แผนงานวิจัยที่ 3 มันสำปะหลัง

โครงการวิจัยที่ 3 วิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง

กิจกรรมที่ 3 วิจัยและพัฒนาการลดการปนเปื้อนโลหะหนักในมันสำปะหลัง

กิจกรรมย่อยที่ 3.1 การศึกษาปัจจัยพืชต่อการดูดซับโลหะหนัก

ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) การเปรียบเทียบการปนเปื้อนโลหะหนักในผลผลิตหัวสด และมันเส้นของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) Comparison of metal contamination in fresh root and chip of difference cassava varieties

คณะผู้ดำเนินงาน

เมธาพร พุฒขาว[/1] กัญญรัตน์ จำปาทอง[/1] อรทัย วรสุทธิ์พิศาล[/1] พีรชา มณีชาติ[/1]

อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว[/2] กฤชพร ศรีสังข์[/3] สมชาย บุญประดับ[/3] ธำรง ช่วยเจริญ[/3]

กุลวิไล สุทธิลักษณวนิช[/4] ขวัญตา มีกลิ่น[/4] เพราพิลาส ขวาสระแก้ว[/4]

ศรารินกลิ่นโพธิ์กลับ[/5] วนิดา โนบรรเทา[/5] สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์[/5]

สิทธิพงศ์ ศรีสว่างวงศ์[/6] สรรเสริญ เสียงใส[/6]

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นปัญหาที่ประเทศคู่ค้าอาจใช้เป็นข้อกีดกันทางการค้าในอนาคตได้ โดยโลหะหนักสามารถปนเปื้อนเข้าไปในตัวพืชได้จากการดูดซึมของตัวพืชเอง ดังนั้นการเปรียบเทียบการปนเปื้อนโลหะหนักในผลผลิตหัวสดและมันเส้นของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดซับโลหะหนักของพันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ในหัวมันสดและผลิตภัณฑ์มันเส้น ศึกษา 2 พื้นที่ คือ พื้นที่แปลงเกษตรจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดกำแพงเพชร ผลการทดลองพบว่า ปริมาณโลหะหนักประเภทสารหนู (As) และแคดเมียม (Cd) จากการวิเคราะห์มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่สาธารณรัฐประชาชนจีนกำหนด โลหะหนักที่มีค่าเกินมาตรฐานคือ สารตะกั่ว (Pb) ซึ่งมาตรฐานที่สาธารณรัฐประชาชนจีนกำหนด คือในดินไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในพืชไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 มีปริมาณสารตะกั่ว (Pb) ในหัวมันสดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน อาจเนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีแป้งค่อนข้างต่ำ จึงทำให้มีปริมาณน้ำในหัวสดมาก แต่เมื่อทำให้แห้งเป็นมันเส้น พบปริมาณสารตะกั่วเกินค่ามาตรฐาน ส่วนปริมาณสารตะกั่ว (Pb) ในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 เมื่อปลูกในแปลงที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างสูงและความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งในหัวมันสดและมันเส้น ส่วนปีที่ 2 เมื่อปลูกมันสำปะหลังในดินที่มีอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ แต่มีความเป็นกรด-ด่างดิน (pH) อยู่ระดับ 5.8-6.1 มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีปริมาณสารตะกั่ว(Pb) ในหัวมันสดและมันเส้นต่ำกว่าเกณฑ์ที่สาธารณรัฐประชาชนจีนกำหนด ดังนั้นแนวทางป้องกันการปนเปื้อนธาตุโลหะในมันสำปะหลังทำได้โดยการปรับปฏิกิริยาดินให้มีความเป็นกรดน้อยลงและเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

คำหลัก : มันสำปะหลัง โลหะหนัก สารตะกั่ว ผลตกค้างของโลหะหนัก

/1 สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
/2 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
/3 สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 ตำบลวังทอง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก 65000
/4 กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
/5 กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
/6 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรขอนแก่น 343 หมู่ที่ 13 ตำบลท่าพระ อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น 40260

ประเทศเทยมความพรอมเนการผลตมนสาปะหลงอยูเนเกณฑสูงคอ มสภาพภูมอากาศ ทรพยากรธรรมชาต และบุคลากรที่เหมาะสมในทุกส่วนของการผลิตมันสำปะหลัง ตั้งแต่การปลูกโดยเกษตรกร จนถึงการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของภาคเอกชนที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นทุกปี ดังเช่นอุตสาหกรรมแป้ง ที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่อเนื่องทุกปีอย่างน้อยร้อยละ 10 ต่อปี และมีความต้องการหัวมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ยังหันมาใช้มันเส้นสะอาดเป็นวัตถุดิบทำอาหารสัตว์เพิ่มขึ้นทุกปีเช่นกัน ทำให้เกิดการผลิตมันเส้นสะอาดไม่เพียงพอ รวมทั้งประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนมีความต้องการมันเส้นจากประเทศไทยไม่จำกัดจำนวน เพื่อผลิตแอลกอฮอล์สำหรับใช้ในด้านพลังงานเชื้อเพลิง เนื่องจากน้ำมันมีราคาสูงขึ้นมาก จำเป็นต้องหันมาใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลโดยใช้เป็นส่วนผสมกับน้ำมันเบนซิน ทำให้มีความต้องการใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบเพิ่มขึ้น (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2551)

ปัจจุบันพบปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่เป็นปัญหาสำคัญ โดยโลหะหนักเหล่านั้นสามารถปนเปื้อนเข้าไปในตัวพืชได้จากการดูดซึมของตัวพืชเองและจากกระบวนการผลิต โลหะหนักเป็นธาตุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งถ้ามีความเข้มข้นสูงก็อาจจะเป็นพิษต่อมนุษย์ สัตว์ พืช หรือสิ่งมีชีวิตในดิน โลหะหนักพบทั่วไปในดินทุกชนิด แต่ความเข้มข้นต่างกันไปตามวัตถุต้นกำเนิดดิน นอกจากนั้นโลหะหนักในดินอาจได้มาจากวัสดุหรือสารต่างๆ ที่ใส่ลงไปในดิน เช่น ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก สารกำจัดศัตรูพืช วัสดุปรับปรุงดิน และวัสดุเหลือใช้ที่ใส่เพื่อปรับปรุงดิน รวมทั้งสารที่ปะปนอยู่ในบรรยากาศ นอกจากเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ที่บริโภคผลิตผลที่ปนเปื้อนโลหะหนักแล้ว ยังอาจกลายเป็นประเด็นข้อกีดขวางทางการค้าระหว่างประเทศได้ ซึ่งสารโลหะหนักโดยเฉพาะสารตะกั่วพบการปนเปื้อนในผลิตผลของพืชซึ่งเป็นผลจากการปนเปื้อนในบรรยากาศ จากปุ๋ยประเภทต่างๆ จากการทำเหมืองแร่ หรือจากการใช้กากตะกอนน้ำเสียและวัสดุเหลือใช้ต่างๆ ที่ปนเปื้อนโลหะพิษดังกล่าว สารตะกั่วสามารถตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้นาน อีกทั้งยังสามารถเคลื่อนย้ายเข้าไปสะสมในส่วนต่างๆ ของพืชได้ โดยเฉพาะบริเวณราก ซึ่งมักมีการสะสมสูงที่สุด (Panich-pat and Srinives, 2009) การละลายของโลหะหนักออกมาสู่สารละลายดินมากหรือน้อย และพืชดูดขึ้นไปสะสมได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสมบัติของดิน เช่น ปฏิกิริยาดิน (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เนื้อดิน และความเข้มข้นหรือรูปของโลหะหนักในดิน (Chen et al. 2000) ซึ่งสมบัติดินที่มีอิทธิพลต่อการละลายของโลหะหนักในดินออกมาในรูปที่พืชสามารถดูดดึงได้ คือ ปฏิกิริยาดิน (pH) และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้นจะทำให้ตะกั่วละลายออกมาสู่สารละลายดินน้อยลง ทำให้พืชดูดดึงตะกั่วลดลงเช่นกัน (Villegas et al. 2004) ดังนั้น ปริมาณตะกั่วที่สะสมในพืชจะมีแนวโน้มสูงขึ้น หากดินนั้นมี pH เป็นกรด และมี

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ (Smolders et al. 1997) วิธีลดการสะสมของตะกั่วในพืชสามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่สะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติคือลดการละลายของตะกั่วออกสู่สารละลายดินหรือดูดยึดไว้ในดินโดยใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่างๆ จากงานวิจัยของ Chen et al. (2000) และ Liu et al. (1998) พบว่า การใช้แคลเซียมคาร์บอเนต แมงกานีสออกไซด์ หรือ ซีโอไลท์ สามารถลดการละลายของตะกั่วออกสู่สารละลายดิน ทำให้ข้าวสาลีดูดดึงตะกั่วและแคดเมียมลดลง เช่นเดียวกับการใช้โดโลไมท์ ฟอสเฟต หรือ พวกสารอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก ก็มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการละลายของตะกั่วได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกันกับการใช้แคลเซียมคาร์บอเนต (Liu et al. 1998) ส่วน Andriano et al. (2004) ทดลองใช้ Fe-rich lime และหินปูน เพื่อยกระดับpH ดินให้เป็น 7 ผลการทดลองพบว่า การยกระดับ pH ทำให้ปริมาณตะกั่วในหญ้า Festuca ลดลง เนื่องการยกระดับ pH ให้เป็นกลางหรือด่างจะทำให้ปริมาณการละลายของตะกั่วออกสู่สารละลายดินน้อยลง

โลหะหนักมีหลายชนิดแต่ชนิดที่ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานอาหารส่วนใหญ่จะมี 3 ชนิด ได้แก่ ปรอท แคดเมียม และตะกั่ว อันตรายของโลหะเหล่านี้ เกิดเนื่องจากโลหะเหล่านี้เมื่อเข้าไปในสิ่งมีชีวิต จะไปรบกวนการทำงานของเซลล์โดย

1. ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิด
2. แทนที่โลหะสำคัญของ enzymes ทำให้เอนไซม์ทำงานได้น้อยลงหรือไม่ได้เลย
3. เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชีวโมเลกุล

จากการที่สำนักงานควบคุมคุณภาพและตรวจสอบกักกันโรคแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีนได้ตรวจมันสำปะหลังของไทยที่ส่งไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีนเมื่อปี 2546 พบว่า มีปริมาณตะกั่วและสารหนูเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ จากรายงานผลการตรวจการปนเปื้อนของโลหะหนักในหัวมันสำปะหลังสดและมันสำปะหลังเส้นในไร่นาเกษตรกรและลานของ กุลวิไล และคณะ (2552) พบว่า มันสำปะหลังสดมีการปนเปื้อนโลหะหนักโดยเฉพาะตะกั่ว ในปริมาณที่เกินมาตรฐานที่สาธารณรัฐประชาชนจีนกำหนดคือ 0.20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 29 ของตัวอย่างที่ตรวจสอบ นอกจากนี้ยังพบว่ามันสำปะหลังเส้นมีการปนเปื้อนตะกั่ว คิดเป็นร้อยละ 70 และการปนเปื้อนสารหนู คิดเป็นร้อยละ 3 ซึ่งเกินมาตรฐานเช่นกัน ขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีการปนเปื้อนโลหะหนักไม่เกินมาตรฐานสาธารณรัฐประชาชนจีน สำหรับสาเหตุการปนเปื้อนโลหะหนักในมันสำปะหลังเกิดจากมันสำปะหลังดูดโลหะหนักจากดิน เมื่อนำมาผลิตเป็นมันเส้น พบว่า มีปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการผลิตมันเส้นที่ไม่ถูกต้อง และสภาพแวดล้อมของลานมันไม่เหมาะสม รวมทั้งมีดินและทรายติดมากับผลผลิตมันสำปะหลัง การปนเปื้อนโลหะหนักในผลผลิตผลทางการเกษตร นับว่ามีผลกระทบต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์และเศรษฐกิจอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากโลหะหนักเป็นธาตุซึ่งไม่สลายตัวและโลหะหนักบางชนิด โดยเฉพาะ ตะกั่ว จัดเป็นโลหะหนักที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบและอวัยวะต่างๆ ของร่างกายอย่างรุนแรง (ไมตรี, 2534)

ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดดึงตะกั่วแตกต่างกัน แม้แต่สายพันธุ์เดียวกันหรือ มีช่วงอายุต่างกันก็ดูดดึงตะกั่วได้แตกต่างกัน มีรายงานว่าพืชกินใบ พืชหัวหรือที่เป็นเหง้า เช่น เผือก ขมิ้น มันสำปะหลัง มีความสามารถสูงในการดูดดึงโลหะหนักจากดิน เนื่องจากโลหะหนักเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้าย ดังนั้นจึงสะสมอยู่ใน

ส่วนของหัวหรือเหง้า (Zhuang et al. 2009 and Liu et al. 2005) Okoronkwo และ คณะ (2005) พบว่ามันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่ที่เคยเป็นแหล่งทิ้งขยะสะสมตะกั่วในราก 76.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในใบมีปริมาณตะกั่วสูงถึง 111.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจของ Wanida และคณะ (2009) ที่พบว่า มันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงของการปนเปื้อนของตะกั่ว สามารถสะสมสารตะกั่วได้ในช่วง 1.8 ถึง 19.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองครั้งนี้ขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นแนวทางในการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในมันสำปะหลังอย่างละเอียดต่อไป ซึ่งไม่เคยมีการศึกษาหรือวิจัยมาก่อน เพื่อลดการกีดกันทางการค้าซึ่งอาจเกิดขึ้นในอนาคต

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. มันสำปะหลัง พันธุ์ ระยอง ๕ ระยอง ๙๐ ระยอง ๗ ระยอง๗๒ ระยอง ๙ ระยอง๑๑ เกษตรศาสตร์ ๕๐ ห้วยบง ๖๐ และห้วยบง ๘๐
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18
3. สารเคมีไทอะมีโทแซม
4. จอบ
5. เครื่องชั่ง
6. เครื่องวัดปริมาณแป้ง (Reinmann scale)
7. ตะกร้าใส่ตัวอย่าง
8. ถุงตาข่าย
9. มีดหั่นตัวอย่าง
10. ถุงเก็บตัวอย่างดิน
11. ปากกาเคมี
12. ยางรัดของ
13. อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน
14. อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

วิธีการ

<u>ปีที่ 1</u>

ศึกษา ๒ จังหวัดที่มีปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในมันสำปะหลังมากคือ จังหวัด ขอนแก่น และจังหวัดกำแพงเพชร โดย

๑. คัดเลือกพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรที่มีรายงานการปนเปื้อนของโลหะหนักในมันสำปะหลังสูง โดยใช้ข้อมูลจากผลการสำรวจและวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักของกุลวิไล และคณะ (๒๕๕๒)

๒. วางแผนการทดลองแบบ RCB (Randomized Complete Block Design) จำนวน ๓ ซ้ำ ขนาดแปลง ๕x๘ ตารางเมตร ขนาดแปลงย่อย ๓x๖ ตารางเมตร เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลัง เมื่ออายุ ๑๒ เดือน ใช้พันธุ์มันสำปะหลังที่ผ่านการรับรองพันธุ์และแนะนำพันธุ์ของกรมวิชาเกษตรและหน่วยงานอื่น คือ ระยอง ๕ ระยอง ๙๐ ระยอง ๗ ระยอง๗๒ ระยอง ๙ ระยอง๑๑ เกษตรศาสตร์ ๕๐ ห้วยบง ๖๐ และห้วยบง ๘๐ มีการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังก่อนปลูกด้วยสารเคมีไทอะมีโทแซมเพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู ปลูกระยะ ๑x๑ เมตร ยกร่องปลูกและกำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม

๓. เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก ๐-๓๐ เซนติเมตร มาวิเคราะห์สมบัติของดิน

๔. นำตัวอย่างหัวมันสดที่เก็บได้ไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างประกอบดังนี้

๔.๑ การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในหัวมันสำปะหลังสด

- สุ่มเก็บตัวอย่างหัวมันสำปะหลังสด จำนวน ๓-๕ หัวต่อตัวอย่าง บรรจุในถุงตาข่าย มีช่องระบายอากาศ ระบุหมายเลขตัวอย่าง ลงนามผู้เก็บตัวอย่าง และวันที่เก็บตัวอย่าง
- ส่งตัวอย่างเพื่อการทดสอบโลหะหนักมายังห้องรับตัวอย่าง สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

๔.๒ การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผลิตภัณฑ์มันเส้น

- นำตัวอย่างหัวมันสดที่เหลือจากการใช้วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก มาหั่นบางๆ แล้วตากแดด ๓-๔ แดด
- บรรจุในถุงสะอาดปิดสนิท ปิดฉลาก ระบุหมายเลขตัวอย่าง ลงนามผู้เก็บตัวอย่าง และวันที่เก็บตัวอย่าง

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

๕. สรุปรายงานผลการศึกษาที่ได้จากทุกขั้นตอนการดำเนินงาน

<u>ปีที่ 2</u>

1. ศึกษาในแปลงเกษตรกรที่มีปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในมันสำปะหลังมากคือ จังหวัดกำแพงเพชร

2. สุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลัง เมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือนในแปลงเกษตรกร ที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เดิมกับปีที่ผ่านมา คือ พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 90 ระยอง 7 ระยอง72 ระยอง 9 ระยอง11 เกษตรศาสตร์ 50 ห้วยบง 60 และห้วยบง 80 จำนวน 2 ซ้ำ ซึ่งเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังช่วงเดือนพฤษภาคม ทำการไถ 2 ครั้ง ก่อนปลูก โดยผาล 3 และผาล 7 จากนั้นยกร่องปลูก ใช้ระยะปลูก 1.20 x 0.8 เมตร ใส่ปุ๋ยเคมี

สูตร 15-7-18 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน โดยขุดหลุมฝั่งข้างต้นมันสำปะหลัง ไม่มีการพ่นสารกำจัดวัชพืชตลอดฤดูปลูก เนื่องจากไม่มีปัญหาวัชพืชในพื้นที่

๓. นำตัวอย่างหัวมันสดที่เก็บได้ไปวิเคราะห์หาโลหะหนัก ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างประกอบดังนี้

๓.๑ การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในหัวมันสำปะหลังสด

- สุ่มเก็บตัวอย่างหัวมันสำปะหลังสด จำนวน ๓-๕ หัวต่อตัวอย่าง บรรจุในถุงตาข่าย มีช่องระบายอากาศ ระบุหมายเลขตัวอย่าง ลงนามผู้เก็บตัวอย่าง และวันที่เก็บตัวอย่าง
- ส่งตัวอย่างเพื่อการทดสอบโลหะหนักมายังห้องรับตัวอย่าง สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

๓.๒ การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผลิตภัณฑ์มันเส้น

- นำตัวอย่างหัวมันสดที่เหลือจากการใช้วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (ข้อ ๓.๑) มาหั่นบางๆ ตากแดด ๓-๔ แดด
- บรรจุในถุงสะอาดปิดสนิท ปิดฉลาก ระบุหมายเลขตัวอย่าง ลงนามผู้เก็บตัวอย่าง และวันที่เก็บตัวอย่าง

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

๔. สรุปรายงานผลการศึกษาที่ได้จากทุกขั้นตอนการดำเนินงาน

เวลาและสถานที่

- เริ่มต้น ตุลาคม 2555 สิ้นสุด กันยายน 2557
- ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกร อำเภอขาณุวรลักษณ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร และ อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการดำเนินงาน

<u>ปีที่ 1</u>

1. พื้นที่แปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร คัดเลือกแปลง นางเสนาะ สะริทัย ตำบลบ่อถ้ำ อำเภอขาณุวรลักษณ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร

ตารางที่ 1 ปริมาณโลหะหนักประเภท สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ในดินก่อนปลูกและตอนเก็บเกี่ยวผลผลิต แปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร ปี 2555-2556

ตัวอย่างดิน	pH	OM	ปริมาณโลหะหนักทั้งหมด			ปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงได้		
			As	Pb	Cd	As	Pb	Cd
	(1:1)	%	Total digestion, mg/kg			DTPA extractable, mg/kg		

ก่อนปลูก	4.49	1.58	1.13	9.49	0.06	0.14	1.68	0.00
ตอนเก็บเกี่ยว	5.81	0.21	0.93	7.01	0.01	0.00	0.29	0.00
ผลต่าง	**+1.32**	**-1.37**	**-0.20**	**-2.49**	**-0.05**	**0.14**	**-1.40**	**0.00**

หมายเหตุ 1. วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการของสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

2. มาตรฐานปริมาณโลหะหนักของสาธารณรัฐประชาชนจีน ในพืชไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ดินพบว่า แปลงทดลองมีลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย ก่อนปลูกมันสำปะหลังมีอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างสูง เท่ากับ 1.58 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโลหะหนักทั้งหมดของสารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยสารตะกั่วมีปริมาณสูงสุด คือเท่ากับ 9.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชนิดและปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงได้มากที่สุดคือ สารตะกั่ว เท่ากับ 1.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อนำดินตอนเก็บเกี่ยวไปวิเคราะห์ พบว่า ความเป็นกรด – ด่างของดินเพิ่มขึ้น 1.32 แต่อินทรียวัตถุในดิน ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดิน และปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงได้ลดลง

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตด้านความสูง (เซนติเมตร) ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่) และปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์) ของพันธุ์มันสำปะหลัง แปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร ปี 2555-2556

พันธุ์	ข้อมูลการเจริญเติบโต		องค์ประกอบผลผลิต	
	ความสูง (เซนติเมตร) ที่อายุ 4 เดือน	ความสูง (เซนติเมตร) ที่อายุ 12 เดือน	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแป้ง (%)
ระยอง 5	126.5bc	233.0	5,440.0	15.9
ระยอง 7	108.0c	222.0	5,099.2	20.6
ระยอง 9	161.3a	258.7	6,897.7	23.2
ระยอง 11	121.0bc	244.7	4,823.7	17.7
ระยอง 72	113.7c	228.7	6,023.6	13.0
ระยอง 90	121.8bc	231.0	3,860.7	19.9
เกษตรศาสตร์ 50	155.7a	279.0	5,205.9	16.7
ห้วยบง 60	125.7bc	253.0	6,725.9	16.4
ห้วยบง 80	137.8b	250.3	5,597.0	16.6
F-test	**	ns	ns	ns
CV (%)	**7.4**	**14.2**	**28.0**	**22.0**

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี DMRT

ผลการทดลองจากตารางที่ 2 พบว่า

- ความสูงของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์เมื่ออายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีค่าความสูงเฉลี่ยไม่แตกต่างจากมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งทั้งสองพันธุ์มีค่าความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 161.3 และ 155.7 เซนติเมตร รองลงมาคือ พันธุ์ห้วยบง 80 มีค่าความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 137.8 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์ระยอง 5 ห้วยบง 60 ระยอง 90 และระยอง 11 มีค่าความสูงเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน คือ 126.5 125.7 121.8 และ121.0 เซนติเมตร ตามลำดับ และพันธุ์ระยอง72 และระยอง 7 มีค่าความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 113.7 และ 108.0 เซนติเมตร

- ความสูงของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุ 12 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีค่าความสูงเฉลี่ยเมื่อเก็บเกี่ยวสูงสุดคือ 279.0 เซนติเมตร รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 9 (258.7 เซนติเมตร) ห้วยบง 60 (253.0 เซนติเมตร) ห้วยบง 80 (250.3 เซนติเมตร) ระยอง 11 (244.7 เซนติเมตร) ระยอง 5 (233.0 เซนติเมตร) ระยอง 90 (231.0 เซนติเมตร) ระยอง 72 (228.7 เซนติเมตร) และ ระยอง 7 (222.0 เซนติเมตร) ตามลำดับ

- ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 6,897.7 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ห้วยบง 60 (6,725.9 กิโลกรัมต่อไร่) ระยอง 72 (6,023.6 กิโลกรัมต่อไร่) ห้วยบง 80 (5,597.0 กิโลกรัมต่อไร่) ระยอง 5 (5,440.0 กิโลกรัมต่อไร่) เกษตรศาสตร์ 50 (5,205.9 กิโลกรัมต่อไร่) ระยอง 7 (5,099.2 กิโลกรัมต่อไร่) ระยอง 11 (4,823.7 กิโลกรัมต่อไร่) และระยอง 90 (3,860.7 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ

- ปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์) ของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีปริมาณแป้งสูงสุดคือ 23.2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 7 (20.6 เปอร์เซ็นต์) ระยอง 90 (19.9 เปอร์เซ็นต์) ระยอง 11 (17.7 เปอร์เซ็นต์) เกษตรศาสตร์ 50 (16.7 เปอร์เซ็นต์) ห้วยบง 80 (16.6 เปอร์เซ็นต์) ห้วยบง 60 (16.4 เปอร์เซ็นต์) ระยอง 5 (15.9 เปอร์เซ็นต์) และ ระยอง 72 (13.0 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งพบว่าจากการทดลองปริมาณแป้งแปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชรมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะพันธุ์ระยอง 72 มีปริมาณแป้งต่ำมาก

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักประเภท สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ในหัวมันสดและมันเส้น แปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร ปี 2556

พันธุ์มันสำปะหลัง	**ผลการทดสอบปริมาณโลหะหนักที่พบ (มก./กก.)**					
	สารตะกั่ว		**สารหนู**		**แคดเมียม**	
	หัวมันสด	**มันเส้น**	**หัวมันสด**	**มันเส้น**	**หัวมันสด**	**มันเส้น**
ระยอง 5	0.37	1.08	< 0.005	< 0.01	< 0.006-0.008	0.02

ระยอง 7	0.09	0.26	< 0.005	< 0.04	< 0.006	0.01
ระยอง 9	0.09	0.23	< 0.005	< 0.01	< 0.006-0.01	< 0.01-0.02
ระยอง 11	0.08	0.18	< 0.005	< 0.01	< 0.006-0.01	< 0.01-0.04
ระยอง 72	0.05	0.33	< 0.005	< 0.04	< 0.006	< 0.01-0.03
ระยอง 90	0.11	0.35	< 0.005 - 0.03	< 0.04	< 0.006	< 0.01
เกษตรศาสตร์ 50	0.47	1.21	< 0.005	< 0.04	< 0.006	< 0.01-0.02
ห้วยบง 60	0.12	0.57	< 0.005	< 0.04	0.007-0.01	< 0.01-0.03
ห้วยบง 80	0.42	0.54	< 0.005	< 0.04	< 0.006	< 0.01-0.02
F-test	**ns**	**ns**				
CV.(%)	**106.5**	**103.2**				

หมายเหตุ ปริมาณโลหะหนักตามมาตรฐานของสาธารณรัฐประชาชนจีน ในพืชไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ผลการทดลอง (ตารางที่ 3) พบว่า ปริมาณโลหะหนักประเภทสารหนู (As) และสารแคดเมียม (Cd) ในหัวมันสดและมันเส้นมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่สาธารณรัฐประชาชนจีนกำหนดคือในพืชต้องไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จึงไม่ทำการวิเคราะห์ทางสถิติ ส่วนปริมาณโลหะหนักประเภทตะกั่ว (Pb) จากการทดลองพบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ระยอง 11 มีปริมาณสารตะกั่วในหัวสดและมันเส้นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือเท่ากับ 0.08 และ 0.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พันธุ์ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 72 ระยอง 90 และ ห้วยบง 60 มีปริมาณสารตะกั่วในหัวสดต่ำกว่ามาตรฐาน คือเท่ากับ 0.09 0.09 0.05 0.11 และ 0.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ในมันเส้นกลับมีค่าเกินมาตรฐาน คือเท่ากับ 0.26 0.23 0.33 0.35และ 0.57 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พันธุ์ระยอง 5 เกษตรศาสตร์ 50 และ ห้วยบง 80 จากการทดลองพบว่า มีปริมาณสารตะกั่วเกินมาตรฐานทั้งในหัวสดและมันเส้น คือ ในหัวสดเท่ากับ 0.37 0.47 และ 0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในมันเส้นเท่ากับ 1.08 1.21 และ 0.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สาเหตุที่ต้องใช้เกณฑ์มาตรฐานของสาธารณรัฐประชาชนจีนเป็นมาตรฐาน เนื่องจากคู่ค้ารายใหญ่ด้านผลิตภัณฑ์มันเส้นของไทยคือสาธารณรัฐประชาชนจีน

2. พื้นที่จังหวัดขอนแก่น คัดเลือกแปลงของนางธัญรัตน์ พินิจมนตรี ตำบลหัวนาคำ อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น

ตารางที่ 4 ปริมาณโลหะหนักประเภท สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ในดินก่อนปลูกและตอนเก็บเกี่ยวผลผลิต แปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น ปี 2555-2556

ตัวอย่างดิน	pH	OM	ปริมาณโลหะหนักทั้งหมด			ปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงได้		
			As	Pb	Cd	As	Pb	Cd
	(1:1)	%	Total digestion, mg/kg			DTPA extractable, mg/kg		
ก่อนปลูก	4.35	0.33	1.52	4.73	0.07	0.06	1.11	0.00
ตอนเก็บเกี่ยว	5.42	0.56	0.29	3.38	0.05	0.00	0.50	0.00
ผลต่าง	**+1.07**	**+0.23**	**-1.23**	**-1.35**	**-0.02**	**-0.06**	**-0.61**	**0.00**

หมายเหตุ 1. วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการของสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

2. มาตรฐานปริมาณโลหะหนักของสาธารณรัฐประชาชนจีน ในดินไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 4) พบว่า แปลงทดลองมีลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย ก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวมีอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.33 และ 0.56 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโลหะหนักในดินทั้งหมดของสารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยสารตะกั่วมีปริมาณสูงสุด คือเท่ากับ 4.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชนิดและปริมาณโลหะหนักที่พืชจะนำไปใช้ได้มากที่สุดคือ สารตะกั่ว เท่ากับ 1.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อนำดินตอนเก็บเกี่ยวไปวิเคราะห์ พบว่า ความเป็นกรด–ด่างของดิน(pH) เพิ่มขึ้น 1.07 แต่ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดิน และปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงได้ลดลง

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตด้านความสูง (เซนติเมตร) ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่) และปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์) ของพันธุ์มันสำปะหลัง แปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น ปี 2555-2556

พันธุ์	ข้อมูลการเจริญเติบโต		องค์ประกอบผลผลิต	
	ความสูง (เซนติเมตร) ที่อายุ 4 เดือน	ความสูง (เซนติเมตร) ที่อายุ 12 เดือน	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแป้ง (%)
ระยอง 5	97.5	168.8bcd	3,146.6	20.0
ระยอง 7	88.9	163.8cd	3,685.9	21.3
ระยอง 9	100.3	222.5a	3,380.7	24.6
ระยอง 11	84.0	190.9bc	3,122.9	26.0
ระยอง 72	94.9	163.4cd	3,300.8	19.9
ระยอง 90	88.3	153.1d	2,800.0	26.0
เกษตรศาสตร์ 50	86.1	182.5bcd	3,745.6	20.7

พันธุ์	ข้อมูลการเจริญเติบโต		องค์ประกอบผลผลิต	
	ความสูง (เซนติเมตร) ที่อายุ 4 เดือน	ความสูง (เซนติเมตร) ที่อายุ 12 เดือน	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแป้ง (%)
ห้วยบง 60	102.3	195.1ab	3,656.3	22.6
ห้วยบง 80	95.5	195.8ab	2,254.8	21.5
F-test	ns	**	ns	ns
CV (%)	16.2	8.7	29.6	15.9

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี DMRT

ผลการทดลอง (ตารางที่ 5) พบว่า

- ความสูงของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์เมื่ออายุ 4 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด คือเท่ากับ 102.3 เซนติเมตร รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 9 เท่ากับ 100.3 เซนติเมตร ระยอง 5 เท่ากับ 97.5 เซนติเมตร ห้วยบง 80 เท่ากับ 95.5 เซนติเมตร ระยอง 72 เท่ากับ 94.9 เซนติเมตร ระยอง 7 เท่ากับ 88.9 เซนติเมตร ระยอง 90 เท่ากับ 88.3 เซนติเมตร เกษตรศาสตร์ 50 เท่ากับ 86.1 เซนติเมตร และระยอง 11 เท่ากับ 84.0 เซนติเมตร

- ความสูงของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุ 12 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีค่าความสูงเฉลี่ยเมื่อเก็บเกี่ยวสูงสุดคือ 222.5 เซนติเมตร อาจเนื่องจากพันธุ์ระยอง 9 ไม่แตกกิ่งจึงทำให้เจริญเติบโตด้านความสูงมากกว่าพันธุ์อื่นๆ รองลงมาคือ พันธุ์ห้วยบง 80 (195.8 เซนติเมตร) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ห้วยบง 60 (195.1 เซนติเมตร) แต่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ระยอง 11 (190.9 เซนติเมตร) เกษตรศาสตร์ 50 (182.5 เซนติเมตร) ระยอง 5 (168.8 เซนติเมตร) ระยอง 7 (163.8 เซนติเมตร) ระยอง 72 (163.4 เซนติเมตร) และ ระยอง 90 (153.1 เซนติเมตร) ตามลำดับ

- ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 3,745.6 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 7 (3,685.9 กิโลกรัมต่อไร่) ห้วยบง 60 (3,656.3 กิโลกรัมต่อไร่) ระยอง 9 (3,380.7 กิโลกรัมต่อไร่) ระยอง 72 (3,300.8 กิโลกรัมต่อไร่) ระยอง 5 (3,146.6 กิโลกรัมต่อไร่) ระยอง 11 (3,122.9 กิโลกรัมต่อไร่) ระยอง 90 (2,800.0 กิโลกรัมต่อไร่) และห้วยบง 80 (2,254.8 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ

- ปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์) ของพันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 90 และพันธุ์ระยอง 11 มีปริมาณแป้งสูงสุดคือ 26.0 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 9 (24.6 เปอร์เซ็นต์) ห้วยบง 60 (22.6 เปอร์เซ็นต์) ห้วยบง 80 (21.5 เปอร์เซ็นต์) ระยอง 7 (21.3 เปอร์เซ็นต์) เกษตรศาสตร์ 50 (20.7 เปอร์เซ็นต์) ระยอง 5 (20.0 เปอร์เซ็นต์) และ ระยอง 72 (19.9 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักประเภท สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ในหัวมัน สด และมันเส้น แปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น ปี 2556

พันธุ์มันสำปะหลัง	ผลการทดสอบปริมาณโลหะหนักที่พบ(มก./กก.)					
	สารตะกั่ว		สารหนู		แคดเมียม	
	หัวมันสด	มันเส้น	หัวมันสด	มันเส้น	หัวมันสด	มันเส้น
ระยอง 5	0.70	1.69	< 0.005	< 0.01	< 0.006-0.01	0.01-0.03
ระยอง 7	0.29	1.33	< 0.005	< 0.01	≤0.006	0.01-0.02
ระยอง 9	0.90	1.86	< 0.005	< 0.01	< 0.006-0.01	< 0.01-0.02
ระยอง 11	1.32	1.98	< 0.005	< 0.01	0.006-0.02	0.01-0.03
ระยอง 72	0.16	1.77	< 0.005	< 0.01 - < 0.04	< 0.006	0.01-0.04
ระยอง 90	0.23	1.28	< 0.005	< 0.01 - < 0.04	< 0.006	< 0.01-0.02
เกษตรศาสตร์ 50	0.41	2.32	< 0.005	< 0.01	≤0.006	0.01-0.03
ห้วยบง 60	0.86	1.98	< 0.005	< 0.01	0.007-0.01	0.01-0.02
ห้วยบง 80	0.52	1.50	< 0.005	< 0.01 - < 0.04	0.008-0.01	≤0.01
F-test	**ns**	**ns**				
CV.(%)	**87.6**	**91.6**				

หมายเหตุ ปริมาณโลหะหนักตามมาตรฐานของสาธารณรัฐประชาชนจีน ในพืชไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 6) พบว่า ปริมาณโลหะหนักประเภทสารหนู (As) และสารแคดเมียม (Cd) ในหัวมันสดและมันเส้นไม่เกินค่ามาตรฐานที่สาธารณรัฐประชาชนจีนกำหนดคือ ในพืชต้องไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จึงไม่ทำการวิเคราะห์ทางสถิติ ส่วนปริมาณโลหะหนักประเภทตะกั่ว (Pb) จากการทดลองพบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ระยอง 72 มีปริมาณสารตะกั่วในหัวสดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือเท่ากับ 0.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่เมื่อวิเคราะห์ในมันเส้นพบว่า มีค่าเกินมาตรฐาน เหมือนกับพันธุ์อื่นๆ ทุกพันธุ์ที่มีปริมาณสารตะกั่วเกินมาตรฐานทั้งในหัวมันสดและมันเส้น

ตารางที่ 7 ปริมาณโลหะหนักประเภทสารตะกั่ว (Pb) ในหัวมัน สดและมันเส้น แปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชรและแปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น ปี 2556

พันธุ์มันสำปะหลัง	ปริมาณสารตะกั่ว (Pb) ที่พบ (มก./กก.)			
	แปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร		แปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น	
	หัวสด	มันเส้น	หัวสด	มันเส้น

ระยอง 5	0.37	1.08	0.70	1.69
ระยอง 7	0.09	0.26	0.29	1.33
ระยอง 9	0.09	0.23	0.90	1.86
ระยอง 11	0.08	0.18	1.32	1.98
ระยอง 72	0.05	0.33	0.16	1.77
ระยอง 90	0.11	0.35	0.23	1.28
เกษตรศาสตร์ 50	0.47	1.21	0.41	2.32
ห้วยบง 60	0.12	0.57	0.86	1.98
ห้วยบง 80	0.42	0.54	0.52	1.50
pH ดินก่อนปลูกและหลังปลูก	**4.49 (5.81)**		**4.35 (5.42)**	
OM. ดินก่อนปลูกและหลังปลูก	**1.58 (0.21)**		**0.33 (0.56)**	

หมายเหตุ ( ) คือ ข้อมูลดินหลังปลูก

จากตารางที่ 7 พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในแปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างสูง และมีความเป็นกรด-ด่างในดิน อยู่ในระดับที่ปลูกมันสำปะหลังได้ ปริมาณสารตะกั่ว (Pb) ที่พบในหัวมันสดและมันเส้นมีปริมาณต่ำกว่าแปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่นที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Smolders et al. (1997) ที่พบว่า ปริมาณตะกั่วที่สะสมในพืชจะมีแนวโน้มสูงขึ้น หากดินนั้นมี pH เป็นกรด และ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ

ปีที่ 2

ดำเนินการเก็บข้อมูลซ้ำในพื้นที่เดิมปี 2556 ในพื้นที่แปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร ตำบลบ่อถ้ำ อำเภอขาณุวรลักษณ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 1 แปลง พื้นที่ 1 ไร่

ตารางที่ 8 ปริมาณโลหะหนักประเภท สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ในดินก่อนปลูกและตอนเก็บเกี่ยวผลผลิต แปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร ปี 2556-2557

ตัวอย่างดิน	**pH**	**OM**	**ปริมาณโลหะหนักทั้งหมด**			**ปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงได้**		
			As	**Pb**	**Cd**	**As**	**Pb**	**Cd**
	(1:1)	**%**	**Total digestion, mg/kg**			**DTPA extractable, mg/kg**		
ก่อนปลูก	5.81	0.21	0.93	7.01	0.01	0.00	0.29	0.00
ตอนเก็บเกี่ยว	6.13	0.56	0.63	4.95	0.02	0.00	0.532	0.0065

ผลต่าง	**+0.32**	**+0.35**	**-0.30**	**-2.06**	**+0.01**	**0.00**	**+0.24**	**+0.0065**

หมายเหตุ 1. วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการของสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

2. มาตรฐานปริมาณโลหะหนักของสาธารณรัฐประชาชนจีน ในดินไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 8) พบว่า ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย มีปริมาณโลหะหนักประเภทสารหนู (As) และปริมาณสารตะกั่ว (Pb) ทั้งหมดในดินลดลง แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ค่าอินทรียวัตถุในดิน สารแคดเมียม (Cd) ทั้งหมดในดินและที่พืชจะดูดดึงได้ และปริมาณสารตะกั่ว (Pb) ที่พืชจะดูดดึงได้มีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักประเภท สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ในหัวมันสดและมันเส้น แปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร ปี 2557

พันธุ์มันสำปะหลัง	ปริมาณโลหะหนักที่พบ (มก./กก.)					
	สารตะกั่ว		สารหนู		แคดเมียม	
	หัวมันสด	มันเส้น	หัวมันสด	มันเส้น	หัวมันสด	มันเส้น
ระยอง 5	0.23	0.83	< 0.005	< 0.04	0.015	0.06
ระยอง 7	0.19	0.43	< 0.005	< 0.01-0.04	0.015	0.04
ระยอง 9	0.05	0.17	< 0.02	< 0.04	< 0.006	< 0.01
ระยอง 11	0.86	2.13	< 0.005	< 0.01-0.04	< 0.002-0.006	< 0.003-0.01
ระยอง 72	0.08	0.34	< 0.02	< 0.04	< 0.006	0.003-0.01
ระยอง 90	0.08	0.42	< 0.02	< 0.04	< 0.006	< 0.01
เกษตรศาสตร์ 50	0.19	0.72	< 0.005	< 0.04	0.015	0.01
ห้วยบง 60	0.11	0.97	< 0.02	< 0.04	< 0.006	< 0.01
ห้วยบง 80	0.20	1.06	< 0.02	< 0.04	<0.006	< 0.01

หมายเหตุ มาตรฐานปริมาณโลหะหนักของสาธารณรัฐประชาชนจีน ในพืชไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

จากตารางที่ 9 พบว่า ปริมาณโลหะหนักในส่วนของสารหนู (As) และแคดเมียม(Cd) มีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐานที่สาธารณรัฐจีนกำหนด พันธุ์ระยอง 9 เป็นพันธุ์เดียวที่มีปริมาณสารตะกั่วไม่เกินค่ามาตรฐานทั้งในหัวมันสดและมันเส้นคือ เท่ากับ 0.05 และ 0.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พันธุ์ระยอง 7 เกษตรศาสตร์ 50 ห้วยบง 60 ระยอง 72 และระยอง 90 มีปริมาณสารตะกั่วในหัวสดไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่มีปริมาณสารตะกั่วในมันเส้นเกินค่า

มาตรฐาน ส่วนพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 11 และห้วยบง 80 มีปริมาณสารตะกั่วเกินค่ามาตรฐานทั้งในหัวมันสดและมันเส้น

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่วในหัวมันสดและมันเส้นแปลงทดลองจังหวัดกำแพงเพชรปี 2556 และ ปี 2557

พันธุ์มันสำปะหลัง	ปริมาณสารตะกั่วที่พบ(มก./กก.)			
	ปี 2556		ปี 2557	
	หัวมันสด	มันเส้น	หัวมันสด	มันเส้น
ระยอง 5	0.37	1.08	0.225	0.83
ระยอง 7	0.09	0.26	0.195	0.43
ระยอง 9	0.09	0.23	0.05	0.17
ระยอง 11	0.08	0.18	0.86	2.13
ระยอง 72	0.05	0.33	0.075	0.34
ระยอง 90	0.11	0.35	0.08	0.42
เกษตรศาสตร์ 50	0.47	1.21	0.195	0.72
ห้วยบง 60	0.12	0.57	0.11	0.97
ห้วยบง 80	0.42	0.54	0.20	1.06

จากตารางที่ 10 พบว่า เมื่อปี 2556 ปริมาณสารตะกั่วจากการวิเคราะห์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 มีปริมาณสารตะกั่วในหัวสดและมันเส้นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคือ 0.08 และ 0.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมาตรฐานกำหนดต้องไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ในปี 2557 พันธุ์ระยอง 11 พบว่ามีปริมาณสารตะกั่วในมันเส้นสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ คือเท่ากับ 2.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนพันธุ์ที่มีปริมาณสารตะกั่วในหัวสดและมันเส้นต่ำกว่ามาตรฐาน คือ พันธุ์ระยอง 9 เท่ากับ 0.05 และ 0.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารตะกั่วระหว่างปี 2556 และ 2557 พบว่า พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 9 และเกษตรศาสตร์ 50 มีปริมาณสารตะกั่วในหัวมันสดและมันเส้นลดลง พันธุ์ระยอง 7 ระยอง 11 และระยอง 72 มีปริมาณสารตะกั่วในหัวมันสดและมันเส้นเพิ่มขึ้น พันธุ์ห้วยบง 60 ห้วยบง 80 และระยอง 90 มีสารตะกั่วในหัวมันสดลดลง แต่ในมันเส้นกลับเพิ่มขึ้น

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. สภาพแปลงทดลองทั้งสองแปลงมีลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย มีค่าความเป็นกรด – ด่างของดิน (pH) อยู่ในระดับที่ปลูกมันสำปะหลังได้ แปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชรมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าแปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น ส่งผลให้มันสำปะหลังที่ปลูกในแปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชรเจริญเติบโตดีและมีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่สูงกว่าแปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น

2. ปริมาณโลหะหนักประเภทสารหนู (As) และแคดเมียม (Cd) จากการวิเคราะห์มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่สาธารณรัฐประชาชนจีนกำหนด โลหะหนักที่มีค่าเกินมาตรฐานคือ สารตะกั่ว (Pb)

3. มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 มีปริมาณสารตะกั่ว (Pb) ในหัวมันสดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน อาจเนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีแป้งค่อนข้างต่ำ จึงทำให้มีปริมาณน้ำในหัวสดมาก แต่เมื่อทำให้แห้งเป็นมันเส้น พบปริมาณสารตะกั่วเกินค่ามาตรฐาน

4. มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีปริมาณสารตะกั่ว (Pb) ในหัวมันสดและมันเส้นต่ำกว่ามาตรฐาน เมื่อปลูกในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ แต่มีระดับความเป็นกรด – ด่างของดินอยู่ในช่วง 5.8 – 6.1

5. ปริมาณสารตะกั่ว (Pb) ในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ปลูกในแปลงที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างสูง มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งในหัวมันสดและมันเส้น

6. แนวทางป้องกันปัญหาการปนเปื้อนธาตุโลหะในมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ คือ การเลือกใช้ปุ๋ยที่มีคุณภาพดีปราศจากสารพิษ ในกรณีดินมีธาตุโลหะในปริมาณสูงอยู่แล้วอาจป้องกันพืชดูดธาตุเหล่านี้เข้าไปมากโดยการปรับปฏิกิริยาดินให้มีความเป็นกรดน้อยลง และเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งจะทำให้ธาตุเหล่านี้ละลายออกมาให้พืชดูดได้น้อยลง

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เป็นข้อมูลเบื้องต้นและข้อมูลงานวิจัยที่ได้ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและวิจัยในเชิงลึกต่อไป

คำขอบคุณ

นางเสนาะ สะริทัย (ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน) ตำบลบ่อถ้ำ อำเภอขาณุวรลักษณ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร และนางธัญรัตน์ พินิจมนตรี ตำบลหัวนาคำ อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ที่ให้พื้นที่ทำแปลงทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กุลวิไล สุทธิลักษณวนิช ขวัญตา มีกลิ่น และเพราพิลาส ขวาสระแก้ว. 2552. การปนเปื้อนโลหะหนักในมันสำปะหลัง. สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานพืช กรมวิชาการเกษตร. 3 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลัง. รพ.ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 22 หน้า.

ไมตรี สุทธิ์จิตต์. 2534. สารพิษรอบตัวเรา. คณะแพทย์ศาสตร์ 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 availabilityto 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.

Wanida, N., Preeda, P.P., Delaune, R.D., and Aroon, J. 2009. Lead distribution and its potential risk to the environment: lesson learned from environmental monitoring of abandon mine. Manuscript. Asian Institute of Technology, Bangkok.

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.

ภาคผนวก

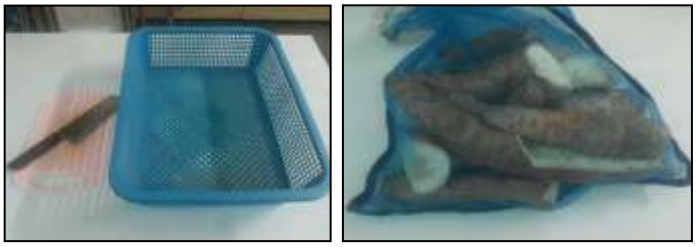
1. สภาพแปลงทดลอง

จังหวัดกำแพงเพชร

จังหวัดขอนแก่น

2. ขั้นตอนการแปรสภาพเป็นมันเส้นเพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก

2.1 วัสดุอุปกรณ์และวัตถุดิบ (มีดหั่น ตะกร้า เขียง ถุงตายข่าย หัวมันสด)



2.2 นำหัวมันสดที่เหลือจากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในหัวสดมาหั่นบางๆ เพื่อตากแดดโดยใส่ถุงตาข่ายเพื่อความสะดวกในตากและเก็บ

2.3 ตากแดด 3-4 แดด จากนั้นนำมันเส้นในถุงพลาสติกประมาณ 100 - 200 กรัม เพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในห้องปฏิบัติการต่อไป