 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณสารหนูพบมากที่สุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือ สถานีที่ 3 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.0072, 0.0071 และ 0.0061 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณตะกั่วพบมากที่สุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือ สถานีที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.0019,

0.0012 และ 0.0005 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณปรอทมีค่าเท่ากันทั้ง 3 สถานี มีค่าเท่ากับ 0.0007 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ปริมาณนิกเกิลพบมากที่สุดที่สถานีที่ 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 ปริมาณโลหะหนักสะสมมากที่สุดใรรากผักบุ้ง รองลงมาคือ ลำต้นแขนง ลำต้นแก่ ใบ และสะสมน้อยที่สุดในยอดผักบุ้ง โดยโลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดใรรากคือ 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 ปริมาณโลหะหนักสะสมมากที่สุดใรรากผักบุ้ง รองลงมาคือ ลำต้นแก่ ใบ ลำต้นแขนง และยอด โดยโลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดใรรากคือ 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 โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดใรรากคือ 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 โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดใรรากคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.586 ± 0.056 , 0.100 ± 0 , 0.079 ± 0.001 และ 0.018 ± 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดใรรากคือ 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 รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.308 ± 0.020 , 0.100 ± 0 , 0.079 ± 0.006 และ 0.01 ± 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สถานีที่ 3 ปริมาณโลหะหนักสะสมมากที่สุดใรรากผักบุ้ง รองลงมาคือ ลำต้นแก่ ใบ ลำต้นแขนง และยอดผักบุ้ง ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักที่พบมากที่สุดใรรากคือ 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 โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดใรรากคือ 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 โลหะหนักที่พบปริมาณมากที่สุดใรรากคือ 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 รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.285±0.023, 0.100±0, 0.075±0 และ 0.013±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

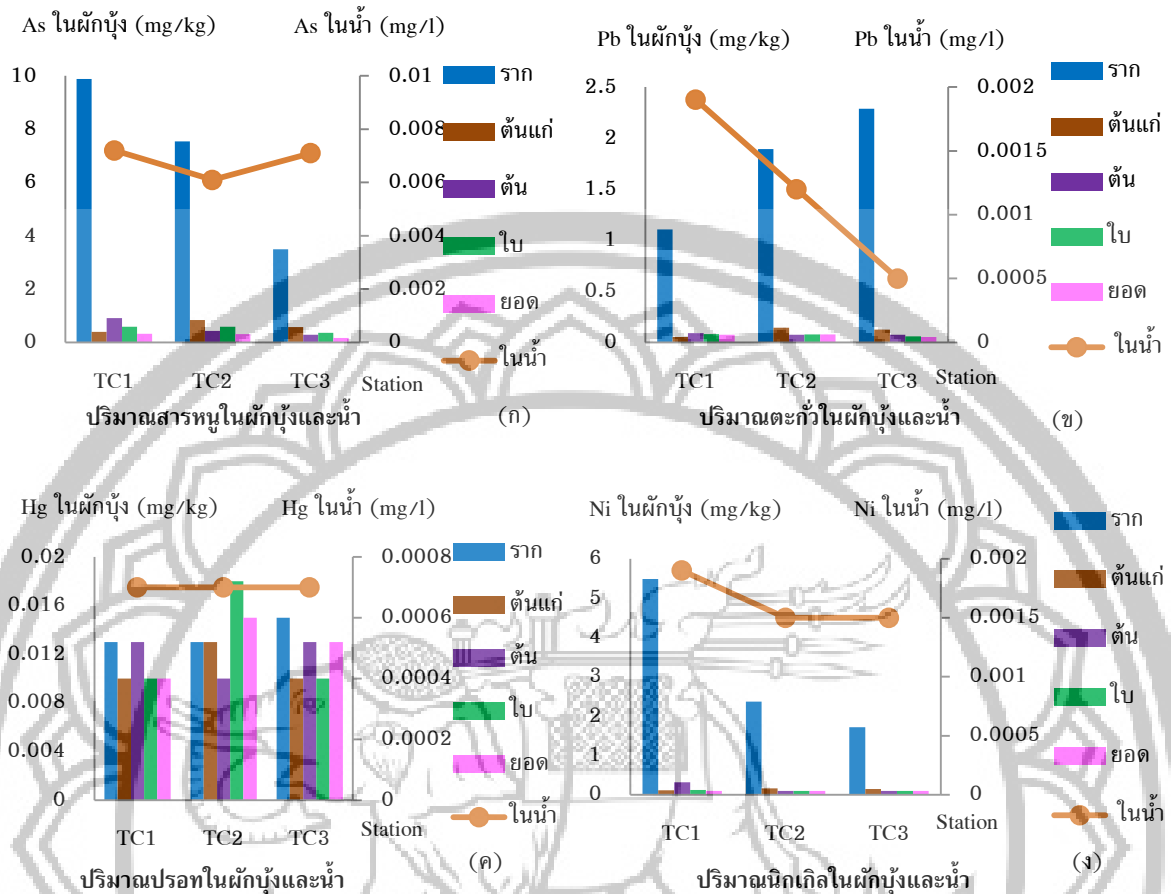
สถานีที่	ประเภท	ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก (mg/kg)			
		สารหนู (As)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)
1	ราก	9.882±0.479 ^a	1.107±0.014 ^b	0.013±0.004 ^a	5.486±0.413 ^a
	ต้นแก่	0.402±0.027 ^a	0.052±0.016 ^a	0.010±0 ^a	0.117±0.024 ^a
	ต้นแขนง	0.912±0.272 ^a	0.092±0.024 ^a	0.013±0.004 ^a	0.314±0.156 ^a
	ใบ	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	เป็นพืชต่อพืช	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) ที่สะสมในผักร้างและน้ำที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีน บริเวณ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ถึง อ.สามพราน จ.นครปฐม

4. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำต่อการสะสมโลหะหนักในผักร้าง

คุณภาพน้ำบางชนิดมีผลต่อการละลายของโลหะหนักในน้ำ จึงมีโอกาสทำให้เกิดการสะสมโลหะหนักในผักร้างเพิ่มขึ้นจะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเค็มปริมาณตะกั่ว และนิกเกิลในน้ำมีความสัมพันธ์ในทางผันตรง (+) กับปริมาณโลหะหนักในผักร้าง

ในขณะที่คุณภาพน้ำบางประการที่มีความสัมพันธ์ในทางผกผัน (-) กับปริมาณโลหะหนักในผักร้าง ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณสารหนูในน้ำ ส่วนปริมาณปรอทในน้ำ และนิกเกิลในผักร้าง ไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากมีค่าแต่ละค่าเป็นค่าเดียวกันหรือใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าออกมาได้ (ตารางที่ 3)



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

คุณภาพน้ำ		Temp	pH	Salinity	Arsenic	Lead	Mercury	Nickel
โลหะหนักในผักบุ้ง								
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 เนื่องจากระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างซึ่งแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในด้านต่างๆ ทำให้มีโอโซนและตะกอนแขวนลอยในแม่น้ำ ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด (สารหนู ตะกั่ว ปรอท และนิกเกิล) ที่ตรวจพบในน้ำบริเวณแปลงผักบุ้งพบมากที่สุดคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ สถานีที่พบปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด คือ สถานีที่ 1 (บริเวณ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี) ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ มีการปนเปื้อนจากสารกำจัดศัตรูพืชสูงส่ง

น้ำได้ ตรงกับรายงาน การพบปริมาณสารหนูในแม่น้ำท่าจีนตอนล่างในฤดูแล้งมากกว่าฤดูน้ำหลาก ในบริเวณ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี (จินตนั้นท์ วัชรสิงห์, 2556) ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในผักบุ้งพบมากที่สุดคือ สารหนู รองลงมาคือ นิกเกิล ตะกั่ว และปรอท ตามลำดับ ปริมาณสารหนูที่พบมากเนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่รอบๆ บริเวณแปลงผักบุ้งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมปลูกพืชผัก และทำนา จึงมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสารหนูมีการนำมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรกรรมเป็นสารฆ่าแมลงและสารกำจัดศัตรูพืชในรูปของสารประกอบชนิดต่างๆ (มัญญ ไพบูลย์ และสิทธิชัย อินทรงาม, 2520, น. 78) ทำให้พบสารหนูตกค้างที่สถานีที่ 1 มากที่สุด ปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในผักบุ้ง พบว่าสะสมอยู่มากที่สุดที่สถานีที่ 3 รองลงมาคือ สถานีที่ 2 และ 1

ตามลำดับ โดยสะสมในรากมากที่สุด สัดส่วนระหว่าง ตะกั่วในรากและส่วนอื่นๆ มีความแตกต่างกันมาก มีการศึกษาพบว่าตะกั่วมีแนวโน้มสะสมในรากพืชมากกว่า ในลำต้น และสะสมในลำต้นมากกว่าในใบและเมล็ด (Lagerwerff, Armiger, & Specht, 1973, pp. 455-460) ส่วนปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในน้ำมีแนวโน้มลดลงโดยสะสมมากที่สุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือสถานีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ (รูปที่ 3) การสะสมตะกั่วในพืชและการตรวจพบตะกั่วในน้ำแปรผันกันอาจมีสาเหตุมาจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในสถานีที่ 1 ต่ำกว่าทุกๆ สถานี มีการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำ ขึ้นกับค่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ ถ้ามีค่าต่ำจะพบ ตะกั่วปริมาณมาก (Onodera, 1985) ส่วนตะกั่วที่พบมากในผักบุ้งนอกจากมีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ และแปลงเกษตรอื่นอยู่ใกล้เคียงผักบุ้งแล้ว ยังมีการใส่ปุ๋ย ให้แก่ผักบุ้ง ซึ่งตะกั่วถูกนำมาใช้ประโยชน์ในทาง เกษตรกรรมในรูปของปุ๋ย สารเคมี และสารกำจัดศัตรูพืช เพื่อเพิ่มผลผลิต (สิทธิชัย ต้นธนะสุภะ, 2541) ทำให้พบตะกั่วตกค้างในผักบุ้งที่สถานีที่ 3 มากที่สุด ส่วนใน สถานีที่ 1 แม้จะพบปริมาณตะกั่วในน้ำมากแต่เนื่องจาก ความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกั่วในพืชได้น้อย ผักบุ้งในสถานีที่ 1 จึงดูดซับตะกั่วไว้ได้ในปริมาณน้อย ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในผักบุ้ง พบว่ามีปริมาณน้อยมากและใกล้เคียงกันมากทั้งในราก ลำต้นแก่ ลำต้นแขนง ใบ และยอด มีการสะสมในใบมากที่สุดที่สถานีที่ 2 มีค่า เท่ากับ 0.018 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สอดคล้องกับ ปริมาณปรอทในน้ำที่มีปริมาณปรอทอยู่น้อยและเท่ากัน ในทุกสถานี ปริมาณนิเกิลที่ตรวจพบในผักบุ้งมีการ สะสมอยู่ในบริเวณรากมากที่สุดที่สถานีที่ 1 รองลงมาคือ สถานีที่ 2 และ 3 ลดลงตามลำดับ และสะสมที่น้อยสุดใน ยอด ซึ่งสัดส่วนระหว่างนิเกิลในรากและส่วนอื่นๆ มีความแตกต่างกันมาก สอดคล้องกับปริมาณนิเกิล ในน้ำที่มากที่สุดที่สถานีที่ 1 ส่วนสถานีที่ 2 และ 3 พบปริมาณ นิเกิลในน้ำเท่ากัน

ความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดที่ สะสมในผักบุ้ง สอดคล้องกับรายงานความสามารถใน การเคลื่อนย้ายโลหะหนักในพืชที่ พบว่า นิเกิล แคลเซียม และสังกะสี มีความสามารถในการเคลื่อนย้าย ได้ง่าย ทองแดง มีความสามารถเคลื่อนย้ายได้ปานกลาง

ส่วนตะกั่ว ปรอท และโครเมียม มีความสามารถ เคลื่อนย้ายได้น้อย เป็นต้น (Davis, 1984, pp. 349 - 357) จะเห็นได้ว่าโลหะหนักแต่ละชนิดส่วนใหญ่สะสม อยู่ที่รากของผักบุ้งมากที่สุด รองลงมาคือ ลำต้นแก่ ลำ ต้นแขนง ใบ และสะสมน้อยที่สุดในยอด เนื่องจากราก พืชดูดซับโลหะหนักจากน้ำโดยตรงผ่านบริเวณราก อาจ เกิดโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) หรือ วิธีการคายน้ำ (Convection) (Cutler, & Rains, 1974, pp. 67-71) เมื่อเข้าสู่แวคิวโอล (Vacuole) ซึ่งมีโทโนพลาสต์ (Tonoplast) คุณสมบัติเหมือนเยื่อหุ้มเซลล์ กำจัด ของเสียประเภทโลหะหนักซึ่งเป็นพิษต่อเซลล์จะถูกดูด เก็บไว้ที่แวคิวโอล (นิติย ศกุนรักษ์, 2542) แวกิวโอล เป็นแหล่งสะสมของเสียในเซลล์พืช โดยปกติโทโนพลาสต์จะไม่ยอมให้ของเสียเหล่านั้นไหลกลับเข้าสู่ไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) ได้อีก โลหะหนักจึงถูกเก็บสะสมไว้ ที่บริเวณราก

ความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ที่สะสมในลำต้นแก่ ลำต้น(แขนง) ใบ และยอดไม่ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณ โลหะหนักในรากมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) เนื่องจากมีโลหะหนัก สะสมในรากเป็นปริมาณมากที่สุด และโลหะหนักแต่ละ ชนิดมีปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละสถานี

ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำบางประการต่อปริมาณ โลหะหนักในผักบุ้งพบว่า อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด- ด่าง และค่าความเค็ม ที่ส่งผลให้เกิดการละลายของโลหะ หนักในน้ำ ทำให้มีความเข้มข้นของโลหะหนักที่ละลาย หรือแขวนลอยอยู่ในน้ำแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นกับ การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งในด้านชุมชน เกษตรกรรม และ อุตสาหกรรมของพื้นที่รอบบริเวณแปลงปลูกผักบุ้ง โดย พืชสามารถดูดซึมโลหะหนักในรูปเกลืออินทรีย์ (Organic Complexes) ได้ดีกว่าโลหะที่เป็นสารประกอบของกาก ตะกอน (Chaney, 1982) รวมถึงกระบวนการคายน้ำ ของพืช เนื่องจากขณะที่พืชคายน้ำมีการดูดน้ำทดแทน เมื่ออัตราการดูดเร็วกว่าอัตราการคายน้ำ 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 (กระทรวงสาธารณสุข, 2546) พบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานโลหะหนักในอาหาร จึงความปลอดภัยในการเลือกบริโภคยอดผักบุ้งที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีนได้

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 ในการใช้ห้องปฏิบัติการและการวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นไปได้อย่างดี

เอกสารอ้างอิง

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

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

กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. (24 กุมภาพันธ์ 2537). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 111 (ตอนที่ 16 ง). หน้า 73.

จินตนนท์ วิชรสิงห์. (2556). *ศักยภาพของน้ำและดินตะกอนในแม่น้ำท่าจีนต่อการรองรับปริมาณโลหะหนักบางประการตั้งแต่ต้นนครชัยศรีถึงปากแม่น้ำท่าจีน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

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

มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน (ฉบับที่ 2). (16 กรกฎาคม 2546). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 127 (ตอนที่ 77 ง). หน้า 10.

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



- ลิตธิชัย ตันธนะสฤทธิ. (2541). *มลพิษสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ: สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ออรังค์ เวชสิทธิ์. (2551). *การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอนและพรรณไม้น้ำบางชนิดบริเวณแม่น้ำท่าจีน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, 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. Coopofa. *Current techniquens 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.