

แผนงานวิจัยที่ 3	มันสำปะหลัง
โครงการวิจัยที่ 3	วิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง
กิจกรรมย่อยที่ 3	วิจัยและพัฒนาการลดการปนเปื้อนโลหะหนักในมันสำปะหลัง
กิจกรรมย่อยที่ 3.1	การศึกษาปัจจัยพืชต่อการดูดซับโลหะหนัก
ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)	การศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่มีต่อการปนเปื้อนโลหะหนักใน ส่วนของผลผลิตหัวสด และมันเส้น
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ)	Effect of harvesting dates on heavy metal contamination in fresh root and chip of cassava
คณะผู้ดำเนินงาน	กัญญรัตน์ จำปาทอง ¹ เมธาพร พุดมชา ¹ กฤษพร ศรีสังข์ ² สิทธิพงศ์ ศรีสว่างวงศ์ ³ ทิพตารุณี สิทธินาม ⁴ กุลวิไล สุทธิลักษณ์วนิช ⁵ ขวัญตา มีกลิ่น ⁵ เพราพิลาส ขวาสระแก้ว ⁵ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์ ⁶ วนิดา โนบรรเทา ⁶ ศราริน กลิ่นโพธิ์กลับ ⁶

บทคัดย่อ

เพื่อศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่เหมาะสมที่สามารถลดการปนเปื้อนโลหะหนักในหัวมันสดในแต่ละแหล่งปลูกที่สำคัญของประเทศ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ มี 6 กรรมวิธี คือ อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน ทำการทดลอง 4 จังหวัดนำร่องที่มีปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในมันสำปะหลังคือ จังหวัดกาญจนบุรี ขอนแก่น พิษณุโลก และกำแพงเพชร ใช้พันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูกในแต่ละพื้นที่ ทำการทดลองตั้งแต่ปี 2555-2557 ผลการทดลอง พบว่าปริมาณโลหะหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น และปริมาณโลหะหนักที่พบในมันเส้นมีค่ามากกว่าหัวมันสด โดยในจังหวัดกาญจนบุรี พบปริมาณตะกั่วในหัวมันสดทุกช่วงอายุเก็บเกี่ยว ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน พบค่าอยู่ระหว่าง 0.03-0.15 มก./กก. ในขณะที่มันเส้น ที่อายุเก็บเกี่ยวไม่เกิน 12 เดือน พบต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จังหวัดกำแพงเพชร พบปริมาณตะกั่วในหัวมันสด ทุกช่วงอายุเก็บเกี่ยว ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน พบค่าอยู่ระหว่าง 0.04-0.16 มก./กก. ในขณะที่มันเส้น ที่อายุเก็บเกี่ยวไม่เกิน 12 เดือน พบต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จังหวัดขอนแก่น พบปริมาณตะกั่วในหัวมันสด และมันเส้น เกินค่ามาตรฐานทุกอายุการเก็บเกี่ยว พบค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.62 และ 0.42-2.56 มก./กก. ตามลำดับ จังหวัดพิษณุโลก พบปริมาณตะกั่วในหัวมันสด ที่อายุ 8 14 และ 16 เดือน เกินค่ามาตรฐาน มีค่า 0.21 0.33 และ 0.39 มก./กก. ตามลำดับ ในมันเส้นเกินค่ามาตรฐานทุกอายุการเก็บเกี่ยว พบค่าอยู่ระหว่าง 0.26-1.65 มก./กก. สำหรับปริมาณสารหนู และแคดเมียม ในหัวมันสด และมันเส้น ทั้ง 4 จังหวัด พบต่ำกว่าค่ามาตรฐานทุกอายุการเก็บเกี่ยว การที่มันสำปะหลังดูดซับปริมาณโลหะหนักแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดดิน ค่า

pH และอินทรีย์วัตถุในดิน เมื่อค่า pH ของดินเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณโลหะหนักละลายออกมาสู่สารละลายดิน น้อยลง ทำให้พืชดูดดึงตะกั่วลดลง ดังนั้นปริมาณโลหะหนักที่สะสมในพืชจึงมีแนวโน้มสูงขึ้น หากดินนั้นมี pH เป็นกรด และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ

คำสำคัญ : มั่นสำปะหลัง โลหะหนัก

คำนำ

ปัจจุบันพบปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นปัญหาที่สำคัญ โดยโลหะหนักเหล่านั้นสามารถปนเปื้อนเข้าไปในตัวพืชได้จากการดูดซึมของตัวพืชเองและจากกระบวนการผลิต โลหะหนักเป็นธาตุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งถ้ามีความเข้มข้นสูงก็อาจจะเป็นพิษต่อมนุษย์ สัตว์ พืช หรือสิ่งมีชีวิตในดิน โลหะหนักพบทั่วไปในดินทุกชนิด แต่ความเข้มข้นต่างกันไปตามวัตถุดิบกำเนิดดิน นอกจากนี้โลหะหนักในดินอาจได้มาจากวัสดุเหลือใช้ที่ใส่เพื่อปรับปรุงดิน รวมทั้งสารที่ปะปนอยู่ในบรรยากาศ นอกจากนี้เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ที่บริโภคผลิตผลที่ปนเปื้อนโลหะหนักแล้ว ยังกลายเป็นประเด็นข้อกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศ สารโลหะหนักโดยเฉพาะสารตะกั่วพบการปนเปื้อนในผลิตผลของพืชซึ่งเป็นผลจากการปนเปื้อนในบรรยากาศ จากปุ๋ยประเภทต่างๆ จากวัสดุหรือสารต่างๆ ที่ใส่ลงไปดิน เช่น ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก สารกำจัดศัตรูพืช วัสดุปรับปรุงดิน และจากการทำเหมืองแร่ หรือจากการใช้กากตะกอนน้ำเสียและวัสดุเหลือใช้ต่างๆ ที่ปนเปื้อนโลหะพิษดังกล่าว สารตะกั่วสามารถตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้นาน อีกทั้งยังสามารถเคลื่อนย้ายเข้าไปสะสมในส่วนต่างๆ ของพืชได้ โดยเฉพาะบริเวณราก ซึ่งมักมีการสะสมสูงที่สุด (Panich-pat and Srinives, 2009) การละลายของโลหะหนักออกมาสู่สารละลายดินมากหรือน้อย และพืชดูดดึงไปสะสมได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสมบัติของดิน เช่น ปฏิกริยาดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เนื้อดิน และ ความเข้มข้นหรือรูปของโลหะหนักในดิน (Chen et al. 2000) ซึ่งสมบัติดินที่มีอิทธิพลต่อการละลายของโลหะหนักในดินออกมาในรูปที่พืชสามารถดูดดึงได้ คือ ปฏิกริยาดิน (pH) และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน จากผลการวิจัยของ Villegas et al. (2004) พบว่า เมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้นจะทำให้ตะกั่วละลายออกมาสู่สารละลายดินน้อยลง ทำให้พืชดูดดึงตะกั่วลดลงเช่นกัน ดังนั้นปริมาณตะกั่วที่สะสมในพืชจึงมีแนวโน้มสูงขึ้น หากดินนั้นมี pH เป็นกรด และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ (Smolders et al. 1997) วิธีการสะสมของตะกั่วในพืชสามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่

รหัสการทดลอง 01-07-54-02-03-01-01-55

¹ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 ตำบลวังทอง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก 65130

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรขอนแก่น ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น. 40260

⁴ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี ต.หนองหญ้า อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี 71000

⁵ สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

⁶ สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

สะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติคือลดการละลายของตะกั่วออกสู่อากาศละลายดินหรือดูดยึดไว้ในดินโดยใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่างๆ จากงานวิจัยของ Chen et al. (2000) และ Liu et al. (1998) พบว่า การใช้แคลเซียมคาร์บอเนต แมงกานีสออกไซด์ หรือ ซีโอไลท์ สามารถลดการละลายของตะกั่วออกสู่อากาศละลายดิน ทำให้ข้าวสาลีดูดดึงตะกั่วและแคดเมียมลดลง เช่นเดียวกับการใช้โดโลไมท์ ฟอสเฟต หรือ พวงสารอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก ก็มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการละลายของตะกั่วได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกันกับการใช้แคลเซียมคาร์บอเนต (Liu et al. 1998) ส่วน Andriano et al. (2004) ทดลองใช้ Fe-rich lime และหินปูน เพื่อยกระดับ pH ดินให้เป็น 7 ผลการทดลองพบว่า การยกระดับ pH ทำให้ปริมาณตะกั่วในหญ้า *Festuca* ลดลง เนื่องการยกระดับ pH ให้เป็นกลางหรือด่างจะทำให้ปริมาณการละลายของตะกั่วออกสู่อากาศละลายดินน้อยลง

จากการที่สำนักงานควบคุมคุณภาพและตรวจสอบกักกันโรคแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีนได้ตรวจมันสำปะหลังของไทยที่ส่งไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีนเมื่อปี 2546 พบว่า มีปริมาณตะกั่วและสารหนูเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ จากรายงานผลการตรวจการปนเปื้อนของโลหะหนักในหัวมันสำปะหลังสดและมันสำปะหลังเส้นในไร่ในเกษตรกรรมและลานของ กุลวิไล และคณะ (2553) พบว่า มันสำปะหลังสดมีการปนเปื้อนโลหะหนักโดยเฉพาะตะกั่ว ในปริมาณที่เกินมาตรฐานที่สาธารณรัฐประชาชนจีนกำหนดคือ 0.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 29 ของตัวอย่างที่ตรวจสอบ นอกจากนี้ยังพบว่ามันสำปะหลังเส้นมีการปนเปื้อนตะกั่ว คิดเป็นร้อยละ 70 และการปนเปื้อนสารหนู คิดเป็นร้อยละ 3 ซึ่งเกินมาตรฐานเช่นกัน ขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีการปนเปื้อนโลหะหนักไม่เกินมาตรฐานสาธารณรัฐประชาชนจีน สำหรับสาเหตุการปนเปื้อนโลหะหนักในมันสำปะหลังเกิดจากมันสำปะหลังดูดโลหะหนักจากดิน เมื่อนำมาผลิตเป็นมันเส้น พบว่า มีปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการผลิตมันเส้นที่ไม่ถูกต้อง และสภาพแวดล้อมของลานมันไม่เหมาะสม รวมทั้งมีดินและทรายติดมากับผลผลิตมันสำปะหลัง การปนเปื้อนโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร นับว่ามีผลกระทบต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์และเศรษฐกิจอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากโลหะหนักเป็นธาตุที่ไม่สลายตัวและโลหะหนักบางชนิด โดยเฉพาะ ตะกั่ว จัดเป็นโลหะหนักที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบและอวัยวะต่างๆ ของร่างกายอย่างรุนแรง (ไมตรี, 2534)

พืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดดึงตะกั่วแตกต่างกัน แม้แต่สายพันธุ์เดียวกันหรือ มีช่วงอายุต่างกัน ก็ดูดดึงตะกั่วได้แตกต่างกัน มีรายงานว่าพืชกินใบ พืชหัวหรือที่เป็นเหง้า เช่น เผือก ขมิ้น มันสำปะหลัง มีความสามารถสูงในการดูดดึงโลหะหนักจากดิน เนื่องจากโลหะหนักเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้าย ดังนั้นจึงสะสมอยู่ในส่วนของหัวหรือเหง้า (Zhuang et al. 2009 and Liu et al. 2005) นอกจากนี้ Okoronkwo และ คณะ (2005) พบว่า มันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่ที่เคยเป็นแหล่งทิ้งขยะมีการสะสมสารตะกั่วในราก 76.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในใบมีปริมาณตะกั่วสูงถึง 111.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดซับและลดการดูดซับโลหะหนักในดิน

โดยทั่วไป การผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้มันสำปะหลังและเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุแตกต่างกัน การเก็บเกี่ยวมีตั้งแต่อายุ 6 เดือนเป็นต้นไป กรมวิชาการเกษตร (2545) รายงานว่า มันสำปะหลังสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่ 8 เดือน แต่อายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม คือ 12 เดือน ในขณะที่เกษตรกรใน

หลายพื้นที่นิยมปลูกมันสำปะหลังข้ามปี คือ ตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวใช้เวลาถึง 18 เดือน สอดคล้องกับ วิวัฒน์และโอภาส (2550) ได้ศึกษาผลของอายุเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต่อผลผลิตและปริมาณแป้งในดินเหนียวสีดำ ชุตลพบุรี จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นตามอายุเก็บเกี่ยว และการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ที่อายุ 18 เดือนทั้งในฤดูปลูกต้นฝนและปลายฝน ให้ผลผลิตหัวมันสดสูงกว่าเก็บเกี่ยวที่อายุ 10 เดือน ร้อยละ 123 และ 105 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณแป้งเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมกราคม จากนั้นปริมาณแป้งลดลงจนกระทั่งต่ำสุด ในเดือนพฤษภาคมและเพิ่มขึ้นตามลำดับจนกระทั่งสูงสุดในเดือนมกราคมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งอายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่าง กันน่าจะมีผลต่อการสะสมของโลหะหนัก โดยเฉพาะตะกั่ว ในหัวมันสำปะหลังสดที่แตกต่างกัน รวมทั้งปัญหาเรื่อง ปัจจัยดินที่มีผลต่อการดูดซับและการละลายของโลหะหนักที่แตกต่างกันด้วย

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

- ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18
- ไม้วัดความสูง
- จอบขุดดิน
- ถังพลาสติกเก็บตัวอย่างดิน
- ถังตาข่ายเก็บหัวมันสด
- เครื่องวัดปริมาณแป้ง Reinmann scale
- เครื่องชั่งผลผลิต
- มีดหั่นหัวมัน
- อุปกรณ์สำหรับขุดมันสำปะหลัง
- อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์

วิธีการ

ทำการศึกษา 4 จังหวัดนำร่องที่มีปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในมันสำปะหลังคือ จังหวัด กาญจนบุรี กำแพงเพชร ขอนแก่น และพิษณุโลก โดย

1. คัดเลือกพื้นที่และเกษตรกรที่มีปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในมันสำปะหลังสูง โดยใช้ข้อมูลจาก ผลการสำรวจและวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักของกุลวิไล และคณะ (2553)
2. วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ขนาดแปลง 5 x 8 ตารางเมตร ขนาดแปลงย่อย 3 x 6 ตารางเมตร เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังที่มันสำปะหลังอายุ 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน รวม 6 อายุเก็บเกี่ยว โดยใช้พันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูกในแต่ละพื้นที่
3. เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-30 ซม. มาวิเคราะห์สมบัติของดิน และปฏิกิริยาของสารที่อยู่ในดิน ขณะนั้นที่มีผลต่อการส่งเสริมให้ดินปลดปล่อยสารโลหะหนักออกมา และเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

4. เก็บข้อมูลลักษณะทั่วไปของแปลงทดลอง การใช้พื้นที่ก่อนทำการทดลอง เพื่อศึกษาความน่าจะเป็นของแหล่งที่มาของโลหะหนักในดิน

5. เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังสด ที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดังนี้

- สุ่มเก็บตัวอย่างหัวมันสำปะหลังสด จำนวน 7-10 หัวต่อตัวอย่าง โดยเลือกหัวมันสำปะหลังที่ไม่มีแผล หัวไม่เน่า และมันเส้นที่ได้จากการนำตัวอย่างหัวมันสดมาแปรสภาพ ประมาณ 500 กรัมต่อตัวอย่าง

- เก็บบรรจุในถุงกระดาษสะอาดปิดสนิท มีช่องระบายอากาศ ปิดฉลาก ระบุหมายเลขตัวอย่าง ลงนามผู้เก็บตัวอย่าง และวันที่เก็บตัวอย่าง

- ส่งตัวอย่างเพื่อการทดสอบโลหะหนักมายังห้องรับตัวอย่าง สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

- การตรวจสอบหาปริมาณตะกั่ว สารหนู และแคดเมียม ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการปนเปื้อนโลหะหนัก โดยเครื่องมือ Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (ICP-MS)

6. สรุปรายงานผลการศึกษาที่ได้จากทุกขั้นตอนการดำเนินงาน

เวลาและสถานที่

- เริ่มต้น ตุลาคม 2555 – กันยายน 2557

- แปลงเกษตรกรจังหวัดกาญจนบุรี กำแพงเพชร ขอนแก่น และพิษณุโลก

ผลการทดลองและวิจารณ์

จังหวัดกาญจนบุรี แปลงของคุณแจ่ม รงค์ฤทธิ์ไกร ต.สิงห์ อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี พบปริมาณตะกั่วในดินทั้งหมดก่อนปลูกมันสำปะหลัง เท่ากับ 54.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังปลูกที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 52.82 51.19 53.62 49.49 53.87 และ 54.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณตะกั่วที่ละลายได้ ก่อนปลูกมันสำปะหลัง มีค่า 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังปลูกที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 3.60 3.48 3.27 3.43 3.06 และ 3.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณตะกั่วในหัวมันสดที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 0.03 0.04 0.05 0.15 0.07 และ 0.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในมันเส้น ค่า 0.08 0.08 0.18 0.29 0.17 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณสารหนูพบต่ำกว่าค่ามาตรฐานทุกอายุการเก็บเกี่ยว ในหัวมันสด มีค่า <0.02-0.03 ในมันเส้น <0.04-0.083 ส่วนแคดเมียมในหัวมันสดทุกอายุการเก็บเกี่ยว มีค่า <0.002-0.006 ในมันเส้น <0.01-0.017 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

จังหวัดกำแพงเพชร แปลงของคุณเสนาะ สະริทัย ตำบลป่อถ้ำ อำเภอลำปาง จ.กำแพงเพชร พบปริมาณตะกั่วในดินทั้งหมดก่อนปลูกมันสำปะหลัง มีค่า 4.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังปลูกที่อายุ

เก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 5.23 4.71 3.65 5.35 6.64 และ 0.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณตะกั่วที่ละลายได้ ก่อนปลูกมันสำปะหลัง มีค่า 0.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังปลูกที่อายุ เก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 0.45 0.38 0.43 0.48 0.56 และ 0.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณตะกั่วในหัวมันสดที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 0.08 0.04 0.05 0.16 0.15 และ 0.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ไนมันเส้น 0.19 0.08 0.12 0.36 0.21 และ 0.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณสารหนูในหัวมันสด และมันเส้น ไม่พบสารหนูทุกอายุการเก็บเกี่ยว ส่วนแคดเมียมใน หัวมันสดทุกอายุการเก็บเกี่ยว มีค่า <0.006-0.008 ไนมันเส้น <0.01-0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

จังหวัดขอนแก่น แปลงของ คุณสุวิทย์ ปัจฉา ต.หัวนาคำ อ.กระนวน จ.ขอนแก่น พบปริมาณตะกั่วในดิน ทั้งหมดก่อนปลูกมันสำปะหลัง มีค่า 4.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังปลูกที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 3.00 2.23 1.98 1.94 2.42 และ 2.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณตะกั่วที่ละลายได้ ก่อนปลูกมันสำปะหลัง มีค่า 1.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังปลูกที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 0.46 0.48 0.53 0.39 0.37 และ 0.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณตะกั่วในหัวมันสดที่อายุ เก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 0.22 0.29 0.37 0.83 0.97 และ 0.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ไนมันเส้น 0.42 0.99 1.70 2.03 2.56 และ 1.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณสารหนูใน หัวมันสด และมันเส้น ไม่พบสารหนูทุกอายุการเก็บเกี่ยว ส่วนแคดเมียมในหัวมันสดทุกอายุการเก็บเกี่ยว มีค่า <0.006-0.009 ไนมันเส้น 0.013-0.029 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

จังหวัดพิษณุโลก แปลงของ คุณอาราม ปั่นกลัด ต.บ้านกลาง อ.วังทอง จ.พิษณุโลก พบปริมาณตะกั่วใน ดินทั้งหมด ก่อนปลูกมันสำปะหลัง 9.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังปลูกที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 9.08 8.16 9.45 8.23 9.01 และ 8.84 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณตะกั่วที่ละลายได้ ก่อนปลูกมันสำปะหลัง เท่ากับ 1.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังปลูกที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 1.20 1.25 1.55 1.28 1.22 และ 1.29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณตะกั่วในหัวมันสด ที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 0.21 0.17 0.17 0.33 0.39 และ 0.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ไนมันเส้นที่อายุเก็บเกี่ยว 8 10 12 14 16 และ 18 เดือน มีค่า 0.26 0.31 0.95 1.32 1.65 และ 1.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ไม่พบสารหนูทั้งในหัวมันสด และมันเส้น ทุกอายุการเก็บเกี่ยว ส่วนแคดเมียมใน หัวมันสดทุกอายุการเก็บเกี่ยว มีค่า <0.006 ไนมันเส้น <0.01-0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณโลหะหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น และปริมาณโลหะหนักที่พบในมันเส้นมีค่ามากกว่าหัวมันสด โดยในจังหวัดกาญจนบุรี มีปริมาณตะกั่วในหัวมันสดทุกช่วงอายุเก็บเกี่ยว ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน พบค่าอยู่ระหว่าง 0.03-0.15 มก./กก. ในมันเส้น ที่อายุเก็บเกี่ยว 14 และ 18 เดือน เกินค่ามาตรฐาน 0.29 และ 0.25 มก./กก. ตามลำดับ จังหวัดกำแพงเพชร พบปริมาณตะกั่วในหัวมันสด ทุกช่วงอายุเก็บเกี่ยว ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน พบค่าอยู่ระหว่าง 0.04-0.16 มก./กก. ในมันเส้น ที่อายุเก็บเกี่ยว 14 16 และ 18 เดือน เกินค่ามาตรฐาน 0.36 0.21 และ 0.45 มก./กก. ตามลำดับ จังหวัดขอนแก่น พบปริมาณตะกั่วในหัวมันสด และมันเส้น เกินค่ามาตรฐานทุกอายุการเก็บเกี่ยว พบค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.62 และ 0.42-2.56 มก./กก. ตามลำดับ จังหวัดพิษณุโลก พบปริมาณตะกั่วในหัวมันสด ที่อายุ 8 14 และ 16 เดือน เกินค่ามาตรฐาน มีค่า 0.21 0.33 และ 0.39 มก./กก. ตามลำดับ ในมันเส้นเกินค่ามาตรฐานทุกอายุการเก็บเกี่ยว พบค่าอยู่ระหว่าง 0.26-1.65 มก./กก. สำหรับปริมาณสารหนู และแคดเมียม ในหัวมันสด และมันเส้น ทั้ง 4 จังหวัด พบต่ำกว่าค่ามาตรฐานทุกอายุการเก็บเกี่ยว การที่มันสำปะหลังดูดซับปริมาณโลหะหนักแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดดิน ค่า pH และอินทรีย์วัตถุในดิน เมื่อค่า pH ของดินเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณโลหะหนักละลายออกมาสู่สารละลายดินน้อยลง ทำให้พืชดูดซับตะกั่วลดลง (Villegas et al.2004) ดังนั้นปริมาณโลหะหนักที่สะสมในพืชจึงมีแนวโน้มสูงขึ้น หากดินนั้นมี pH เป็นกรด และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ (Smolders et al. 1997)

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัยต่อไป และเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้เกษตรกรตัดสินใจเลือกปลูกพืชในพื้นที่นี้ เพราะเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโลหะหนัก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณแฉล้ม รงค์ฤทธิไกร เกษตรกรตำบลสิงห์ อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี คุณเสนาะ สิริทัย เกษตรกรตำบลบ่ออ้อ อำเภอขามเฒ่าศรีษะบุรี จังหวัดกำแพงเพชร คุณสุวิทย์ ปัจฉา เกษตรกรตำบลหัวนาคำ อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น และคุณอาราม ปั่นกลัด เกษตรกรตำบลบ้านกลาง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ที่อนุเคราะห์แปลงทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กุลวิไล สุทธิลักษณ์วนิช ขวัญตา มีกลิ่น และเพราพิลาส ขวาสระแก้ว. 2552. การปนเปื้อนโลหะหนักในมันสำปะหลัง. สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานพืช กรมวิชาการเกษตร. 3 หน้า.
ไมตรี สุทธิจิตต์. 2534. สารพิษรอบตัวเรา. คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- Chen, Z.S., Lee, G.J., and Liu, J.C. 2000. The effects of chemical remediation treatments on the extractability and speciation of cadmium and lead in contaminated soils. *Chemosphere*. 41, 235-242.
- Liu, J.C., Looi, K.S., Chen, Z.S., and Lee, D.Y. 1998. The effects of composts and calcium carbonate on the uptake of cadmium and lead by vegetables grown on polluted soils. *J. Chinese Insti. Environ. Engeg.* 8, 53-60.
- Lui, H., Probst, A., and Liao, B. 2005. Metal contamination of soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China). *Sci. Total Environ.* 339, 143-166.
- Okoronkwo, N.E., Ano, A.O., and Onwuchekwa, E.C. 2005. Environment, health and risk assessment: a case study of the use an abandoned municipal waste dump site for agricultural purpose. *African J. Biotechnology.* 4(11), 1217-1221.
- Panich-Pat, T. and Srinives P. 2009. Partitioning of lead accumulation in rice plant. *Thai. J. Agric. Sci.* 42(1) : 35-40.
- Smolders, E., Lambrechts, R. M., McLaughlin, M. J., and Tiller, K. G. 1997. Effect of soil solution chloride on Cd availability to Swiss chard. *J. Environ. Qual.* 27, 426-431.
- Villegas, N.M., Flores-Vélez, L.M., and Domínguez, O. 2004. Sorption of lead in soil as a function of pH: a study case in Mexico. *Chemosphere.* 57, 1537-1542.
- Zhuang, P., McBride, M.B., Xia, H., Li, N., and Li, Z. 2009. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Sci. Total Environ.* 407, 1551-1561.

ตารางที่ 1 ค่า pH OM ปริมาณตะกั่วทั้งหมด ปริมาณตะกั่วที่พืชดูดซับได้ ปริมาณตะกั่วในหัวมันสด และปริมาณตะกั่วในมันเส้น แปลงเกษตรกร ต.สิงห์ อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี ปี 2555-2556

อายุเก็บเกี่ยว	pH (1:1)	OM. (%)	ปริมาณตะกั่วทั้งหมดในดิน (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วที่พืชดูดซับได้ (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วในหัวมันสด (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วในมันเส้น (มก./กก.)
ก่อนปลูก	5.28	2.50	54.11	3.00	-	-
8 เดือน	5.16 c	2.54 a	52.82 bc	3.60 a	0.03 a	0.08 b
10 เดือน	4.95 d	2.78 a	51.19 ab	3.48 a	0.04 ab	0.08 b
12 เดือน	5.36 b	2.57 a	53.62 c	3.27ab	0.05 ab	0.18 b
14 เดือน	5.46 b	2.28 b	49.49 a	3.43 a	0.15 d	0.29 a
16 เดือน	5.65 a	2.80 a	53.87 c	3.06 a	0.07 bc	0.17 b
18 เดือน	5.65 a	2.80 a	54.54 c	3.38ab	0.10 c	0.25 a
F-test	**	**	**	*	**	**
CV (%)	2.2	6.4	2.3	6.5	33	31.9

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่อยู่หลังตัวเลข ถ้าเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ถ้าต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 2 ค่า pH OM ปริมาณตะกั่วทั้งหมด ปริมาณตะกั่วที่พืชดูดซับได้ ปริมาณตะกั่วในหัวมันสด และปริมาณตะกั่วในมันเส้น แปลงเกษตรกร ต.บ่อถ้ำ อ.เขาฉกรรจ์บุรี จ.กำแพงเพชร ปี 2555-2556

อายุเก็บเกี่ยว	pH (1:1)	OM. (%)	ปริมาณตะกั่วทั้งหมด (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วที่พืชดูดซับได้ (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วในหัวมันสด (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วในมันเส้น (มก./กก.)
ก่อนปลูก	5.43	0.42	4.82	0.23	-	-
8 เดือน	5.10 ab	2.54 a	5.23 ab	0.45	0.08	0.19
10 เดือน	4.65 b	2.78 a	4.71 ab	0.38	0.04	0.08
12 เดือน	4.95 ab	2.57 a	3.65 b	0.43	0.05	0.12
14 เดือน	5.30 a	2.28 b	5.35 ab	0.48	0.16	0.36
16 เดือน	5.25 ab	2.80 a	6.64 a	0.56	0.15	0.21
18 เดือน	5.25 ab	2.80 a	0.85 b	0.00	0.13	0.45
F-test	ns	**	ns	ns	<1	ns
CV (%)	7.4	6.4	25	24	102	113.8

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่อยู่หลังตัวเลข ถ้าเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ถ้าต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 3 ค่า pH OM ปริมาณตะกั่วทั้งหมด ปริมาณตะกั่วที่พืชดูดซับได้ ปริมาณตะกั่วในหัวมันสด และปริมาณตะกั่วในมันเส้น แปลงเกษตรกร ต.หัวนาคำ อ.กระนวน จ.ขอนแก่น ปี 2555-2556

อายุเก็บเกี่ยว	pH (1:1)	OM. (%)	ปริมาณตะกั่วทั้งหมด (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วที่พืชดูดซับได้ (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วในหัวมันสด (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วในมันเส้น (มก./กก.)
ก่อนปลูก	4.35	0.33	4.73	1.11	-	-
8 เดือน	4.30 bc	0.49 bc	3.00 a	0.46 ab	0.22	0.42 a
10 เดือน	4.01 c	0.74 a	2.23 ab	0.48 ab	0.29	0.99ab
12 เดือน	4.83 ab	0.48 bc	1.98 b	0.53 a	0.37	1.70ab
14 เดือน	4.91 ab	0.30 c	1.94 b	0.39 b	0.83	2.03ab
16 เดือน	5.10 a	0.47 bc	2.42 ab	0.37 b	0.97	2.56 b
18 เดือน	5.25 a	0.62 ab	2.46 ab	0.40 b	0.62	1.07ab
F-test	**	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	9.2	24.3	22.3	19	89.9	77.5

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่อยู่หลังตัวเลข ถ้าเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ถ้าต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4 ค่า pH OM ปริมาณตะกั่วทั้งหมด ปริมาณตะกั่วที่พืชดูดซับได้ ปริมาณตะกั่วในหัวมันสด และปริมาณตะกั่วในมันเส้น แปลงเกษตรกร ต.บ้านกลาง อ.วังทอง จ.พิษณุโลก ปี 2555-2556

อายุเก็บเกี่ยว	pH (1:1)	OM. (%)	ปริมาณตะกั่วทั้งหมด (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วที่พืชดูดซับได้ (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วในหัวมันสด (มก./กก.)	ปริมาณตะกั่วในมันเส้น (มก./กก.)
ก่อนปลูก	4.49	1.58	9.497	1.682	-	-
8 เดือน	4.19cd	1.57ab	9.08	1.20	0.21 a	0.26 a
10 เดือน	4.42bc	1.62ab	8.16	1.25	0.17 a	0.31 a
12 เดือน	4.01 d	1.74 a	9.45	1.55	0.17 a	0.95ab
14 เดือน	4.49 b	1.61ab	8.23	1.28	0.33ab	1.32 b
16 เดือน	4.42bc	1.46 b	9.01	1.22	0.39ab	1.65 b
18 เดือน	4.74 a	1.45 b	8.84	1.29	0.61 b	1.56 b
F-test	**	*	<1	ns	*	**
CV (%)	3.5	79	11.6	19.2	60.4	31.9

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่อยู่หลังตัวเลข ถ้าเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ถ้าต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT