การประเมินความปลอดภัยจากการสะสมแคดเมียมของมะม่วงส่งออกในจังหวัดพิษณุโลก

ปิยะดา วชิระวงศกร* เทียมจันทร์ นิลสนธิ มุกตาภา อ้ายคำ เกสรา เผือกชาวนา ธมนวรรณ ฉวยกระโทก อรอนงค์ จันทคุณ

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประเมินการปนเปื้อนและการสะสมของแคดเมียมในดินและมะม่วงส่งออก ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในพื้นที่ปลูกมะม่วง ตำบลพันชาลี อำเภอวังทอง และตำบลบ้านน้อยซุ้มขี้เหล็ก อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 72 สวน ผลการศึกษา พบว่าดินในพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีการปนเปื้อนแคดเมียมเฉลี่ย 0.40±0.22 และ 0.44±0.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดว่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินของกรมพัฒนาที่ดินกำหนดไว้ (≤37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) การปนเปื้อนแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่าเฉลี่ย 0.31±0.07 และ 0.16±0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจัดว่าเกินเกณฑ์มาตรฐานของ FAO/WHO (≤0.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับการสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่าเฉลี่ย 0.45±0.45 แต่มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าเฉลี่ย 1.19±1.04 ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจะเป็นพืชที่มีความสามารถในการดูดซับแคดเมียมสูง (bioaccumulation factor; BAF>1) จึงต้องมีความระมัดระวังในการใช้สารเคมีทางการเกษตรที่มีแคดเมียมเป็นองค์ประกอบ

คำสำคัญ: มะม่วง แคดเมียม การสะสมทางชีวภาพ ดัชนีมลพิษ

รับบทความ: *24 พฤศจิกายน 2563* ***แก้ไข:*** *2 มกราคม 2564* ***ตอบรับ:*** *3 กุมภาพันธ์ 2564*

***ผู้รับผิดชอบบทความ**

ปิยะดา วชิระวงศกร

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก ประเทศไทย

อีเมล: piyada333@hotmail.com

Safety Evaluation on Cd-Bioaccumulation of Exported Mango in Phitsanulok

Piyada Wachirawongsakon* Tiamjan Ninsonti Muktapa Aykam Ketsara Phueakchaona Thamonwan Chueygratok Onanong Jantakun

Environmental Science and Technology Programme, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, Thailand 65000

Abstract

This study evaluated the cadmium contamination and bioaccumulation factors (BAF) of soils and exported mangoes as Honey Gold Mango and Barracuda Mango No.4 in 72 mango orchards of Panchalee sub-district, Wang Thong district and Ban Noi Sum Khilek sub-district, Noen Maprang district. The study indicated that cadmium contaminated soil in Honey Gold Mango and Barracuda Mango No.4 had average of 0.40 ± 0.22 and 0.44 ± 0.22 mg/kg, respectively, not exceeding the soil standard of Land Development Department ($\leq$37 mg /kg). Cadmium contaminated Honey Gold Mango and Barracuda Mango No.4 were found to be 0.31 ± 0.07 and 0.16 ± 0.06 mg/kg, respectively, which cd content of Honey Gold Mango were exceeded standard set by FAO/WHO ($\leq$0.30 mg/kg). The bioaccumulation factor of Barracuda Mango No. 4 was averaged of 0.45 ± 0.45, while Honey Gold Mango was averaged of 1.19 ± 1.04. Honey Gold Mango is possible to determine the plant belonging to Cd-hyperaccumulators (BAF>1), therefore agro-chemicals containing cadmium should be aware of impending use.

Keywords: Mango, Cadmium, Bioaccumulation factors, Pollution index

Received: *24 November 2020,* ***Revised:*** *2 January 2021,* ***Accepted: 3*** *February 2021*

***Corresponding author**

Piyada Wachirawongsakon

Environmental Science and Technology Programme,

Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, Thailand

E-mail: piyada333@hotmail.com

บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยทั้งการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกไปยังต่างประเทศ อีกทั้งต้นมะม่วงสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้ดี เกษตรกรไทยจึงหันมาปลูกมะม่วงเพื่อจำหน่ายกันกว้างขวางมากขึ้น ซึ่งส่วนมากใช้บริโภคภายในประเทศ สำหรับมะม่วงที่มีคุณภาพดีจะถูกคัดเลือกเพื่อส่งออก ซึ่งตลาดส่งออกมะม่วงที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น จีน เวียดนาม สหรัฐอเมริกา และเกาหลี โดยประเทศไทยมีการส่งออกผลผลิตมะม่วงให้ประเทศเกาหลีมากที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาการส่งออกในรอบ 5 ปี ที่ผ่านมาถือว่ามีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากการรวมกลุ่มของเกษตรกรรวมกลุ่มกันสร้างมาตรฐานและผลผลิตให้ออกมาดีขึ้นตามความต้องการของตลาดทำให้มีผลผลิตมะม่วงส่งออกแบบต่อเนื่องไม่ขาดสาย[1] หากพิจารณาศักยภาพการแข่งขันของมะม่วงเพื่อรองรับ ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community; AEC) จะเห็นได้ว่าตลาดมีความต้องการมะม่วงสูงและมีการแข่งขันในตลาดส่งออกต่ำ[2]

ประเทศไทยมีการปลูกมะม่วงกระจายอยู่ในเขตภาคเหนือมากที่สุดถึงร้อยละ 42 ซึ่งจังหวัดพิษณุโลกเป็นจังหวัดที่ได้มีการปลูกมะม่วงเป็นธุรกิจเพื่อส่งออกที่เป็นแหล่งผลิตมะม่วงที่ใหญ่ที่สุดของภาคเหนือ โดยมีพื้นที่ปลูกมะม่วงกว่า 103,280 ไร่[3] สร้างรายได้เข้าสู่ประเทศไม่ต่ำกว่าปีละ 1,000 ล้านบาท ปัจจุบันแหล่งปลูกมะม่วงที่สำคัญของจังหวัดพิษณุโลกกระจายตัวอยู่ในพื้นที่อำเภอเนินมะปรางและอำเภอวังทอง ซึ่งมะม่วงที่ส่งออกมากที่สุดคือ มะม่วงกินสุก เช่น น้ำดอกไม้สีทอง และน้ำดอกไม้เบอร์ 4[4] เนื่องจากเป็นมะม่วงพันธุ์นี้ได้รับความนิยมต่อผู้บริโภคมากที่สุดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ผลมะม่วงมีสีผิวทองอร่ามสวยงามสามารถนำไปรับประทานได้หลายรูปแบบทั้งปรุงเป็นอาหาร ขนม และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่าง อาชีพเกษตรกรรมของชาวสวนมะม่วงนั้นจึงถือได้ว่าเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ค่อนข้างมั่นคง เพราะมีตลาดรองรับ เกษตรกรบางรายซื้อที่ดินทำมะม่วงส่งออกเพียง 5 ปี ได้ทุนคืนและได้กำไรเหมือนซื้อที่ดินได้ฟรี ๆ ทั้งนี้ในการปลูกมะม่วงนั้นถึงแม้จะไม่ได้ยุ่งยากซับซ้อนแต่ก็ต้องคอยดูแลเป็นอย่างดีในทุกขั้นตอนเพื่อป้องกันศัตรูพืชและสัตว์ รวมถึงเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีขนาดใหญ่และสีที่สวยงาม ซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรและปุ๋ยเคมีอย่างสม่ำเสมอตลอดการปลูกจนถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดพิษณุโลกที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ถึง 6 เดือนเต็ม ทำให้รอบการผลิตมะม่วงในแต่ละปีในพื้นที่ทำการเกษตรมีความเข้มข้นอย่างมาก นั้นก็หมายความว่าจะต้องมีความเข้มข้นของการใช้สารเคมีในการปรับปรุงบำรุงดินและป้องกันศัตรูพืชเพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพของมะม่วงเพื่อให้ได้ราคาสูงในการขายและเพิ่มรายได้ในการผลิตตามไปด้วย การใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่มากขึ้นย่อมส่งผลให้ศัตรูพืชมีการต้านฤทธิ์หรือการดื้อต่อสารกำจัดศัตรูพืช ทำให้ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรเคยใช้แล้วมีประสิทธิภาพไม่ก่อให้เกิดผลดังที่ผ่านมา ทำให้ในการฉีดพ่นครั้งต่อไปเกษตรกรต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืชในปริมาณที่มากกว่าเดิม หรือเปลี่ยนไปใช้

สารกำจัดศัตรูพืชที่มีฤทธิ์รุนแรงเพื่อให้การกำจัดศัตรูพืชมีประสิทธิภาพ ปัญหาการใช้สารเคมีในปริมาณมากเกินความจำเป็นทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีในดิน พืชอาจมีปริมาณการสะสมของโลหะหนักที่สูงและส่งผลกระทบในด้านห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิต เมื่อมนุษย์หรือสัตว์นำมาปริโภคจะเกิดปัญหาด้านสุขภาพ [5] ซึ่งในบรรดาสารมลพิษต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อม โลหะหนักนับว่าเป็นสารพิษประเภทหนึ่งที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต และโลหะหนักก็สามารถเข้าไปสะสมอยู่ในพืชและจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นได้ตามห่วงโซ่อาหาร[6] โดยเฉพาะแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดินสามารถเพิ่มขึ้นได้จากการใช้ปุ๋ยฟอสเฟต[7] ซึ่งจำเป็นต่อการดูแลการเจริญเติบโตและผล เช่น การใส่ปุ๋ยฟอตเฟตรองก้นหลุมและช่วงดึงดอกเปิดตา[8] เป็นต้น หรือสารกำจัดศัตรูพืช เช่น สารกำจัดเชื้อรา แมลง หนอน[9] และสามารถส่งผลให้เกิดการสะสมในผลผลิตมะม่วงได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิตและการส่งออก รวมถึงสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากพิษของแคดเมียมทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ปวดกระดูกสันหลัง แขนขา ไตทำงานผิดปกติและพิการ รวมถึงสามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้[10]

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยมีความตระหนักถึงปัญหาคุณภาพในด้านความปลอดภัยของผลผลิตมะม่วงอันจะส่งผลกระทบต่อการส่งออกและสุขภาพของผู้บริโภคเป็นประเด็นสำคัญ ดังนั้นจึงศึกษาและประเมินปริมาณการสะสมแคดเมียมในดินและผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 รวมถึงการประเมินดัชนีมลพิษและการสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมในมะม่วง บนพื้นที่ปลูกมะม่วง ตำบลพันชาลี อำเภอวังทอง และตำบลบ้านน้อยซุ้มขี้เหล็ก อำเภอเนินมะปราง ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกมะม่วงแหล่งใหญ่ที่สุดในจังหวัดพิษณุโลก เพื่อช่วยกระดับคุณภาพมะม่วงไทยให้สามารถเข้าสู่ระบบมาตรฐาน GAP และเพื่อสร้างชื่อเสียงในการผลิตมะม่วงออกสู่ตลาดโลกได้อย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินและมะม่วงในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในตำบลพันชาลี อำเภอวังทอง จำนวน 17 หมู่บ้าน และตำบลบ้านน้อยซุ้มขี้เหล็ก อำเภอเนินมะปราง จำนวน 12 หมู่บ้าน โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างดินและผลมะม่วง ในสวนหมู่บ้านละ 3 สวนที่มีช่วงอายุการปลูกที่แตกต่างกัน คือ สวนมะม่วงที่มีช่วงอายุไม่เกิน 5 ปี 6 - 10 ปี และมากกว่า 10 ปี โดยได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างมะม่วงในช่วงเดือนมกราคม – พฤษภาคม พ.ศ. 2561

ดินแต่ละตัวอย่างจะเก็บในสวนมะม่วงกระจายทั่วแปลง 15 จุด ซึ่งจะเลือกจุดจากต้นมะม่วง 15-20 ต้นต่อแปลง แล้วเก็บตัวอย่างดินบริเวณรอบทรงพุ่ม 2-4 จุดต่อต้น ที่ระดับความลึกประมาณ 15 เซนติเมตร และแล้วนำตัวอย่างดินที่ได้ทั้งหมดมาคลุกเคล้ารวมกัน หลังจากนั้นกองดินให้เป็นรูปผาชีแล้วแบ่งแยกเป็น 4 ส่วน และทำการเก็บตัวอย่างดินจากกองดินนี้เพียง 1 ส่วน ประมาณ 0.5-1 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติกเพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์ สำหรับตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 จะเก็บในช่วง

ที่ผลผลิตแก่พร้อมในวันที่เก็บเกี่ยวเพื่อจำหน่าย โดยเลือกเก็บตัวอย่างแปลงละ 5 ผล

การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ดิน

อบให้ดินแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดดินด้วยครกกระเบื้อง แล้วร่อนดินผ่านตะแกรงขนาด 2 mesh นำไปวิเคราะห์สมบัติของดินในข้อปฏิบัติการ ได้แก่ สีดิน เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่าง อินทรียวัตถุ อินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และโลหะหนัก สำหรับวิเคราะห์สีของดินและความชื้นจะต้องศึกษาก่อนที่จะทำการเตรียมดิน โดยพารามิเตอร์ดังกล่าวมีวิธีการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 1

การเตรียมตัวอย่างมะม่วง

ปอกเปลือกตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 แล้วหั่นให้มีขนาดเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปบดให้ละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 mesh และเก็บไว้ในถุงซิบสำหรับรอการวิเคราะห์

ตารางที่ 1. วิธีการตรวจวัดคุณสมบัติของดิน

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
1. สีดิน	เปรียบเทียบกับสมุดเทียบสีดินมาตรฐาน
2. ความชื้น (%)	อบที่อุณหภูมิ 105 C°
3. เนื้อดิน	Hydrometric method
4. ความเป็นกรด-ด่าง	pH meter
5. อินทรียวัตถุ (%)	Walkley and Black
6. อินทรีย์คาร์บอน (%)	Walkley and Black
7. ไนโตรเจน (%)	Kjeldahl's method
8. ฟอสฟอรัส (mg/kg)	Spectrophotometric method
9. โพแทสเซียม (mg/kg)	Flame photometric method
10. โลหะหนัก (mg/kg)	AAS method

การวิเคราะห์แคดเมียมในดินและมะม่วง

นำตัวอย่างมะม่วงที่เตรียมไว้มาชั่ง 1 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดเปอร์คลอริกและกรดไนตริก (1:2) จากนั้นนำตัวอย่างมะม่วงไปย่อยบน Hot plate ย่อยสลายตัวอย่างจนได้สารละลายใส รอจนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรด้วย 1% กรดไนตริก ปริมาตร 50 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42

สำหรับตัวอย่างดินที่เตรียมไว้มาชั่ง 0.5 กรัม ใส่ใน Vessel เติมกรดไนตริก 3 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรคลอริก 9 มิลลิลิตร นำมาย่อยในเครื่อง Microwave digestion จนสารละลายใสไม่มีสี จากนั้นปรับปริมาตรด้วย 1% กรดไนตริก ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42

นำสารละลายมะม่วงที่ได้ไปวิเคราะห์แคดเมียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) รุ่น Shimadzu AA-6200 โดยค่า LOD (limit of detection) และค่า LOQ (limit of quantitation) ของแคดเมียมมีค่าเท่ากับ 0.01 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และร้อยละการคืนกลับ (% recovery) มีค่าเท่ากับ 97%

การประเมินดัชนีมลพิษของแคดเมียมในดินและมะม่วง

ดัชนีมลพิษ (Pollution index: PI) เป็นอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของแคดเมียมในดินหรือมะม่วงที่ได้รับการรับรองความปลอดภัยในเชิงมลพิษตามมาตรฐานการกำกับดูแลของหน่วยงานระหว่างประเทศ เช่น องค์การอนามัยโลก และสำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา[11] รัฐบาลกลางสำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของประเทศไนจีเรีย (F-EPA)[12] ค่า PI >1 หมายถึงดินหรือพืชมีการปนเปื้อนโลหะหนักสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในทางกลับกันเมื่อค่า PI<1 แสดงถึงดินหรือพืชมีการปนเปื้อนโลหะหนักไม่เกินค่ามาตรฐาน และค่า PI เท่ากับ 1 แสดงถึงอยู่ในสถานะวิกฤต ซึ่งทำให้เห็นถึงความสามารถในการเป็นตัวชี้วัดหรือใช้ในการติดตามตรวจสอบที่สำคัญในทางสิ่งแวดล้อม[13] สามารถวิเคราะห์ดังสมการ (1)[13] และ (2)[14] ต่อไปนี้

$$PI_{indi} = \frac{C_{soil\ or\ plant}}{C_{standard}} \quad \text{สมการที่ (1)}$$

$$PI_{soil/mango} = \sqrt{\frac{(\text{average PI})^2 + (\text{maximum PI})^2}{2}} \quad \text{สมการที่ (2)}$$

โดยที่

P_{indi} หมายถึง ค่าดัชนีมลพิษของแต่ละตัวอย่าง,

$C_{soil\ or\ plant}$ หมายถึง ปริมาณโลหะหนักในดินหรือมะม่วง

$C_{standard}$ หมายถึง มาตรฐานของโลหะหนักที่สามารถยอมรับได้

$PI_{soil/mango}$ หมายถึง ค่าดัชนีมลพิษของดินหรือมะม่วง ณ ที่หนึ่งในภาพรวม

average PI หมายถึง ค่าเฉลี่ยของ P_{indi}

maximum PI หมายถึง ค่าดัชนีมลพิษที่มีค่าสูงสุด

การประเมินการสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมในมะม่วง

การสะสมทางชีวภาพ (Bioaccumulation Factors: BAF) เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของพืชในการดูดซับแคดเมียมจากดินที่เจริญเติบโต โดยจะนำค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในผลมะม่วงต่ออัตราส่วนของความความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เจริญเติบโต ดังสมการต่อไปนี้

$$BAF = \frac{\text{Concentration of cadmium in plants}}{\text{Concentration of cadmium in soil}}$$

จากค่า BAF ข้างต้น สามารถนำมาประเมินในการสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมในมะม่วงได้ โดยมะม่วงที่มีความสามารถในการดูดซับแคดเมียมสูงจะต้องมีค่า BAF มากกว่า 1 แต่ถ้ามีค่า BAF น้อยกว่า 1 แสดงว่ามะม่วงมีความสามารถในการดูดซับแคดเมียมได้น้อย จึงสามารถนำมาบริโภคได้[15]

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Statistics 23 ซึ่งสถิติที่ใช้ในการวิจัยเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p \leq 0.05$) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของชุดข้อมูลตามสมมติฐาน

ผลการวิจัย

คุณสมบัติของดิน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 พบว่า ดินมีสีน้ำตาลเหลืองอ่อน (light yellowish brown) ถึงสีน้ำตาลแดงเข้ม (dark reddish brown) เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายแป้ง (sandy loam) ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 5.69 และ 5.72 ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 5.63 และ 5.64 อินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.48 และ 1.50 อินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ยร้อยละ 1.31 และ 1.32 ไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 0.28 และ 0.22 โพแทสเซียมเฉลี่ย 48.38 และ 36.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และฟอสฟอรัสเฉลี่ย 5.58 และ 3.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสในดินแปลงมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่ามากกว่าแปลงมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 2)

การปนเปื้อนของแคดเมียมในดิน

การประเมินการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ตำบลพันชาลี อำเภอวังทอง และตำบลบ้านน้อยซุ้มขี้เหล็ก อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 72 สวน ผลการศึกษา พบว่า ดินมีการปนเปื้อนของแคดเมียมเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ช่วงอายุมากกว่า 10 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.47±0.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อยู่ในช่วง ND-0.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งจัดว่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินของกรมพัฒนาที่ดินสำหรับใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมกำหนดไว้ ($\leq$37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)[16] เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในดินในแต่ละช่วงของยุการปลูกของพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (รูปที่ 1-(a) และ ตารางที่ 3)

การปนเปื้อนของแคดเมียมในมะม่วง

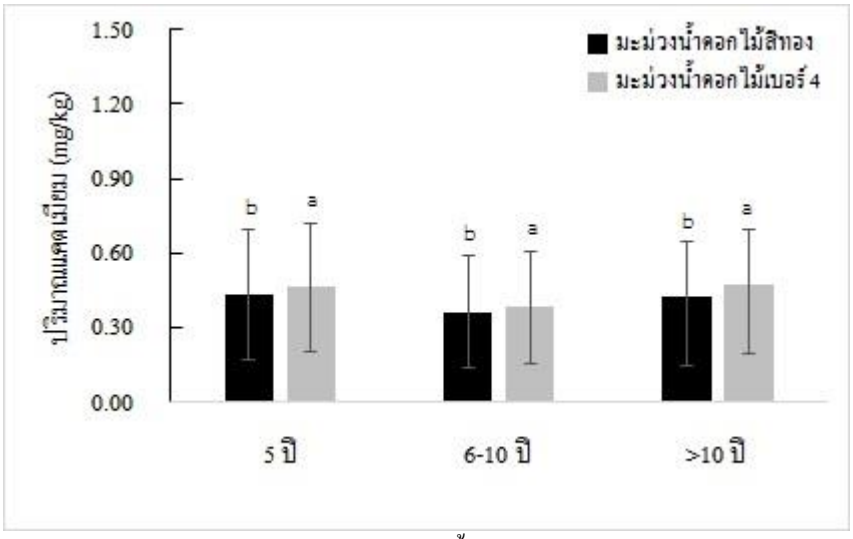
การปนเปื้อนของแคดเมียมในมะม่วงมีค่าสูงที่สุด คือ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองช่วงอายุไม่เกิน 5 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.33±0.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อยู่ในช่วง 0.08-0.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งค่าเฉลี่ยแคดเมียมในมะม่วง

น้ำดอกไม้สีทองมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานของ WHO/FAO 2001 ที่กำหนดให้มีแคดเมียมได้ไม่เกิน 0.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[17] และจะเห็นได้ว่าการปนเปื้อนแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีปริมาณสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในทุกช่วงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในสวนที่มีช่วงอายุแตกต่างกันทุกช่วงอายุของมะม่วงแต่ละพันธุ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 1-(b) และตารางที่ 4)

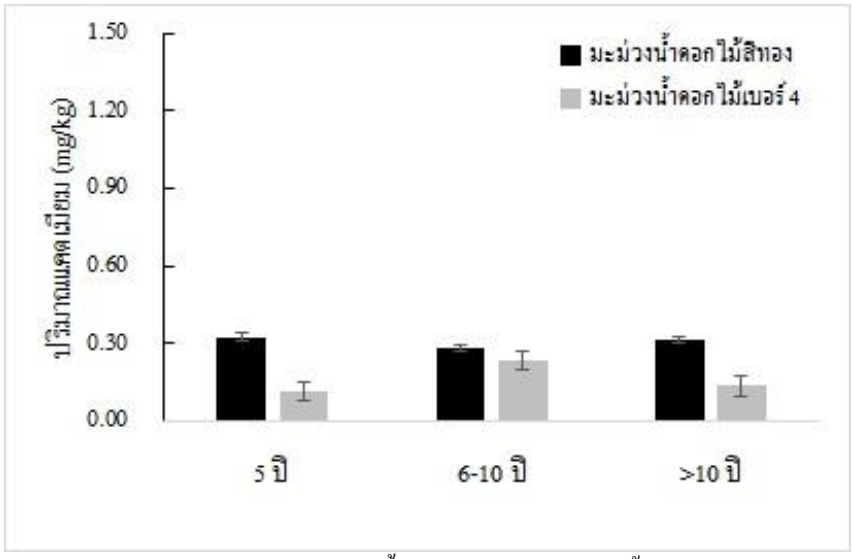
ตารางที่ 2. คุณสมบัติของดินในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในจังหวัดพิษณุโลก

คุณสมบัติของดิน	สวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	สวนมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4
สีดิน	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเข้ม
เนื้อดิน	ดินร่วนปนทรายแป้ง	ดินร่วนปนทรายแป้ง
ความชื้น (%)	5.69±0.50	5.72±0.49
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5.63±0.04	5.64±0.04
อินทรียวัตถุ (%)	1.48±0.03	1.50±0.03
อินทรีย์คาร์บอน (%)	1.31±0.05	1.32±0.05
ไนโตรเจน (%)	0.28±0.16	0.22±0.10
ฟอสฟอรัส*	5.58±4.33	3.23±1.08
โพแทสเซียม	48.38±22.14	36.6±13.57

หมายเหตุ : *ยกกำลังแสดงถึงค่าเปรียบเทียบระหว่างดินในแปลงสวนมะม่วงทั้ง 2 ชนิดที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.05$



(a) ปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน



(b) ปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้

รูปที่ 1. การปนเปื้อนแคดเมียมในดินและมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในแปลงปลูกมะม่วงแต่ละช่วงอายุ

ตารางที่ 3. ค่าดัชนีมลพิษของแคดเมียมในดินของแปลงปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและแปลงปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

ระยะอายุของแปลงปลูก	ดินของแปลงปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง		ดินแปลงปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	
	ปริมาณแคดเมียม (มก./กก.)	PI_{soil}	ปริมาณแคดเมียม (มก./กก.)	PI_{soil}
5 ปี	0.43±0.26[a]	0.018 (PI_{indi} = 0-0.023)[a]	0.46±0.26[a]	0.024 (PI_{indi} = 0-0.023)[a]
6-10 ปี	0.36±0.23[a]	0.018 (PI_{indi} = 0-0.021)[a]	0.38±0.22[a]	0.023 (PI_{indi} = 0-0.021)[a]
มากกว่า 10 ปี	0.42±0.23[a]	0.018 (PI_{indi} = 0-0.021)[a]	0.47±0.27[a]	0.024 (PI_{indi} = 0-0.032)[b]
ค่าเฉลี่ย	0.41±0.24[a]	0.018[a]	0.44±0.26[a]	0.024[b]

หมายเหตุ : Land Development Department standard: 37 mg/kg

ตัวอักษรยกกำลังที่เหมือนกันในแต่ละแถวแสดงถึงค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.05$

PI_{indi} คือ ค่าดัชนีมลพิษของดินในแปลงปลูกมะม่วง

ตารางที่ 4. ค่าดัชนีมลพิษของแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

ระยะอายุของแปลงปลูก	มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง		มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	
	ปริมาณแคดเมียม (มก./กก.)	PI_{mango}	ปริมาณแคดเมียม (มก./กก.)	PI_{mango}
5 ปี	0.33±0.14[a]	0.341 (PI_{indi} = 0.055-0.410)[a]	0.11±0.11[a]	0.306 (PI_{indi} = 0-0.263)[a]
6-10 ปี	0.28±0.14[a]	0.333 (PI_{indi} = 0.063-0.410)[a]	0.24±0.22[b]	0.321 (PI_{indi} = 0-0.427)[b]
มากกว่า 10 ปี	0.31±0.12[a]	0.339 (PI_{indi} = 0.070-0.432)[a]	0.14±0.12[a]	0.308 (PI_{indi} = 0-0.270)[a]
ค่าเฉลี่ย	0.31±0.14[a]	0.311[a]	0.16±0.16[b]	0.338[b]

หมายเหตุ : ค่ามาตรฐานของ The PFA Act 1954 standard : 1.5 mg/kg

ตัวอักษรยกกำลังที่เหมือนกันในแต่ละแถวแสดงถึงค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.05$

PI_{indi} คือ ค่าดัชนีมลพิษของมะม่วงน้ำดอกไม้ในแปลงปลูกแต่ละช่วงอายุ

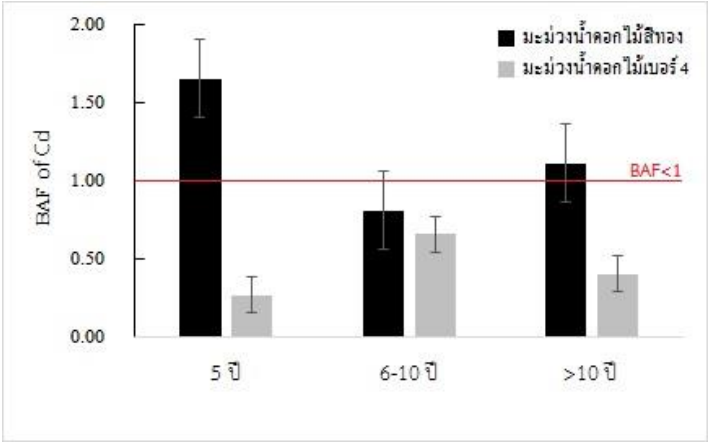
การประเมินดัชนีมลพิษของแคดเมียมในดินและมะม่วง

ดัชนีมลพิษของแคดเมียมในดินบนพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่าเท่ากับ 0.018 (ค่าดัชนีมลพิษของแต่ละตัวอย่างอยู่ในช่วง 0-0.023) และ 0.024 (ค่าดัชนีมลพิษของแต่ละตัวอย่างอยู่ในช่วง 0-0.032) ตามลำดับ โดยพบว่ามีค่าดัชนีมลพิษของแคดเมียมในดินไม่แตกต่างกันมากนักในสวนที่มีอายุแต่ละช่วงปี แต่ค่าดัชนีมลพิษของแคดเมียมในดินพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่ามากกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 อย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ 3)

สำหรับค่าดัชนีมลพิษของแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่าเท่ากับ 0.311 (ค่าดัชนีมลพิษของแต่ละตัวอย่างอยู่ในช่วง 0.055-0.432) และ 0.338 (ค่าดัชนีมลพิษของแต่ละตัวอย่างอยู่ในช่วง 0-0.427) ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบดัชนีมลพิษของแคดเมียมในผลมะม่วงในพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ได้จากสวนในแต่ละช่วงอายุ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่จะเห็นได้ว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่าดัชนีมลพิษสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4)

การประเมินศักยภาพการสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมในมะม่วง

การสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมเฉลี่ยของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 เท่ากับ 1.19±1.63 (อยู่ในช่วง 0-10.23) และ 0.45±0.66 (อยู่ในช่วง 0-2.94) ตามลำดับ โดยพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ปลูกในพื้นที่ดินสวนอายุไม่เกิน 5 ปี มีค่าการสะสมทางชีวภาพสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 1.65±2.2 (อยู่ในช่วง 0-10.23) ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าค่าการสะสมทางชีวภาพในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ได้จากสวนในทุกช่วงอายุอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งค่าดังกล่าวจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถบ่งชี้ได้ว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นพืชที่สะสมแคดเมียมในปริมาณสูง (Cd-hyperaccumulator) เนื่องจากมีค่าศักยภาพการสะสมทางชีวภาพมากกว่า 1[15] (รูปที่ 2)



รูปที่ 2. ศักยภาพการสะสมทางชีวภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในแปลงปลูกมะม่วงแต่ละช่วงอายุ

วิจารณ์ผลการวิจัย

ดินในพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ตำบลพันชาลี อำเภอวังทอง และตำบลบ้านน้อยซุ้มขี้เหล็ก อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 72 สวน มีเหมาะสมในการปลูกมะม่วง เนื่องจากเป็นดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำได้ดี และดินมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 4.02-7.91 อยู่ในระดับที่มะม่วงต้องการ (กรมวิชาการเกษตร, 2561) อินทรียวัตถุมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.59-2.85 ซึ่งมีค่าจัดอยู่ในระดับต่ำ (0.5-1.5%) - สูง (2.5-3.5%)[18] ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 2.09-10.49 อยู่ในระดับปานกลาง และโพแทสเซียมมีค่าอยู่ระหว่าง 23.5-68.65 อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้ทั่วไป พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน โดยความเป็นกรด-ด่างของสวนมะม่วงน้ำดอกไม้ทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 4-7 อินทรียวัตถุมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.48–1.08 ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 0.82–9.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมมีค่าอยู่ระหว่าง 19.6-77.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[19] ในขณะที่การปนเปื้อนของแคดเมียมในดินพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.40±0.22 และ0.44±0.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินสำหรับใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรมที่กรมพัฒนาที่ดินกำหนดไว้ (≤37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) การปนเปื้อนของแคดเมียมในดินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น เกิดจากธาตุโลหะหนักปะปนมากับปุ๋ยเคมีที่มีวัตถุดินเป็นหินฟอสเฟต อินทรียวัตถุมีปริมานมากจะทำให้ในดินมีโลหะหนักมากตามไปด้วย เนื่องจากอินทรียวัตถุสามารถยึดจับโลหะหนักให้สะสมอยู่ในดิน และสภาพการเป็นกรด-ด่าง เมื่อดินอยู่ในสภาพเป็นด่าง จะมีผลทำให้การดูดซับโลหะหนักของพืชลดลง เนื่องจากโลหะหนักอยู่ในสภาพที่ไม่ละลายหรืออยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ และจะทำให้ดินมีการสะสมของโลหะหนักมากขึ้น[19] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kpee and Edori[17] ที่กล่าวว่าการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินที่มีปริมาณมากมักมาจากในกระบวนการเพาะปลูกผักและผลไม้มีการใช้ปุ๋ยฟอสเฟต ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของปริมาณฟอสฟอรัสและแคดเมียมในดินของแปลงปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือปริมาณฟอสฟอรัสและแคดเมียมในดินของแปลงปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมากกว่าในแปลงปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าดินในสวนมะม่วงส่วนใหญ่จะมีปริมาณแคดเมียมที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน เมื่อพิจารณาจากผลการวิจัยของ Xiangyang *et al*[20] ที่ศึกษาการสะสมของแคดเมียมในดินสวนมะม่วงบนเกาะไห่หนานของประเทศจีน พบว่ามีการสะสมของแคดเมียมในดินเฉลี่ยสูงสุด 0.079 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดว่ามีปริมาณแคดเมียมในดินที่สามารถยอมรับได้ ในขณะ Adelasoye and Oyeyiola[21] พบว่าแคดเมียมในดินสวนมะม่วงที่อยู่ตามถนน Ogbomoso-Oyo ในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไนจีเรีย พบว่าดินมีการสะสมของแคดเมียมเฉลี่ย 8.36±0.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สำหรับปริมาณแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มี

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.31±0.07 และ0.16±0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยการปนเปื้อนแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานของ WHO/FAO 2001 ที่ไว้ (0.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)[17] ทั้งนี้ ปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในม่วงที่ศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Akhtar *et al*.[22] ที่พบว่ามะม่วงในปากีสถานมีการปนเปื้อนแคดเมียมอยู่ในช่วง 0.17–0.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ Rahimzadeh and Rastegar[23] พบว่าการสะสมของแคดเมียมผลมะม่วงจำนวน 72 ตัวอย่างที่สุ่มปลูกทางตอนใต้ของประเทศอิหร่านมีค่าเฉลี่ย 0.002-0.014 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่จะเห็นได้ว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ปลูกในจังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมต่ำกว่ามะม่วงที่ปลูกในเมือง Misurata ของประเทศลิเบีย ที่มีปริมาณแคดเมียม 0.362 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[24] ความแตกต่างของการปนเปื้อนแคดเมียมในแต่ละพื้นที่อาจจะเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน น้ำที่นำมาใช้ในการเพาะปลูก ระดับความเป็นมลพิษของดิน การใช้ปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตรที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่[23] อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนของแคดเมียมในมะม่วงแต่ละสายพันธุ์ก็มีความแตกต่างกันด้วย พืชแต่ละชนิดจะมีการสะสมของโลหะหนักที่แตกต่างกันเนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดซับและความต้องการโลหะหนักที่แตกต่างกัน รวมไปถึงความทนทานต่อโลหะหนักที่แตกต่างกันด้วย

ดัชนีมลพิษของแคดเมียมในดินบนพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่าเท่ากับ 0.018 และ 0.024 ตามลำดับ และดัชนีมลพิษของแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่าเฉลี่ย 0.311 และ 0.338 ตามลำดับ ซึ่งจัดว่ายังไม่มีความเป็นมลพิษ ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ Wilberforce[25] ที่พบว่าค่าดัชนีมลพิษในดินและมะม่วงที่ปลูกในพื้นที่เหมืองเก่าในเมือง Enyigba ประเทศไนจีเรีย มีค่าสูงถึง 1.5 และ 1 ตามลำดับ ถือว่าดินอยู่ในสภาพที่เป็นมลพิษและมะม่วงอยู่ในสภาวะวิกฤต ทั้งนี้ค่าดัชนีมลพิษที่ยอมรับได้ควรมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งหากเกินค่าดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อผู้ที่บริโภค โดยการบริโภคอาหารที่มีแคดเมียมปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐานจะสามารถส่งผลทำให้กระดูกเปราะแตกง่าย ปวดท้อง อาเจียนรุนแรง เกิดความผิดปกติต่อระบบสืบพันธุ์ เกิดความเสียหายต่อระบบประสาทส่วนกลาง รวมถึงสามารถก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้[26,27,28] ในขณะที่การประเมินการสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่าเฉลี่ย 0.45±0.45 ในขณะที่มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าเฉลี่ย 1.19±1.04 ซึ่งจัดว่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ (≤1) ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีแนวโน้มจะเป็นพืชที่มีความสามารถในการสะสมแคดเมียมได้ในปริมาณสูง โดยจากการศึกษาของ Rezvani and Zaefarian[29] ได้สรุปว่าพืชชนิดหนึ่งในประเทศอิหร่านที่ชื่อว่า *Aeluropus littoralis* มีค่าการสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมมากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าพืชชนิดดังกล่าว อาจเป็นประโยชน์ในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมได้

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของดินในสวนกับผลผลิตมะม่วง จะเห็นได้ว่าดินในสวน

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีการปนเปื้อนของแคดเมียมในปริมาณน้อยกว่าสวนมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 แต่ผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนั้นมีการปนเปื้อนของแคดเมียมในปริมาณมากกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในปัจจุบันมีการให้ปุ๋ยทางดินลดลง แต่นิยมให้ปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตรทางใบมากกว่า ซึ่งอาจเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ปริมาณแคดเมียมสะสมในผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมากกว่า เหตุผลอีกประการหนึ่งที่เป็นไปได้ตามทฤษฎี คือ พืชที่เป็นไฮเปอร์แอกคิวมิวเลเตอร์สามารถสะสมโลหะได้ในปริมาณมาก แม้ว่าในดินจะมีปริมาณโลหะนั้นต่ำ[30] ซึ่งจากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าการสะสมแคดเมียมทางชีวภาพได้สูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ดังนั้น ถึงแม้ว่าจะมีการสะสมแคดเมียมในดินปริมาณน้อย แต่ก็มีความสามารถในสะสมแคดเมียมไว้ได้มาก ดังนั้น ในการเพาะปลูกมะม่วงจึงต้องให้ความระมัดระวังในการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีทางการเกษตรที่มีการปนเปื้อนของกลุ่มโลหะหนักโดยเฉพาะแคดเมียม เพื่อลดความเสี่ยงในการสะสมแคดเมียมในผลผลิตมะม่วงที่เกินค่ามาตรฐานอันจะนำไปสู่การกีดกันทางการตลาดส่งออกได้ในอนาคต ถึงแม้ว่าปริมาณโลหะหนักจะไม่ได้ถูกระบุเป็นค่ามาตรฐาน GAP ของการส่งออกมะม่วง แต่หากมีการตรวจพบในปริมาณสูงก็จะส่งผลทำให้ส่งผลกระทบต่อการส่งออก รวมถึงสุขภาพของผู้บริโภคได้ ดังนั้น ทางภาครัฐโดยเฉพาะองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรเข้ามามีส่วนช่วยผลักดันให้เกิดนโยบายเกษตรอินทรีย์หรือเกษตรปลอดภัยภายในชุมชนซึ่งถือได้ว่าเป็นเครื่องมือของการพัฒนาชุมชนท้องถิ่นที่ยั่งยืนทำให้สามารถเกิดการพัฒนาได้หลากหลายมิติ เช่น การผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน การดูแลรักษาสุขภาพของคนในชุมชน การสร้างความร่วมมือและการมีส่วนร่วมของชุมชน เป็นต้น[31] เพื่อนำไปสู่การผลิตมะม่วงเพื่อจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศได้อย่างยั่งยืนต่อไป

สรุป

ดินและผลผลิตมะม่วงในสวนของพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในพื้นที่ปลูกมะม่วง ตำบลพันชาลี อำเภอวังทอง และตำบลบ้านน้อยซุ้มขี้เหล็ก อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมกำหนดไว้ (≤37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และเกณฑ์มาตรฐานผลไม้ของ The PFA Act 1954 (≤1.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) กำหนดไว้ ตามลำดับ ดัชนีมลพิษของแคดเมียมในดินและมะม่วงยังอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยไม่จัดเป็นมลพิษ สำหรับศักยภาพการสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมในมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่าเฉลี่ย 0.45±0.45 ส่วนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าเฉลี่ย 1.19±1.04 ซึ่งจัดว่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ (≤1) อย่างไรก็ตามการปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออกในปัจจุบันผู้ผลิตยึดตามเกณฑ์มาตรฐานของ GAP จึงมีการควบคุมการใช้สารเคมีทางการเกษตรและใช้ปุ๋ยจากธรรมชาติเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตมากขึ้น จึงส่งผลทำให้คุณภาพดินและมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งจะส่งผลต่อความยั่งยืนในอุตสาหกรรมรมการผลิตมะม่วงส่งออกของจังหวัดได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และอำนวยความสะดวกทำให้การดำเนินงานวิจัยเป็นไปด้วยความราบรื่น ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงในพื้นที่อำเภอเนินมะปรางและอำเภอวังทองที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลและสนับสนุนการเก็บตัวอย่างด้วยดี

ผลประโยชน์ทับซ้อน

คณะผู้วิจัยยืนยันว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. ประธานชมรมผู้ปลูกมะม่วงเนินมะปรางกับการพัฒนามะม่วงเพื่อการส่งออก, 2559. เข้าถึงได้จาก http://www.technologychaoban.com/news_detail.php?tnid=3183, เข้าถึงเมื่อ สิงหาคม 11, 2561.
2. กรมส่งเสริมการเกษตร. มะม่วง. กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี, 2554.
3. กรมวิชาการเกษตร. มะม่วง. ระบบข้อมูลทางวิชาการกรมวิชาการเกษตร, 2561. เข้าถึงได้จาก http://it.doa.go.th/ vichakan/news.php?newsid=37, เข้าถึงเมื่อ สิงหาคม 25, 2561.
4. พรรณนีย์ วิชชาช. มะม่วงน้ำดอกไม้ส่งออก. *วารสารกสิกร* 2555; 85(6): 64-70.
5. รณชัย โตสมภาค. ผลกระทบของสารเคมีการเกษตรต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค: แนวทางในการควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชเพื่อสร้างความมั่นคงทางสุขภาพของผู้ประกอบการภาคเกษตรกรรมและผู้บริโภค. *สำนักวิชาการ* 2558; Hot Issue(2558): 1-10.
6. สุพรรษา เกียรติสยมภู และสุนิสา ชายเกลี้ยง. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณแหล่งประมงหนองน้ำล้น. *วารสารวิจัย มข.* 2555; 17(4): 671-86.
7. Lugon-Moulin N, Ryan L, Donini P, *et al*. Cadmium content of phosphate fertilizers used for tobacco production. *Agron Sustain Dev* 2006; 26:151-155.
8. ปิยะดา วชิระวงศกร, สุภาวดี น้อยน้ำใส และทองใส จำนงการ. คัมภีร์การปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์, 2562.
9. Levit SM. A literature review of effects of cadmium on fish. Montana: Centre for Science in Public Participation, 2010.
10. สุทธินี มีสุข. มลพิษของโลหะหนัก, 2553. เข้าถึงได้จาก: http://www.doctor.or.th. , เข้าถึงเมื่อ สิงหาคม 11, 2561.
11. U.S.- Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System (IRIS) on Cadmium. Ational Center for Environmental Assessment. Washington, DC.: Office of Research and Development, 1999.
12. Jamali MK, Kazi TG, Arian MB. Determination of pollution indices; Environmental Pollution Handbook, China. 2007; 209-218.
13. Chukwuma SC. Evaluating baseline data for lead (Pb) and cadmium (Cd) in rice, yam, cassava, and guinea grass from cultivated soils in Nigeria. *Toxicol Environ Chem* 1994; 45: 45-56.
14. Jintao L, Cuicui C, Xiuli S, *et al.* Assessment of heavy metal pollution in soil and plants from Dunhua sewage irrigation area. *Int J Electrochem Sci* 2011; 6: 5314-24.
15. Fitz WJ, Wenzel WW. Arsenic transformations in the soil–rhizosphere–plant system: fundamentals

and potential application to phytoremediation. *J Biotechnol* 2002; 99(3): 259-278.

16. กรมควบคุมมลพิษ. มาตรฐานคุณภาพดิน, 2563. เข้าถึงได้จาก: http://pcd.go.th/info_serv/reg_std_soil01.html#s1, เข้าถึงเมื่อ สิงหาคม 11, 2561.
17. Kpee F, Edori OS. Prevalence of Some Heavy Metals in Mango and Pawpaw Found in Dumpsites of Obio/Akpo and Eleme Local Government Areas in River State, Nigeria. *J Environ Anal* 2017; 4(3). doi: 10.4172/2380-2391.1000196.
18. ปิยพร ศรีสม, จินดา ศิริตา, ปิยดา ยศสุนทร, วลีพรรณ รกิติกุล และ สุภาวดีแก้วพามา. การประเมินคุณภาพดินเพื่อใช้ทางการเกษตรในพื้นที่หมู่บ้านนางแลใน ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. *วารสารการวิจัยกาสะลองคำ* 2560; 11(3: ฉบับพิเศษ): 61-68.
19. ณัฐพล ดีวัน, กนก เลิศพานิช และอภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น. การเปรียบเทียบสมบัติของดินและโครงสร้างทางกายภาพของสวนมะม่วงน้ำดอกไม้เกษตรดีที่เหมาะสมกับสวนมะม่วงน้ำดอกไม้ทั่วไป ตำบลโป่งตาลอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 2558; 33(2): 1-8.
20. Xiangyang B, Limin R, Min G, *et al*. Transfer of cadmium and lead from soil to mangoes in an uncontaminated area, Hainan Island, China. *Geoderma* 2010; 155(1-2): 115-120.
21. Adelasoye KA, Oyeyiola YB. Heavy metals accumulation in soil and mango leaf and their effects on soil microbial population along road sides in Southwest, Nigeria. *J Environ Sci Toxicol Food Technol* 2014; 8(7): 40-45.
22. Akhtar S, Riaz M, Ahmad A, et al. Physico-chemical, microbiological and sensory stability of chemically preserved mango pulp. *Palestine J Bot* 2010; 42: 853-62.
23. Rahimzadeh M, Rastegar S. Heavy metals residue in cultivated mango samples from Iran. *J Food Qual Hazards Control* 2017; 4: 29-31.
24. Elbagermi MA. Edwards HGM and Alajtal AI. Monitoring of heavy metal content in fruits and vegetables collected from production and market sites in the Misurata area of Libya. *ISRN Anal Chem* 2012; Doi:10.5402/2012/827645.
25. Wilberforce JO. Pollution indices and bioaccumulation factors of heavy metals in selected fruits and vegetables from a derelict mine and their associated health implications. *Int Invent Sci* 2015; 3(1): 9-15.
26. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for lead. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services, *Public Health Service* 1999; (205): 593-606.
27. Assuncao A, Bookum W, Nelissen H, *et al*. Differential metal-specific tolerance and accumulation patterns among Thlaspu caerulescens populations originating from different soil types. *New Phytol* 2003; (159): 411-19.
28. Roosens NN, Verbruggen P, Meerts EP, *et al*. Natural variation in cadmium tolerance and its relationship to metal hyperaccumulation for seven populations of *Thlaspi Caerulescens*. *Plant Cell Environ* 2003; 26(10): 1657-72.
29. Rezvani M, Zaefarian F. Bioaccumulation and translocation factors of cadmium and lead in Aeluropus littoralis. *J Agric Eng* 2011; 2(4): 114-19.
30. Reeces RD, Brooks RR. Hyperaccumulation of lead and zinc by two metallophytes from mining areas of Central Europe. Environmental Pollution

Series A, Ecological and Biological 1983; 31(4): 277-285.

31. พงศกร กาวิชัย, สมคิด แก้วทิพย์, ปรารถนา ยศสุข และชมชวน บุญระหงส์. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนานโยบายเกษตรอินทรีย์ขององค์กรปกครองท้องถิ่น: กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน และเทศบาลตำบลลวงเหนือ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต* 2560;. 5(1): 142-54.